

VKI

A VILLAMOSIPARI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEI

8

1982

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

VKI
KÖZLEMÉNYEI
8

VILLAMOSIPARI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEI

8

KÖZZÉTESZI:

DR. LUKÁCS JÓZSEF

okl. gépészmérnök,
az MTA levelező tagja,
Kossuth-díjas,
az Intézet igazgatója

SZERKESZTETTE

a Szerkesztő Bizottság:

BOGNÁR ALAJOS

okl. villamosmérnök,
a Szigeteléséstechnikai Főosztály vezetője

DR. GANSZKY KÁROLY

okl. villamosmérnök,
a műszaki tudományok kandidátusa,
az Erősáramú Elektronika Főosztály vezetője

KISS MIKLÓS

okl. gépészmérnök,
a Villamos Berendezés Főosztály vezetője

DR. KOCSIS ALBERT

okl. vegyészmérnök,
a kémiai tudományok kandidátusa,
a Villamos Kerámiai és Hőtechnikai Főosztály vezetője

DR. MOCSÁRY JÓZSEF

okl. villamosmérnök,
a műszaki tudományok doktora,
az Intézet tudományos igazgatóhelyettese

MOLNÁR ISTVÁN

okl. villamosmérnök,
a Villamos Technológiák I. Főosztály vezetője

DR. NAGY LÁSZLÓ

okl. villamosmérnök,
az Elektronikai Rendszerek Főosztály vezetője

DR. NÉVERI ISTVÁN

okl. villamosmérnök,
a műszaki tudományok kandidátusa,
a Villamos Készülék Főosztály vezetője

DR. SORS LÁSZLÓ

okl. vegyészmérnök,
a Villamos Technológiák II. Főosztály vezetője

TAR FERENC

okl. villamos- és gazdasági mérnök,
az Intézet műszaki igazgatóhelyettese

**Felelős kiadó: Dr. Lukács József,
a VKI igazgatója**

Megjelent a Műszaki Könyvkiadó gondozásában

ISBN: 963 10 4965 5

HU ISSN: 0139-3359

Felelős szerkesztő: Guller Jánosné villamosmérnök

A kézirat lezárva: 1981. december 15.

Műszaki vezető: Kőrösi Károly

Tipográfus: Hegedűs Ernő

Műszaki szerkesztő: Kaszala József

A könyv ábráit rajzolta: Piros Sándorné

Ívterjedelem: 29 (A5)

Példányszám: 800

Azonossági szám: 01233



82/1242 Franklin Nyomda, Budapest

Felelős vezető: Mátyás Miklós igazgató

ERŐSÁRAMÚ ELEKTRONIKA ÉS IRÁNYÍTÁSTECHNIKA

1.

Frekvenciaátalakító hajtások fejlesztése

BENCZE JÁNOS – BOGOSI GYÖRGY – LÁSZLÓ JÁNOS – SEBESTYÉN LÁSZLÓ

ÖSSZEFOGLALÁS

Az e téren végzett munka fő célkitűzése az aszinkron motor járműhajtásra való alkalmazhatóságának vizsgálata volt. Ez a munka egy városi villamos futási próbáival zárult. A cikk ismerteti a villamos hajtásának fő adatait, menetdiagramját, vonóerő–sebesség jelleggörbéjét – és a vasúti üzem támasztotta különleges követelmények teljesítésének lehetőségeit. A villamos inverterének vezérlését és szabályozását mikroprocesszor alkalmazásával továbbfejlesztettük. A mikroprocesszor alkalmazását a vontatási célú hajtások bonyolultsága indokolja.

A cikk további részében szivattyú, daruhíd stb. hajtására kifejlesztett kisebb teljesítményű és egyszerűbb felépítésű frekvenciaátalakító hajtások működését, jellemzőit ismertetjük.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИВодОВ С ЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ

Я. Бенце—Д. Богоши—Я. Ласло—Л. Шебештен

Резюме

Главной целью проведенной в этой области работы являлось исследование применимости асинхронных двигателей для привода транспортных средств. Эта работа была завершена с рабочими испытаниями городского трамвая. В статье излагаются важнейшие данные привода, диаграмма движения, характеристика силы тяги в зависимости от скорости трамвая, а также возможности выполнения особых требований железнодорожного режима. Управление и регулирование инвертором трамвая были усовершенствованы с применением микропроцессоров. Применение микропроцессора обосновано сложностью приводов для тяговых целей.

В дальнейшей части излагаются работа и характеристики приводов с частотным преобразованием меньшей мощности и простого построения, разработанные для приводов насосов, порталных кранов и т. п.

ENTWICKLUNG VON ANTRIEBEN MIT FREQUENZUMFORMER

J. Bencze – Gy. Bogosi – J. László – L. Sebestyén

Zusammenfassung

Hauptziel der in diesem Bereich durchgeführten Arbeiten ist die Anwendbarkeit des Asynchronmotors bei Fahrzeugantrieben gewesen. Diese Arbeiten wurden mit den Laufproben einer städtischen Straßenbahn abgeschlossen. In dem Artikel werden die Hauptdaten des Antriebes der Straßenbahn sowie ihr Fahrdiagramm bekanntgegeben. Es wird außerdem auf die Zugkraft-Geschwindigkeit-Kennlinie sowie auf die Erfüllungsmöglichkeiten der besonderen, von dem Eisenbahnbetrieb gestellten Forderungen eingegangen. Die Steuerung und Regelung des Wechselrichters der

Straßenbahn wurde durch Einsatz eines Mikroprozessors weiterentwickelt. Der Einsatz des Mikroprozessors ist durch die Kompliziertheit der Antriebe für Zugzwecke begründet.

Im weiteren Teil des Artikels werden die Funktion und die Charakteristiken von Antrieben mit Frequenzformer erörtert, die zum Antreiben von Pumpen, Kranbrücken, usw. entwickelt worden sind. Diese sind von einem einfacheren Aufbau, und haben eine geringere Leistung.

DEVELOPMENT OF FREQUENCY CONTROLLED A. C. DRIVES

By J. Bencze – Gy. Bogosi – J. László – L. Sebestyén

Summary

The basic aim of researching work was to investigate the application possibilities of asynchronous motors for traction. The results of this work were an experimental city tram-car and its running tests. The paper describes the principal parameters, the run curve, and the tractive force/speed characteristics of the whole system as well. Following that the authors summarize the results of the examination of the microprocessor controlled inverter of the city tram-car. The use of the microprocessor is desired by the complexity of P. W. M. drive employed in traction.

The rest of the paper describes the operation and characteristics of low-power and less complicated controlled a.c. drives developed for driving pumps, cranes and for other applications.

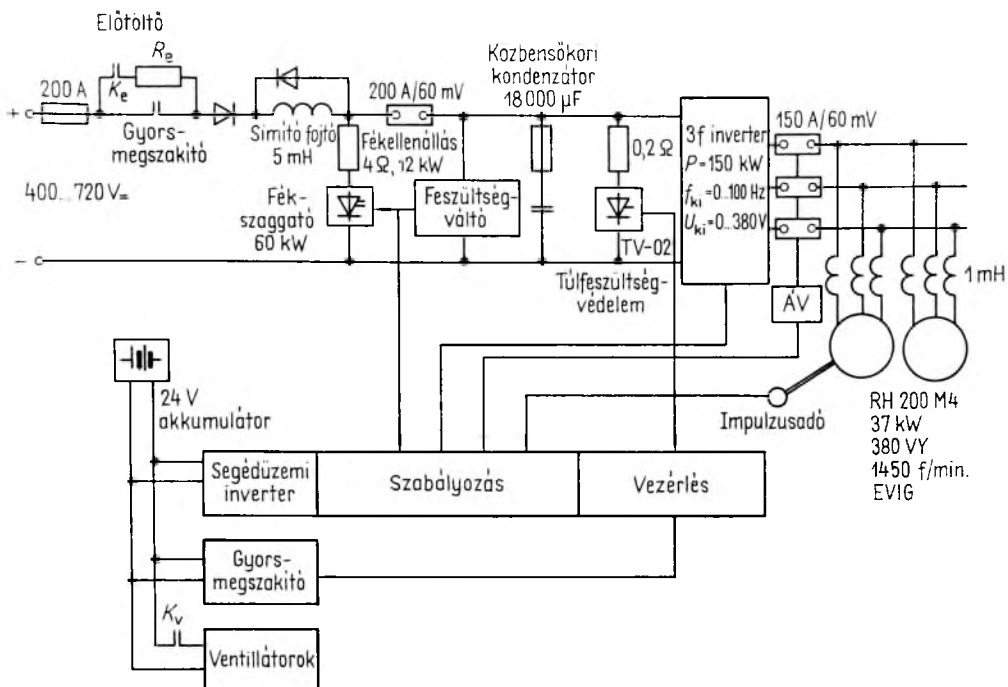
1. Bevezetés

A frekvenciaátalakítós hajtásokkal mint aszinkron motoros járműhajtásokkal foglalkoztunk KGM célprogram keretén belül. Két kísérleti jármű készült el, elsőként az IK 260/2 hibrid autóbusz, majd a BKV tevékeny közreműködésével egy 3600 pályaszámú motorkocsi. Ez utóbbi futási próbáira 1978 nyarán az Óbuda pu. és a Margit-híd között a 11-es villamos vonalán került sor, a megtett próbaút közel 1000 km volt. A hibrid autóbuszt a VKI közlemények 6. kötetében ismertettük. A villamos inverterének vezérlése, a szabályozás elve és fő felépítése egyezik az autóbuszéval, ezért ezt itt nem ismételjük meg.

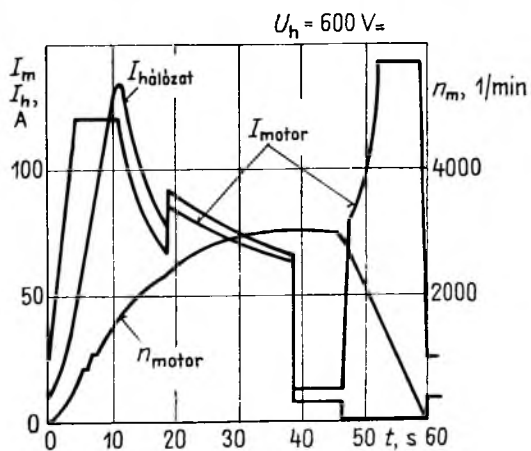
2. Kísérleti közúti villamos

A rendelkezésünkre bocsátott motorkocsi két forgóvázaz, forgóvázanként két-két – eredetileg 22,8 kW állandó teljesítményű – 1760/min fordulatszámú egyenáramú soros motorral működött. Az egyik forgóvázon meghagytuk a két egyenáramú motort, a másik forgóvázba szereltük a párhuzamosan kötött két – egyenként 37 kW-os – négyfólusú motort. Az egyenáramú üzemre az esetleges hibák miatt volt szükség.

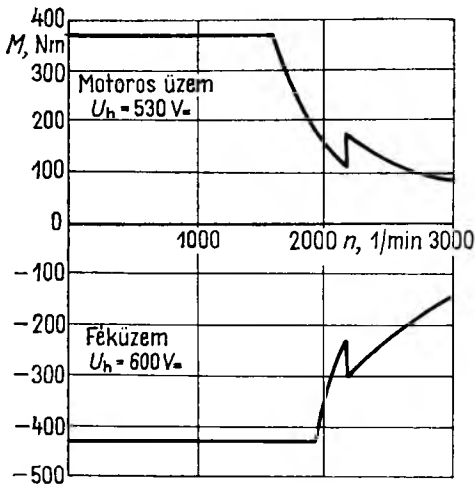
Fékezéskor együtt fékezett az egyenáramú és az aszinkron motoros hajtás, erre a megoldásra kaptunk engedélyt a KPM-től. Az aszinkron motor hajtás blokkvázlata az 1-1. ábrán, a villamos menetdiagramja az 1-2. ábrán, a nyomaték – fordulatszám (vonóerő – sebesség) jelleggörbe az 1-3. ábrán látható. A motorok 1...100 Hz frekvenciatartományát négy fokozatban fogtuk át, miközben az inverter kapcsolási frekvenciája az 1-4. ábra szerint alakult. Az áramszabályozás a motorok maximális áramát korlátozta az 1-5. ábra szerint.



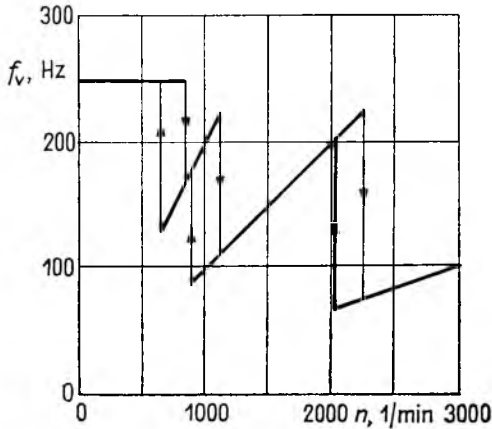
1-1. ábra. Aszinkron motoros villamos tömbvázlata



1-2. ábra. Menetdiagram

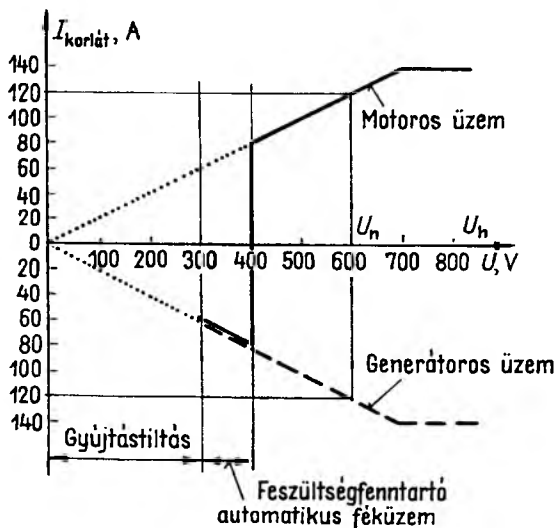


1-3. ábra. Nyomaték – fordulatszám jelleggörbe



1-4. ábra. Kapcsolási frekvencia a fordulatszám függvényében

Az ábrából látszik, hogy 400 V alatti felsővezeték-feszültség esetén a szabályozás a vezetőtől függetlenül olyan enyhe féküzemet ír elő, amellyel a mozgó villamos kis lassulása mellett a közbenső egyenáramú kör feszültségét kb. 400 V-on tartja. Erre azért van szükség, hogy feszültségkimaradás esetén is lehessen az aszinkron motorokkal fékezni. Méréseink szerint feszültségkimaradásakor nem lehet megállásig fékezni, hanem csupán kb. 150/min motorfordulatig. 150/min alatt már nem elégséges a közbenső egyenáramú körbe visszatáplált energia a féküzem fenntartásához. A feszültségfenntartó automatika csak akkor működött kifogástalanul, ha a feszültségkimaradás (pl. a szakaszhatárokon való áthaladás) kis motoráram mellett vagy féküzemben következett be. Nagyobb motoráramnál motoros üzemben a feszültségkimaradás gyújtásletiltást okozott. Ezt valószínűleg elkerülhettük volna, ha a feszültségkimaradást közvetlenül az áramszedő után, és nem a közbenső körben érzékeljük.



1-5. ábra. Motoráramkorlát a felsővezeték-feszültség függvényében

A tirisztorok gyújtása egyébként a feszültség visszatérése után menet közben visszakapcsolható volt. Az áramszedő pattogása egyik üzemmódban sem okozott zavart.

Mivel a kísérleti aszinkron motoros hajtás kis veszteségű, kis sebességen a hálózati áram olyan kicsi, hogy nem alkalmas a váltók működtetésére még négy-motoros hajtás esetén sem. A váltóállítást az egyenáramú motorokkal végeztük.

A két párhuzamosan kötött aszinkron motor áramfelvétele 5%-os pontossággal mérve nem mutatott eltérést.

A kerékátmérők különbsége kisebb volt 1 mm-nél. A kísérleti járművön a kerékcúszás ellen nem tettünk semmiféle intézkedést. Véleményünk szerint az elektronikus vezérlésű egyenáramú hajtásoknál alkalmazott megoldások itt is használhatók lennének. Az aszinkron motor merev $M-n$ jelleggörbéje más, egyszerű megoldást kínál. Kipróbáltuk, hogy ha az impulzusadó nem a vontatómotorokkal, hanem szabadon futó kerékkel kapcsoljuk össze, a hajtott kerekek sohasem csúsznak meg, ugyanis a frekvenciaszabályozás „nem veszi észre” a fordulatszám növekedését, így nem növeli a motorok állórész-frekvenciáját, a munkapont a motorok természetes jelleggörbéjére tolódik át, a nyomaték meredeken csökken. Beáll egy egyensúlyi állapot, ahol a hajtott kerék a csúszáshatáron viszi át a nyomatékot.

Féküzemben a motorok által a közbenső egyenáramú körbe visszatáplált energiát fékellenállás emészti fel. A fékszaggató a közbensőköri feszültség 734 V-os értékénél bekapcsolja a fékellenállást, amelynek értéke akkora, hogy a legnagyobb fékteljesítmény mellett is csökkenni fog a feszültség. Ha a feszültség 660 V alá esik, a fékszaggató kikapcsolja a fékellenállást. Ha túlfeszültség következtében nő meg a feszültség, a fékszaggató akkor is működésbe lép. Így a fékszaggató és a 18 000 μF kapacitású közbensőköri kondenzátor hatásos túlfeszültség elleni védelműl is szolgál, amit igazolt az a tény, hogy a TV-02 gyorsrövidrezáró egység – amely 900 V megszólalási értékre volt beállítva – a futási próbák során egyszer sem szólalt meg.

A villamos hajtása megbízhatóan működött a kísérletek folyamán. Meghibásodás a próbák kezdetén a motor testzárlata, valamint egy RC tag 2 μF -os, 400 V, 50 Hz-es MM kondenzátorának átütése miatt volt.

A villamost próbaúton bemutattuk illetékes szakembereknek. Általános volt a vélemény, hogy az aszinkron motoros járműhajtásnak nagy jövője van.

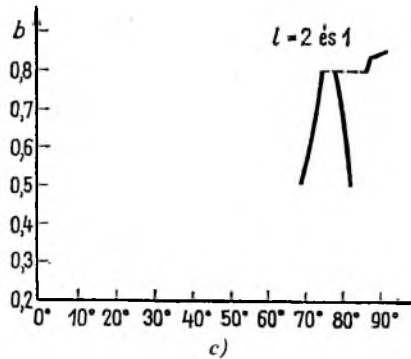
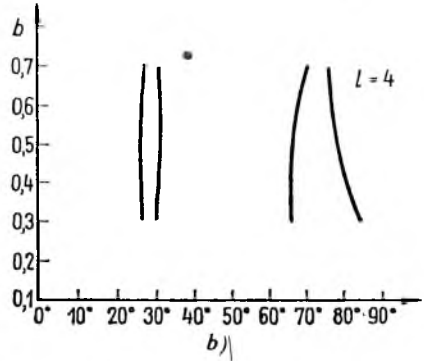
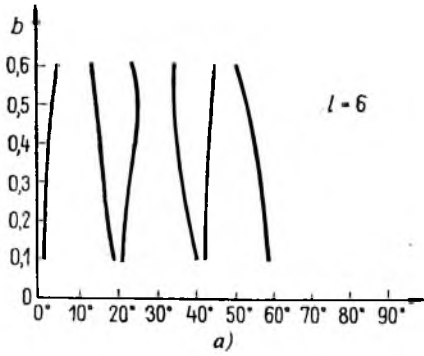
A futási próbák befejezése után a hajtást a laboratóriumban ismét felállítottuk. Az inverter vezérlését módosítottuk: a modulációs fokozatok közti átkapcsolást szünetmentessé tettük. Ezzel párhuzamosan kifejlesztettünk egy mikroprocesszoros invertervezérlést.

3. Mikroszámítógépes irányítóegység

Az analóg elemekkel felépülő vezérlő- és szabályozóegységhez képest a mikroszámítógépen alapuló irányítás jelenleg költségesebb, így annak alkalmazása csak akkor célszerű, ha szolgáltatásaiban és/vagy az üzemelés gazdaságosságában többet nyújt, mint analóg elődje. Az aszinkron motoros hajtás irányításában a fordulatszám-szabályozás pontossága az egyik olyan részterület, amely elviseli a digitális szabályozás költség-többletét. Az aszinkron motorra kapcsolt feszültség célszerűen megválasztott impulzusszélesség-modulációjával viszont az aszinkron motorban fellépő felharmonikusveszteségek és/vagy a nyomaték lüktetése csökkenthető a minimumra. Ez az egyik olyan részfeladat, amely bonyolultságánál fogva valóban jól csak digitális eszközökkel oldható meg. Az általunk kifejlesztett mikroszámítógépes irányítóegység mindkét feladat megoldására alkalmas.

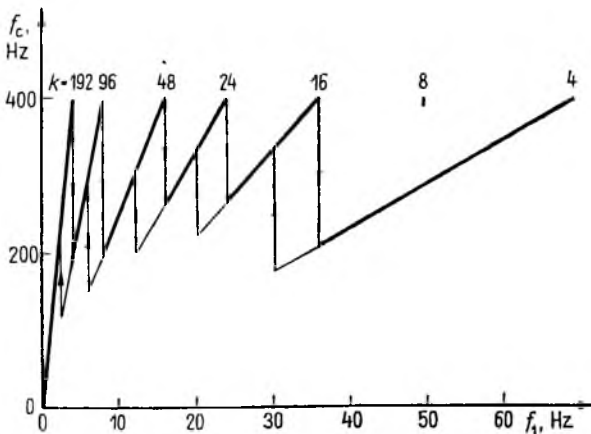
A motor primer frekvenciáját képező áramkör hibája $\pm 0,025\%$ a névleges primer frekvenciára vonatkoztatva. Így a szlip beállítási hibája a névleges értékére vonatkoztatva 1% . Alapja egy 12 bites frekvenciamérő egység, amelynek működési elve kiküszöböli a más berendezésekben nagy mérési pontosság esetén fellépő holtidőt. Így ez az egység a fordulatszám-szabályozó körben nem holtidős, hanem – a szabályozás dinamikája szempontjából kedvezőbb –, tárolós jellegű tagként viselkedik. Az impulzusszélesség-moduláció megvalósításakor a motor primer frekvenciájától függő modulációs eljárást választottunk. A kis primer frekvenciák tartományában szinuszos modulációs eljárást alkalmaztunk. Mint az a szakirodalomból ismert, ha az inverter kapcsolási frekvenciája a primer (alapharmonikus) frekvenciának legalább tízszerese, akkor a szinuszmodulációs eljárások a motor járulékos vesztesége szempontjából közel egyenértékűek. Mi modulációs eljárásnak a szinkronozott vivőfrekvenciás, szabályozott mintavételezésű szinuszos impulzusszélesség-modulációt választottuk. A vivőfrekvencia 200 és 400 Hz közötti tartományában az alapharmonikus frekvencia a $0...4$ Hz, $4...8$ Hz és $8...16$ Hz tartományokban változik. Az egyes tartományok a moduláló és a vivőfrekvencia arányában különböznek egymástól, ezek az arányok rendre 192, 96 és 48. A 16 Hz feletti primer frekvenciáknál a felharmonikus áramok által a motorban okozott veszteségek minimalizálását célzó eljárást alkalmaztunk.

Az eljárás lényege a következő: Az alapharmonikus félperiódusán belül a motor egy kapcsa l -szer kapcsolódik az inverter pozitív sínére, l -szer a negatívra. l értékét állandónak tartva megkerestük azokat a félperióduson belüli szögértékeket, amelyeknél átkapcsolva a kialakuló felharmonikusok a motorban a lehető legkisebb veszteséget hozzák létre. Ezeket a szögértékeket l és a kívánt alapharmonikus feszültség függvényében az 1-6. ábra mutatja. A számításban negyed- és félperiódusonkénti szimmetriát vettük figyelembe, így 0° -nál és 180° -nál is történik egy-egy átkapcsolás. l a negyedperióduson belüli bekapcsolási szám, b az egységnyinek tekintett egyenfeszültségre vonatkozó alapharmonikus effektív értéke. $b_n = 0,88$ -hoz tartozik a motor névleges feszültsége és $b_{\max} = 0,9$ a teljes négyzög-hullámhoz tartozó



1-6. ábra. Az alapharmonikus feszültség változása a felharmonikus veszteségek minimumát nyújtó átkapcsolási pontok függvényében

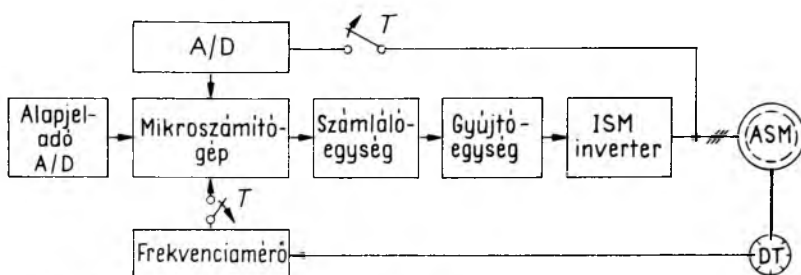
alapharmonikus amplitúdó. $l = 6$ a primer frekvencia a 16...24 Hz-es tartományában, $l = 4$ a 24...36 Hz-es tartományban és $l = 2$ ennél nagyobb primer frekvenciák esetén. l értéke 1 lesz, ha két átkapcsolási időpont közt nem telik el 300 μ s, amely az inverter legkisebb átkapcsolási ideje. Az 1-7. ábrán látható a primer frekvencia és az



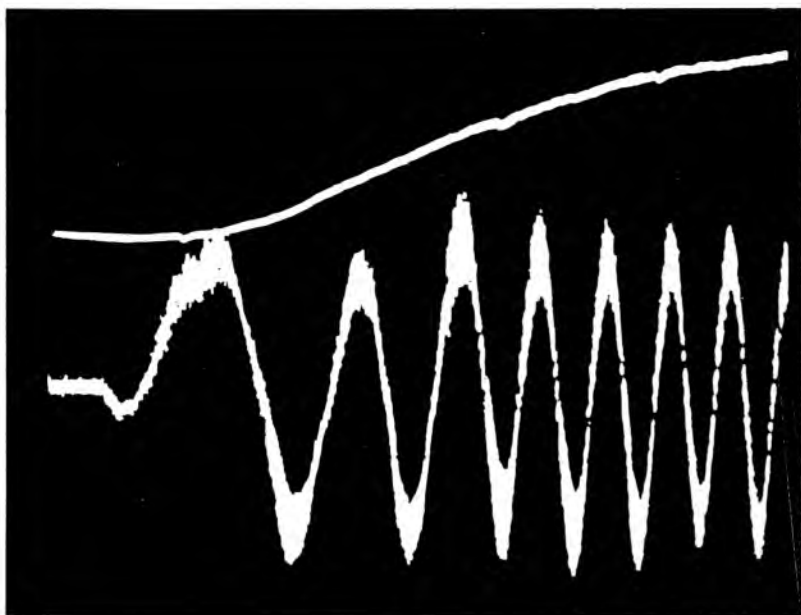
1-7. ábra. A vivőfrekvencia változása a primer frekvencia függvényében

inverter frekvenciájának összefüggése. A hiszterézis a lengésmentes átkapcsoláshoz szükséges, $k = 4$.

A mikroszámítógépes irányítás vázlatja az 1-8. ábrán látható. A rendszer egy INS 8060-as mikroprocesszoron alapul, az alap- és áramjelet 8 bites A/D váltón keresztül érzékeli. A 12 bites frekvenciamérő az aszinkron motor tengelyéhez kap-



1-8. ábra. A mikroszámítógépes irányítás vázlatja



1-9. ábra. A motor egyik fázisának árama a felfutás alatt
felső görbe: fordulatszám; alsó görbe: áram

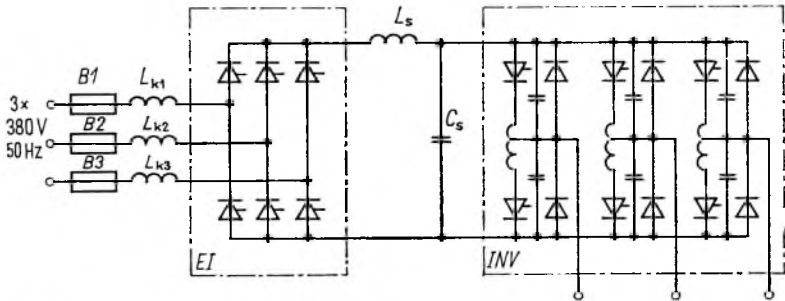
csolódó digitális jeladón keresztül érzékeli a fordulatszámot. A mikroszámítógép programja 3 kbyte terjedelmű, az alapharmonikus feszültség amplitúdójától és frekvenciájától függő pontok szögértékei 12 kbyte-os táblázatban tértek el. Az 1-9. ábra a motor egy fázisának áramát mutatja felfutás alatt, névleges nyomaték és fluxus esetén.

4. Frekvenciaváltók általános hajtási célokra

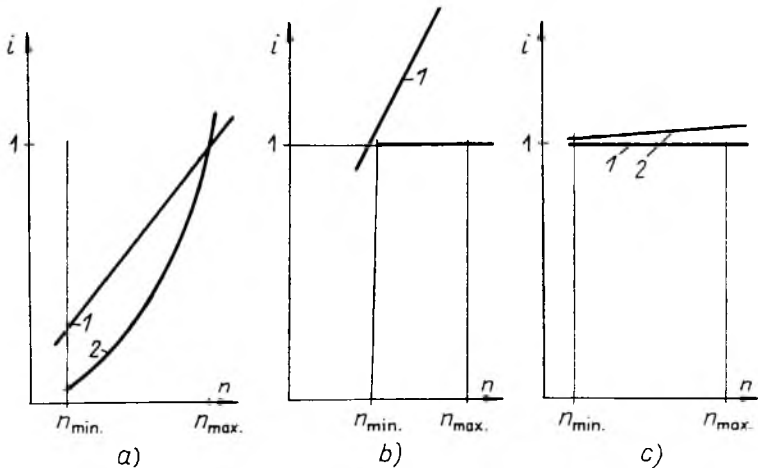
A vontatási célra fejlesztett nagyteljesítményű hajtás mellett – ipari megrendelések alapján – különböző feladatokra (szivattyú, daruhíd hajtása) kifejlesztettünk kisebb, 2...15 kW teljesítményű frekvenciaváltókat. Ezekkel a hajtásokkal szemben kisebbek a követelmények, mint az előzőekben tárgyalt vasúti alkalmazásoknál, így a frekvenciaváltó és a vezérlése egyszerűbb lehet.

Az általános hajtási feladatokra szolgáló frekvenciaváltó céljára impulzusmoduláció nélkül, változó közbensőköri egyenfeszültséggel működő kapcsolást választottunk. Ez kínálja a legegyszerűbb megoldást mind az erősáramú, mind a szabályozó áramkörök szempontjából.

A frekvenciaváltó vázlatos felépítését az 1-10. ábra mutatja. Az *EI* jelű vezérelt egyenirányító állítja elő a változtatható értékű egyenfeszültséget a hálózati 3×380 V-os feszültségből. A közbensőköri szűrőt az L_s , C_s elemek alkotják. Az *INV* jelű háromfázisú inverter állítja elő az egyenfeszültségből a kimeneti háromfázisú négy-szögfeszültséget.



1-10. ábra. A frekvenciaváltó kapcsolása

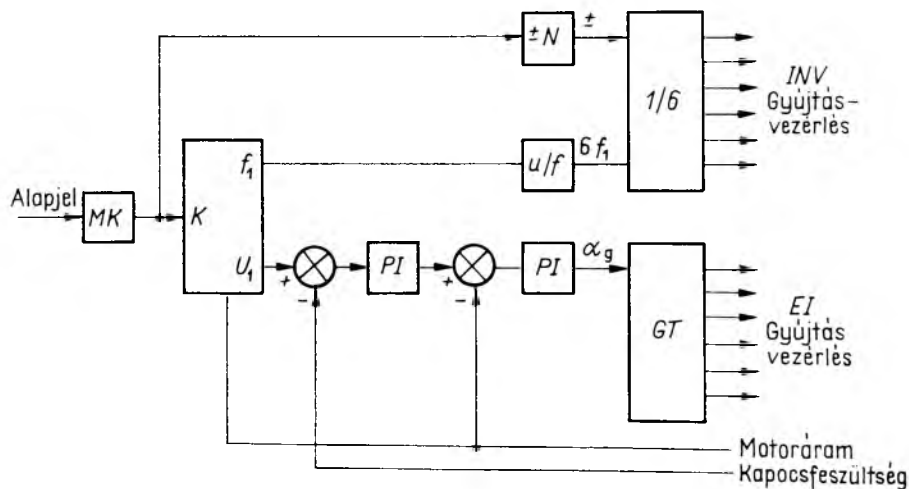


1-11. ábra Az oltóképesség (1) és a terhelőáram (2) változása a motor fordulatszámának függvényében

Az ábrán megrajzolt, oltótiriszorok nélküli, 180°-os fázissorrend-kommutációval működő inverter a változó közbensőköri egyenfeszültséggel üzemelő frekvenciaváltós hajtásokban akkor alkalmazható előnyösen, ha a terhelés a fordulatszámmal (frekvenciával) arányosan vagy magasabb hatvány szerint növekszik (pl. szivattyúk ventilátorok; 1-11a ábra), vagy ahol viszonylag kicsi a fordulatszám-szabályozás tartománya (max 1 : 2...1 : 3; 1-11b ábra). A motor fordulatszámával ugyanis közel arányosan változik a közbensőköri egyenfeszültség, vele az oltókörök oltóképessége és a megengedhető legnagyobb terhelőáram is, emiatt kis fordulatszámoknál csak kis terhelőáram engedhető meg, vagy az oltókört erősen túl kell méretezni. Nagyobb fordulatszámok (feszültségek) esetében szükségtelenül nagy oltóáram alakul ki, ez rossz hatásfokot, melegedési problémákat okoz.

Nagyobb arányú fordulatszámváltoztatás és állandó, a fordulatszámtól független terhelőnyomaték esetén az inverter áramkörét egy kondenzátortöltő áramkörrel egészítjük ki. Ez az egység a kommutáló kondenzátorokat közel állandó, a közbensőköri egyenfeszültségtől csak kevésbé függő feszültségre tölti fel, amivel kis motorfordulatszámok esetén is megfelelő oltóképesség biztosítható (1-11c ábra). A töltő áramkörrel ellátott inverter alkalmazásával 1 : 10...1 : 15 fordulatszám-átfogást lehet megvalósítani állandó terhelőnyomaték mellett.

A zárlatvédelmet a hálózati csatlakozás vezetékében elhelyezett olvadóbiztosítók vagy kisautomaták, a túlterhelésvédelmet a szabályozásban levő változtatható áramkorlátozás látja el. A túlfeszültségvédelmet RC tagok és a közbenső egyenáramú körben elhelyezett elektronikus túlfeszültségvédelmi egység valósítja meg.



1-12. ábra. A szabályozás tömbvázlata

A frekvenciaváltó szabályozásának tömbvázlatát az 1-12. ábra mutatja. A frekvencia ± 10 V alapjellel vezérelhető. Az MK meredekségkorlátozó a frekvenciaváltás sebességét korlátozza. A felfutás (lefutás) lineáris vagy exponenciális függvény szerint történhet. A $\pm N$ jelű komparátor az alapjél polaritásától függően a fázissorrendet, a motor forgásirányát határozza meg. A K jelű kompenzálóegység az összetartozó frekvencia – feszültség értékeket állítja elő. Lehetőség van IR kompenzá-

lás és szlipkompenzálás kialakítására, amellyel a motor nyomatékviszonyai, fordulatszám tartása javíthatók.

A frekvencia analóg jelből U/f váltó és frekvenciaosztó állítja elő az inverter tirisztorainak gyújtásvezérlő jeleit. A feszültség alapjelből alárendelt áramszabályozással működő feszültségszabályozás állítja be a megfelelő motorfeszültséget.

Irodalom

- [1] *Scholtis, G.*: Nahverkehr und Drehstromantriebe-Aufgaben, Wünsche, Möglichkeiten, Elektrische Bahnen 77 (1979) 6 sz.
- [2] *Dreimann, K.*: Vergleich der Umrichtersysteme für Triebfahrzeuge mit Drehstrom-Fahrmotoren. ETR 27 (1978) 12 sz.
- [3] *Moritz, W.-D. – Röhlk, J.*: Drehstrom-Asynchronfahrmotoren für elektrische Triebfahrzeuge. Elektrische Bahnen 50 (1979) 3 sz.
- [4] *Gabriel – Leonhard – Norbey*: Mikroprocessor Control of Induction Motors Employing Field Coordinates. Electrical Drive Conference London 1979.
- [5] *Pollmann – Gabriel*: Zündsteuerung eines Pulswechselrichters mit Mikrorechnern. Regelungstechnische Praxis (1980) 5 sz.
- [6] *Tsivitse, P. – Klingshörn, E.*: Optimum Voltage and Frequency for Polyphase Induction Motors Operating with Variable Frequency Power Supplies. IEEE Trans. Ind. Gen. Appl. vol. IGA-7, 1971 jul./aug. 4 sz.
- [7] *Davis, R. M. – Melling, J. R.*: Quantitative comparison of commutation circuits for bridge inverters, Proc. IEE, Vol. 124, 1977 márc. 3 sz.



2.

20 kHz frekvenciájú egyenáramú tápegységek

FÜZESI ENDRE—KONDOR TIBOR—SZLOVIK GUSZTÁV

ÖSSZEFOGLALÁS

A kapcsolóüzemű tranzisztorok fejlődése a 20 kHz vagy ennél nagyobb frekvenciájú energiaátalakítók teljesítményének a növelését eredményezte. A tranzisztor teljesítő-képességének a kihasználása érdekében a tranzisztor tulajdonságainak megfelelő vezérlő és védelmi áramköröket kellett kidolgozni. 100 W...5 kW teljesítménytartományú, 20 kHz közbenső váltakozófeszültségű egyenfeszültségátalakítók tranzisztoros kapcsolóegységeinek, vezérlő és védelmi áramköreinek a felépítését és működését ismertetjük. Összefoglaljuk a meghajtófokozatok optimális méretezéseinek a szempontjait, közöljük a kapcsolási veszteségek méréseinek az eredményeit.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ НА ЧАСТОТЕ 20 кГц

Э.Фюзеси—Т. Кондор—Г. Словик

Резюме

Развитием переключающих транзисторов позволилось увеличивать мощность преобразователей энергии с частотой 20 кГц и выше. Для использования способности по мощности транзисторов необходимо было разработать соответствующие управляющие и защитные схемы. В статье излагаются построение и принцип работы транзисторных переключателей, управляющих и защитных схем преобразователей постоянного тока с промежуточным преобразованием переменного тока на частоте 20 кГц, в диапазоне мощности от 100 Вт до 5 кВт. Обобщаются соображения оптимального расчета управляющих каскадов и излагаются результаты измерения потери на переключение.

DC/DC WANDLER MIT 20 kHz ZWISCHENFREQUENZ

E. Füzesi—T. Kondor—G. Szlovik

Zusammenfassung

Die Entwicklung der Schalttransistoren hatte die Erhöhung der Leistung der Energieumrichter mit 20 kHz oder mit einer höheren Frequenz zur Folge. Um die Leistungsfähigkeit des Transistors auszunutzen, mußten Steuer- und Schutzstromkreise entwickelt werden, die die Eigenschaften des Transistors berücksichtigen. In dem Artikel werden der Aufbau und die Funktion der Steuer- und Schutzstromkreise der Transistor-Schalteinheiten der Gleichspannungswandler mit einer Zwischenfrequenz von 20 kHz in dem Leistungsbereich von 100 W – 5 kW beschrieben. Es werden die Aspekte der optimalen Dimensionierung der Treiberstufen zusammengefaßt. Es werden schließlich die Meßergebnisse der Schaltverluste mitgeteilt.

Summary

The advance of switching transistors resulted in an increasing power of energy converters operating at a frequency of 20 kHz or higher. To utilize the capacity of the transistor, control and protection circuits had to be developed, which were matched to the characteristics of the transistor. The paper describes the design details and operation of the transistor-type switching units, control and protection circuits of DC voltage converters featuring a power range of 100 W to 5 kW and an intermediary AC voltage of 20 kHz. A summary is given of the aspects of optimum dimensioning of driver stages; the results of the measurements of switching losses are given.

1. Bevezetés

A nagyteljesítményű bipoláris tranzisztorok és FET-ek fejlődésével egyre nagyobb teljesítményű közép- és nagyfrekvenciás átalakítók valósíthatók meg. A párhuzamosan kapcsolt nagyteljesítményű tranzisztorok Darlington-kapcsolásban 100 A nagyságrendű áramok kapcsolását teszik lehetővé. Az üzemi feszültségük elérte az 1 kV-ot, így lehetővé vált a 3×380 V-os hálózat egyenirányított feszültségéről történő közvetlen üzemeltetésük. Az elérhető átvitt teljesítmény meghaladja a 100 kW-ot. Az átkapcsolási idők csökkenése egyre nagyobb frekvencián való használatukat teszi lehetővé. A bipoláris tranzisztorokkal 20...50 Hz között, a FET tranzisztorokkal 50...200 kHz között kis veszteségű átalakítókat lehet megvalósítani. Igen kedvező az átalakítóknak az átvitt teljesítményre vonatkoztatott mérete és hatásfoka.

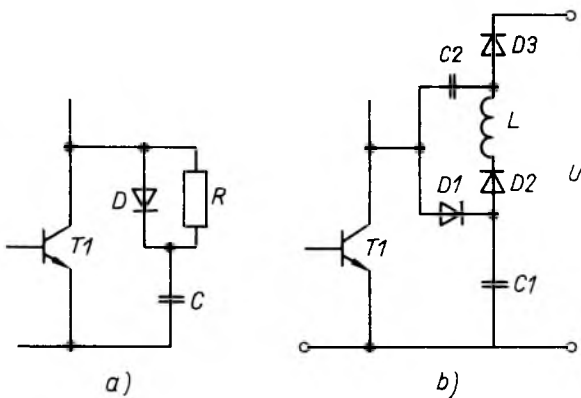
A tranzisztorok által biztosított előnyök gyakorlati kihasználása a tranzisztorok átkapcsolási folyamatai alatt fellépő veszteségek minimális értéken tartásával vált lehetővé. Ennek érdekében speciális vezérlő- és veszteségcsökkentő áramköröket fejlesztettek ki. Gondoskodni kellett a tranzisztorok megbízható működési feltételeinek a biztosításán kívül az átalakítók nagyteljesítményű ferrit transzformátorainak és az áramköröknek a nagyfrekvenciás szerelési technológiai problémáinak a megoldásáról is.

2. A bipoláris tranzisztorok kapcsolási veszteségei és védelme

A tranzisztorok kapcsolóüzemi viselkedését a főáramkör és a vezérlés oldalról vizsgálhatjuk. A két oldal egymásra való hatása nagy, így optimális működést csak összehangolt főáramköri és vezérlőköri paraméterekkel lehet fenntartani. A tranzisztor főáramköri veszteségei a vezetési, zárasi és átkapcsolási állapotban keletkeznek, amelyek közül leglényegesebb az átkapcsolási veszteség csökkentése.

Mind a be-, mind a kikapcsolás egy-egy áram-feszültség kommutációt jelent, ami alatt fellépő veszteség az áram- és feszültségváltozás sebességétől, ill. pillanatnyi szorzatuk alakulásától függ. Az átkapcsolási veszteségek csökkentése a főáramkörökhöz kapcsolt segédáramkörökkel érhető el, amelyeknek feladata az áram-feszültség kommutáció folyamatának vagy a kommutáló áram- vagy a feszültségváltozás időbeli lefolyásának oly módon való megváltoztatása, hogy az átkapcsolási veszteség csökkenjen. A kikapcsolási veszteségek pl. a tranzisztorral párhuzamosan kapcsolt töltéstároló elemekkel csökkenthetők, amelyek a feszültségváltozást késlelte-

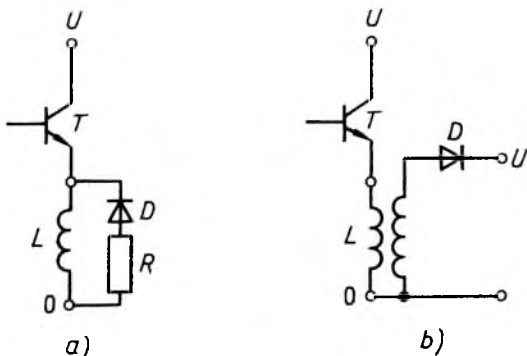
tik az áramváltozáshoz képest. A leggyakrabban használt megoldások láthatók a 2-1. ábrán. A 2-1a ábra szerinti kapcsolásban a C kondenzátor veszi át kikapcsolásnál a tranzisztor áramát, majd a tárolt energiája az R ellenálláson disszipálódik. A 2-1b ábra szerinti kapcsolásban a $C1$ kondenzátor szerepe ugyanez, viszont a kikapcsolás során felhalmozott energiája a bekapcsolási folyamatban az L induktivitáson keresztül a $C2$ kondenzátorba, majd a következő kikapcsolás során az U tápfeszültségforrásba jut vissza. A 2-1b ábra szerinti kapcsolás elméletileg veszteségmentes, gyakorlatilag lényegesen kisebb veszteségű, mint a 2-1a ábra szerinti.



2-1. ábra. A tranzisztor kikapcsolási veszteségét csökkentő áramkörök

A bekapcsolási veszteség csökkentésére a 2-2. ábrán látható áramkörök alkalmasak. Ezekben az induktivitás késlelteti az áram változását a feszültség változásához képest. A 2-2a ábra szerinti kapcsolásban az L induktivitásban tárolt energia az R ellenálláson disszipálódik, a 2-2b ábra szerinti kapcsolásban viszont az L induktivitás szekunder tekercsén keresztül az U tápforrásba jut vissza, ami által a veszteségek csökkenthetők.

A tranzisztor kapcsolási vesztesége annál kisebb lesz, minél nagyobb energia tárolható a tehermentesítő áramkörben, ami viszont a tehermentesítő áramkör

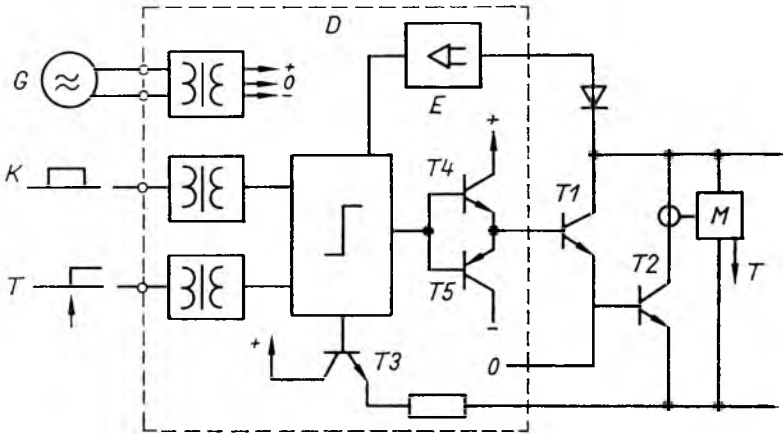


2-2. ábra. A tranzisztor bekapcsolási veszteségeit csökkentő áramkörök

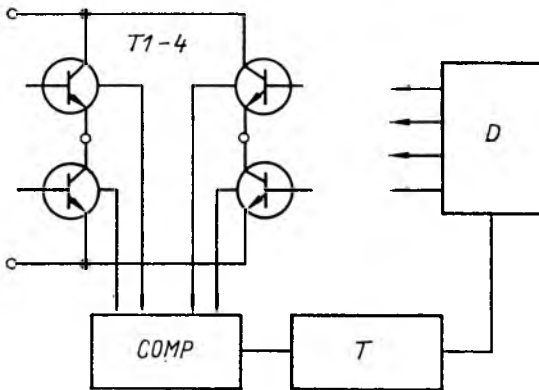
veszteségét növeli. Az összveszteség akkor lesz minimális, amikor a tranzisztor és a terhermentesítő áramkör veszteségei közel egyenlők.

A tranzisztor kapcsolási veszteségeit az előzőkön túlmenően a vezérlőáramkör működése is jelentős mértékben befolyásolja. Az optimális vezérlésnek biztosítania kell, hogy a tranzisztor a lehető leggyorsabban kapcsoljon be, bekapcsolt állapotban kvázitelítési állapotban legyen, kikapcsoláskor a tranzisztorból a töltéshordozók a lehető legrövidebb időn belül eltávozzanak, kikapcsolt állapotban a tranzisztor határozottan zárt állapotban legyen.

A tranzisztor bekapcsolási sebessége a bázisáram meredekségének és amplitúdójának a növelésével fokozható a tranzisztorra jellemző határértékig. Ennek biztosításához nagy meredekségű a terhelőáram vezetéséhez pedig a szükségesnél nagyobb amplitúdójú bázisáram szükséges. A vezetés során a bázisáram nagyságát olyan értékre célszerű beállítani, hogy a tranzisztor éppen a telítési állapot határán,



a)



b)

2-3. ábra. Kapcsolóüzemű tranzisztor meghajtófokozatának elvi kapcsolása

a kvázitelítési állapotban legyen. Ekkor egyrészt a tranzisztoron eső feszültség már aránylag kicsi, aminek következtében kicsi lesz a vezetési veszteség, másrészt a tranzisztorban a lehető legkevesebb aktív töltéshordozó van, aminek következtében csökken a kikapcsolási folyamat időtartama. A kikapcsolási folyamat gyorsabb lesz, ha a tranzisztorra kikapcsoláskor rövid ideig negatív bázisáramot kapcsolunk.

E feladatokat teljesítő meghajtófokozat elvi kapcsolása látható a 2-3a ábrán, amely a $T1$ és $T2$ Darlington-kapcsolású tranzisztorokat vezérli. A meghajtófokozat nagyfrekvenciás transzformátoros csatolásokon keresztül kapja a tápfeszültséget (G), a vezérlőkörtől a kapujelet (K), valamint a zárlati letiltás (T) jelét. Logikai összegezés és totempol erősítés után kap a $T1$ bázisa vezérlőjelet. Pozitív nyitóáram esetén D telítésgátló diódnál keresztül vett ellenőrzőjellel az E erősítő közel állandó saturációs feszültségre szabályoz túlvezérlés megakadályozása végett. A $T3$ tranzisztor a $T1$ tranzisztor töltéstárolásából keletkező utánfolyó áramot söntöli azért, hogy ez a $T2$ tranzisztor zárásához szükséges vezérlést ne késleltesse. Az elérhető átkapcsolási idők néhány száz nanosecundumon belül vannak még nagyobb teljesítményű félvezetőkénél is.

A veszteségek – mivel a tranzisztorok félvezető rétegének kicsi a hőellenállása és a hőkapacitása – a tranzisztoros átalakító kimenő oldali túlterhelése vagy zárlata miatt roncsolást okozó túlmelegedést hozhatnak létre még az esetben is, ha egy szabályozókör a működési frekvencia néhány periódusa alatt pl. a kimenő áramot a megengedett értékre csökkenteni. E hiba elkerülése céljából a főtranszformátor áramát és feszültségét a 2-3a ábrán látható M áramkör figyeli, amely zavar esetén a $T1$ - $T2$ tranzisztor vezérlését a T bemeneten át néhányszor 10 ns elteltevel tiltja. Az M áramkör egy bizonyos idő után a szabályozóáramkörön át a működést „soft start”-tal engedélyezi, de a hiba fennmaradása esetében újból tilt (2-3b).

3. Megvalósított tranzisztoros tápegységek

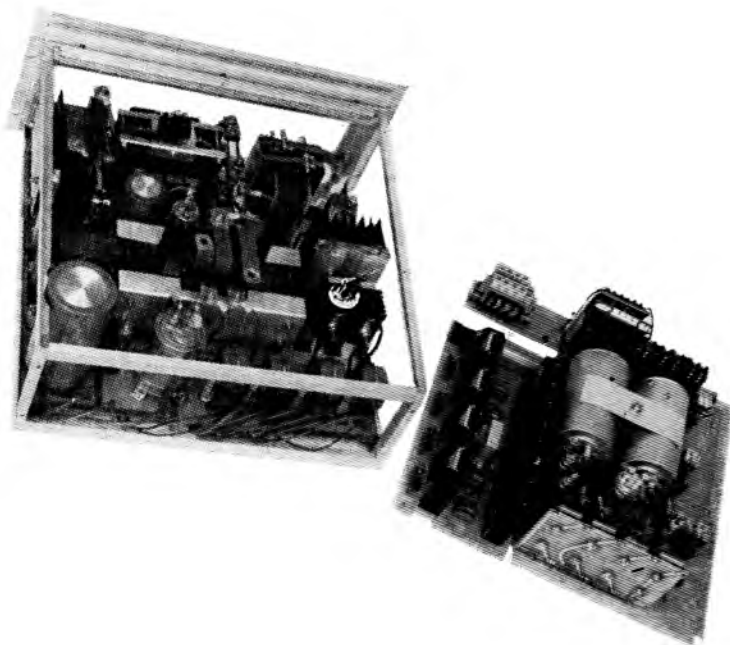
A kapcsolólüzemű tranzisztorokkal működő DC/DC átalakítók nagyobb teljesítményű változata egy 5 kW teljesítményű tápegység, amelyet a VKI 1981. évi tavaszi BNV-n kiállított (2-4. ábra). A hálózati (220 V, 50 Hz) feszültség egyenirányítása és szűrése után nyert kb. 300 V egyenfeszültség táplálja az impulzusszélesség vezérlésű 20 kHz-es, hídkapcsolású invertert, amely ferrit transzformátoron át, egyenirányítás és szűrés után áramgenerátoros jellegű kimenetet biztosít halogén lámpa táplálására. Az áram max. 40 A-re állítható be. Az inverter nagyteljesítményű tranzisztorait a 2-3. ábrán mutatott elvi elrendezésű meghajtófokozatokkal vezérelve kis átkapcsolási veszteség és zárlatbiztos kivitel volt elérhető.

Az utóbbi években különböző felhasználási célokra több egyedi jellegű, kisebb teljesítményű DC/DC tápegységet fejlesztettünk ki a VKI-ban. Az alkalmazási területek híradástechnikai berendezések táplálása, villamosenergia-rendszerekben alkalmazott védelmi berendezések táplálása, vasúti biztosító- és járműberendezések táplálása.

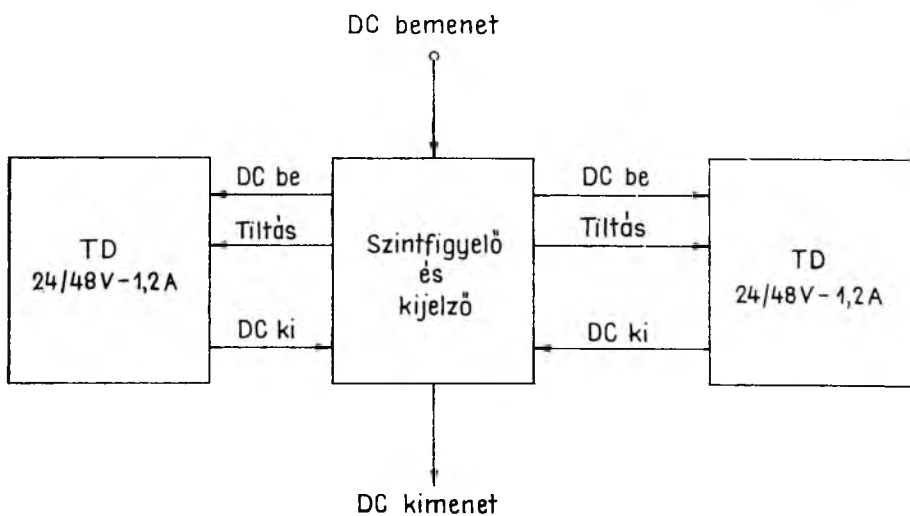
A tápegységek főbb jellemzői:

Bemeneti feszültségek:	24, 48, 72, 220 V;
Kimeneti feszültségek:	± 12 V, ± 15 V, 24 V, 48 V;
Kimeneti feszültségszabályozási pontossága	$\pm 0,5\%$;
Hatásfok:	75...80%;
A kimenet rövidzárvédett;	

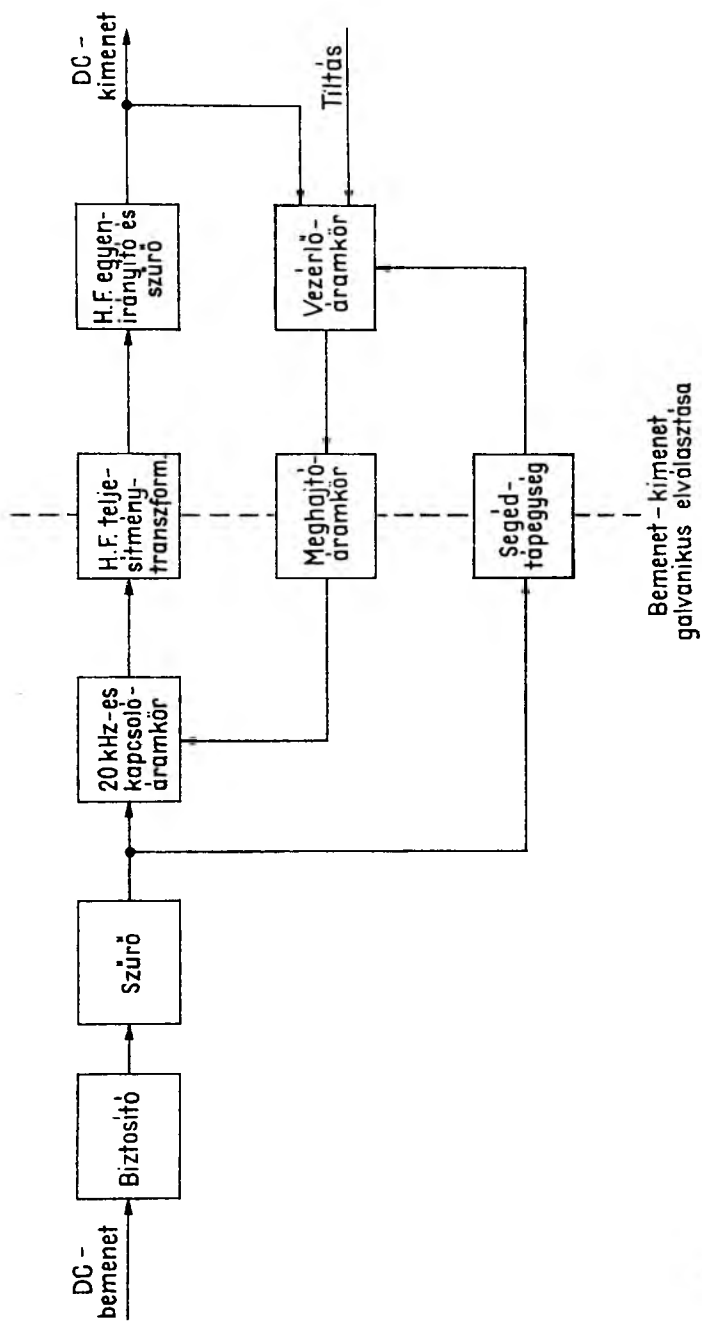
A ki- és a bemenet egymástól galvanikusan el van választva;
 A tápegységek a bemeneti feszültség tartományát figyelő áramkörökkel rendelkeznek, amelyek a működést letiltják, ha a tápfeszültség a megengedett tartományon kívül van.



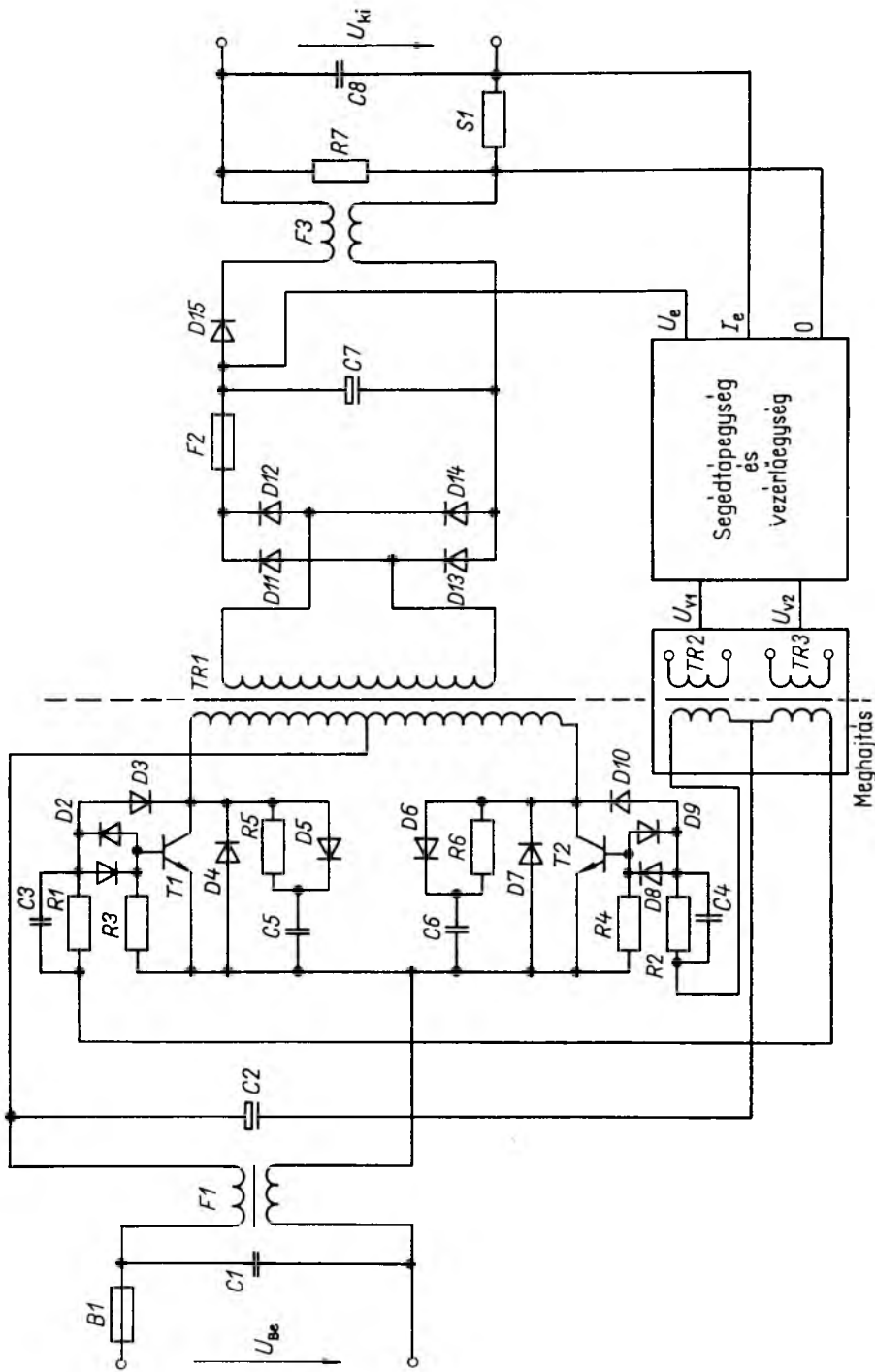
2-4. ábra. 5 kW teljesítményű tápegység



2-5. ábra. Párhuzamos üzemi iker tápegység tömbvázlata



2-6. ábra. TD 24/48 V - 1,2 A típusú tápegység tömbvázlata



2-7. ábra. TD 24/48 V – 1,2 A típusú tápegység elvi kapcsolása

A továbbiakban példaként ismertetjük az OVIBER tervezése alapján megvalósuló árvízvédelmi rendszer hírközlő berendezéseinek a táplálására kifejlesztett tápegységet.

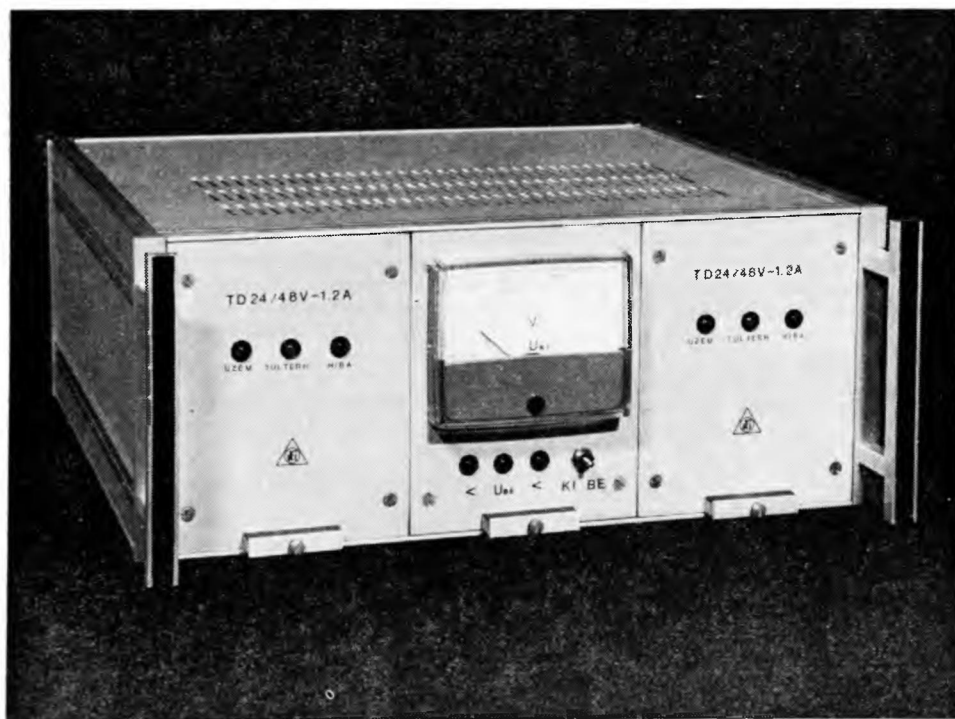
A 2 db TD 24/48 V – 1,2 A típusú átalakítóból álló ikertápegység elvi felépítése a 2-5. és 2-6. ábrákon, a villamos kapcsolása a 2-7. ábrán, kiviteli formája a 2-8. ábrán látható.

A két tápegység egyenként 1,2 A terhelhetőségű, 48 V feszültségű táplálást állít elő a 24 V névleges értékű bemeneti feszültségből. A két kimenet párhuzamosan van kapcsolva a táplálás megbízhatóságának a növelése céljából.

A 20 kHz frekvenciájú inverter áramkör BUY 12 típusú tranzisztorokkal van megvalósítva. A tehermentesítő áramkör RCD típusú. A bekapcsolási árammerekedtség csökkentése céljából külön induktivitást nem kellett alkalmazni, elegendő volt az áramkör szórt induktivitása. A kapcsolófokozatokon fellépő összeszűrésesség 5 W, a kimeneti teljesítmény 9%-a volt. A vezérlőáramkör SG 1524 típusú kapcsolóüzemű szabályozóval működik, ami jelentősen egyszerűsítette a vezérlőáramkör felépítését.

Az SG 1526 típusú áramkör tartalmaz egy oszcillátort, amelynek frekvenciáját külső RT , CT elemekkel lehet beállítani. Vezérlő kimenetein az RT , CT elemekkel meghatározott frekvenciájú, egymáshoz képest 180 villamos fokkal eltolt szélességmodulált meghajtójeleket szolgáltat, amelyek külön-külön 100 mA-rel terhelhetők.

Két szabályozóhurkot tartalmaz, amelyek közül az egyik csupán egy komparátorból áll, míg a másik rendelkezik egy analóg műveleti erősítés bemenettel is. A két



2-8. ábra. Párhuzamos üzemű ikertápegység

szabályozóhurkot egy külső műveleti erősítő alkalmazásával teljesen egyenértékűvé tehetjük, így bármelyik hurok felhasználható mind feszültség-, mind áramszabályozásra, ami további előnyt jelent a készüléktervezés során. Ezen kívül tartalmaz lágy indítóáramkört, valamint elektronikus tiltó bemenettel rendelkezik, továbbá van lehetőség szinkronizációra több egység felhasználása esetén.

Az áramkör 8...40 V közötti tápfeszültségről üzemeltethető, míg az összes beépített elektronikát saját 5 V-os referenciatápfeszültségével látja el.

Irodalom

- [1] *Boehringer, A. – Knöll, H.*: Transistorschalter im Bereich hoher Leistungen und Frequenzen. ETZ. 100. k. 1979. 13. sz. p. 664–670.
- [2] *Mc Murray, W.*: Selection of snubbers and clamps to optimize the design of transistor switching converters. PESC 1979. IEEE Power Electronics Specialist Conference, San Diego 1979. jun. 18–22. p. 62–74.

3.

Komplex áramellátó rendszer vasúti biztosítóberendezések táplálására

FÜZESI ENDRE—LENCSES JÓZSEF

ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai vasúti biztosítóberendezések különböző változatai 24, 48 és 60 V egyenfeszültségű, valamint 50 Hz, 75 Hz és 400 Hz váltakozófeszültségű tápforrásokat igényelnek. A teljesítményigények az állomások nagysága szerint változnak. A Villamosipari Kutató Intézetben kifejlesztett komplex áramellátó rendszer a szünetmentes áramellátást 48 V névleges feszültségű akkumulátortelegekkel, akkumulátortöltőkkel, egyenfeszültségátalakítókkal és inverterekkel valósítja meg. Az egységes akkumulátorfeszültség és az áramirányító készülékek modulszerű felépítése aránylag kis számú készüléktípussal a különböző áramellátási igények teljesítését teszi lehetővé. A cikk ismerteti a berendezések alapáramköréit és a különböző áramellátási rendszereket.

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ТОКОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Э. Фюзеси—Й. Ленчеш

Резюме

Различные типы отечественных железнодорожных систем безопасности требуют питание постоянного тока напряжением 24, 48 и 60 в и переменного тока частотой 50, 75 и 400 Гц. Требования по мощности меняются в зависимости от величины станции. Комплексная система токоснабжения, разработанная в ВКИ, обеспечивает бесперывное токоснабжение с применением аккумуляторной батареи номинального напряжения 48 в, преобразователей постоянного напряжения и инверторов. Единое напряжение аккумуляторов и модульное построение преобразователей тока обеспечивают выполнить различные требования токоснабжения с изменением относительно малого количества типовых устройств. В статье излагаются основные схемы устройств, а также различные системы токоснабжения.

KOMPLEXES STROMVERSORGUNGSSYSTEM ZUR SPEISUNG VON SICHERUNGSEINRICHTUNGEN BEI DER EISENBAHN

E. Füzesi—J. Lencsés

Zusammenfassung

Die verschiedenen Varianten der ungarischen Eisenbahn-Sicherungsanlagen benötigen Gleichspannungsversorgung mit den Werten 24, 48, und 60 V, sowie Wechselstromversorgung mit 50 Hz, 75 Hz und 400 Hz. Der Leistungsbedarf ändert sich je nach Grösse der Stationen. Das in dem Forschungsinstitut der Elektroindustrie entwickelte komplexe Stromversorgungssystem verwirklicht die unterbrechungsfreie Stromversorgung mit Hilfe einer Batterie mit der Nennspannung 48 V, mit Batterieladegeräten, mit Gleichspannungswandlern und Wechselrichtern. Die einheitliche Batteriespannung und der modulartige Aufbau der Stromrichtergeräte ermöglichen

die Realisierung verschiedener Stromversorgungsbedarfe mit einer relativ geringen Anzahl von Gerätetypen. In dem Artikel werden die Grundstromkreise der Einrichtungen und die verschiedenen Stromversorgungssysteme behandelt.

COMPLEX POWER SUPPLY FOR RAILWAY SAFETY SYSTEM

By E. Füzesi – J. Lencsés

Summary

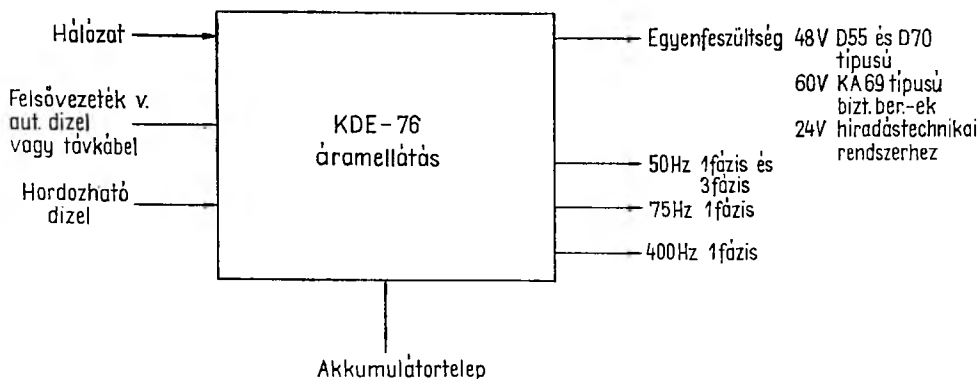
The different versions of railway safety systems used in Hungary require DC power sources of 24, 48 and 60 V as well as AC ones of 50 Hz, 75 Hz and 400 Hz. The power demands depend on the size of the stations. The complex power supply system, developed by the Research Institute of the Electrical Industry (VKI), provides a no-break power supply using accumulator batteries of 48 V rated voltage, battery charges, DC voltage converters and inverters. The modular design of the converters and the only battery voltage enable different power supply demands to be satisfied with a relatively small number of models. The paper describes the basic circuits of the equipment and the various power supply systems.

1. Bevezetés

A Villamosipari Kutató Intézetben 1968. óta foglalkozunk a vasúti biztosítóberendezések áramellátási rendszereinek a fejlesztésével. 1968 és 1975 között egyedi készüléktípusokat dolgoztunk ki egy-egy meghatározott feladat ellátására. Az egyedi készülékek kedvező üzemi tapasztalatai alapján 1976-ban vállalkoztunk a biztosítóberendezések összes áramellátási igényét kielégítő, egységes felépítésű áramellátó rendszercsalád kifejlesztésére. A rendszert alkotó alapáramkörök fejlesztését központi célprogram keretében végeztük. Négy áramirányító típust – akkumulátor-töltő, inverterek táplálására alkalmas nagyteljesítményű tápegység, inverter és tranzistoros egyenfeszültség-átalakító – dolgoztunk ki. A központi programhoz kapcsolódóan, vállalati megbízás keretében a GANZ VM és a MÁV támogatásával fejlesztettük ki az egyes készüléktípusokat. A fejlesztés eredményeit azonnal felhasználtuk a MÁV sürgős igényeit kielégítő rendszerek kivitelezésénél. 1978–1981. időszakban összesen 36 db különböző típusú áramellátó rendszert készítettünk el. Az üzemi tapasztalatok alapján módosítottuk az egyes készülékek dokumentációit, így a GANZ VM-nek üzemben kipróbált, az eredmények alapján megbízható áramellátó rendszercsalád dokumentációját adhattuk át. Ennek birtokában a GANZ VM áramellátással kiegészített, komplett biztosítóberendezések gyártására vállalkozhat mind a hazai, mind az exportigények kielégítésére.

2. Az áramellátással szemben támasztott követelmények

A vasúti biztosítóberendezések a KDE-76 típusú áramellátással szemben a 3-1. ábrán látható főbb követelményeket támasztják. Ezeket az áramellátási igényeket egyszerre egyik állomáson sem kell teljesíteni, de azokat az áramellátó rendszer fejlesztésénél az áramirányító egységek típusának és teljesítményének a meghatározásakor együtt kellett figyelembe venni. Az elsődleges energiaforrás a KDE-76 áramellátó rendszer mindegyik változatában a háromfázisú hálózat. Ennek tartaléka a villamosított vonalakon a felsővezetéki hálózatról vett egyfázisú betáplálás, a nem



3-1. ábra. A KDE-76 áramellátó rendszerrel szemben támasztott általános követelmények

villamosított vonalakon pedig automatikus dízeláramforrás vagy egy másik, dízeláramforrással ellátott állomásról távkábelrel megvalósított betáplálás. A két üzemi betápláláson kívül kézi átkapcsolással biztosítani kell hordozható dízeláramforrásról való üzemeltetés lehetőségét is.

A KDE-76 áramellátás a biztosítóberendezéseknek egyenfeszültségű és 50 Hz, 75 Hz, valamint 400 Hz frekvenciájú váltakozófeszültségű táplálást szolgáltat. Egyenfeszültségű táplálást igényelnek a biztosítóberendezés jelfogós áramkörei. A D55 és a D70 rendszerben az egyenfeszültség 48 V, a KA-69 rendszerben 60 V. Az állomási híradástechnikai berendezések táplálásához 24 V egyenfeszültség szükséges.

A váltók és a felsővezetési szakaszolók háromfázisú, a fényjelző és visszajelentő áramkörök pedig egyfázisú 50 Hz frekvenciájú váltakozófeszültségű vagy arról táplált, egyenirányított tápfeszültséget igényelnek. A sínáramkörök táplálása 75 Hz vagy 400 Hz frekvenciájú egyfázisú váltakozófeszültségről történik.

A fogyasztók energiaellátásának folyamatossága szempontjából különböző követelmények vannak az egyes tápforrásokkal szemben. Az egyenfeszültségű tápforrások megszakítása nem engedhető meg. Az 50 Hz frekvenciájú háromfázisú rendszerben az automatikus dízeláramforrás indítási idejének megfelelő kimaradás (12 s), az egyfázisú 50 Hz és 75 Hz frekvenciájú táplálásban max. 2 s időtartamú feszültségkimaradás lehet. A váltakozófeszültségű energiaforrásoknak a kimaradásakor a folyamatos energiaellátást akkumulátortelep biztosítja.

3. A KDE-76 típusú áramellátás fejlesztésének szempontjai

1976-ban a Villamosipari Kutató Intézet felülvizsgálta tíz különböző rendszerű és nagyságú állomás biztosítóberendezéseinek áramellátását. A vizsgálat mérési eredményei alapján lehetett meghatározni azokat a teljesítményszinteket, amelyekkel a KA-69 és a D55, ill. D70 típusú biztosítóberendezések igényei 25–100 váltó nagyságú állomásokra vonatkozóan kielégíthetők.

A korábbi rendszerekben a 24 V, 48 V és 60 V egyenfeszültségű folyamatos energiaellátás egy-egy akkumulátorteleppel volt megvalósítva. Tekintettel a 24 V-os rendszer kicsi teljesítményigényére és a 60 V-os rendszer aránylag korlátozott mértékű alkalmazására, indokolt volt egységesen minden rendszerben 48 V névleges

feszültségű akkumulátortelepet alkalmazni, amelyről a 24 V egyenfeszültséget 48/24 V-os egyenfeszültség-átalakító, a 60 V egyenfeszültséget pedig 48/12 V-os egyenfeszültség-átalakító állítja elő oly módon, hogy a 12 V hozzáadódik az akkumulátortelep feszültségéhez.

Az akkumulátortelepek feszültségének egységesítése lehetővé tette azonos felépítésű, különböző teljesítményű akkumulátortöltőkkel az igények kielégítését. Tekintettel arra, hogy az állomások betáplálása három- vagy egyfázisú, az akkumulátortöltőket célszerű volt úgy kialakítani, hogy minimális eltéréssel mind egy-, mind háromfázisról üzemelhessenek.

A biztosítóberendezések áramellátásában jelentős teljesítményt igényel a vonali sínáramkörök 75 Hz frekvenciájú áramellátása. A vonali táplálás csak a háromfázisú betáplálású állomásokon volt előírva – ahol hálózat és automatikus indítású dízeláramforrás van – és nem mindegyik állomáson került alkalmazásra, ezért célszerű volt a 75 Hz vonali áramellátást a háromfázisú hálózatról önállóan üzemelő rendszerként kialakítani, amely azonban szükségüzenben az akkumulátor energiáját is át tudja alakítani 75 Hz frekvenciájú váltakozófeszültséggé. Így az egyes állomások biztosítóberendezéseit tápláló áramellátó rendszerek egyszerűen kiegészíthetők a vonalat tápláló 75 Hz-es áramforrással.

Az állomási kisteljesítményű 75 Hz-es és 400 Hz-es áramellátást közvetlenül az akkumulátorfeszültségről üzemelő inverterekkel volt célszerű megvalósítani. A ket-tős betáplálás ellenére 50 Hz frekvenciájú tartalékáramforrásról is gondoskodni kellett. Ha ugyanis a második betáplálás egyfázisú, akkor háromfázisú áramellátás szükséges a váltóállító motorok és a szakaszoló hajtások táplálásához, ha pedig háromfázisú automatikus indítású dízeláramforrás, akkor a dízeláramforrás indítási idejének az áthidalására egyfázisú tartalékáramforrás szükséges a fényjelző és a visszajelző áramkörök táplálására.

Tűz- és életvédelmi szempontok miatt meg kellett oldani a rendszer központi feszültségmentesítését, ezért váltakozóáramú és egyenáramú csatlakozószekrényeket alakítottunk ki, amelyekben távműködtetésű kapcsolók vannak elhelyezve a rendszer tápfeszültségeinek a kikapcsolása céljából.

A biztosítóberendezések áramellátásának fejlesztése során alapvető szempont volt az áramellátó rendszer megbízhatósága. Ennek érdekében egyrészt önmagukban nagy megbízhatóságú áramköröket választottunk, másrészt redundáns egységeket terveztünk. Az áramellátó rendszer redundáns részegységei az önálló töltőberendezésekkel ellátott két akkumulátortelep, a párhuzamosan kapcsolt egyenfeszültség-átalakítók, és a tartalékegységgel ellátott nagyteljesítményű 75 Hz-es inverterek.

4. A KDE-76 típusú áramellátó rendszerek és készülékeik

A KDE-76 típusú áramellátó rendszernek több típusa van. Ezek rendszerezése látható a 3-1. táblázatban. A típusválaszték kialakítása négy szempont szerint történt:

- a biztosítóberendezés típusa (D55 és D70 vagy KA-69), aminek függvényében 48 V vagy 60 V egyenfeszültség szükséges;
- a második hálózat jellege (felsővezetékéről vett egyfázisú táplálás vagy automatikus indítású dízeláramforrással, ill. távkábellel biztosított háromfázisú táplálás);
- vonali sínáramkörök 75 Hz-es táplálása;
- az állomás nagysága, ami a váltók max. számával jellemezhető. 100 váltónál nagyobb állomások esetén az áramellátás egyedi jellegű.

3-1. táblázat

A KDE-76 áramellátó rendszer típusválasztéka

Az áramellátó rendszer típusa	V1	V2	V3	NV11	NV12	NV21	NV22	NV31	NV32	NV42
A táplált állomás váltóinak maximális száma	25	25	50	25	25	25	25	50	50	100
A táplált biztosítóberendezés típusa	KA69	D55	D55	KA69	KA69	D55	D55	D55 D70	D55 D70	D70
Második hálózat FV = felsővezeték AD = aut. dízel vagy távkábel	FV	FV	FV	AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD
75 Hz-t vonalon T = táplál TN = nem táplál	NT	NT	NT	NT	T	NT	T	NT	T	T
Akkumulátortelep 3 PE 8 B 160 Ah 3 PE 12 B 240 Ah	2	2		2		2				
			2		2		2	2	2	
Akkumulátortöltő	E11	E11	2E21	E12	2E22	E12	2E22	2E22	2E22	2E3
	I1	I1	I3	I4	I4	I4	I4	I4	I4	2I4
Inverter 50 Hz 75 Hz vonali 400 Hz 200 VA ⁺¹ 75 Hz 630 VA ⁺¹					415		415		415	815
	1	1	2	1	1	1	1	2	2	4
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Inverter-tápegység					T1		T1		T1	2T1
Egyenfeszültség-átalakító 48/24 V - 4 A ⁺² 48/12 V - 20 A ⁺¹	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	2			2	2					
Biztosítóberendezés 50 Hz frekvenciájú táplálása	W1	W2	W3	W1	W1	W2	W2	W3	W3	2W3
75 Hz és 400 Hz frekvenciájú táplálás és a biztosítóberendezés egyenfeszültségű táplálása	K1	K2	K3	K1	K1	K2	K2	K3	K3	2K3
Váltakozóáramú csatlakozószekrény	TÉK-1	-1	-1	-2	-3	-2	-3	-2	-3	-3
Akkumulátor-csatlakozószekrény	ASz	ASz	ASz	ASz	ASz	ASz	ASz	ASz	ASz	ASz

Megjegyzések:

1 K jelű egység része

2 W jelű egység része

A KDE-76 áramellátó rendszer elvi felépítése a 3-2. és 3-3. ábrákon látható. A 3-2. ábra az áramellátó rendszernek azt a részét mutatja, amelynek egy-egy változata mindegyik állomási rendszerben megjelenik. A 3-3. ábra a 75 Hz-es vonali táplálás rendszerét mutatja, amely az egyenáramú és a váltakozóáramú táplálásokon keresztül csatlakozik a 3-2. ábra szerinti alaprendszerhez.

A 3-2. ábrán a váltakozóáramú betáplálások a *TÉK* egységhez csatlakoznak, amelynek három változata van. A *TÉK*-1 típus a *V* rendszerek – a második hálózat a felsővezeték táplálás – a *TÉK*-2 és -3 típusok pedig az *NV* rendszerek váltakozóáramú csatlakozószekrényre. A tápfeszültségek a *TÉ* kapcsolókon keresztül jutnak el az áramellátó rendszer egyes áramköreihez. A *K* kézikapcsolóval hordozható dízeláramforrásra való átkapcsolás lehetséges. Az *AÁK* automatikus átkapcsolóegység a váltakozóáramú hálózatról a második hálózatra kapcsol át, ha a hálózat bármelyik fázisfeszültsége a megengedhető minimális érték alá csökken.

Az *E* egyenirányító egység két független, *UI* karakterisztikájú egyenirányítóból áll, amelyek egy-egy akkumulátortelepelt töltenek. Az akkumulátorok felé a csatlakozás a váltakozóáramú betápláláshoz hasonlóan *TÉ* kapcsolókon keresztül történik. A *TE* kapcsolók távműködtetéssel egyidejűleg kikapcsolhatók, ami az áramellátó rendszer feszültségmentesítését teszi lehetővé. A *TE* kapcsolók visszakapcsolása egyenként kéziműködtetéssel lehetséges. Az akkumulátortelepek diódákon keresztül vannak párhuzamosan kapcsolva. Így az egyik telep meghibásodása nem befolyásolja a másik üzemét.

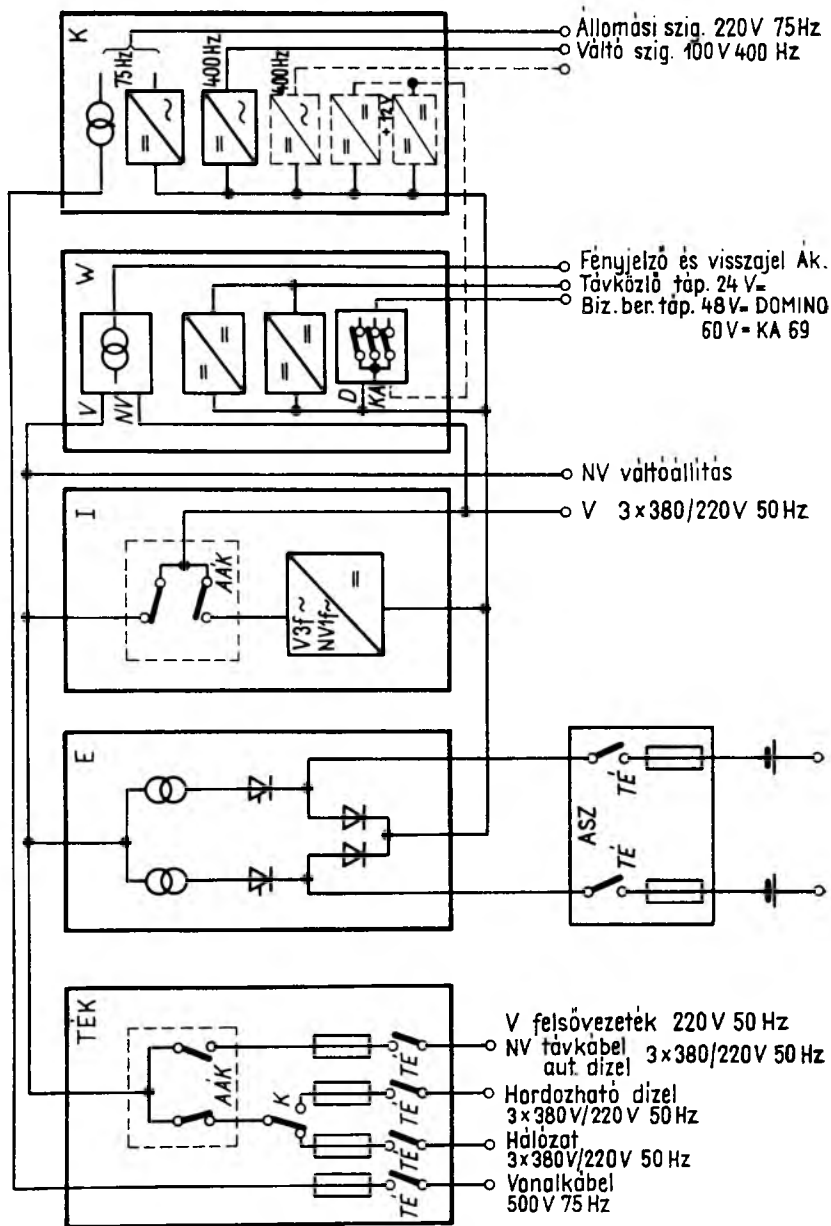
Az *E* egyenirányítóknak négy változata van. Az *E11* és *E12* típusok egy szekrényben két 60 A névleges áramú egyenirányítóból állnak. Az *E11* változat egy- és háromfázisról, az *E12* változat csak háromfázisról üzemeltethető. Az *E11* névleges árama egyfázisú üzemben 40 A. Az *E21* és *E22* típusok egy-egy 90 A névleges áramú egyenirányítóból állnak. Az *E21* változat egy- és háromfázisról, az *E22* háromfázisról üzemeltethető. Az *E21* névleges áramú egyfázisú üzemben 60 A.

Az *I* inverteregység a *V* rendszerekben háromfázisú váltakozófeszültséget állít elő. Az *II* típus 2 kVA, az *I3* típus 3 kVA teljesítményű. Az *II* egy váltó indítására alkalmas egy másik váltó egyidejű működése esetén, az *I3* két váltó indítására alkalmas másik két váltó egyidejű működése esetén. Az *NV* rendszerben az *I* inverter *I4* típusú egyfázisú 2 kVA teljesítményű inverter. Az *I* egységek *AÁK* automatikus átkapcsoló egysége a hálózati táplálás kimaradása esetén kapcsolja be az invertereket és továbbítja a feszültségeket a fogyasztók felé.

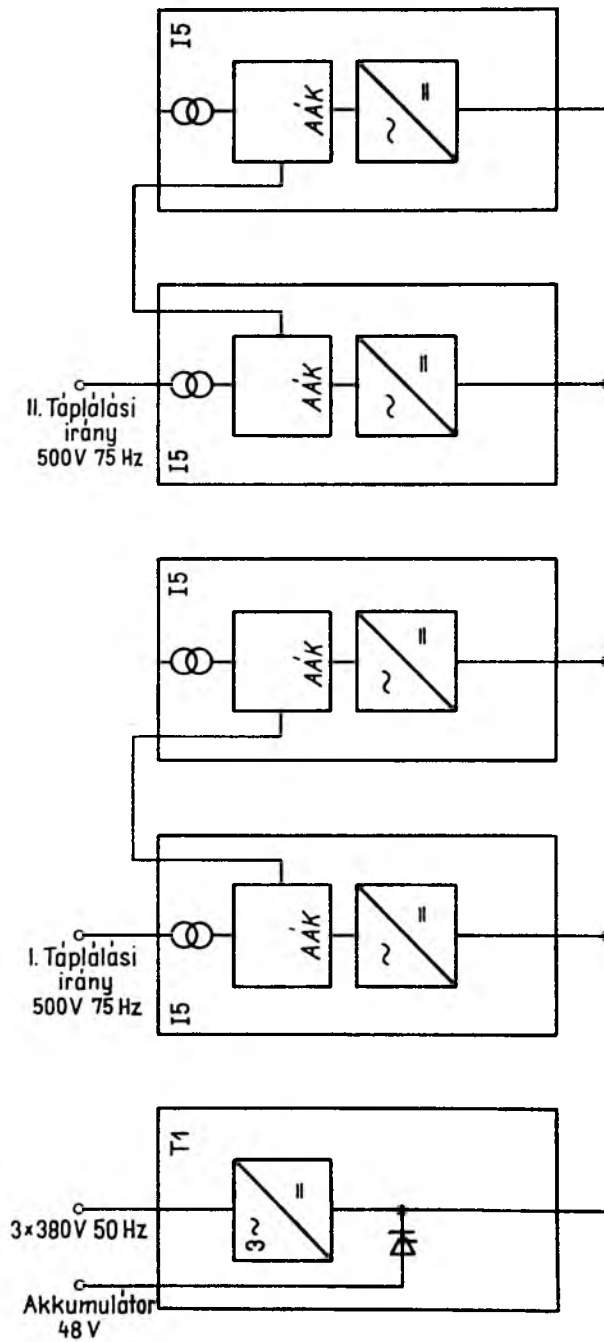
A *W* egység a fényjelző és a visszajelentő áramkörök táplálásához szükséges transzformátorokat és egyenirányítókat, az állomási távközlőberendezések 48/24 V-os egyenfeszültség-átalakítóit és a biztosítóberendezés jelfogós áramköreinek a táplálásához szükséges elosztóáramköröket tartalmazza. A *W* egységnek három *W1*, *W2* és *W3* változata van, amelyek között különbség a transzformátorok számában és teljesítményében, a thermoblinkerek és a villogásfigyelők számában van.

A *K* egység az állomási 75 Hz-es táplálás transzformátorát és 600 VA teljesítményű inverterét, az állomási 400 Hz frekvenciájú táplálás invertereit és a 48/12 V-os egyenfeszültség-átalakítókat tartalmazza. A *K* egységnek három változata van. Mindegyik változat tartalmaz egy-egy 75 Hz-es transzformátort, egy 75 Hz-es invertert és egy 400 Hz-es invertert. Ezen kívül a *K1* egységben 2 db 48/12 V-os átalakító, a *K3* egységben további 400 Hz-es inverter és esetenként további egy darab 75 Hz-es inverter van. A *K2* egység az alapváltozattal azonos.

A 3-3. ábrán látható 75 Hz-es vonali táplálás a *T1* tápegységből és 4 db *I5* típusú 2,5 kVA teljesítményű 75 Hz-es inverterből áll. A *T1* tápegység a háromfázisú hálózatról működik és 48 V tápfeszültséget állít elő. Egyidejűleg 2 db *I5* inverter táplálá-



3-2. ábra. A KDE-76 áramellátó rendszer elvi felépítése



3-3. ábra. A 75 Hz-es vonali táplálás elvi felépítése

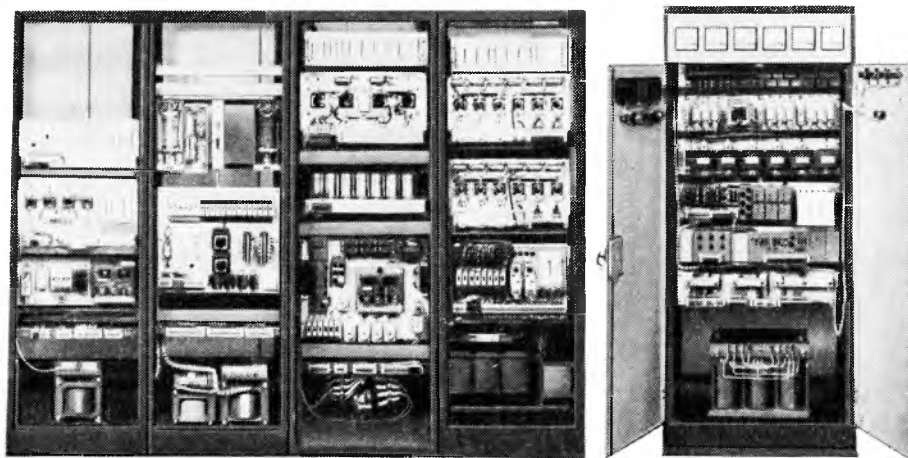
sára alkalmas. A hálózati táplálás kimaradásakor a táplálás az akkumulátorokról történik. 2-2 db *I5* inverter egy-egy irányt táplál. A kitáplálás mindig a telepítésnél kiválasztott kimeneti transzformátoron keresztül történik, azonban az inverterpáron belül az elsőként bekapcsolt inverter fog kitáplálni és a másodiknak bekapcsolt inverter lesz a tartalék.

A 75 Hz-es vonali táplálásnak ez a rendszere rugalmasan csatlakoztatható akár a KDE rendszer többi részéhez, akár más meglevő áramellátásokhoz.

5. Üzemi tapasztalatok

Az első KDE-76 típusú áramellátó rendszert 1978-ban helyeztük üzembe. Ennek fényképe látható a 3-4. ábrán. 1979-ben 2 db V0, 4 db V1, 1 db V2, 1 db V3, 1 db NV-12, 1980-ban 2 db V0, 4 db V2, 1 db NV-12, 2 db NV-21, 2 db NV-22, 2 db NV-32, 1981-ben 2 db V2, 1 db V3, 5 db NV-21, 5 db NV-22 típusú áramellátó

K szekrény	W szekrény	I szekrény	E szekrény	TÉK szekrény
VTIS 48V/100-50-400-02		VTIS 48V/220-50-1,6	2 db	
INVERTER		INVERTER	VTA 3x380/220-48-60	
VTIS 48V/220-75-0,63			AKKUMULÁTOR TÖLTŐ	
INVERTER				



3-4. ábra. BAJCSA Forgalmi kiterő vasútállomás biztosítóberendezésének NV 21 típusú áramellátása

rendszer készült el. Ezeknek a rendszereknek a készülékeit kiegészítve az egyedi felhasználású készülékekkel összesen mintegy 90 db akkumulátortöltő, 180 db inverteregység és 74 db egyenfeszültségátalakító van üzemben. Az üzembehelyezési időpontokat figyelembe véve az átlagos üzemidő 1981. végén kb. 1 év. Az elmúlt időszak meghibásodásai alapján a két meghibásodás közötti átlagidő az akkumulátortöltők-nél 5 évnél, az invertereknél 4 évnél, az egyenfeszültség-átalakítóknál 3 évnél nagyobb.

A redundanciákat figyelembe véve a rendszer teljes meghibásodásai — pl. akkumulátortöltés teljes kimaradása, vagy a 75 Hz vonali táplálás teljes kimaradása — közötti átlagidő a közölt időtartamuknak legalább az ötszöröse. Ezt igazolja az a tény, hogy az eltelt időszakban teljes rendszerhiba nem következett be.

6. Köszönetnyilvánítás

A KDE-76 áramellátó rendszer kollektív munka eredménye. A szerzők ezúton is szeretnék megköszönni a MÁV részéről Machovitsch Lászlónak, Komáromi Jánosnak, Tóth Lajosnak és Máté Lászlónak a rendszer kidolgozásához nyújtott útmutatásokat, valamint az üzemi próbák és vizsgálatok feltételeinek a biztosítását, a GVM részéről dr. Vitályos Lászlónak és munkatársainak a gyártásbevezetésben nyújtott segítségét.

Irodalom

- [1] *Füzesi, E.*: Vasútbiztosító-berendezések energiaellátása. Automatizálás. 1975. 8. sz. p. 14–18.
[2] *Fenyvesi, M.—Füzesi, E.—Lencsés, J.*: Inverterek vasúti biztosítóberendezések üzemében. MÁV kiadó. 1974.

4.

Követő szabályozással ellátott inverterek üzemtani tulajdonságai

DR. NAGY LÁSZLÓ – SOÓS LÁSZLÓ

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben a szerzők bemutatják a párhuzamosan kapcsolt inverterek statikus és dinamikus terheléelosztásához kifejlesztett áramkört, és a rendszeren végzett mérési eredményeket. Egyszerű megoldást ismertetnek a belső zárlat gyors jelzésére, amelynek segítségével a hibás inverter rövid időn belül lekapcsolható a fogyasztói sínről. Mérési eredményeket mutatnak be az inverterek kimeneti zárlati teljesítményének növelésére kifejlesztett áramkörrel.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ИНВЕРТОРОВ СО СЛЕДЯЩИМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Д-р. Л. Надь—Л. Шоош

Резюме

В статье излагаются авторами схема, разработанная для статистического и динамического распределения нагрузки параллельно соединенных инверторов, а также результаты измерения системы. Описывается простое решение для быстрой индикации внутреннего к. з, с помощью которого неисправный инвертор за короткое время отключается от шины потребителя. Излагаются результаты измерения с применением схемы для увеличения выходной мощности к. з. инверторов.

BETRIEBSEIGENSCHAFTEN VON WECHSELRICHTERN, DIE MIT FOLGEREGELUNG AUSGERÜSTET SIND

Dr. L. Nagy—L. Soós

Zusammenfassung

In dem Artikel wird der für die statische und dynamische Lastverteilung von parallel geschalteten Wechselrichtern entwickelte Stromkreis, und die am System durchgeführten Meßergebnisse gezeigt. Es wird eine einfache Lösung zur schnellen Anzeige des internen Kurzschlusses erörtert, mit deren Hilfe der fehlerhafte Wechselrichter innerhalb kurzer Zeit von der Verbraucherschienen abgeschaltet werden kann. Es werden Meßergebnisse bezüglich desjenigen Stromkreises gezeigt, der zur Steigerung der Ausgangs-Kurzschlußleistung der Wechselrichtern entwickelt worden ist.

OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF INVERTERS WITH BANG-BANG CONTROL

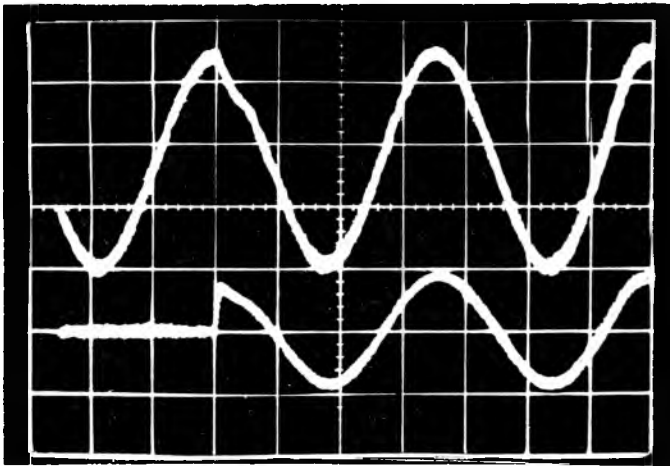
By Dr. L. Nagy – L. Soós

Summary

The authors present in this paper a circuit developed for the static and dynamic load distribution of parallel-connected inverters, and the measurement results obtained with the system. A simple arrangement is described for the quick signalling of internal short-circuits, by which the faulty inverter can be disconnected from the load bus bar in a short time. The authors present measurement results obtained with the circuit developed for increasing the output short-circuit power of inverters.

1. Bevezetés

A Villamosipari Kutató Intézetben a szünetmentes áramellátás céljaira a legutóbbi években kifejlesztett, követő szabályozással megvalósított inverterek [1] a korábban alkalmazott megoldásokkal szemben elsősorban kiváló tranziens tulajdonságaikkal tűnnek ki. Jól példázza ezt a 4-1. ábrán bemutatott oszcillogram, amelyen az inverter

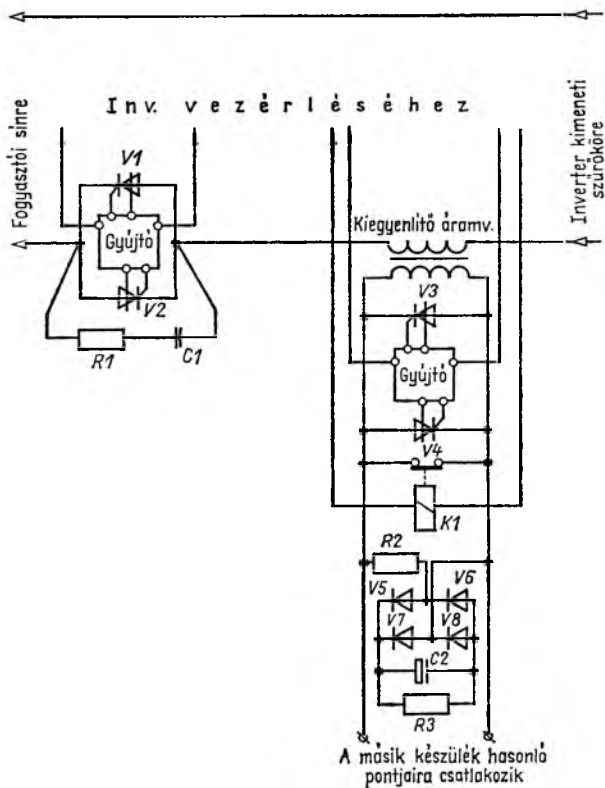


4-1. ábra. Az inverter kimeneti feszültségének átmeneti folyamata 100%-os terhelésugrásnál

kimeneti feszültségének átmeneti folyamatai láthatók 100%-os terhelésugratás hatására. (Az ábrán a felső sugár az inverter kimeneti feszültsége, az alsó pedig a terhelőáram. A felvételek egy 16 kVA névleges teljesítményű egyfázisú inverteren készültek.) A jó dinamikus tulajdonságok önmagukban csak szükségesek, de nem elégséges feltételei annak, hogy a berendezés egy szünetmentes áramellátó rendszer részeként is megfelelően alkalmazható legyen. A sok különböző, mérlegelendő kérdés közül most hármat ragadunk ki: a párhuzamosan üzemelő inverterek szelektív leválasztásának megoldását, valamint a belső és a fogyasztói oldalon keletkező zárlatok gyors tisztázásának lehetőségeit.

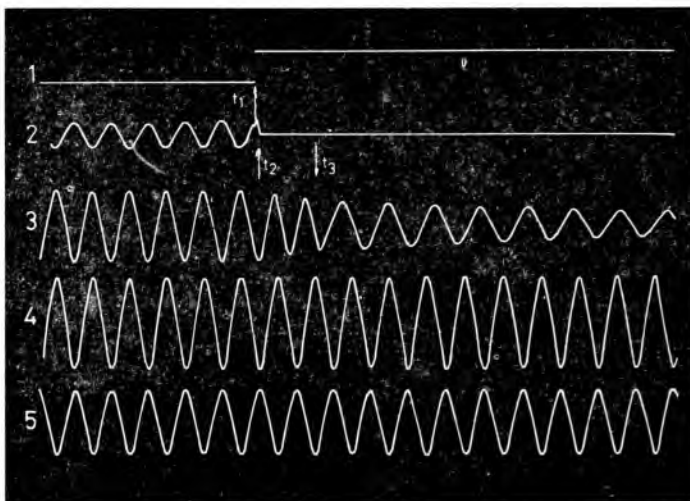
2. Az inverterek párhuzamos üzemének vizsgálata

Szünetmentes áramellátó rendszerekben az inverterek párhuzamos üzemére alapvetően két cél érdekében kerül sor. Az egyik a kimeneti teljesítmény növelése, a másik a rendszer megbízhatóságának fokozása. A párhuzamos kapcsolás előfeltétele természetesen a kimeneti feszültségek amplitúdójának, frekvenciájának és fázisszögének azonossága. Ennek hiányában a két párhuzamosan kapcsolt berendezés között kiegyenlítő áram folyik. Figyelembe véve a követő szabályozással ellátott inverterek rendkívül merev külső jelleggörbéjét, már viszonylag kis eltérések esetén is zárlati jellegű áramok alakulnak ki. Nyilvánvaló, hogy még a kimenetükön rövidzárbiztos inverterek esetén is a lehető legrövidebb időn belül gondoskodni kell a hiba megszüntetéséről. A hiba a párhuzamosan járó berendezések egyikében lehet, tehát a feladat az inverter gyors leválasztása a fogyasztói sínról. Erre a célra fejlesztettük ki a 4-2. ábrán bemutatott kimeneti egységet. A fogyasztói sínre való rákapcsolást és az onnan történő leválasztást a $V1$, $V2$ elemekből felépített hálózati kommutációs tirisztorkapcsoló végzi. Az egyes invertereket az ún. kiegyenlítő áramváltókon [2] keresztül kapcsoljuk párhuzamosan úgy, hogy azok szekunder tekercseit sorba-kapcsoljuk. Az esetleg üzemben kívül levő egységek tekercsvégeit természetesen rövidre kell zárni. Erre a célra szolgál a $V3$, $V4$ tirisztorokból felépített természetes



4-2. ábra. Inverter kimeneti egység

kommutációs kapcsoló és a $K1$ jelű mágneskapcsoló. Az inverter szándékolt, vagy hiba esetén történő automatikus kikapcsolása esetén a $V3$, $V4$ tirisztorkapcsoló biztosítja az áramváltó gyors kiiktatását, míg a $K1$ mágneskapcsoló nyugalmi érintkezője a berendezés teljes feszültségmentesítése esetén is fenntartja a szekunder tekercs rövidzárát. A hibás inverter kiegyenlítő áramváltójának gyors áthidalása azért nagyon lényeges, mert a bent levő, de primer oldalán gerjesztetlen áramváltó el nem hanyagolható hullámalak-torzulást hoz létre a fogyasztói sínen [3].



4-3. ábra. A fogyasztói sín feszültségének változása két párhuzamosan kapcsolt inverterből álló rendszer esetén, az egyik készülék meghibásodásakor

1 hibajel; 2 hibás inverter kimenő árama; 3 a hibás inverter kimeneti feszültsége; 4 a fogyasztói sín feszültsége; 5 a jó inverter kimeneti feszültsége

A kimeneti egység működésének hatékonyságát a 4-3. ábra szemlélteti. Az oszcillogram két 16 kVA névleges teljesítményű, egyfázisú inverterből álló rendszer egyik inverterének meghibásodása esetén mutatja be a legfontosabb jellemzők változását. A hibajel megjelenésekor, az ábrán a t_1 -gyel jelölt időpillanatban, a $V3$, $V4$ tirisztorkapcsoló rövidrezárja a hibás készülék kiegyenlítő áramváltójának szekunder tekercsét, a $V1$, $V2$ elemekből álló kimeneti tirisztorkapcsoló az áram legközelebbi nullátmeneténél lezár és leválasztja a meghibásodott invertert. Ez az áram-nullátmenet a t_2 időpontban következik be, amikor az elromlott berendezés kimeneti szűrőkörének feszültsége a fogyasztói sín feszültsége alá csökken. Az inverter kimeneti mágneskapcsolója a t_3 időpontban kapcsol ki. Ettől kezdve a kimeneti rezgőkör csillapodó szabad lengést végez.

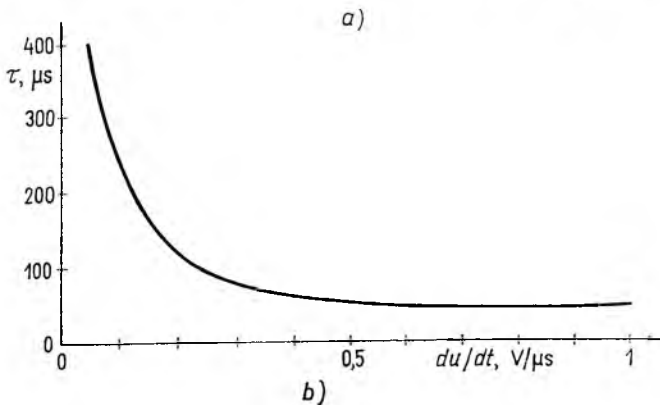
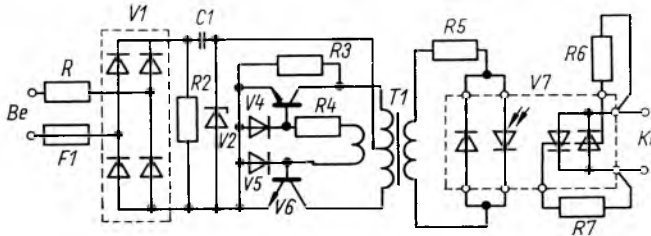
Az oszcillogram jól szemlélteti, hogy jó dinamikus tulajdonságú inverterek esetén a hálózati kommutációs tirisztorkapcsolókkal megvalósított kimeneti egység alkalmazásával a hibás inverter szelektív leválasztása úgy biztosítható, hogy a fogyasztói sínen gyakorlatilag nem észlelhető feszültségtörés.

3. A belső zárlatok gyors érzékelésének egy módszere

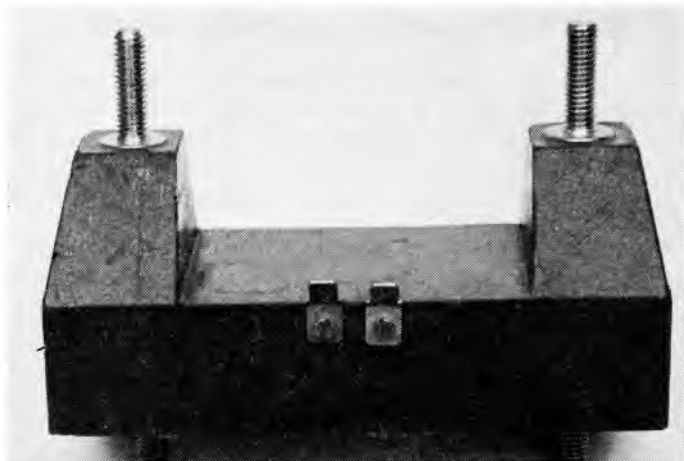
A hibás inverter gyors leválasztásával csak a feladat egyik részét oldja meg a tirisztor-kapcsolós kimeneti egység. Hasonlóképpen fontos a bekövetkező hiba mielőbbi észlelése és a szükséges beavatkozási parancs képzése is, hiszen a hibás inverter kikapcsolásáig, ill. a párhuzamos üzemből való leválasztásáig a szünetmentes sínen nemkívánatos terhelést jelent és a fogyasztói feszültséget megengedhetetlen mértékben is torzíthatja.

A hibák legjelentősebb része valamelyik biztosító kiolvadását okozza a berendezésben. Különösen érvényes ez magára a főáramkörü szaggatókapcsolásra, ahol áttételesen a vezérlőkörü hibák is jelentkeznek. Tekintettel arra, hogy az itt levő, első sorban félvezetővédő biztosítók kiolvadása közvetlenül a teljes berendezés kiesését okozza, igen lényeges, hogy ezekről azonnali információt kapjunk. Erre a célra fejlesztettük ki azt az elektronikus biztosítófigyelőt, amely már a biztosító ívelése alatt kiadja a kikapcsolási parancsot, egyrészt az inverter működtetőköre, másrészt a kimeneti egység részére. Az áramkör elvi kapcsolási rajzát és megszólalási idejének a kiolvadó biztosító sarkain megjelenő feszültség meredekségétől való függését a 4-4. ábra mutatja. Az egység képezi – kimenetén aktív logikai nullát adva – a lekapcsolást kiváltó hibajelet. A 4-3. ábrán bemutatott oscillogram felvételekor az egyik inverteren bekövetkező hiba a tirisztoros híd biztosítójának kiolvadása volt, és a kimeneti egység működését elindító jelet a most ismertetett elektronikus biztosítófigyelő adta.

A 4-5. ábrán a biztosítófigyelő egység 2,5 kV-os szigetelési szilárdságának megfelelő, biztosítóaljzatként kialakított változatát mutatjuk be.



4-4. ábra. Az elektromos biztosítófigyelő elvi kapcsolása és megszólalási ideje

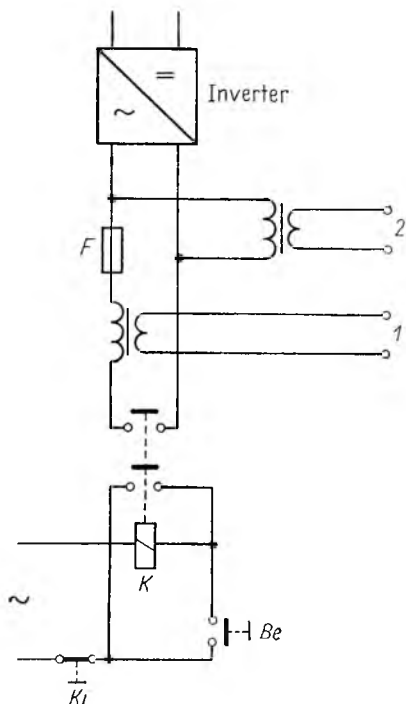


4-5. ábra. Műgyantával kiöntött elektronikus biztosítófigyelő

4. A fogyasztói zárlatok tisztázása

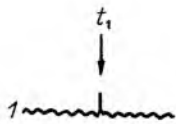
Ha az áramellátó rendszer fogyasztói leágazásain valamelyik fogyasztó zárlatot okoz, akkor a hozzá tartozó biztosítónak úgy kell kiolvadni, hogy az a többi fogyasztó áramellátását ne zavarja. Az inverterek zárlati teljesítményének és a fogyasztóknak

a táphálózattal szemben támasztott követelmények ismeretében meg lehet adni a leágazásokhoz használható biztosítók maximális értékét. Méréseket végeztünk az inverterek kimeneti feszültségének vizsgálatára terhelésoldali zárlat esetén. A követő szabályozással megvalósított inverterek esetében ez a kérdés még élesebben vetődik fel, mint a hagyományos szabályozóköri felépítésű egyéb megoldásoknál. Az áramkorlátozás rendkívül gyors beavatkozási képessége ugyanis lehetővé teszi, hogy a terhelőáram még pillanatértékben se nőhessen a beállított korlátozási érték fölé. Ennek óriási előnye, hogy a kommutációs áramcsúcsnak a névleges áramhoz viszonyított értéke az általában szokásoshoz képest igen alacsony szinten tartható, ami számottevő hatáskörjavulást eredményez. Ezzel szemben hátránya, hogy az alacsony kommutációs áramcsúcs következtében a fogyasztói zárlatok tisztázásához viszonylag kis mő-



4-6. ábra. Mérési összeállítás a fogyasztói oldalon keletkező zárlat hatásának vizsgálatához

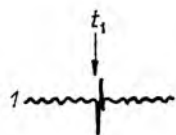
F a vizsgált biztosító; *K* a terhelésoldali zárlatot előidéző mágneskapcsoló



4-7. ábra. Fogyasztói zárlat $0,12I_n$ értékű lomha biztosítón keresztül



4-8. ábra. Fogyasztó zárlat $0,12I_n$ értékű gyors biztosítón keresztül



4-9. ábra. Fogyasztói zárlat $0,2I_n$ értékű lomha biztosítón keresztül



4-10. ábra. Fogyasztói zárlat $0,2I_n$ értékű gyors biztosítón keresztül



4-11. ábra. Fogyasztói zárlat $0,33I_n$ értékű gyors biztosítón keresztül



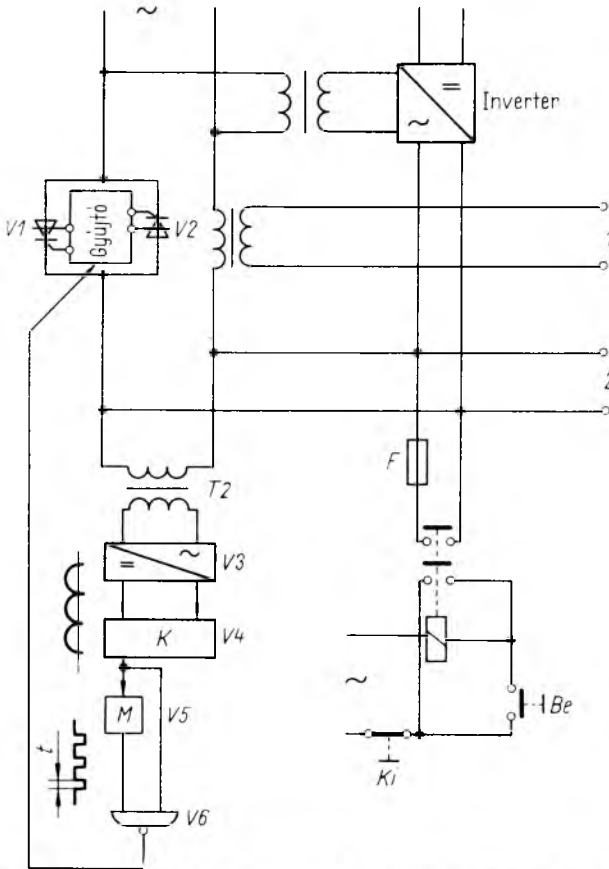
4-12. ábra. Fogyasztói zárlat $0,3I_n$ értékű lomha biztosítón keresztül

I fogyasztói áram; U fogyasztói feszültség; t_1 a zárlat időpontja

göttes zárlati teljesítmény áll rendelkezésre. Mérésünkhöz azt az elrendezést választottuk, amelynél egy rendszerben egy inverter üzemel és a fogyasztói leágazáson zárlat keletkezik. A mérés összeállítása a 4-6. ábrán látható. Az inverterek áramkorlátozását a szokásos $I_k = 1,1 I_n$ értékre állítottuk be. A következő méréseket végeztük el:

4-7. ábra:	$F = 0,12I_n$ lomha
4-8. ábra:	$F = 0,12I_n$ gyors
4-9. ábra:	$F = 0,2I_n$ lomha
4-10. ábra:	$F = 0,2I_n$ gyors
4-11. ábra:	$F = 0,3I_n$ gyors
4-12. ábra:	$F = 0,3I_n$ lomha

A mérésekből látszik, hogy a $0,12I_n$ -hez tartozó gyorsbiztosítós fogyasztói leágazások minden megkötés nélkül megengedhetők. Nagyobb biztosító akár gyors, akár lomha, csak akkor használható, ha a fogyasztók elviselik az ábrákon látható különböző nagyságú és idejű feszültségletöréseket. Ha a fogyasztói leágazásokban $0,12I_n$ -nél nagyobb biztosítót akarunk használni, és a követelmények szigorúbbak, mint amit az előző mérések eredményei alapján ki lehetne elégíteni, meg kell vizsgálni annak a lehetőségét, hogyan növelhetjük a zárlati teljesítményt. Ennek egyik módja lehetne



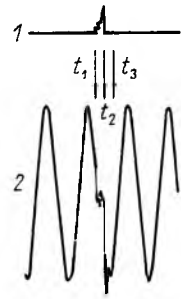
4-13. ábra. A hálózat átkapcsolása fogyasztói rövidzárlat esetén

elvileg az, hogy az invertereket túlméretezzük. Ez a megoldás nem eredményez nagyságrendi változást a zárlati teljesítményben, mert az inverter 50%-os, vagy akár 100%-os túlméretezéssel sem jelent komoly teljesítményt a zárlat táplálásához, viszont az inverter hatásfoka romlik. A másik lehetőség a hálózat zárlati teljesítményének felhasználása. Ennek megoldása látható a 4-13. ábrán.

A kapcsolás működése a következő:

Az inverter szinkronban jár a hálózattal. A $T2$ feszültségváltóról $V3$ hidegegyenirányítóra kerül a kimeneti feszültséggel arányos jel. Az egyenirányított jelet $V4$ kom-

parátor bemenetére vezetjük. Utóbbi komparálási szintjét úgy állítjuk be, hogy 220 V kimeneti feszültség esetén $t = 1$ ms széles impulzusokat adjon. A komparátor kimeneti jele billenti M monostabil multivibrátort, amelynek kimeneti impulzusa szélesebb a komparátor kimeneti jelének impulzusszélességénél ($T = 1,2$ ms), így a V6 NAND kapu kimenetén mindaddig logikai 1 szint lesz, amíg a kimeneti feszültség komparálásából t szélességű impulzusokat tudunk előállítani. Ez a logikai 1 szint nyitva tartja V1 és V2 elemekből felépített tirisztorkapcsolót. Ha a kimeneten zárlatot csinálunk, a kimeneti feszültség lecsökken. K komparátor kimenetén akkor logikai 1 szint lesz. Ugyanakkor M kimenetén is 1 szintet kapunk, ami azt eredményezi, hogy V6 kimenete logikai 0-ba kerül. A tirisztorkapcsoló bekapcsol. A hálózati feszültség mindaddig rajta marad a fogyasztói sínen, amíg a biztosító kiolvad és a kimeneti feszültség eléri a névleges értéket. Ezután V6 kimenete logikai 1-re vált, és a tirisztorkapcsoló az első áramnullátmenet után lezár. A monostabil multivibrátor késleltetési ideje meghatározza a hálózat lekapcsolásának késését. Egy átkapcsolási folyamatot mutatunk be a 4-14. ábrán. A vizsgálathoz használt biztosító névleges áramának értéke az inverter névleges kimeneti áramának 75%-a volt. A t_1 és t_2 időpont közötti idő a kapcsolóelektronika késleltetésének és a biztosító kiolvadásának együttes ideje. A t_2 -től t_3 -ig tartó idő alatt áll be az inverter kimeneti feszültsége az állandósult állapotba. A fogyasztói feszültség 5 ms-on belül eléri az állandósult állapotot.



4-14. ábra. Átkapcsolási folyamat fogyasztói rövidzárlat esetén

1 a tirisztorkapcsoló árama;
2 a fogyasztói sín feszültsége;
 t_1 a zárlat időpontja; t_2 a biztosító kiolvadásának időpontja; t_3 az inverter kimeneti feszültsége állandósult állapotának kezdete

Irodalom

- [1] Dr. Nagy László – Huszti György: Relés követőszabályozás alkalmazása szinuszos kimenőfeszültségű inverterek megvalósításához. 3. Erősáramú Elektronikai Konferencia Budapest 1977.
- [2] Dipl. Ing. Ebenhard Porep – Dipl. Ing. Fritz Kramer: Redundanter Parallelbetrieb Statischer Wechselrichter ETZ-B Bd. 28 (1976) H12
- [3] Soós L. – Szabó Á.: Investigation of inverters in parallel operation. Zbornik Radova. IV. Savjetovanja Sarajevo '81.

5.

A villamosenergia-ipar telemechanikai rendszereinek szünetmentes energiaellátása

PRÁGAI GYÖRGY – SZILÁGYI ANDRÁS – FÜZESI ENDRE

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők áttekintik a villamosenergia-rendszer üzemirányításának a felépítését, az áramellátás követelményeit és ismertetik a VKI-ban kifejlesztett áramellátó rendszereket, az Országos Villamos Teherelosztó központi, speciális, egyedi áramellátása mellett a TSZA és TIH típusúakat.

A TSZA rendszerek az üzemirányítási hierarchia közepén elhelyezkedő áramszolgáltatási KDSZ-ek és ÜIK-k berendezéseit táplálják 6,3...16 kVA egységteljesítményű inverterekből felépítve.

A TIH típusú rendszer a telemechanikai és diszpécserberendezések szünetmentes váltakozófeszültségű áramellátását biztosítja 0,6, 1,2, és 2,5 kVA teljesítményű egységekkel. A TIH rendszerben a hálózat kimaradásakor az invertert az állomás meglévő 220 V-os akkumulátora táplálja. Az üzemi tapasztalatok értékelése a berendezések megbízható működését igazolja.

БЕСПРЕРЫВНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ТЕЛЕМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д. Прагаи—А. Силади (ЭРОТЕРВ)—Э. Фюзеси

Резюме

Авторами рассматриваются построение рабочего управления системой электроэнергии, требования к токоснабжению и излагаются разработанные в VKI системы токоснабжения: типы TSA и TIH, а также специальные, уникальные системы для Венгерского электрического распределительного центра.

Системы TSA, построенные из инверторов номинальной мощности 6,3...16 кВА, обеспечивают питание оборудования токоснабжения типов распределительных центров находящихся в центре иерархии по управлению работой.

Системы TIH, составленные из модулей мощностей 0,6, 1,2 и 2,5 кВА, обеспечивают непрерывное токоснабжение по переменному току телемеханических и диспетчерских оборудования. В случае выпадения сетевого напряжения системы TIH инвертор питается от существующего на подстанции аккумулятора напряжением 220 В. Оценкой эксплуатационных опытов оправдывается надежная работа оборудования.

UNTERBRECHUNGSFREIE ENERGIEVERSORGUNG DER TELEMECHANISCHEN SYSTEME DER ELEKTROENERGIE-INDUSTRIE

Gy. Prágai—E. Füzési—A. Szilágyi (ERÖTERV)

Zusammenfassung

In dem Artikel wird eine Übersicht über den Aufbau der Betriebssteuerung des Elektroenergie-Systems gegeben, es werden die in dem VKI entwickelten Stromversorgungssysteme erörtert, neben der zentralen, speziellen Einzelstromversorgung des Landes-Elektrolastverteilers auch die Typen TSZA und TIH.

Von den TSZA Systemen werden die Einrichtungen der in der Mitte der Hierarchie der Betriebssteuerung befindlichen Stromliefer KDSZ und ÜIK gespeist. Diese Systeme sind aus Wechselrichtern mit einer Einheitsleistung von 6,3–16 kVA aufgebaut.

Von dem System vom Typ TIH wird die unterbrechungsfreie Wechselstromversorgung der telemechanischen und Dispatcher-Einrichtungen mit Hilfe von Einheiten mit den Leistungen 0,6, 1,2 und 2,5 kVA gewährleistet. Bei einem Netzausfall im TIH-System wird der Wechselrichter von der, in der Unterstation befindlichen 220 V Batterie gespeist. Die Auswertung der Betriebserfahrungen beweist das zuverlässige Funktionieren der Einrichtungen.

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY OF TELEMECHANICAL SYSTEMS IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

By Gy. Prágai – E. Füzesi – A. Szilágyi (ERŐTERV)

Summary

The authors review the organisational structure of the operational management of the electric energy system and the demands of power supply; they describe the power supply systems developed at VKI, the TSZA and TIH models as well as the central, special individual power supplies of the National Electric Load Distributor.

The TSZA systems will power the installations of local electric load distributors employed in the centre of the operational management hierarchy for power supply; they are made up of inverters of 6,3 to 16 kVA unit powers.

The TIH system provides uninterruptible AC power for the telemechanical and the dispatcher installations with units of 0,6, 1,2 and 2,5 kVA powers. In the event of a power failure in the TIH system, the inverter is powered by the existing 220 V battery of the station. An assessment of operational experiences confirms the reliable functioning of the equipment.

1. Bevezetés

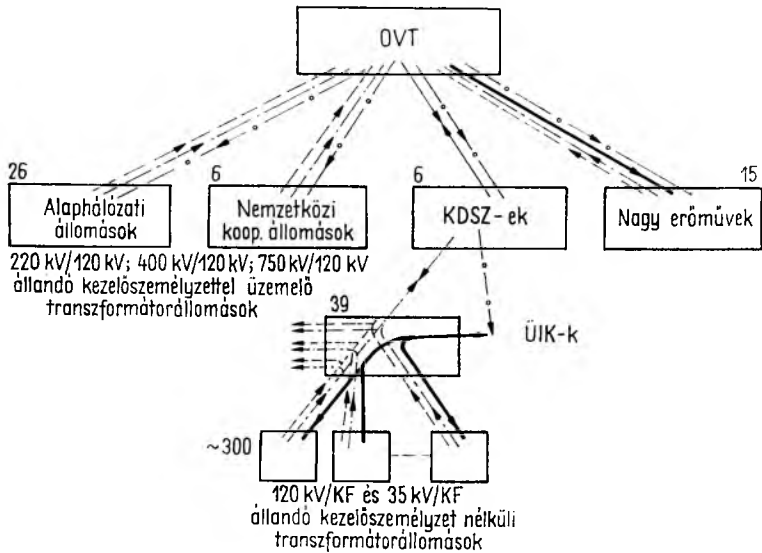
A villamosenergia-ipar energiarendszerének optimális paraméterekkel és teljes üzembiztonsággal történő folyamatos üzemeltetése a népgazdaság egészére döntő befolyással van. A villamosenergia-rendszer irányítási és üzemzavar-elhárítási feladataihoz komoly anyagi és szellemi értéket képviselő, hírközlő, telemechanikai és számítástechnikai hálózatot igényel. Abban, hogy ez a hálózat a nap 24 órájában megfelelő üzembiztonsággal álljon rendelkezésre, a megfelelően átgondolt rendszertechnika, a speciálisan megbízható készülékpark és jelátviteli úthálózat mellett a szünetmentes áramellátás alapvető szerepet játszik. Elsősorban igaz ez az üzemirányítás és a védelmi hírközlés területén. Az alkalmazott szünetmentes áramellátó rendszereket is a két fő terület követelményei alapján vizsgáljuk.

2. Az irányítástechnikai rendszer felépítése

2.1 Az üzemirányítás hierarchiája

A villamosenergia-rendszer irányítási feladata az, hogy folyamatosan fenntartsa az egyensúlyt a villamosenergia-termelés és a változó fogyasztói terhelés között úgy, hogy eközben a frekvencia, a feszültség és az egész rendszer stabilitása megfelelő határok között maradjon. Emellett követelmény az is, hogy a termelés és a szállítás

költségei minimálisak legyenek. Ezt az igen bonyolult irányítástechnikai feladatot a villamosenergia-rendszer hierarchikusan szerveződő üzemirányító rendszere hivatott megoldani. Az irányítási rendszer felépítését és az információáramlást, az objektumok darabszámának és a feszültség szinteknek a feltüntetésével – igen összevontan – az 5-1. számú ábrán mutatjuk be.



5-1. ábra. Az üzemirányítás hierarchiája és az információáramlás

- > távbeszélőn kiadott utasítás
- - -> távjelzés
- - -> távmérés
- - -> távparancs
- < adatátviteli összeköttetés

Az irányítási hierarchia csúcsán az Országos Villamos Teherelosztó (OVT) áll, amely a nagy erőműveket és az alaphálózatot irányítja. A második üzemirányítási szintet az egyes Áramszolgáltató Vállalatokban szervezett Körzeti Diszpécser Szolgálatok (KDSZ) képviselik, amelyek a 120 kV-os főelosztó hálózat és a területükhöz tartozó kisebb erőművek (50 MW összteljesítmény) üzemét irányítják. Az elosztóhálózat üzemirányítása a harmadik irányítási szinten az egyes KDSZ-ek alá rendelt Üzemirányító Központokból (ÜIK) történik. Az irányítási feladatok azonban az ország határain túl terjednek, mivel villamosenergia-rendszerünk része a szocialista országok villamosenergia-rendszerei egyesülésének (KGST-VER), Ausztrián keresztül pedig a nyugat-európai energiarendszerekkel is van szigetüzemű kapcsolatunk. A nemzetközi kooperáció hazai irányítása szintén az OVT feladata.

2.2 Az üzemirányítás eszközei

A diszpécseri távbeszélőrendszer mindhárom irányítási szinten jelenleg és a jövőben is alapvető szerepet játszik. Ez a hálózat az egyébként már országosan kiépült igazgatási célú, villamosenergia-iparági automatikus távhívó hálózattól függetlenül az üzemirányítási célokra abszolút elsőbbséggel vehető igénybe. Specialitása többek között

abban áll, hogy mind az alaphálózaton, mind a főelosztó hálózaton a nagyfeszültségű távvezetékek fázisvezetőit használja fel pont–pont közötti összeköttetések fizikai alapjaként (TVF).

A rendszer további specialitása az, hogy a TVF összeköttetéseket többcélúan használja fel. A szűkített beszédsávban üzemelő távbeszélő-összeköttetésekkel váltott üzemmódban, a pont–pont közötti összeköttetéseken történik a védelem-szinkronizáló, távkioldó védelmi jelek továbbítása is, igen szigorú idő- és megbízhatósági követelmények mellett. A fázisösszehasonlító szakaszvédelem külön beszédsávot igényel. A szűkített beszédsáv fölött helyezkednek el a telemechanikai célú frekvenciamodulált távirócsatornák. A TVF rendszert részben postai kábeles, részben iparági mikrohullámú részrendszerek egészítik ki.

Az üzemiirányítás másik fő eszköze a hierarchikus, számítógépes folyamatirányító rendszer. Ennek csúcán az OVT-ben telepített HITACHI gyártmányú HIDIC 80 típusú, kétgépes, duplex folyamatirányító rendszer áll. Főbb feladatai az energiarendszer felügyelete, az automatikus teljesítményszabályozás, az energiarendszer feszültségszabályozása és az üzembiztonsági számítások. Az ember–gép kapcsolat alapvetően a színes, kvázi-grafikus képernyőkön keresztül valósul meg. Az állandó kezelőszeméllyel üzemelő alaphálózati transzformátorállomásokból a HIDIC rendszer a mérés, jelzés, számlálás információit időmultiplex telemechanikai rendszer segítségével gyűjti be. A nagy erőművek számítógépes szabályozórendszereivel speciális adatátviteli készülékeken keresztül tart kapcsolatot. A második irányítási szinten levő KDSZ központokba az elkövetkező két ötéves tervidőszakban két folyamatirányító háttér számítógéppel és a folyamatcsatoló és kommunikációs feladatokat megvalósító előtétgéppel ellátott folyamatirányító rendszerek épülnek ki. Ezek az OVT számítógépes rendszeréhez, ill. a szomszédos KDSZ rendszerekhez adatátviteli összeköttetéseken keresztül kapcsolódnak.

A harmadik irányítási szinten levő ÜIK-kban a KDSZ központú telemechanikai rendszer ún. középközpontjai létesülnek. Elsősorban a hozzájuk rendelt intelligens telemechanikai alközpontokkal tartanak fenn interaktív kapcsolatot (mérés, jelzés, lekérdezés, távparancs-átvitel). Emellett adatátviteli kapcsolatot tartanak fenn az előtétgépen keresztül a KDSZ rendszerrel, és elvégzik az ÜIK szinten szükséges számítási és megjelenítési feladatokat. Ezen középközpontok mikroprocesszoros telemechanika-elemekkel kiegészített mini folyamatirányító gépek lesznek.

A KDSZ és ÜIK üzemiirányítás alá tartozó 120 kV/KF transzformátorállomásokba mikroprocesszoros vezérlésű, intelligens telemechanikai alközpontok kerülnek.

2.3 Áramellátási igények

Az OVT hírközlő és folyamatirányító rendszerének váltakozóáramú szünetmentes áramellátását egy 2000 Ah kapacitású 220 V névleges feszültségű akkumulátortelep-pel alátámasztott és 3 db, egyenként 30 kVA egységteljesítményű tirisztoros invertert (automatikus átkapcsolással egymás melegtartalékai) tartalmazó rendszer biztosítja.

A KDSZ központokba szintén 100% melegtartalékkal és automatikus átkapcsolással üzemelő 10–16 kVA egységteljesítményű invertereket tartalmazó rendszereket kell installálni, 220 V-os akkumulátorral való alátámasztással.

Az ÜIK-k ugyanilyen felépítésű áramellátó rendszert igényelnek a 6,3–10 kVA egységteljesítménnyel.

A transzformátorállomásokban levő hírközlő és telemechanika-eszközök szünetmentes áramellátása költségkímélés miatt inverter tartalék nélkül hálózati át-

kapcsolóval ellátva, 1,2–2,5 kVA egységteljesítményű inverterekkel épül ki, kis valószínűségű eseménynek tételezve fel a háziüzemi 220 V 50 Hz betáplálás és az inverter együttes kiesését. Az elmondottakból jól érzékelhető, hogy a több száz iparági objektumra kiterjedő, kellő megbízhatóságú áramellátó rendszer létesítése jelentős anyagi ráfordítást igényel. Elhagyása vagy részleges kiépítése viszont az üzemirányítás és a védelmi hírközlés hatásosságát kérdőjelezi meg.

3. Az áramellátás főbb követelményei

3.1 Megbízhatóság

Egy rendszer megbízhatóságának egyik döntő tényezője az őt alkotó egységek megbízhatóságának foka. Ezt már az egységek tervezésében figyelembe kell venni, nevezetesen az alkalmazandó alkatrészek, részegységek megválasztásában és a kapcsolás kiválasztásában. A feladat csak kompromisszumok árán oldható meg, mivel a garantáltan nagy megbízhatóságúnak deklarált alkatrészek túlnyomó része tőkés importból származik; a nagyobb megbízhatóságú áramköri elrendezések pedig esetenként több, és főként drágább alkatrészt igényelnek.

A rendszer megbízhatóságát másrésztől nagymértékben befolyásolja a rendszer belső felépítése is. Nyilvánvaló, hogy több azonos funkciójú egység párhuzamos járatása az üzembiztonságot egy bizonyos határig növeli, azonban a darabszám növelésének határt szab a költségek és a bonyolultság növekedése. Ennek figyelembevételével legfeljebb négy egységet szokásos párhuzamosan járatni, azaz

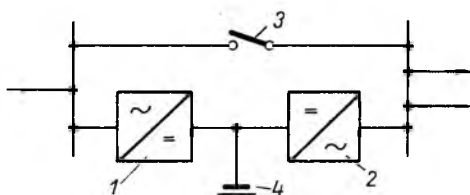
- két 100% P_n teljesítményű egységet – 2/1-es redundáns rendszer
- három 50% P_n teljesítményű egységet – 3/2-es redundáns rendszer
- négy 33% P_n teljesítményű egységet – 4/3-as redundáns rendszer.

Egy egység kiesése egyik rendszer esetében sem okoz problémát, de két egység kiesése a 2/1-es rendszerben már a fogyasztói ellátás teljes megszűnésére vezet, míg a másik két rendszerben – igaz, csökkentett teljesítményigénnyel (50%, ill. 66,6%), de – az üzem még fenntartható. A különféle rendszerek között a választást több tényező is befolyásolja:

- a fogyasztó jellege; pl. lehetséges-e korlátozott teljesítményű üzemet fenntartani,
- gazdaságossági szempontok; pl. arányban van-e az elért nagyobb megbízhatóság a költségek növekedésével,
- üzemviteli szempontok; pl. milyen gyorsan lehet egy esetleges hibát elhárítani, van-e erre szakképzett kezelőszemélyzet, vagy minden esetben a szervizszolgálatot kell igénybe venni.

3.2 Üzem mód

A legegyszerűbb szünetmentes váltakozóáramú rendszer egy egyenirányítót, egy akkumulátort és egy invertert tartalmaz. Biztonsági és üzemviteli (karbantartás stb.) okokból alkalmaznak még egy átkapcsolót is, amellyel a fogyasztók közvetlenül a váltakozóáramú táphálózatra kapcsolhatók. Egy ilyen rendszer tömbvázlatát az 5-2. ábra mutatja.



5-2. ábra.

1 egyenirányító, 2 inverter, 3 átkapcsoló, 4 akkumulátor

A hálózati átkapcsoló (by-pass) jellegét a fogyasztói igények határozzák meg, ugyanis

- mágneskapcsolóval 100...200 ms;
- hálózatkommutált tirisztorkapcsolóval 30...50 ms;
- kényszerkommutált tirisztorkapcsolóval 100...200 μ s

átkapcsolási idő érhető el.

A fogyasztók táplálása szempontjából kétféle üzemmód lehetséges. Az egyik esetben a fogyasztókat alapvetően az inverter táplálja és a táphálózat mintegy tartalékként szerepel – ez az inverter alapüzem. Másik esetben a fogyasztók üzemszerűen a táphálózatra vannak kapcsolva és csak hálózatkimaradás esetén táplálja őket az inverter – ez a hálózati alapüzem.

A hálózati alapüzem kétféle lehet; első esetben az inverter üresjárásban üzemel, második esetben a veszteségek csökkentése érdekében az inverter főáramköre – esetleg vezérlése is – ki van kapcsolva és csak a fogyasztók rákapcsolásával egyidejűleg kapcsolódik be. Utóbbi esetben a már említett átkapcsolási idők az inverter bekapcsolási idejével megnőnek. A megfelelő üzemmód kiválasztását alapvetően a fogyasztó igényei szabják meg, ugyanis az inverter kimeneti jellemzői – feszültségtartás, torzítás stb. – általában jobbak a táphálózaténál.

3.3 Gazdaságosság

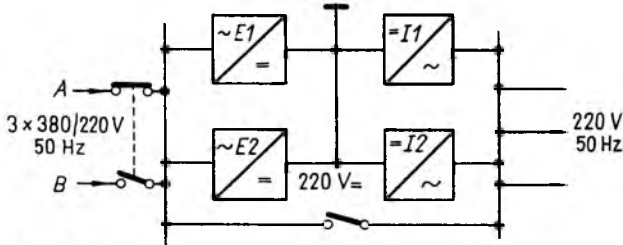
Az áramellátó rendszer gazdaságosságát is alapvetően a beruházási és az üzemeltetési költségek motiválják. Általában elmondható, hogy a két tényező egymás ellen hat, ugyanis egy alacsony üzemeltetési költségű rendszer jobb hatásfokú, magasabb fokon automatizált stb. és így szükségképpen drágább, mint egy egyszerűbb rendszer. Ugyanígy belátható, hogy a megbízhatóság növelése redundáns kiépítéssel a beruházási költségeket növeli, de a kiesett üzemórákból eredő közvetlen és közvetett költségek csökkenése az üzemeltetés költségeit csökkenti. A végső döntés minden esetben a műszaki, gazdasági, üzemviteli, személyi stb. feltételek alapos mérlegelése után kialakuló kompromisszum eredménye.

4. A kifejlesztett áramellátó rendszerek

Az áramszolgáltatói KDSZ-ek és ÜIK-k szünetmentes váltakozóáramú táplálására fejlesztette ki a VKI a TSZA és a telemechanikai alközpontok részére a TIH típusú szünetmentes egyfázisú váltakozóáramú áramellátó rendszer családot. A fejlesztések az ERŐTERV-vel és az MVM-mel szorosan együttműködve történtek, így biztosítani lehetett a felhasználói követelmények optimális kielégítését.

4.1 A TSZA típusú áramellátó rendszer

A TSZA család egységes felépítésű az egész teljesítményspektrumban és ez a körülmény nagymértékben egyszerűsíti mind a tervező, mind az üzemeltető munkáját. A kifejlesztett áramellátó rendszer 2/1-es kiépítésű redundáns rendszer, mágneskapcsolós hálózati átkapcsolóval, inverter alapüzemben működtetve. Blokkséma vázlatát az 5-3. ábra mutatja.



5-3. ábra.

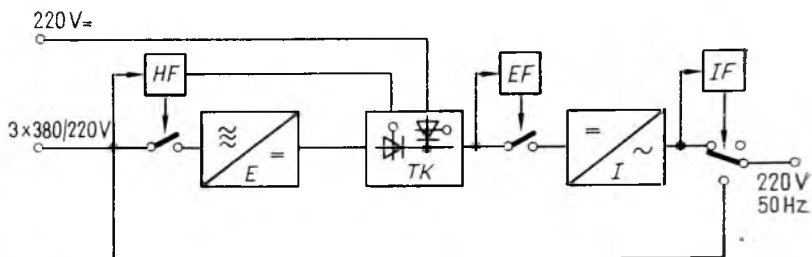
Az áramellátó rendszer a biztonságosabb üzemvitel érdekében két egymástól független táphálózatról kap táplálást; a két hálózat párhuzamos kapcsolását egyszerű mágneskapcsolós automatika gátolja meg. Az állandóan párhuzamosan üzemelő $E1$ és $E2$ egyenirányítók egymásnak melegtartalékai, hasonlóan az $I1$ és $I2$ inverterek is. Bármelyikük egymaga is képes a teljes fogyasztói igény kielégítésére. Karbantartás vagy esetleges katasztrofális rendszerhiba (mindkét inverter kiesése) esetén egy by-pass átkapcsoló lép működésbe, 20 ms max. átkapcsolási idővel.

Üzem közben a táphálózatra kapcsolt vezérelt tirisztoros egyenirányítók egyrészt biztosítják az inverterek egyenáramú energiaellátását, másrészt kondicionálják az akkumulátortelepelt. A táphálózat kiesése esetén az inverterek táplálását a telep veszi át. A hálózat visszatérésekor az inverterek ellátását ismét az egyenirányítók veszik át és egyúttal gyorsított töltéssel feltöltik a telepet.

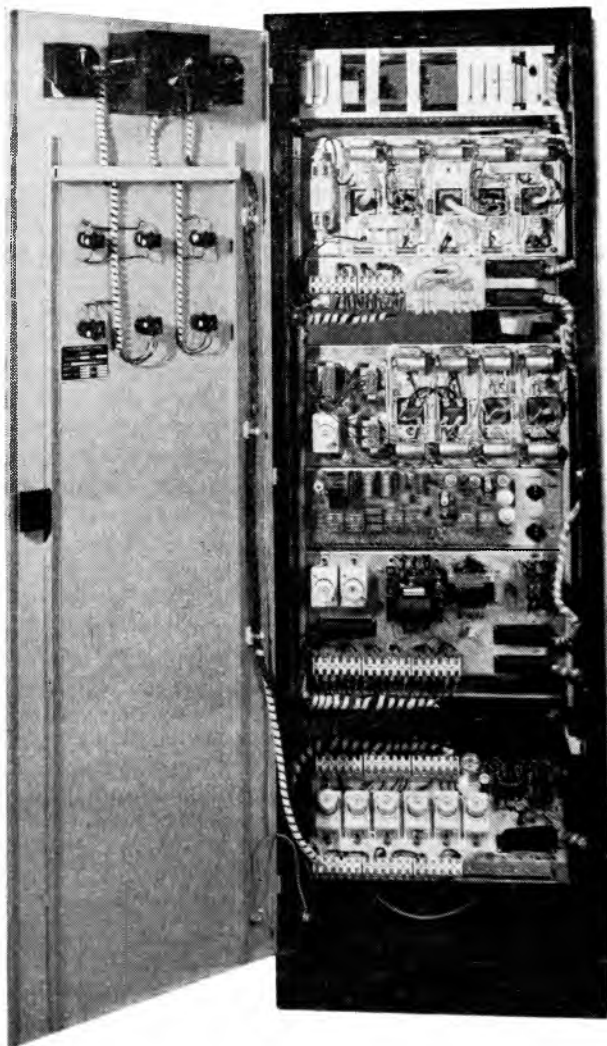
Az alkalmazott elektronikus figyelő, ellenőrző és vezérlőelemek a rendszer működését teljesen automatikussá teszik. A kezelőszemélyzet tevékenysége az időszakos ellenőrzésre és karbantartásra korlátozódik. Eddig a 2,5 és 6,3 kVA-es teljesítményű rendszerek prototípusai készültek el, üzembehelyezésük a DÉMÁSZ Hódmezővásárhelyi ÜIK-ban és a Szegedi KDSZ-ben már megtörtént. Üzemi tapasztalataink feldolgozása után a fejlesztés második fázisában tervezzük, a működési fázisok felülvizsgálását és ennek nyomán a funkcionális vezérlés lehetséges egyszerűsítését, valamint 16 kVA teljesítményhatárig a tranzistoros főáramkörű inverterekre való áttérést.

4.2 TIH típusú áramellátó rendszer

A TIH típusú áramellátó rendszer elvi vázlatát az 5-4. ábrán látható. A rendszer főbb egységei az E jelű vezéreltlen háromfázisú egyenirányító, a TK jelű tirisztoros átkapcsoló rendszer, az I jelű egyfázisú inverter, valamint a HF , EF és IF jelű figyelemzőáramkörök, amelyek a háromfázisú hálózatot (HF), az invertert tápláló egyenfeszültséget (EF) és az inverter váltakozófeszültségét (IF) figyelik. Az inverter működési elvét [4] ismerteti, az inverterre az [5] szabadalom vonatkozik. A fogyasztók



5-4. ábra.



5-5. ábra. TIH 220/220-50-1,2 típusú berendezés fényképe

áramellátása alapüzemben a $3 \times 380/220$ V-os hálózatról történik az *E* egyenirányítón, a *TK* kapcsolón és az *I* inverteren keresztül. Ha a hálózati táplálás kimarad, akkor azt érzékeli a *HF* figyelőáramkör és átkapcsolja az *I* inverter táplálását a 220 V-os akkumulátortelepre. A *EF* egyenfeszültségfigyelő az invertert mindaddig bekapcsolva tartja, amíg az egyen tápfeszültség nagysága az inverter üzemeltetéséhez megfelelő.

A hálózat kimaradása a fogyasztói feszültségben nem vehető észre, mert az egyenirányító kimeneti szűrőkondenzátora miatt az inverter tápfeszültsége csak átmenetileg csökken, amíg a tirisztorkapcsoló a táplálást nem kapcsolja át az akkumulátortelepre. Ha az inverter feszültsége bármilyen hiba miatt megszűnik, akkor az *IF* figyelőegység a fogyasztók táplálását a hálózatra kapcsolja át. Az átkapcsolási idő 150 ms, ami alatt a fogyasztók nem kapnak táplálást.

A TIH típusú áramellátásnak két fő előnye van. Az egyik az, hogy a szünetmentes váltakozóáramú áramellátás megoldható meglévő akkumulátorteleppel anélkül, hogy a rendszer az akkumulátortelep töltőrendszerét igénybe venné, így az akkumulátortöltők teljesítményét nem kell növelni. A másik előnye az, hogy a rendszer a hálózatot vezéreltlen háromfázisú egyenirányítón keresztül veszi igénybe ami kedvező a teljesítménytényező szempontjából. A TIH típusú áramellátó rendszerek 0,6, 1,2 és 2,5 kVA teljesítményű egységei vannak, a 4 kVA teljesítményű egység fejlesztése most van folyamatban. Maga az 1,2 kVA teljesítményű egység, az 5-5. ábrán látható. Nagyobb fogyasztói teljesítmény vagy fokozott megbízhatósági követelmény két vagy három azonos teljesítményű egység párhuzamos kapcsolásával elégíthető ki.

A telemechanikai rendszerek áramellátásában jelenleg több mint 50 db TIH típusú berendezés működik. Az első berendezéseket 1977-ben helyezték üzembe. Azóta a berendezések — figyelembe véve a későbbieket is — összesen mintegy 580 000 órát üzemeltek. A berendezések üzemét folyamatosan figyelemmel kísértük és a hibák okait regisztráltuk. A meghibásodások száma és a teljesített üzemórák alapján átlagidő — 15 000 óra, több mint másfél év.

Irodalom

- [1] *Prágai Gy. — Dr. Nagy L.*: Közepes és nagyfeszültségű híradástechnikai szünetmentes váltakozó áramú áramellátó rendszerek. VKI Közlemények 7. k. 1979. p. 81—91.
- [2] *Prágai György — Szabó Á.*: Telemechanikai rendszerek szünetmentes ellátása. MEE előadás 1980.
- [3] *Prágai Gy. — Marti S.*: Kapcsolási elrendezés tirisztoros egyenirányítóhoz. 165. 288. lajstromszámú magyar szabadalom.
- [4] *Füzesi E. — Dr. Nagy L.*: Erőművek automatikájának szünetmentes áramellátás. Elektrotechnika, 68. k. 1/2. sz. 1975. p. 52—57.
- [5] *Füzesi E. — Dr. Ganszky K. — Marti S.*: Kapcsolási elrendezés szinuszos váltakozófeszültséget előállító inverterre. 163.810 lajstromszámú magyar szabadalom.

6.

Szünetmentes áramellátó rendszer üzemmódjainak és hibajelzéseinek vezérlése logikai processzorral

Dr. PONICZKY KÁROLY—PÁL KATALIN

ÖSSZEFOGLALÁS

Nagy fontosságú ipari létesítményekben egyre nagyobb igény van nagy megbízható-ságú, szünetmentes energiaellátó rendszerekre. A szünetmentesség ez esetben úgy értendő, hogy nemcsak hálózatkimaradáskor, hanem egy-egy részegység meghibásodása esetén is biztosítani kell adott ideig a tápellátást úgy, hogy ne legyen olyan zavar a rendszer kimenetén, ami pl. számítógépes alkalmazás esetén rendszerhibát okozna. Ezt a feladatot kézi átkapcsolással természetesen már nem lehet megoldani. Erre a célra fejlesztettünk ki egy logikai processzoros vezérlőrendszert, amely figyeli a hálózatot, az akkumulátorok töltöttségi szintjét, az egyenirányító-töltő rendszerből kifolyó áramokat, az inverterek hibajelzéseit és az üzemmódkapcsoló állásait. A felsorolt bemeneti jellemzők alapján képes a beállított üzemmódot megváltoztatni, valamelyik akkumulátor töltéséhez a gyorsöltési üzemmódok egyikét kijelölni, valamint hiba- és vészjeleket továbbítani. Mindezekre a beavatkozásokra 2 ms-on belül adja ki az utasítást logikai jelszinten.

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ И СИГНАЛАМИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМЫ БЕСПРЕРЫВНОГО ТОКОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРА

Др. К. Поницки—К. Пал

Резюме

В промышленных, особо важных сооружениях возникают все более возрастающие требования к системам беспереывного токоснабжения большой надежности. Беспереывность здесь понимается так, что следует обеспечить питание за некоторое время, не только в случае выпадания сетевого напряжения, но и при появлении неисправностей самих блоков — для предотвращения таких выходных помехов, которые могли бы привести к системным ошибкам например в случае применения ЦВМ. Эту задачу конечно не можем решить путем ручного переключения. С этой целью разработана нами управляющая система с логическим процессором, которая наблюдает за сеть, уровень заряженности аккумуляторов, токи, выходящие из системы выпрямитель-зарядный блок, сигналы неисправностей инверторов и положение переключателей рабочих режимов. На основе перечисленных входных характеристик может изменяться установленный рабочий режим; разрабатывается командный сигнал экспресс-заряда некоторых аккумуляторов, а также передаются сигналы неисправностей и тревоги. Все эти управления выдаются на логическом уровне за время не более 2 мсек.

STEUERUNG DER BETRIEBSARTEN UND FEHLERANZEIGEN DES UNTERBRECHUNGSFREIEN STROMVERSORGUNGSSYSTEMS MIT HILFE EINES LOGIK-PROZESSORS

Dr. K. Poniczky – K. Pál

Zusammenfassung

Bei sehr wichtigen industriellen Anlagen besteht ein immer größer werdender Bedarf an hochzuverlässigen unterbrechungsfreien Energieversorgungssystemen. Der unterbrechungsfreie Betrieb ist hier so zu verstehen, daß nicht nur im Falle eines Netzausfalles, sondern auch beim Defektwerden einer Teileinheit die Versorgung in der Weise gewährleistet werden muß, daß es am Ausgang des Systems zu keiner Störung kommt, die z. B. bei einer EDV-Anwendung zu einem Systemfehler führen würde. Dieses Problem kann mit Hilfe einer manuellen Umschaltung natürlich nicht mehr gelöst werden. Zu diesem Zweck wurde ein, mit Hilfe eines Logikprozessors arbeitendes Steuerungssystem entwickelt, das das Netz, den Ladenzustand der Batterien, die aus dem Gleichrichter-Ladesystem fließenden Ströme, die Fehleranzeigen der Wechselrichter und die Positionen des Betriebsartschalters überwacht. Das System ist auf Grund der aufgezählten Eingangscharakteristiken fähig die eingestellte Betriebsart zu ändern, für irgendeine Batterie eine der Schnellladearten vorzuschreiben, sowie Fehler- und Alarmsignale weiterzugeben. Für diese Eingriffe wird die Anweisung auf der logischen Signalebene innerhalb von 2 ms ausgegeben.

CONTROLLING THE MODES AND FAULT SIGNALS OF AN UNINTERRUPTIBLE DC POWER SUPPLY SYSTEM BY A LOGIC PROCESSOR

Dr. K. Poniczky – Mrs. K. Pál

Summary

An increasing demand is encountered in industrial projects of major importance for uninterruptible power supply systems of high reliability. The term uninterruptible refers here to the necessity of maintaining the power supply for a specified length of time in the event of a failure of a sub-unit as well as in a power failure, so that no trouble arises at the output of the system which could introduce an error in the system e.g. in computer applications. This function, of course, cannot be performed by manual change-over. A logic processor control system has been developed for this purpose, which monitors the power line, the level of charge in the batteries, the currents coming from the rectifier-charger system, the fault signals of the inverters and the positions of the function switch. With reference to the above input parameters it is capable of changing the mode selected, assigning one of the rapid charging modes for a battery, and transmitting fault and alarm signals. It will emit instructions, at logic signal levels, for each of the above interventions within 2 ms.

1. Az ipari berendezések szünetmentes áramellátásával szemben támasztott követelmények

Nagy fontosságú ipari létesítmények esetén nagyobb követelmények jelentkeznek az energiaellátással szemben. Ez nemcsak az energia mennyiségére, hanem minőségére is vonatkozik. A létesítmények megbízhatóságának növekedése maga után vonja a stabil energiaellátás biztosítását is, ezért egyre nagyobb jelentőségre tesznek szert a nagy megbízhatóságú, szünetmentes energiaellátást biztosító rendszerek.

A szünetmentes energiaellátó rendszer fő feladata a rákapcsolt fogyasztók energiával történő ellátása a hálózat időszakos kimaradása esetén, ill. az energia-

ellátás biztosítása — egy előre meghatározott ideig — hosszabb hálózatkimaradás esetén. Mivel egy szünetmentes energiaellátó rendszer több részegységből áll, ezért egy-egy részegység meghibásodása esetén is biztosítani kell egy adott ideig a rákapcsolt fogyasztók energiaellátását az általuk megkövetelt szinten. Ennek a másodlagos feladatnak az ellátása érdekében minden szünetmentes energiaellátó rendszer főbb egységeit úgy kell kialakítani, hogy tartalékkal rendelkezzenek, vagyis az energia a fogyasztókhoz hálózat-, ill. rendszerhiba esetén különböző utakon juthasson el. Ezeknek az utaknak a kiválasztása, valamint a rendszerbe történő bekapcsolási gyorsasága dönti el a fogyasztók energiaellátásának megbízhatósági fokát, ill. a tényleges szünetmentes ellátás minőségét. A hiba megjelenésétől a fogyasztók szempontjából történő kiküszöbölésig eltelt idő rövidege nagyon fontos tényező a szünetmentesség megbízhatósága szempontjából. A hálózat vagy egy részegység meghibásodása és a hiba kiküszöbölése több szakaszból álló folyamat:

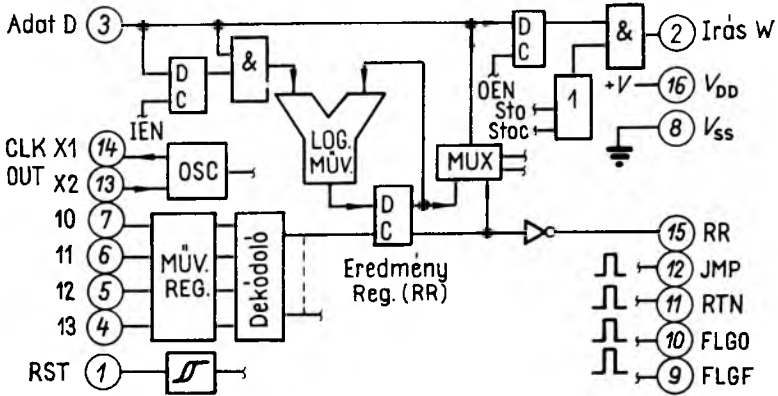
- a) a hiba észlelése;
- b) a hiba jellegétől függő optimális energiaellátási útvonal kiválasztása;
- c) a kiválasztott energiaút bekapcsolása a rendszerbe.

A szünetmentes energiaellátás feladatának ez a felbontása azonnal nyilvánvalóvá teszi, hogy a feladatot automatikusan nagyságrendekkel rövidebb idő alatt lehet hibátlanul megoldani, mint emberi beavatkozással.

Erre a célra fejlesztettünk ki egy logikai processzoros vezérlőrendszert, amely figyeli a hálózatot, az akkumulátorok töltöttségi szintjét, az egyenirányító—töltő rendszerből kifolyó áramokat, az inverterek hibajelzéseit, valamint az üzemmódkapcsoló állásait. A felsorolt bemeneti jellemzők alapján képes az optimális energiaút kijelölésére, gyorsított üzem be- és kikapcsolására, valamint hibajelzések továbbítására. Mindezekre a beavatkozásokra 2 ms-on belül (átlag 1 ms alatt) adja ki az utasítást logikai jelszinten.

2. A rendszer automatikus vezérléséhez használt processzor tömbvázlata és utasításrendszere

A szünetmentes energiaellátó rendszer automatikus vezérléséhez a MOTOROLA gyártmányú MC 14 500-as ipari vezérlőegységet használtuk központi processzor-ként. Az MC 14 500-as ipari vezérlőegység egybites, soros adatfeldolgozású logikai processzor. Tápfeszültsége a földhöz képest max +18 V, működési frekvenciája max. 1 MHz. Egy külső REPR0M-ban tárolt vezérlőprogram utasításai alapján dolgozza fel a belső eredményregiszterében és az adatvonalon levő információt. Egy utasítás végrehajtásához az órajel egy periódusa elegendő. A négybites utasításvonalának (I0, I1, I2, I3) megfelelően 16 különböző utasítás feldolgozására képes. Ezek beolvasási, tárolási, logikai, valamint ugróutasítások. A processzor felépítését és utasításkészletét mutatja be a 6-1. ábra. Az alapkialakítás szubrutinképzésre nem alkalmas, mivel a visszatérési címeltároló regiszter nem került beépítésre. Logikai feladatok megoldásához ez a funkció nem olyan jelentős, mint algebrai feladatokhoz. A tárakialakítás olyan, hogy 2 db 8 bites memóriasor képez egy egységet. Ebből 4 bit az utasítás, 12 pedig az 1/0 címzésére van fenntartva. Utóbbiak egyszerre történő megjelenítése érdekében az első 4 bit puffertárba kerül.

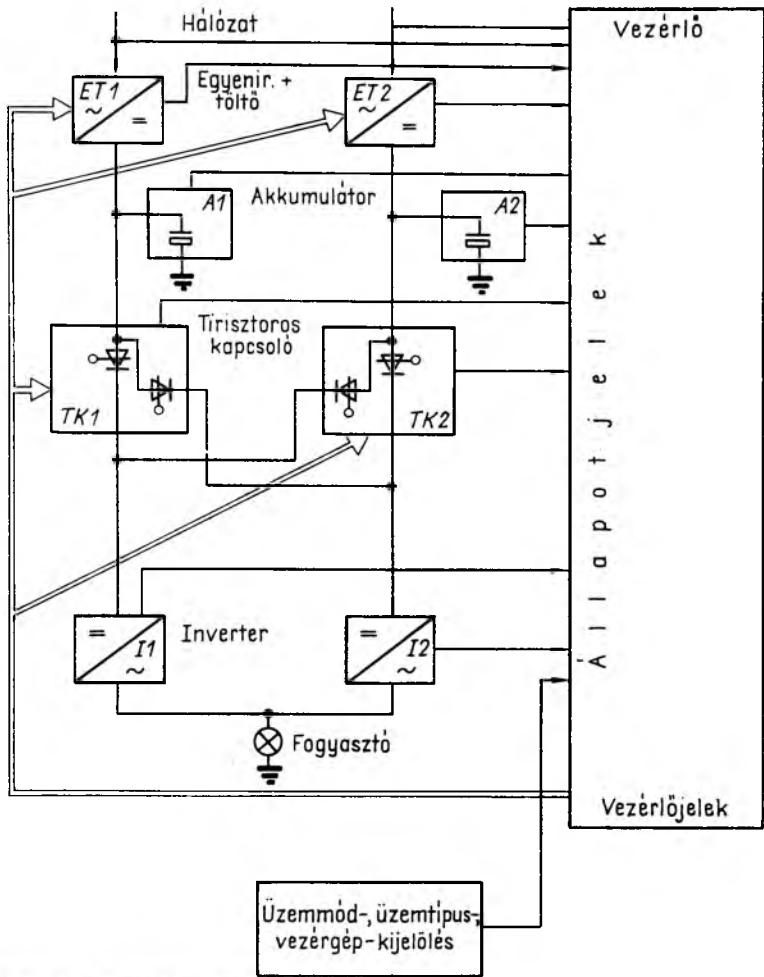


6-1. ábra. A processzor felépítése és utasításkészlete

Műveleti kód	utasítás neve	utasítás hatása
0000	NOPO	RR → RR és FLGO ← $\overline{\square}$
0001	LD	BETÖLTÉS: ADAT → RR
0010	LDC	BETÖLTÉS: $\overline{\text{ADAT}} \rightarrow \text{RR}$
0011	AND	LOGIKAI ÉS : RR. ADAT → RR
0100	ANDC	ÉS KOMPL. : RR. ADAT → RR
0101	OR	VAGY MŰV. : RR + ADAT → RR
0110	ORC	VAGY KOMPL. : RR + $\overline{\text{ADAT}} \rightarrow \text{RR}$
0111	XNOR	KIZÁRÓ VAGY KOMPL. : Ha RR = ADAT, RR ← 1
1000	STO	ADATKIADÁS : RR → ADAT. Írás ← 1
1001	STOC	KIADÁS KOMPL. : $\overline{\text{RR}} \rightarrow \text{ADAT}$, Írás ← 1
1010	IEN	INP. ENG. : ADAT → IEN Reg.
1011	OEN	OUT. ENG. : ADAT → OEN Reg.
1100	JMP	UGRÁS: IMP ← $\overline{\square}$
1101	RTN	VISSZATÉRÉS: RTN ← $\overline{\square}$ lépés a köv. utasításra
1110	SKZ	LÉPÉS A KÖV. UTASÍTÁSRA, ha RR = 0
1111	NOFP	RR → RR és FLGF ← $\overline{\square}$

3. Az automatikusan vezérelhető szünetmentes energiaellátó rendszer tömbvázlata

Mint a bevezetésben is szerepelt, egy szünetmentes energiaellátó rendszer egyes elemei a megfelelő működési megbízhatóság egyik alapfeltételként tartalékkal rendelkeznek. A tartalék mennyiségét a fogyasztók fontossága dönti el. Jelenleg a metro-ban kiépített szünetmentes energiaellátó rendszer minden egyes eleme 100% tartalékkal rendelkezik, így a vezérlőelektronikának elég széles választási lehetősége van a különböző energiautak kijelölésére. Mivel a szünetmentes energiaellátó rendszerben minden elem kétszer szerepel, ezért a rendszer egyes elemei a legkülönbözőbb kapcsolatban lehetnek egymással. Az elemek egymással való kapcsolatát elsősorban az egyes elemek állapota, másodsorban a kezelőszemélyzet által kijelölt üzemmód határozza meg. Az egyes elemektől állapotjelek mennek a vezérlőegység felé és az a beérkező információknak megfelelően vezérlőjeleket küld az egyes egységeknek, mint azt a 6-2. ábra szemlélteti.



6-2. ábra. A rendszer tömbvázlata

A 2. pontban ismertetett központi vezérlőegység – a program utasításainak megfelelően – sorban lekérdezi az egyes elemek felől jövő állapotjeleket. Ezek az állapotjelek két csoportba oszthatók:

- jelzik az adott elem milyenségét (jó vagy rossz állapotát);
- felvilágosítást adnak az adott elemeknek a rendszerben betöltött szerepéről is.

Az első csoportba tartoznak a hálózat, egyenirányítótöltők, valamint az inverterek felől érkező jelzések, a második csoportba pedig az akkumulátor töltöttségi szintjét és a kapcsolóelektronika (tirisztorok) ki- és bekapcsolt állapotáról felvilágosítást adó jelek. A rendszer felől a központi vezérlés felé érkező jelzések egy külön csoportját alkotják a kezelőszervek üzem mód- és üzem típus-beállító jelei, valamint a gyors-töltés fajtáját kijelölő kapcsoló. Ezek a jelek azonban csak akkor hatnak a vezérlőrendszeren keresztül a szünetmentes energiaellátó rendszer működésére, ha válasz-

tási lehetőségük teljes lehet, tehát a rendszer minden egyes eleméről „jó” állapotjel jön. Csak ilyenkor fordulhat elő az, hogy a kezelőszervektől érkező utasításokat a vezérlőrendszer figyelembe tudja venni és azoknak megfelelő energiautatót tud beállítani. Ez azért van így, mert valamely elem meghibásodása esetén a kezelőszervek által kijelölt úthoz való ragaszkodás halmozhatja a hibákat, vagy nem biztosítja a szünetmentes energiaellátást.

4. A vezérlőrendszer kialakítása, elemeinek funkciója

A központi vezérlőegység a következő elemekből, ill. kártyákból van kialakítva:

- a) **TÁPEGYSÉG:** Feladata az előstabilizált ± 15 V-ból a rendszer működéséhez szükséges stabil ± 12 V-os és ± 5 V-os tápfeszültség előállítása.
- b) **PLV PROCESSZOROS LOGIKAI VEZÉRLŐKÁRTYA:** A vezérlőrendszeren belül szervező és irányító funkciót lát el. A rajta levő **REEPROM** tartalma alapján olvassa be a processzorba a soron következő utasítást a vonatkozó címmel; az egyes egységektől az **INP**-kártyán keresztül bevételezi az információkat, és kiadja az utasításokat az **OUT** kártyán keresztül a szünetmentes energiaellátó rendszer egységei felé. Utóbbi feladatokat kétirányú adatsín biztosítja.
- c) **INP BEMENETI ILLESZTŐ KÁRTYA:** A rajta levő **MC 14 512** beolvasó multiplexerek és az előttük levő illesztő optocsatolókon keresztül jut az éppen szükséges adat a **PLV**-n levő ipari vezérlőegységbe. Az optocsatoló biztosítja a galvanikus szétválasztást.
- d) **SZV SZINTFIGYELŐ:** Feladata a két akkumulátorból jövő analóg jelek figyelése és logikai szintre történő alakítása, valamint az, hogy a kritikus akkumulátorok töltöttségi szintjéről jelzéseket továbbítson a központi egység felé.
- e) **COMP KOMPARÁTOR KÁRTYA:** Tartalmazza az akkumulátorok töltésekor, ill. kisütésekor fellépő feszültségszinteket figyelő komparátorokat, valamint a rendszer működése szempontjából szükséges időzítő-áramköröket.
- f) **OUT KIMENETI KÁRTYA:** Kialakítása olyan, hogy rajta foglalnak helyet a különböző utasításállapotokat tartalmazó kimeneti táruk a hozzájuk tartozó vonalmeghajtó áramkörökkel együtt. Ezekben a kimeneti tárukban található egy adott kialakításhoz tartozó rendszerállapotokhoz szükséges vezérlőjelek.
- g) **RELÉKÁRTYA:** Tartalmazza a szünetmentes energiaellátó rendszer egyes egységei által igényelt független relékontaktusokat. Ezen továbbítják az **OUT** kártyán levő kimeneti tárukban a vonalmeghajtón keresztül a különböző egységek felé az utasításokat. Teljesítményillesztést és galvanikus le választást biztosít.

5. Programozás, a programkészítés szempontjai

A programfelépítés és -készítés alapvető szempontja az volt, hogy a szünetmentes energiaellátó rendszer minél nagyobb megbízhatóságú legyen, ezért olyan a program felépítése, mint azt már a 3. pontban is leírtuk, hogy a szünetmentes energiaellátó

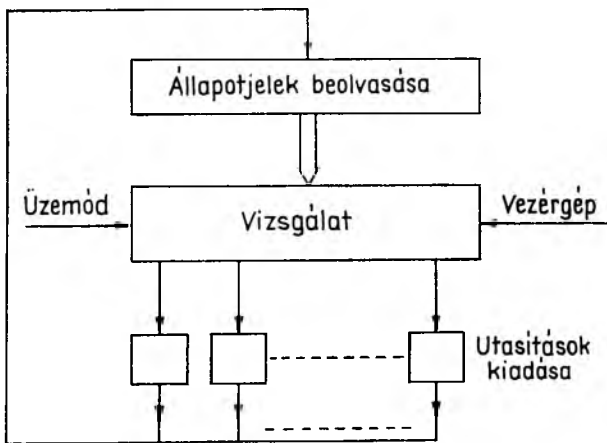
rendszer elemeinek állapotától függően vagy figyelembe veszi a vezérlőrendszer a kezelőszervek által kiválasztott működési módot, vagy nem.

Választási lehetőség a következő üzemtípusok között van:

- a) **PRÓBA** állásban az egész vezérlés hatástalan, a rendszer állapotai kézi kapcsolókkal állíthatók be.
- b) **FÜGGETLEN ÜZEMMÓD** (félautomatikus): A vezérlőrendszer csak a hibás—hibátlan állapotjeleket figyeli. Ha minden rendben van, akkor az *ET1* egyenirányító-töltő rendszer az *I1* invertert, *ET2* pedig az *I2* invertert látja el energiával (egyes üzemtípus) vagy a kijelölt vezérgép (egyenirányító-töltő egység) hajtja meg mindkét invertert (kettes üzemtípus). Ha valamelyik telep kimerülőfélben van, vagy karbantartást igényel, az üzemtípuskapcsolót hármas vagy négyes állásba kell kapcsolni. Ekkor a kijelölt vezérgép ellátja az előző feladatot, míg a másik egység gyorsöltést végez (hármas üzemtípus) vagy egyéb töltési módba van kapcsolva (négyes üzemtípus). Akkumulátorformázáshoz kisütő állásba kell kapcsolni.
- c) **AUTOMATIKUS ÜZEMMÓD**: Az egyes üzemtípusokat a hibajelek, a töltöttségi szintek és a vezérgépkijelölő kapcsoló állásától függően a vezérlés automatikusan beállítja.

Az akkumulátor karbantartásához szükséges töltések és kisütés ebben az üzemmódban természetesen nem végezhető el. Ilyenkor félautomatikus üzemmódra kell kapcsolni, amely a kezelőszemélyzet állandó jelenlétét igényli. A vezérlőlogika ciklikusan bekéri és leellenőrzi a szünetmentes energiaellátó rendszer elemeinek állapotát, majd a kapcsoló elektronikának kiadja a fogyasztók és a rendszer szempontjából legkedvezőbb utasításokat.

A program alapvető része a rendszer állapotjeleinek bekérése és vizsgálata majd az eredmények alapján különböző elágazásokon az optimális energiaút beállításához szükséges utasítások kiadása. Ezt szemlélteti a 6-3. ábra. A program felépítése olyan, hogy a logikai vezérlőegység felügyelő—ellenőrző funkciót tölt be a szünetmentes energiaellátó rendszer megfelelő működése esetén és képes azonnal beavatkozni és az optimális működési módot kijelölni, ha a rendszer valamelyik eleme meghibásodik.



6-3. ábra. A vezérlőprogram felépítése

A logikai vezérlő ezt a tevékenységét a következő módon látja el:

- a) Minden ciklus elején ellenőrzi a rendszer elemeinek állapotát.
- b) Kiválasztja az elemek állapotától függő és a kezelőszemélyzet által kijelölt üzemmódot.
- c) Kiadja a megfelelő utasításokat, ellenőrzi végrehajtásukat, majd visszatér a ciklus elejére.
- d) Hiba esetén szükségüzemmódot alakít ki.

A szükségüzemmódok a következők lehetnek:

- a) Hálózatkimaradás esetén előbb a vezérgép akkumulátorát sűti ki, majd hosszan tartó kimaradás esetén a másikat is. A hálózat visszatérése után a töltési sorrend ugyanez. Amíg az egyik egyenirányító-töltő egység tölti az akkumulátorát, a másik ellátja energiával mindkét invertet. A töltést a feszültség szint elérése állítja le.
- b) Inverterhiba esetén figyelni a másik egység állapotát. Ha az is elromlik, jelzést ad a hálózat fogyasztói sínre kapcsolására.
- c) Töltőhiba esetén a tirisztorokat oly módon kapcsolja át, hogy a jó töltő lássa el energiával mindkét invertet.
- d) Mindkét töltő meghibásodása esetén ugyanaz a helyzet áll elő, mint a hálózat kimaradása esetén. A rendszer akkumulátorról üzemel.
- e) Tirisztorkapcsoló hibája esetén minden tirisztorkapcsolót bekapcsolt állapotba visz.
- f) Ha az akkumulátor töltési szintje adott érték alá csökken, automatikusan gyorsöltésre kapcsol a megfelelő töltő és az inverterek ellátását a másik biztosítja.

A szükségüzemmód alatt sem szűnik meg a ciklikus vizsgálat. Ha valamelyik ciklus elején a vezérlés a hibás állapot megjavulását észleli, automatikusan visszavált a kezelőelemek által meghatározott állapotra, amelyet fenntart mindaddig, amíg újabb hibát vagy kezelőelem-változást nem észlel. A gyors reagálási készségén kívül a megvalósított vezérlés a következő előnyöket biztosítja:

- a) Bármely – az I/O vonalak számát tekintve – hasonló nagyságrendbe eső berendezéshez ugyanezt a hardware felépítést lehet alkalmazni: a huzalozások előre elkészíthetők, a dokumentáció sokszorosítható.
- b) A REPROM tároló új követelmények esetén újraprogramozható. Mindez gyorsan megoldható, ha a programozást egy olyan számítógépes háttér segíti, mint amit a következő fejezetben írunk le.

6. Intézeti számítógéppel segített vezérlőprogramírás

A rendszer kifejlesztésénél alapvető szempontunk a gyors programozási lehetőség megteremtése volt. Ehhez felhasználtuk az intézeti TPA-i számítógépet és a 72. osztályon készített beégetőberendezést (I 2708 tip. REPROM-hoz). Az MC 14500B típusú mikroprocesszor assembler nyelven írt és néhány speciális formai előírást teljesítő programját vagy ASC II-kódú lyukszalagról tudjuk beolvasni a számítógépbe, vagy a rendszer display képernyőjét felhasználva kézi adatbeadást valósítunk meg. Hibás billentyűzés esetén a számítógép OS/i operációs rendszerének EDITOR programjával a javítások könnyen elvégezhetők.

A számítógépre írt fordítóprogram kilistázza, majd hexadecimális címekkel ellátva gépi nyelvre lefordítja az előző programot. A programlista és a fordítás eredménye sornyomatató leporellóján jelenik meg. A programlistában és a fordítás listájában kérdőjel és felkiáltójel között kétbetűs hibajelző kódok utalnak az esetleges formai hibákra. A lista végén a hibák száma is megjelenik. A fordítóprogramot Pápai Zoltán tud. mts. készítette a számítógép SLANG-1 assembler nyelvén.

A TPA-i számítógép az OS/i operációs rendszerben igen rugalmasan használható. Az operációs rendszer diszken tárolja a saját fordító- és egyéb szolgáltatásokat ellátó programjait, valamint a felhasználói programokat is. Az egyik ilyen felhasználói program a SLANG nyelven írt fordítóprogram is, amely kétbetűs kóddal ellátott címkével van tárolva a diszken és futtatásához csak néhány operációs tevékenységre van szükség. A szalag első futtatásakor kigyűjtésre kerülnek a címkek és megjelenik a sornyomatón a program listája. Ha a lista végén HIBA: 0 kiírás olvasható, következhet a második futtatás is. Ha hiba van, az OS/i rendszer EDITOR programjával a forrásprogramot ki kell javítani és új forrásszalagot kell készíteni.

A forrásszalag második beolvasásával a számítógép elvégzi a tényleges fordítást is. A sornyomatón megkapjuk a processzorhoz tartozó forrásprogram oktálisan sorszámozott, lefordított listáját.

Programhiba esetén a kétbetűs hibaüzenetek a következők lehetnek:

IC: egy címke többször fordult elő;

NC: a fordítóprogram második része a forrásprogram ugratóutasításában nem létező címkehivatkozást talált;

RC: kétbetűsnél hosszabb címke fordul elő.

A forrásprogram maximálisan 1024 utasításból állhat, ha ennél hosszabb, a programfutás megáll. A kész szalagot az I8080 alapú mikrogépbe beolvasva elvégezhető a REPROM tárcák beégetése. A már beégetett tárcák ellenőrzését és átmásolását is a mikrogépen tudjuk elvégezni. Átmásolás előtti kisebb programmódosítások a mikrogép EDITOR programja segítségével valósíthatók meg.

7. Összefoglalás

Az előzőkben ismertetett logikai processzoros vezérlőegységet a Metro II/B szakaszán helyeztük üzembe. Kedvező tapasztalatokat szereztünk a félautomatikus üzemmódok egyszerű kezeléséről, hiba esetén a gyors átváltásról. A teljes rendszer üzemelési tapasztalatairól a későbbiekben szeretnénk beszámolni.

Irodalom

MOTOROLA: MC 14500B Industrial Control Unit Handbuch 1977.

7.

Feltételesreflex-kondicionáló berendezés mikroszámítógépes vezérlése

GLOFÁK F. PÉTER—BÍRÓ LAJOS

ÖSSZEFOGLALÁS

Farmakológiai kutatásokban jelentős szerepe van az állatkísérleteknek. A kutatások hatékonyságának növelése nagyszámú vizsgálat elvégzését és nagyszámú adat kiértékelését teszi szükségessé. A hosszantartó, sok emberi munkát lekötő mérések automatizálása egyre nagyobb jelentőségű.

A cikkben ismertetett készülék segítségével (shuttle-box) kísérleti állatokban feltételes reflexek kialakítása válik lehetővé. A feldolgozott mérési adatokat sornyomatató rögzíti. A mikroszámítógépes felépítés következtében a vizsgálati program paramétereit széles határok között változtathatók. A hardware megváltoztatása nélkül, csupán az EPROM-okban tárolt programmal az ismertetésre kerülő működtetéstől különbözők is megvalósíthatók.

УПРАВЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРО-ЦВМ

Ф. П. Глофак—Л. Биро

Резюме

В фармакологических исследованиях играют большую роль опыты с животными. Для увеличения эффективности исследований потребуется провести большое количество опытов и обработать большое количество данных. Автоматизация длительных, требующих много людей измерений имеет все более определенное значение.

С помощью изложенного в статье оборудования (Shuttle-box) возможно выработать условные рефлексы подопытных животных. Обработанные данные измерений регистрируются печатающим устройством. Параметры испытательской программы — благодаря построению системы с применением микро-ЦВМ — можно варировать в широких пределах. В системе можно реализовать режимы, отличающиеся от описанного, даже только с изменением хранившейся в программируемой памяти программы, без изменения составных элементов.

MIKRORECHNERSTEUERUNG EINER KONDITIONIERUNGSEINRICHTUNG FÜR BEDINGTE REFLEXE

F. P. Glofák—L. Bíró

Zusammenfassung

In den pharmakologischen Forschungen spielen Tierversuche eine bedeutende Rolle. Eine Erhöhung der Effizienz der Forschungen macht die Durchführung von einer großen Anzahl von Untersuchungen und die Auswertung von großen Datenmengen notwendig. Eine Automatisierung der langwierigen, mit viel menschlicher Arbeit verbundenen Messungen hat eine immer größere Bedeutung.

Mit Hilfe des in dem Artikel erörterten Gerätes (Shuttle-box) wird das Auslösen von bedingten Reflexen in den Versuchstieren ermöglicht. Die verarbeiteten Meßdaten

werden mit Hilfe eines Zeilendruckers festgehalten. Durch die Mikrorechner-Struktur können die Parameter des Prüfprogramms innerhalb breiter Grenzen geändert werden. Es können ohne Änderung des Hardware's, mit Hilfe des in dem EPROM gespeicherten Programms auch Betätigungsarten verwirklicht werden, die von der hier beschriebenen abweichen.

MICROCOMPUTER CONTROL OF A CONDITIONAL REFLEX CONDITIONING EQUIPMENT

F. P. Głowák – L. Biró

Summary

Animal experiments play an important part in pharmacological researches. The objective of increasing the efficiency of researches requires a large number of tests and the evaluation of a large number of data. The automation of lengthy measurements, demanding a great deal of human labour, is of steadily increasing significance.

The apparatus described in the paper (Shuttle-box) enables conditional reflexes to be established in experimental animals. The processed measurement data are recorded by a line printer. Owing to the microcomputer design, the parameters of the test program can be varied over broad limits. Modes of operation other than described are also feasible without altering the hardware, merely by the programs stored in the EPROM's.

1. Bevezetés

A farmakológiai kutatásokban egy-egy készítmény hatásosságát, a mellékhatásokat, ill. az esetleges kölcsönhatásokat az alkalmazásbavétel előtt nagyszámú állatkísérlet útján ellenőrzik. A vizsgált hatástól függően számos módszer alakult ki. Egyikük az ún. „shuttle-box” segítségével végzett mérés. A „shuttle-box” feltételesreflex-kondicionáló berendezés a következőképpen működik:

A kísérleti állatokat (pl. patkányokat) középen kettéosztott, a két ketrecfél között bűvönnyílással ellátott ketrecbe helyezik. Az általában előre meghatározott mérési ciklus egyes részciklusában az állatokat a következő ingerhatásoknak vetik alá:

1. részciklus: pihentetés
2. részciklus: feltételes ingerhatás (pl. fényinger)
3. részciklus: feltétlen ingerhatás (pl. áramütés)

Az állat reakciója az egyik ketrecfélből a másikba való áthaladás, amelynek értelme az egyes részciklusban más és más:

- az első részciklusban való áthaladás (interszignálos reakció) az állat izgalmi állapotára utal;
- a harmadik részciklusban az áthaladás a feltétlen inger által kiváltott menekülés közben történik;
- a második részciklusban a „tanítás” során kifejlesztett feltételes reflex készlet helyváltoztatásra az állatot.

A beállítandó értékek:

- a végrehajtandó ciklusok száma,
- az egyes részciklusok ideje,
- a feltétlen, ill. a feltételes inger intenzitása.

A mért értékek :

- az áthaladások száma az egyes részciklusokban a (teljes ciklusszámra vagy ciklusonként, vagy pl. 10 ciklusonként);
- az ingerhatások ideje (a teljes ciklusszámra stb.).

Az állat reakciói a mérés menetét a következő módon befolyásolják :

Az első részciklus mindig teljes idővel fut le, csupán a helyváltoztatásokat kell számolni.

A második, ill. harmadik részciklusban bekövetkező helyváltoztatásra az ingerhatások megszűnnek, új ciklus indul az első részciklussal. A második, ill. harmadik részciklusban bekövetkező helyváltoztatásokat külön-külön kell számlálni, ill. az ingerhatások idejét mérni.

2. A megoldandó vezérlési, érzékelési feladatok

Az elmondottak szerint a következő feladatokat kell megoldani :

- be kell tudni állítani a kívánt ciklusszámot,
- lehetőleg széles határok között és pontosan be kell tudni állítani a részciklusok idejét,
- az egyes részciklusban gondoskodni kell a megfelelő ingerhatás előállításáról,
- érzékelni kell az állat helyváltoztatását és ennek megfelelően módosítani kell a programfutást,
- a mérési adatokat valamilyen formában rögzíteni kell.

Ha megfigyelő végezné a mérést, még időzítő áramkörök és helyzetérzékelő esetén is szükséges lenne az állandó felügyelet, egy személy egyszerre csak egy állattal végezhetne mérést, az eredményeket számos szubjektív tényező befolyásolná, ezen felül a kiértékelést is el kellene végezni.

A mérés automatizálása azon kívül, hogy a hibákat a minimumra csökkenti, minimális felügyeletet igényel, egyszerre több állaton való mérést tesz lehetővé és módot ad az adatok feldolgozására is. A VKI-ban korábban hasonló berendezések már készültek, először félvezetők és elektromechanikus elemek felhasználásával, később TTL áramkörökkel. A legújabb változatok mikroprocesszorok alkalmazásával készültek.

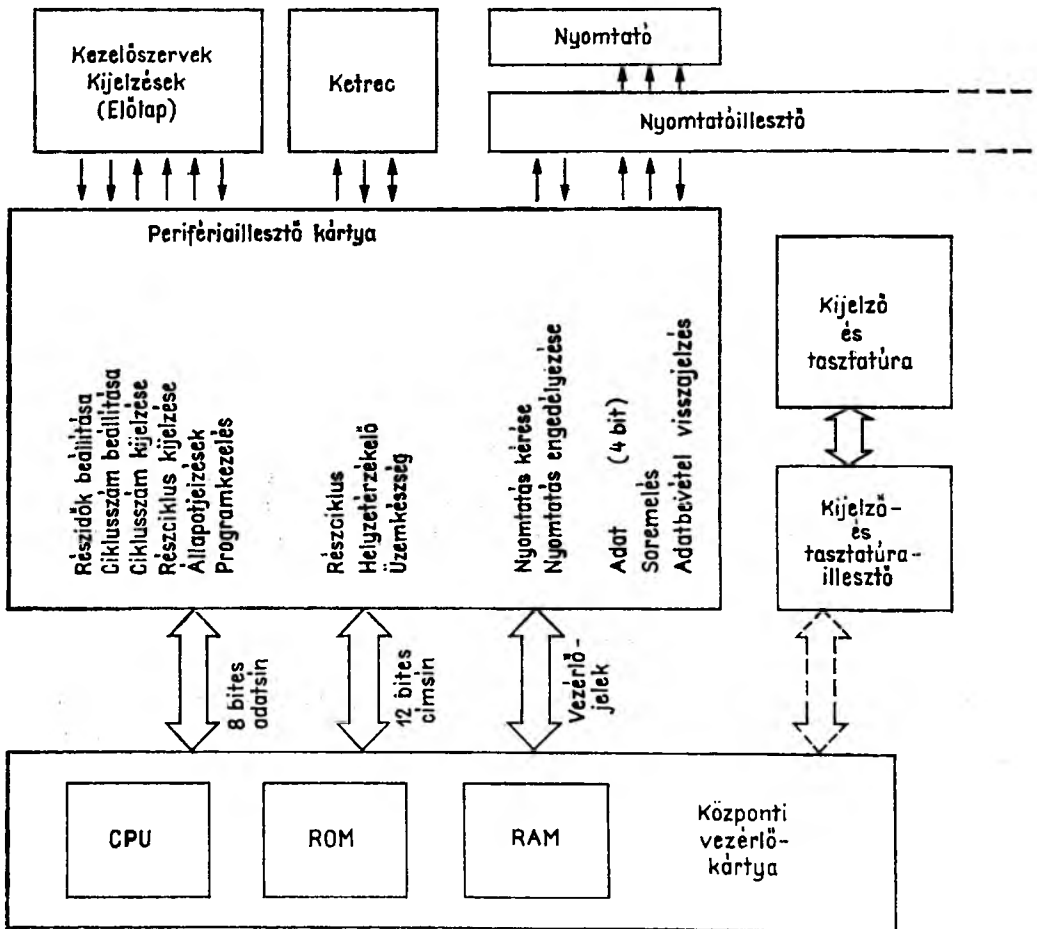
3. A készülék felépítése

Mivel a viszonylag hosszú (1 – 2 órás) mérési sorozatok végeredményeinek sornyomtatón való rögzítése nem igényel sok időt, több csatorna dolgozhat egy közös sornyomtatóval. Eddig három, ill. hatszatornás készülékeket állítottunk elő. A közös sornyomtatótól, ill. annak illesztőegységétől eltekintve egy csatorna a következő részekből tevődik össze:

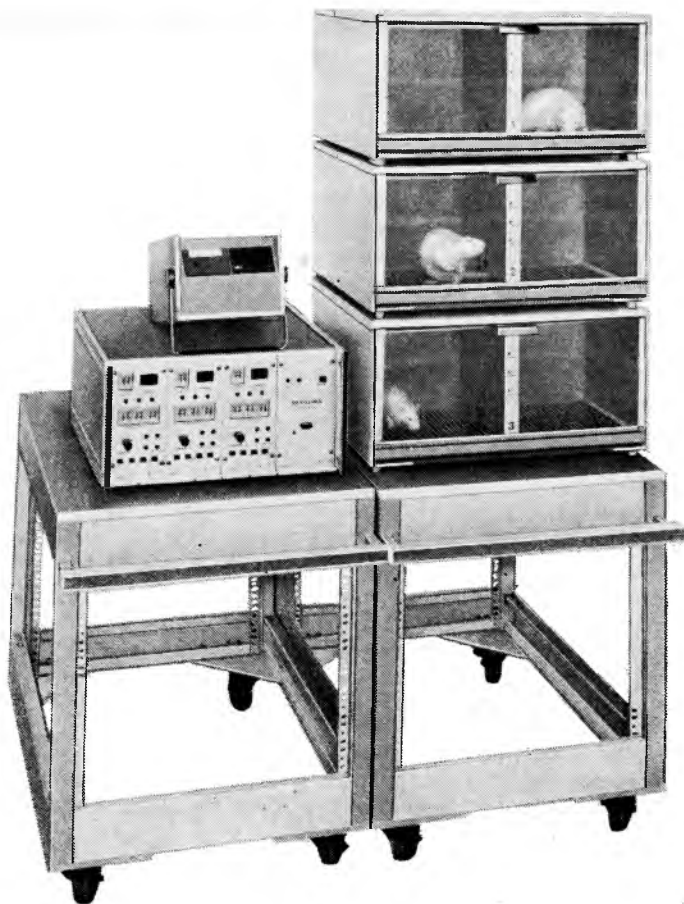
- központi vezérlőegység,
- perifériaillesztő egység,
- kezelőszervek és kijelzések,
- osztott vizsgálóketrec a hozzá tartozó elektronikával (ingergenerátorok, helyzetérzékelő, kijelzők stb.).

A központi vezérlőegység egyetlen kártyán tartalmazza a mikroprocesszort, a programot tároló EPROM-okat és a változó adatok tárolására szolgáló RAM integrált áramköröket. A mikroprocesszor a NATIONAL SEMICONDUCTOR SC/MP típusú processzora. A 8 bites processzossal felépített rendszer a program bonyolultságának megfelelően 4 Kbyte kiépítésű. Az EPROM-ok MM 5204Q, a RAM-ok MM 2101 típusúak.

A perifériaillesztő egység a központi vezérlőegységgel azonos méretű kártyán helyezkedik el, és a kezelőszervekkel, kijelzésekkel, a ketreccel, ill. a sornymotatóval való adatforgalom lebonyolítására szolgál. A kezelőszervek segítségével számjegyesen megadhatók a program paraméterei (a ciklusszám, a részidők), fokozatkapcsolóval beállítható az áraminger intenzitása, indítható, megszakítható, újraindítható, ill. törölhető a programfutás. A kijelzők a végrehajtott ciklusok számát, az aktuális részciklus sorszámát, ill. a programfutásra vonatkozó információkat adják. Az azonos csatornához tartozó központi vezérlőegység, a perifériaillesztő, ill. a kezelőszervek és



7-1. ábra. A feltételesreflex-kondicionáló berendezés egy csatornájának blokkvázlata



7-2. ábra. Háromcsatornás feltételesreflex-kondicionáló berendezés

kijelzések egy Kontaset kazettában helyezkednek el, az előbbieket kártyán, az utóbbiak az előlapon. Egy Kontaset műszerdobozba három kazetta, vagyis három ketrec komplett vezérlése építhető be a hozzájuk tartozó tápegységgel és a sornyomtató-illesztővel. A kazetták egymással csereszabatosak. A központi vezérlő kártyáján egy illesztőkártya közvetítésével lehetőség van display és tasztatúra csatlakoztatására, így mind a software, mind a hardware ellenőrzését el lehet végezni.

Az osztott vizsgálóketrec a programnak megfelelően félvezető kapcsolókkal létrehozza az ingerhatásokat, mozgó érintkezők nélkül, elektronikus úton érzékeli az állat helyváltoztatását és erről visszajelzést ad. Egy csatorna blokkvázlata a 7-1. ábrán, egy háromcsatornás készülék képe pedig a 7-2. ábrán látható.

4. A program felépítése, összefüggés a program és a hardware kialakítása között

Az időzítések pontossága érdekében, ill. a kísérleti állapot gyors reakcióinak figyelembevételével olyan programot volt célszerű írni, amely kellően gyors és nem igényel különleges hardware megoldásokat. Optimális megoldásnak az mutatkozott, hogy minden csatornához saját vezérlőegység tartozzék. Ezek az egységek egymással csereszabatosak, számuk és a ketrecek számának megválasztásával bizonyos lépcsőkben a hardware megváltoztatása nélkül tetszőleges számú állapot vizsgálatára építhető ki a készülék. Az egyes állapotok programjai egymástól függetlenül, szükség esetén eltérő paraméterekkel futtathatók. Egyszerűbb a tartalékképzés is.

Az MM 5204Q EPROM-okba beégetett, a vezérlés adatkiértékelés és adatrögzítés, minden funkcióját végrehajtó programok minden csatornára azonosak, terjedelmük mindössze 1,5 Kbyte. Az átmeneti adatok tárolására 1/4 Kbyte RAM-kapacitás elegendő. A display-tasztatúrás vizsgálatához további 1/4 Kbyte RAM dugaszolható a központi vezérlőkártyára.

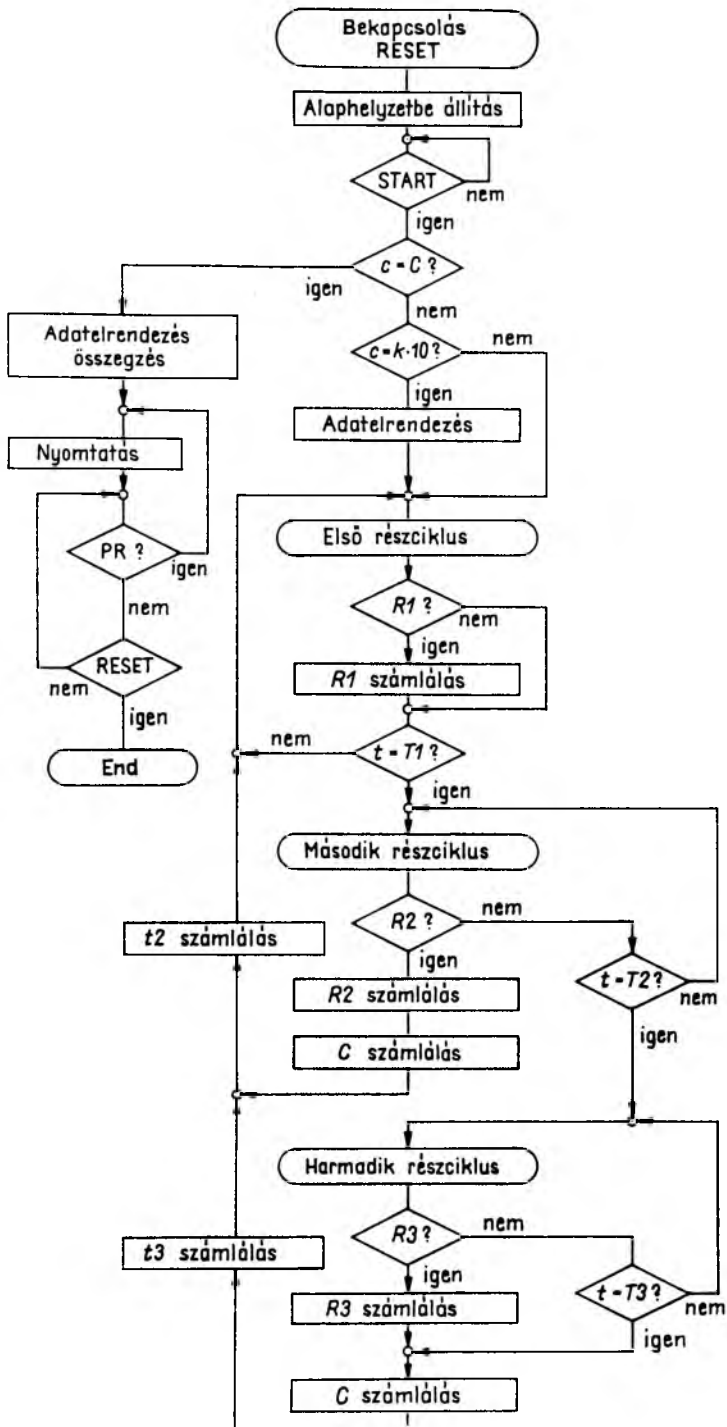
Az alkalmazott SC/MP mikroprocesszor valamivel kisebb teljesítményű, mint a 8080, de néhány jó tulajdonsága indokolja alkalmazását. Ilyenek pl.: tartalmazza az oszcillátor-áramkört, soros és párhuzamos be- és kimenetei vannak, 4 Kbyte-os rendszer egyszerűen felépíthető (teljes kiépítésben 64 Kbyte-ig használható), végül – ami a programot illeti – a különböző időzítések egy ún. delay (késleltetés) utasítással pontosan megvalósíthatók.

A kellő gyorsaság és a kis tárkapacitás biztosítására a programot gépi nyelven írtuk. A program lefutása lényegesen leegyszerűsítve a 7-3. ábrán látható. A programfutás kezelőszervekkel vezérelt vagy automatikusan bekövetkező főbb pontjai:

- A tápfeszültség bekapcsolására vagy a programot törölő RESET nyomógomb megnyomására beáll az alaphelyzet, a beállított paraméterek – az áramintenzitás kivételével – bekerülnek a RAM-ba, programfutás közben már nem változtathatók;
- a START nyomógombbal indítható a program;
- a HALT nyomógomb a programfutást megszakítja, a program a RESTART nyomógomb megnyomására fut tovább. Megszakítás esetén a helyzetérzékelő követi ugyan az állapot helyváltoztatásait, de számlálás, ill. időmérés nincs. A ketrec ajtajának kinyitása is megszakítja a programfutást, de akkor a ketrecajtó zárására a program automatikusan fut tovább. (A folyamatábrában a megszakításokat nem tüntettük fel).

5. Következtetések

A mikroprocesszorra épülő rendszer előnye, hogy kevesebb alkatrésszel, kisebb helyen, kevesebb energiaigénnyel nagyobb a zavarérzékenység és megbízhatósága, mint a hasonló, hagyományos TTL áramkörökkel felépített rendszereké. A műszakilag magasabb színvonalú megoldás, szolgáltatásaiban gazdagabb; az ingerlési funkciók sorrendjében, a kívánt adatkiértékelésben, kezelői kijelzési, adatközlési igények változásában bekövetkező változás esetén bizonyos határokon belül rugalmasan átprogramozható a huzalozás (hardware) megbontása nélkül. További előnye, hogy áramkörileg kevesebb tipizált alkatrész szükséges az esetleges szervizeléshez. (Gondoljunk arra, hogy a program tárolására azonos típusú EPROM-ok szolgálnak, amelyekbe tetszés



7-3. ábra. A feltételesreflex-kondicionáló berendezés programjának egyszerűsített folyamatábrája

c beállított ciklusszám; C végrehajtott ciklusszám; $T1, T2, T3$ beállított részidők; $t2, t3$ mért részidők; $R1, R2, R3$ helyváltoztatás az egyes részciklusokban

szerinti program égethető, vagy különböző funkciójú interface-csoportok azonos típusúak lehetnek).

Előnyként kell végül megemlíteni a pontosabb és egyidejű mérési lehetőséget, és a kezelőszemélyzet teljes kikapcsolását a mérési, ill. adatkiértékelési folyamatból. Ezzel a reprodukálhatóság nagymértékben megnő, a szubjektív tényezők kiküszöbölődnek.

A mérés biztonságát szolgálja az is, hogy illetéktelen, ill. véletlen beavatkozás folytán a beállított adatokat a mérés folyamán hiába állítják el, a RAM-ban tárolt kezdeti értékeket nem tudják megváltoztatni.

Végül beépített akkumulátorok alkalmazásával lehetővé vált a zavartalan üzem rövid idejű (kb. 3 s) hálózatkimaradás esetén is. A program tovább fut, nem vész el a több tíz ciklusból nyert eredmény.

Irodalom

- [1] *Hilberg, W. – Pilory, R.*: Mikroprozessoren und ihre Anwendungen. München, R. Oldenbourg Verlag, 1977.
- [2] *Schmitt, H. – Hughes, P. – Zerling, H.*: Mikroprozessoren programmieren Software-Training SC/MP. Elektronik-Praxis Nr. 11 – November 1976, p: 49. . . 53.
- [3] SC/MP Microprocessor applications handbook, National Semiconductor, Pub. No. 420305239-001A, February 1977.
- [4] SC/MP Programming and assembler manual National Semiconductor, Pub. No. 4200094B, February 1976.
- [5] SC/MP Keyboard kit users manual, National Semiconductor, Pub. No. 420305228-001B.

8.

Nehézgépjármű hátsóhid-próbapadjának szabályozott hajtásrendszere és mikroszámítógépes irányítása

WEINER GYÖRGY – BÍRÓ LAJOS

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkünkben egy próbapad villamos hajtásainak szabályozását és vezérlését ismer-tetjük. A próbapad segítségével autóbuszok, nehéz terepgépjárművek és traktorok hátsóhidjának (differenciálmű) vizsgálatát lehet lehet elvégezni. A differenciálmű be-menő és kimenő tengelyeit egy-egy négynegyedes hajtású egyenáramú motor hajtja, ill. fékezi. Az élettartam-vizsgálat (fárasztás) lényegében különböző fordulatszámok és terhelések beállítását igényli. Az egyes fordulatszámokhoz tartozó és terhelési állapotok időtartamát és változását, valamint az egész vizsgálat lefolyását, a szükséges számítások elvégzését mikroprocesszoros vezérlőegység irányítja előre megadott program szerint;

СИСТЕМА УПРАВЛЕННОГО ПРИВОДА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ЗАДНЕГО МОСТА ТЯЖЕЛЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРО-ЦВМ

Д. Веинер—Л. Биро

Резюме

В статье излагаются регулирование и управление электроприводами испытательного стенда. С помощью этого испытательного стенда можно провести испытания заднего моста (дифференциала) автобусов, тяжелых полевых транспортных средств и тракторов. Входные и выходные вали дифференциала приводятся и соответственно тормозятся двигателями по постоянному току, работающими по режиму 4/4. Ресурсные испытания (испытания на старения) фактически потребуют установить различные числа оборотов и нагрузки. Длительностью и изменением некоторых чисел оборотов и нагрузочных состояний, а также проведением необходимых расчетов по заранее заданной программе управляет система с применением микропроцессора.

GEREGELTES ANTRIEBSSYSTEM UND MIKRORECHNERSTEUERUNG EINES PRÜFSTANDES FÜR SCHWERKRAFTFAHRZEUG-HINTERACHS-GETRIEBE PRÜFSTANDES

Gy. Weiner – L. Bíró

Zusammenfassung

In dem Artikel werden die Regelung und die Steuerung der elektrischen Antriebe eines Prüfstandes erörtert. Mit Hilfe des Prüfstandes kann die Prüfung des Hinterachsgetriebes (Differential) von Autobussen, von schweren Geländekraftwagen und Traktoren durchgeführt werden. Die Ein- und Ausgangsachsen des Differentials werden von je einem Gleichstrommotor mit vierquadrantem Antrieb angetrieben bzw. gebremst. Für die Lebensdauerprüfung wird im wesentlichen die Einstellung

von verschiedenen Drehzahlen und Belastungen benötigt. Die Zeitdauer und die Änderung der einzelnen Drehzahl und Belastungszustände, sowie der Ablauf der ganzen Untersuchung, die Durchführung der notwendigen Berechnungen werden aufgrund eines vorgegebenen Programme durch eine Mikroprozessor-Steuereinheit gesteuert.

REGULATED DRIVE SYSTEM AND MICROCOMPUTER CONTROL OF A REAR-AXLE GEAR TEST STAND FOR HEAVY MOTOR-VEHICLES

By Gy. Weiner—L. Biró

Summary

This paper deals with the regulation and control of the electric drives of a test stand, by which the rear-axle gear (differential gear) of autobuses, heavy off-road vehicles and tractors can be tested. Each of the input and output shafts of the differential gear is driven and braked by a four quadrant DC drive. The life test requires essentially the selection of different speeds and loads. The duration and variations of the individual speed and load conditions, the course of the test as a whole, the required computations are controlled by a microprocessor control unit.

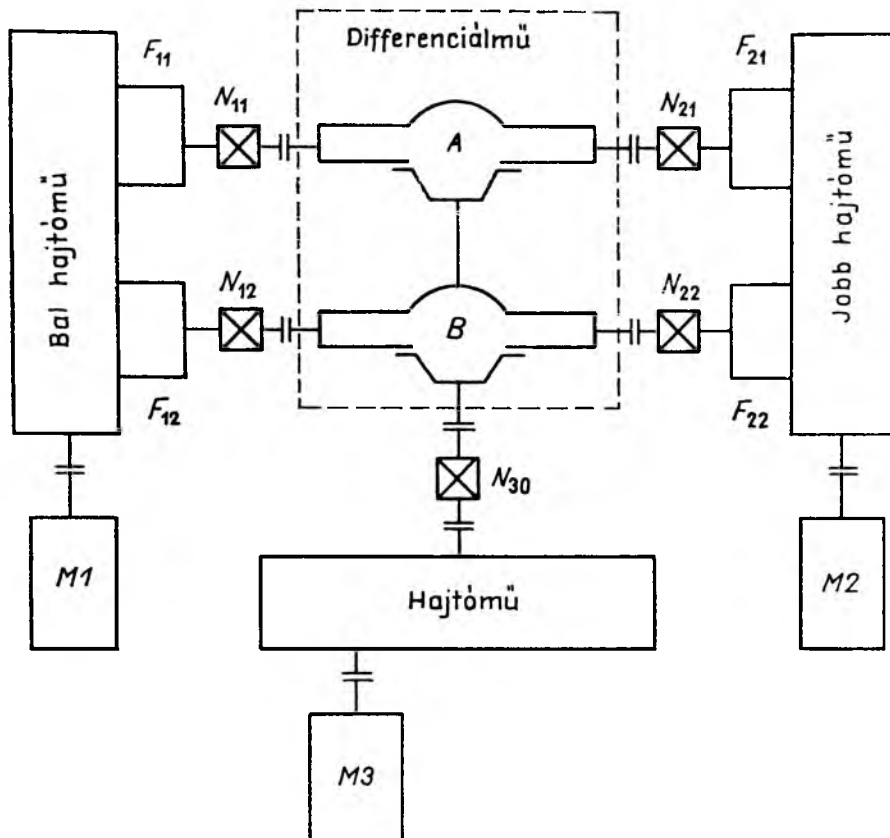
1. A feladat ismertetése

Autóbuszok, traktorok és egyéb nehéz-gépjárművek hátsóhíd-vizsgálatának egyik lényeges része a differenciálmű élettartam-vizsgálata. Az élettartam-vizsgálat során a differenciálművet különböző terhelési állapotokat szimulálva fárasztják, és a tönkremenetel időtartama, ill. a kopások mértéke alapján következtetnek a normál üzemi terhelés esetén várható élettartamra. A differenciálmű bemenő tengelyét a vizsgálat során általában a villamos motor hajtja, a kimenő tengelyeket pedig hidraulikus fékkel fékezik. Ennek a megoldásnak a hátránya, hogy a kimenő tengelyeket csak fékezni lehet, hajtani nem, és a vizsgálat során betáplált energia elvész. Az utóbbi időben ezért inkább villamos motorokat használnak fékgépként is, és a fékezési energiát visszatáplálják a hálózatba. A motorokat szabályozással látják el, és központi vezérlőegység irányítja a mérés lefolyását. A következőkben egy ilyen megoldást ismertetünk.

1.1 Gépészeti felépítés

A gépészeti elrendezés vázlatja a 8-1. ábrán látható. A villamos motorok áttételeken keresztül hajtanak, ill. fékeznek. A hajtóművekben az áttételeken kívül rögzítőfék is van, amellyel a tengely álló állapotban rögzíthető. A differenciálmű tengelyeihez a hajtóművek egy-egy nyomatékmérőn keresztül csatlakoznak. A 8-1. ábrán kettős differenciálmű vizsgálata látható. A kettős differenciálművet a két hátsó tengelyű gépjárműveknél használják. Ilyenkor nemcsak a bal és jobb kerekek között, hanem a két hátsó tengely között is biztosítani kell az útkiegyenlítést. A vizsgálóberendezésnél az *A* és *B* jelű differenciálmű kimenő tengelyei között a hajtóműben fix áttétellel állítható be a fordulatszámarány, vagy rögzítőfékkel rögzíthető az egyik tengely. Ha nem kettős differenciálművet vizsgálnak, akkor a 8-1. ábrán *B*-vel jelölt differenciálmű-rész, a hozzá csatlakozó nyomatékmérő, fék és hajtómű értelemszerűen elmarad.

A vizsgálóberendezéssel többféle vizsgálat végezhető. Valamennyi vizsgálathoz lefutó programvezérlésre van szükség. Egy teljes vizsgálat ideje 20...50 óra és több



8-1. ábra. Differenciálmű-vizsgáló berendezés gépészeti elrendezése

A a kettős differenciálmű hátsó fele; B a kettős differenciálmű mellső fele; M1...M3 egyenáramú motorok; F_{11} ... F_{22} rögzítőfékek; N_{11} ... N_{30} nyomatékmérők

vizsgálati lépcsőből tevődik össze. A vizsgálati lépcsőn belül a differenciálmű tengelyvégeit állandó fordulatszámmal kell forgatni vagy állandó nyomatékkal kell hajtani, ill. fékezni. Az egyes vizsgálati lépcsőkben a terhelések különbözők.

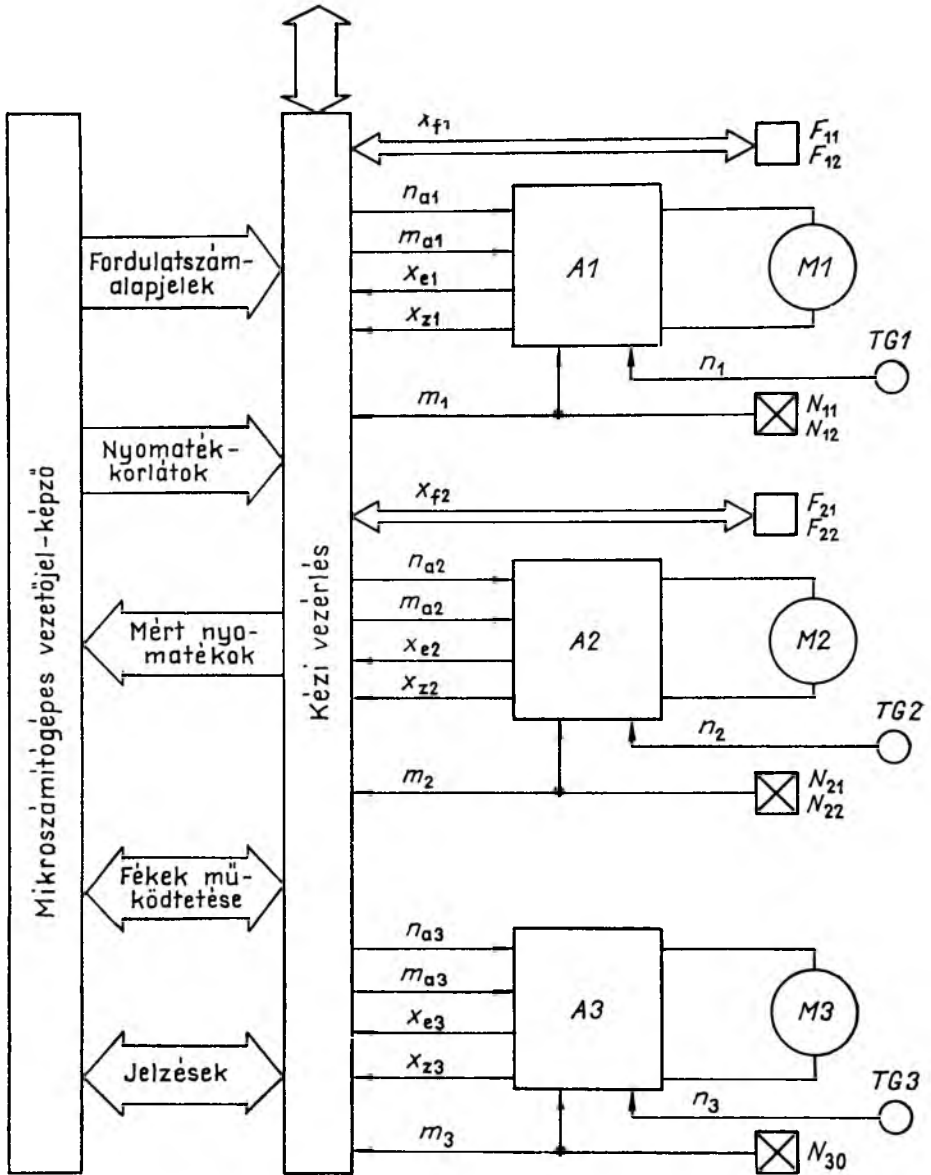
Egyik vizsgálati lépcsőről a következőre az áttérést előre beállított idő eltelte, vagy valamilyen külső jel, így pl. túlmelegedés vagy leállítás váltja ki. A különböző terhelési állapotú vizsgálati lépcsők ciklikusan ismétlődnek. A teljes vizsgálat előre beállított ciklusszám lefutásáig, vagy a vizsgálati idő végéig, ill. a differenciálmű tönkremenetelig tart. A differenciálművet akkor tekintjük tönkrementnek, ha hatásfoka egy előre beállított értéknél rosszabb lesz.

1.2 Villamos felépítés

A vizsgálóberendezés villamos felépítése a 8-2. ábrán látható. Az egyenáramú motorokat külön szabályozott tirisztoros tápegység táplálja. A rendszer felépítése logikailag három részre osztható:

- villamos hajtások; feladatuk a kívánt fordulatszám-, ill. nyomatékértékek biztosítása;

Hajtások be- és kikapcsolása

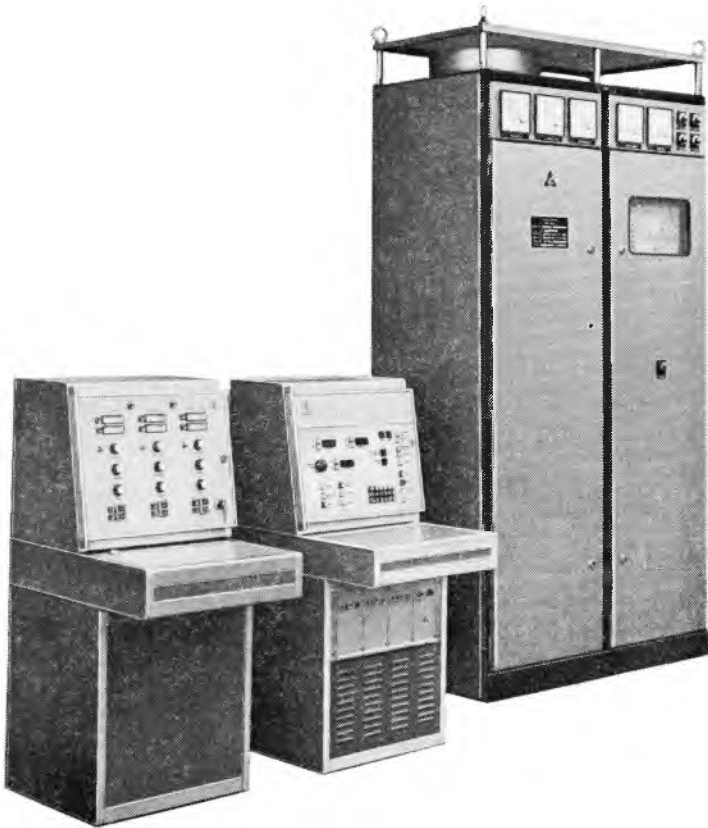


8-2. ábra. A vizsgálóberendezés elvi felépítése

$M1 \dots M3$ egyenáramú motorok; $TG1 \dots TG3$ tachogenerátorok; $A1 \dots A3$ tirisztoros tápegységek; $F_{11} \dots F_{22}$ rögzítőfékek; $N_{11} \dots N_{30}$ nyomatek-mérők; $n_{a1} \dots n_{a3}$ fordulatszám-alapjelek; $m_{a1} \dots m_{a3}$ nyomatek-alapjelek; $n_1 \dots n_3$ fordulatszám-ellenőrző jelek; $m_1 \dots m_3$ nyomatek-ellenőrző jelek $x_{f1} \dots x_{f2}$ fékműködtetések és visszajelzésük; $x_{e1} \dots x_{e3}$ „a motor elérte az előírt fordulatszámot” visszajelzései; $x_{z1} \dots x_{z3}$ „hajtáshiba” visszajelzés

- b) kézi vezérlés; feladata a hajtások ki- és bekapcsolása, – vagy tartalékként – a program szerinti fordulatszám- és nyomatékalapjelek biztosítása, és egyes információfeldolgozási és védelmi feladatok ellátása;
- c) mikroszámítógépes vezetőjelképző és -kijelző egység, amely a későbbiekben részletezett feladatok ellátásával a vizsgálati programok automatikus lefutását biztosítja.

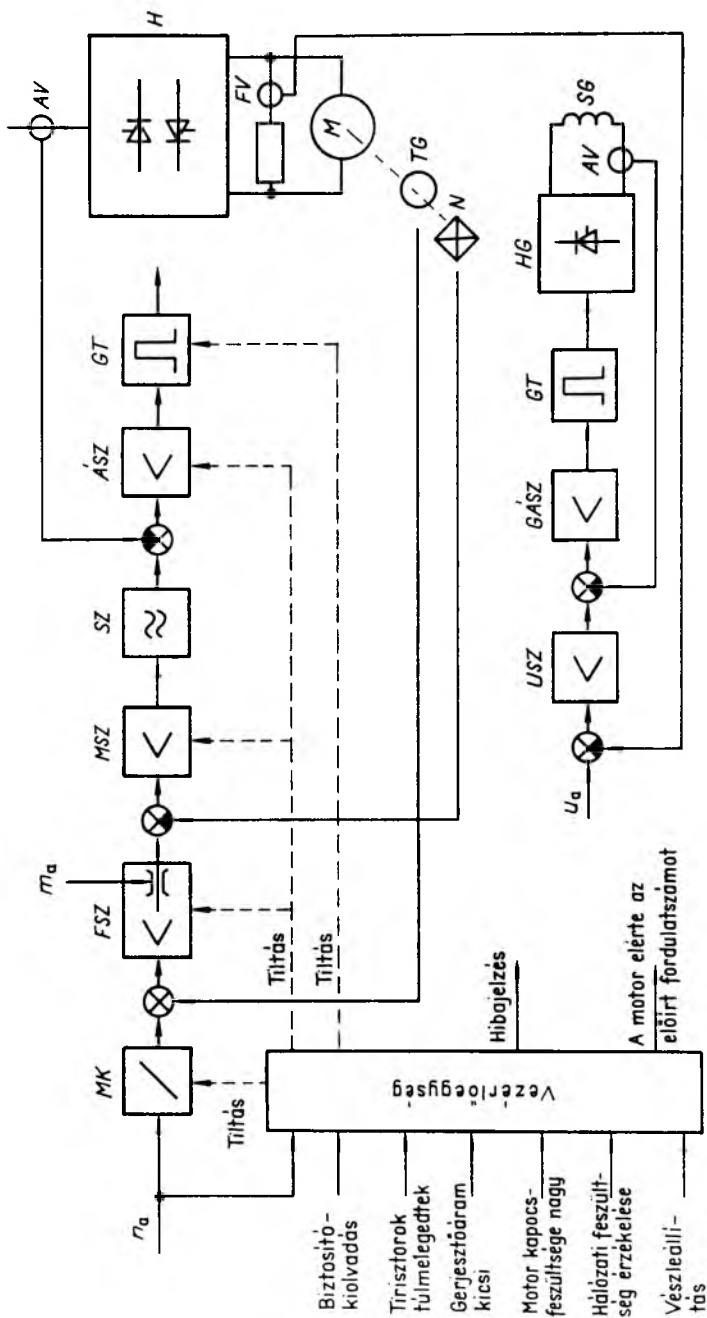
A megvalósítás során külön vezérlőpultba került a kézi vezérlés és külön pultba a mikroszámítógépes vezetőjelképzés. A kezelőszervek és kijelzések a pultok előlapján vannak. Az áramirányító berendezéseket három különálló szekrényben helyeztük el. A 8-3. ábrán a két pult és egy hajtás áramirányító berendezése látható.



8-3. ábra. Vezérlőpultok és egy hajtás áramirányító-berendezése

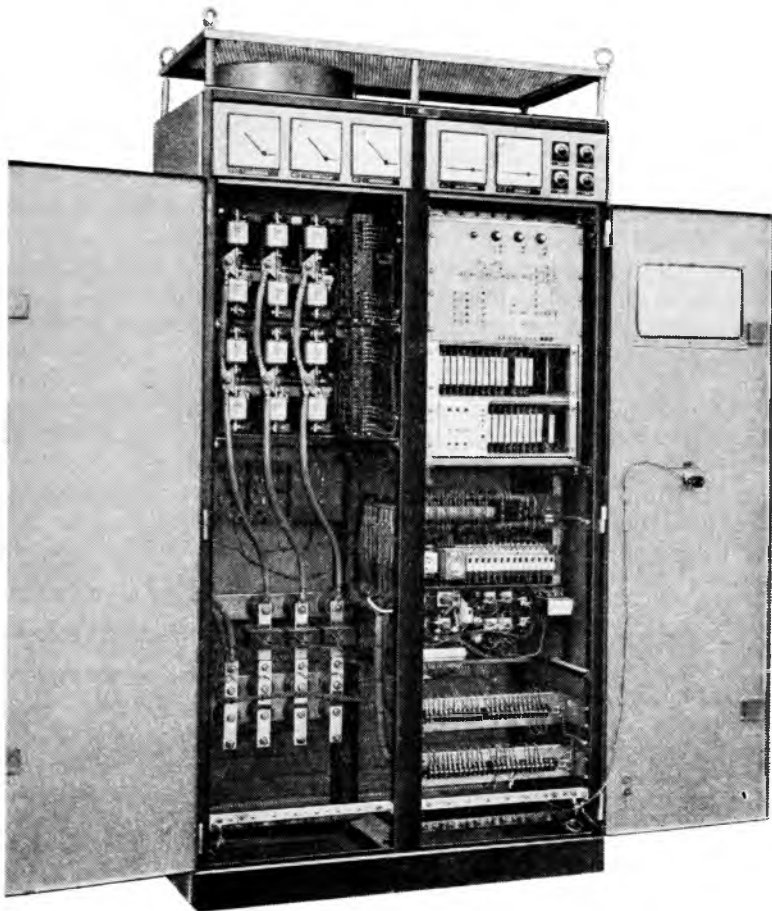
2. Villamos hajtások

Az élettartam-vizsgálatokhoz fordulatszám-, ill. nyomatékszabályozásra van szükség. A követelmények kielégítéséhez 4/4-es tirisztoros áramirányítóval táplált $P_n = 110 \text{ kW}$ teljesítményű $n_n = 1060 \text{ 1/min}$ fordulatszámú motorokat használtunk. A motorok



8-4. ábra. Szabályozási tömbvázlat

n_a fordulatszám-átlapjel; n_b nyomatékkorlátozás; u_b kapcsoláskorlátozás; M motor; TG tachogenerátor; N nyomatékérő; H , HG áramirányító; SG gerjesztőlekeles; AV áramváltó; FV feszültségváltó; GT gyújtóegység; $ÁSZ$ áramszabályozó; SZ szűrő; MSZ nyomatékszabályozó; FSZ fordulatszámabályozó; MK me-redekséggkorlátozó; $GÁSZ$ gerjesztőáram-szabályozó; V/SZ kapocsfeszültség-szabályozó



8-5. ábra. Áramirányító-berendezés

fordulatszámát mezőgyengítéses üzemben a névleges érték kétszeresére lehet növelni. Egy motor szabályozásának tömbvázlata a 8-4. ábrán látható. A hajtásnak fordulatszám-szabályozása, alárendelt nyomaték- és áramszabályozása és gerjesztés-szabályozása van. A 4/4-es üzemet a *H* jelű áramirányító körárammentes vezérlése biztosítja. (A körárammentes – logikai reverzáló – vezérlést az ábrán külön nem tüntettük fel.)

Minden egyes hajtásnak önálló elektronikus vezérlőegysége is van. Az elektronikus vezérlőegység a védelmek működése esetén megfelelő sorrendű szelektív lekapcsolást és hibajelzést biztosít. Ugyancsak az elektronikus vezérlőegység látja el az üzemszerű indítás, ill. leállítás esetén szükséges megfelelő sorrendű be-, ill. kikapcsolás vezérlését, a mikroszámítógépes vezérlés számára pedig hibajelzést, „a motor elérte az előírt fordulatszámot” jelzést szolgáltat. A három hajtás a hajtóműveken és a differenciálművön keresztül csatolt rendszert alkot. A rendszer mechanikailag könnyen lengésbe jön, és ez a villamos szabályozást is belengetheti. Mivel a vizsgálatok gyors terhelésváltoztatásokat nem igényelnek, a káros lengések megfelelően hangolt aktív szűrővel kiszűrhetők. Az e célra szolgáló *SZ* szűrőt a szabályozás előrevezető ágában helyeztük el. Egy áramirányító szekrény képe a 8-5. ábrán látható.

Az egyes hajtásoknak vizsgálati programtól függően hol fordulatszám-szabályozással, hol nyomatékszabályozással kell üzemelniük. Ez a következőképpen biztosítható:

Fordulatszám-szabályozás esetén a fordulatszám alapjeleket a mikroszámítógépes vezetőjelképző a kívánt nagyságúra és előjelűre állítja be, a nyomatékkorlátozást pedig a vizsgált differenciálműre megengedett maximális értékre. Ameddig a terhelés nem éri el a megengedett maximális értéket, a hajtás fordulatszám-szabályozással üzemel. Ha terhelés meghaladja ezt a beállított maximumot, a motor lelassul, nem tud az előírt fordulatszámnak megfelelő értékkel forogni, a védelmi rendszer jelzést ad (a motor nem érte el az előírt fordulatszámot).

Nyomatékszabályozás esetén a nyomatékkorlátozás értékét a mikroszámítógépes vezetőjelképző a kívánt nyomatéknak megfelelő nagyságúra, a fordulatszám-alapjelet a vizsgált differenciálműre megengedett maximális értékre, a fordulatszám-alapjel előjelét pedig a kívánt nyomaték előjelének megfelelően állítja be. Ha a három motor előírt nyomaték- és fordulatszám-értékei helyesen vannak megadva, akkor a nyomatékszabályozással üzemelő motor fordulatszáma nem érheti el a beállított maximális értéket. Ha terhelés esetleg mégsem elég a kívánt nyomaték eléréséhez, akkor a szabályozás a beállított maximális fordulatszámra szabályoz, és az elektronikus védelem jelzést ad (a motor elérte az előírt fordulatszámot).

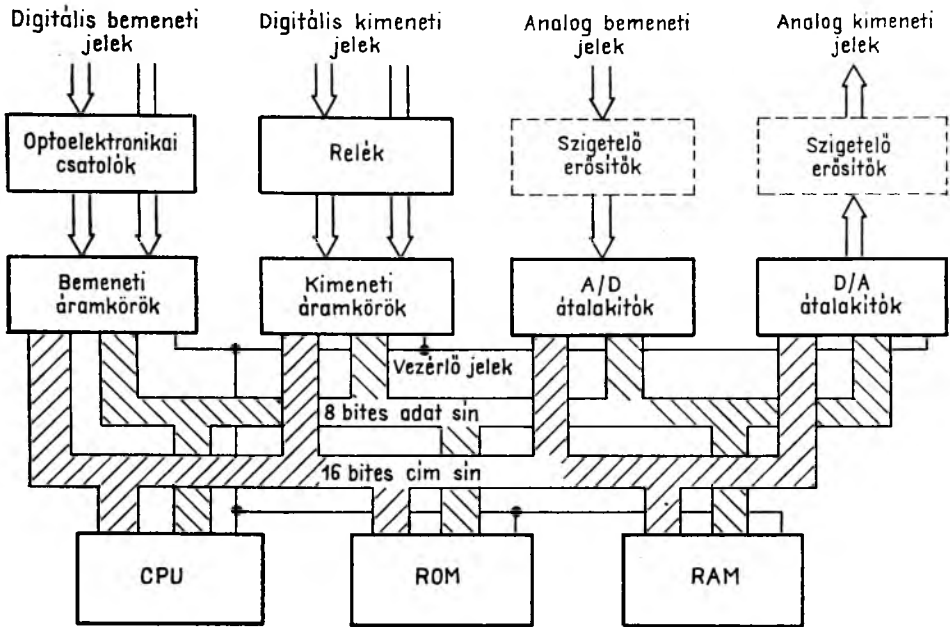
3. A mikroszámítógépes vezetőjelképző, kezelő- és kijelzőegység

A mikroszámítógépes vezetőjelképző segítségével:

- több vizsgálati program tárolható,
- beadhatók az egyes programok paraméterei (nyomaték, fordulatszám, ciklus-szám, időtartamok stb.),
- kiolvashatók és módosíthatók a bevitt paraméterek,
- a program lefutása a beállított paraméterek mellett a vizsgált berendezés (differenciálmű) állapotához is igazodik,
- a differenciálmű állapotát a beérkező adatok alapján a mikroprocesszor által vezérelt aritmetikai műveletek eredményei adják,
- lehetőség nyílik a program megszakítására, ill. folytatására,
- az esetleges hibák (hiányzó paraméter, a berendezés meghibásodása stb.) egyszerűen azonosíthatók,
- a program futása kijelzőkön követhető.

A zavarmentes jelátvitelt a pulton kívüli digitális jeleknél optoelektronikai csatolók, ill. relék biztosítják. A mikroszámítógépes egység analóg jelforgalmat csak a hajtás elektronikájával bonyolít le, így megfelelő telepítéssel a jelek közvetlenül átvihetők. A pulton belüli perifériák (kezelőszervek, kijelzők) potenciálváltást nem igényelnek.

A mikroszámítógépes vezetőjelképző vázlatos felépítése a 8-6. ábrán látható. A 100×160 mm (Európa) méretű kártyák egyik oldalán a 64 pólusú csatlakozó kivezetései a National Semiconductor LCDS (*Low Cost Development System*) fejlesztőrendszer sínjéhez igazodnak. A csatlakozók ellendarabjai nyomtatott áramköri kártyán helyezkednek el. Ez az elrendezés azon kívül, hogy a szokásos Rack-fiók szerelési technológiával szemben a téves összekötéseket kizárja, viszonylag nagyszámú kártya esetén is kis vezetékinduktivitást, rövid futási időket eredményez, így kiterjedt rendszerek is kellően nagy órajel-frekvenciával, kellő biztonsággal üzemeltethetők.



8-6. ábra. Mikroszámítógépes vezérlőjelképző felépítése

A sínrendszer egységességének megőrzése céljából a perifériákhoz való csatlakozás a kártyáknak a 64 pólusú csatlakozóval ellentétes oldalán elhelyezkedő 35 pólusú Socapex csatlakozóval történik. A mechanikai elrendezést a 8-7. ábra mutatja. A 8-6. ábrán feltüntetett funkciókat megvalósító kártyák a következők:

CPU kártya

Az SC/MP-II. típusú mikroprocesszorral felépített kártya a 8 bites adat- és 16 bites címsínjével az NS LCDS rendszeréhez igazodik. 64 Kbyte terjedelmű címzést (65536 nyolcbites szó) tesz lehetővé.

RAM kártya

Kártyánként 4 Kbyte nyolcbites szó tárolására alkalmas írható-olvasható memória, amely ideiglenes adatok tárolására szolgál. A tápfeszültség kikapcsolására a tárolt információk elvesznek.

ROM kártya

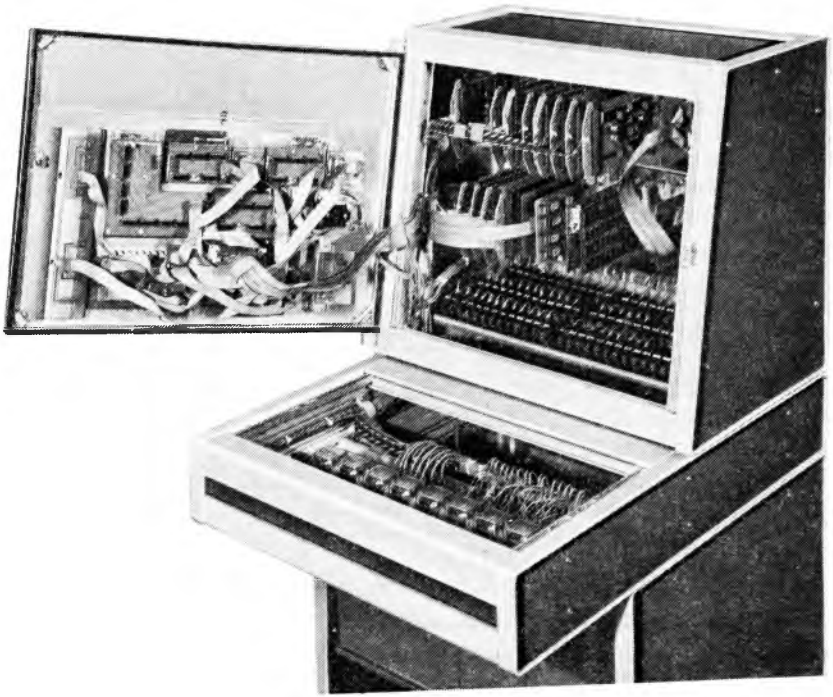
Kártyánként 4 Kbytes nyolcbites szó tárolására alkalmas, csak olvasható memória. A program, a táblázatok, az aritmetikai műveletek állandói stb. tárolására szolgál. Információját a tápfeszültség kikapcsolása után is megőrzi.

Digitális bemeneti kártya

A négy nyolcbites szó fogadására alkalmas bemeneti kártya a kiválasztott címen levő adatokat buffer áramkörökön keresztül továbbítja a rendszer adatsínjére.

Potenciálfüggetlen digitális bemeneti kártya

A négy nyolcbites szó fogadására optoelektronikai csatoló áramkörök szolgálnak. A kiválasztott címen levő adatokat buffer áramkörök továbbítják a rendszer sínjére.



8-7. ábra. Mikroszámítógépes vezetőjelképző

Digitális kimeneti kártya

A rendszer adatsínjéről érkező nyolcbites információ négy különböző (egymás utáni) címnek megfelelő tárba, onnan pedig a perifériákra juttatható.

Analóg kimeneti kártya (D/A)

A 2 db 12 bites D/A átalakítót tartalmazó kártya a rendszer adatsínjéről érkező jeleket alakítja át analóg jellé: A 12 bitnek megfelelő D/A-átalakítónként két címen érkező adatok az írójel hatására tárukba kerülnek, amelyek kimenetei közvetlenül vezérlik a D/A átalakítókat. A kimenő jel $+10,235\text{ V}$ és $-10,24\text{ V}$ között változhat.

Analóg bemeneti kártya

Az A/D átalakító a beérkező, a rendszer 0 V-jához viszonyítva pozitív feszültséget $3\frac{1}{2}$ digités BCD kódú digitális jellé alakítja át. A digitális jel két (egymás utáni) címen olvasható ki és vihető az adatsínre. Az átalakítás egy indítójel hatására kezdődik és időtartama a bemeneti feszültség függvénye (max. 12 ms).

3.1 A mikroszámítógépes vezetőjelképző programjának felépítése

A megoldandó feladat a következő követelményeket támasztja a programmal szemben:

- a bonyolult aritmetikai és egyéb műveletek, amelyeknél a műveleti sebesség nem kritikus, lehetőleg egyszerűen programozhatók és nem túl nagy tárcapacitást igénylők legyenek.
- egyszerűbb, de elegendően nagy sebességet igénylő műveletek (kezelőszervek figyelése, kijelzések, hibafigyelés stb.) elvégezhetőek legyenek.

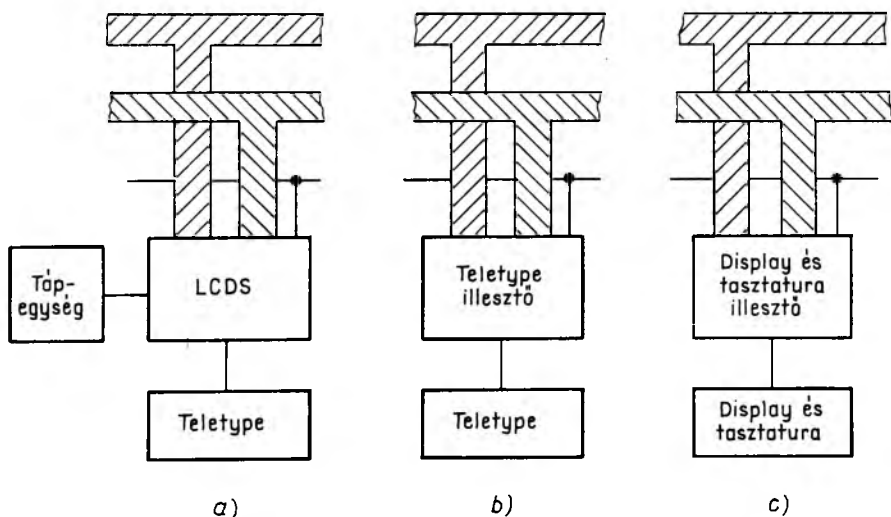
Az egymásnak ellentmondó követelmények a program kettős felépítésével elégíthetők ki. A National Semiconductor NIBL fordítóprogramjának felhasználásával a főprogram BASIC nyelven volt írható. A nagy sebességet igénylő programrészek – többnyire szubrutinok – a gépi nyelv felhasználásával készültek.

3.2 A program hardware vonatkozásai

Mivel a kimeneti kártyák csak az író, a bemeneti kártyák pedig az olvasójel hatására kerülnek aktív állapotba (adatátvitel), jelentős egyszerűsítés érhető el a programban azáltal, hogy azonos címen dolgozhatnak kimeneti és bemeneti kártyák. A kártyák többségén teljes címdekódolás van.

3.3 Ellenőrzés, hibakeresés és javítás a fejlesztés, üzembehelyezés és üzemeltetés során

Bár a software és a hardware kialakítása egymással szorosan összefügg, létrehozásuk és vizsgálatuk teljesen eltérő módszereket kíván. A program írásához és ellenőrzéséhez a 8-8a ábra szerinti összeállítás használható legelőnyösebben, mert lehetővé teszi mind a BASIC, mind a gépi nyelvű programrészek írását, kipróbálását. A 8-8b ábra összeállítása BASIC programok esetén előnyös és a 8-8a ábra elrendezésétől eltérően



8-8. ábra. Ellenőrzési lehetőségek

külön tápfeszültséget nem igényel (az illesztőkártya közvetlenül a rendszer sínjére dugaszolható). Az üzemeltetés során, ill. meghibásodáskor a 8-8c ábra szerinti, külön tápfeszültséget szintén nem igénylő elrendezéssel lehet a már szinte kizárólag hardware jellegű ellenőrzéseket gyorsan elvégezni.

Irodalom

- [1] *Oberhaus, E. R. – Thun, H. J. v. : Regelung von Hinterachsgetriebeprüfständen. IFAC Symposium, Control in Power Electronics and Electrical Drives, Düsseldorf, 1974. Proceedings Volume 2. p. 317 – 330.*
- [2] *SC/MP Programming and assembler manual. National Semiconductor, Pub. No. 4200094 B, February 1976.*

9.

μMS 80 általánosan használható mikroprocesszoros modul rendszer

BUZÁS PÉTER – SARKADI FERENC

ÖSSZEFOGLALÁS

A μMS 80 rendszer olyan modulárisan építhető mikroprocesszoros berendezés, amellyel közepes bonyolultságú huzalozott hardware egységek kiválthatók. A rendszer egységesített hardware moduljai előre elkészíthetők, a felhasználók az igényeiknek megfelelő hardware és a hozzá tartozó software egységekből összeállíthatják a kívánt berendezést.

A cikk foglalkozik a μMS 80 elvi felépítésével, bus rendszerével, valamint ismerteti az alap és kiegészítő modulokat. Tárgyalja a meglévő software modulok választékát, azok kapcsolódását és hívási rendszerét.

Egy konkrét feladat alapján bemutatja a rendszer használatát, ill. a software fejlesztését. A software fejlesztés háttere az intézeti TPAi számítógépen futó TICROS fordítóprogram.

μMS-80 МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБЩЕЙ ПРИМЕНИМОСТИ

П. Бузаш—Ф. Шаркади

Резюме

Система μMS-80 — такое микропроцессорное устройство, состоящее из модулей, с помощью которого возможно заменить проволочные хардвар системы средней сложности. Заранее можно изготовить унифицированные хардвар модули системы; потребители могут составить желаемые устройства с применением хардвар модулей, соответствующих потребностям, а также соответствующих софтвер-элементов.

В статье излагаются принципиальное построение, μMS-80, система связи, а также основные и дополнительные модули. Показаны выбор существующих софтвер-модулей, их соединения и система адресов.

На основе конкретного примера показаны использование системы и разработка софтвера. За основу разработки софтвера служит программа перевода TICROS, работающая в ЦВМ института — типа TPAi.

GENERELL EINSETZBARES MIKROPROZESSOR-MODULSYSTEM μMS 80

P. Buzás – F. Sarkadi

Zusammenfassung

Das System μMS 80 ist eine modular aufbaufähige Mikroprozessor-Einrichtung, durch deren Hilfe verdrahtete Hardware-Einheiten von mittlerer Kompliziertheit abgelöst werden können. Die vereinheitlichten Hardware-Module können im voraus gefertigt werden, die Anwender können aus den Hardware- und den zugehörigen Software-Einheiten diejenige Einrichtung zusammenstellen, die ihren Anforderungen entspricht.

In dem Artikel werden der prinzipielle Aufbau, das Bus-System von μ MS 80 behandelt, es werden außerdem die Basis- und Ergänzungsmodule erörtert. Es wird auf das Sortiment, auf die Verbindung und auf das Abrufsystem der bestehenden Software-Module eingegangen.

Am Beispiel eines konkreten Problems wird die Benutzung des Systems, sowie die Entwicklung des Softwares gezeigt. Als Hintergrund der Software-Entwicklung gilt das TICROS Übersetzerprogramm, das auf dem TPAi-Rechner des Instituts läuft.

TYPE μ MS 80 MICROPROCESSOR MODULE SYSTEM OF UNIVERSAL APPLICATIONS

By P. Buzás – F. Sarkadi

Summary

The μ MS 80 system is a microprocessor equipment of modular design that can replace wired hardware units of medium complexity. The standard hardware modules of the system can be fabricated in advance; the users can assemble the desired equipment of the appropriate hardware units and the software units pertaining to them.

The paper discusses the principal design features and bus system of μ MS 80, and describes the basic and the supplementary modules. The assortment of the existing software modules, their interconnections and calling system are described.

In the example of a specific task, the use of the system and the development of the software are presented. The background of software development is the TICROS translator program being run in the TPAi computer of the Institute.

A mikroprocesszoros technika térhódításával lehetővé vált olyan erősáramú berendezések kialakítása, amelyek már használni tudják a fejlett, nagy integráltságú elemeket. Az egyes vezérlő, szabályozó és adatgyűjtési funkciót ellátó részegységek sokkal hatékonyabban felépíthetők digitális, mikroprocesszoros formában, és ezáltal kisebb méret és súly érhető el, ill. a nagy integráltságú elemek beépítése folytán megnő a berendezés megbízhatósága. A piac jelenleg már hatalmas választékot kínál processzortípusban, amelyek szóhosszban (8, 16, 32 bit), sebességben (2 MHz, 4 MHz, 8 MHz) és komplexitásban (egy- és több-chipes variációk) különböznek. A felhasználható processzortípus kiválasztása nagy figyelmet követel, mert a modulrendszernek több éven keresztül korszerűnek kell lennie, ezen túlmenően a software-háttér kiépítése után egy más processzortípusra való áttérés nagy szellemi és anyagi ráfordítást igényelne.

E szempontok szem előtt tartásával készült el a μ MS 80 nevű (Micro Modul System) mikroprocesszoros modul rendszer, amelynek alapja három olyan processzor, amelyet a világon széles körben használnak és amelyek korszerűek ahhoz, hogy velük felépített berendezés ne avuljon el.

A moduláris felépítés ebben a technikában jól bevált rendszer. Egy nyomtatott sínrendszerhez olyan felépítésű egységek (modulok) csatlakoznak, amelyek az egymással való kommunikációt kizárólag a sín igénybevételével végzik. A külvilággal, perifériákkal való kapcsolatot a modulok egy másik (általában az előlapon elhelyezkedő) csatlakozósávon bonyolítják le. Az ilyen módon felépített rendszer egyes moduljai a felhasználás milyenségétől függetlenül előre megtervezhetők, gyárthatók és tárolhatók. Egy konkrét feladat megoldása során a berendezés a modulokból összeállítható és programmal való kiegészítés után a feladat megoldható. A berendezések esetenkénti hardware- és software-applikációja a rendszer egységes voltából eredően minimális.

1. Moduláris hardware-rendszer

A modulok egységesen, egyszeres EURÓPA kártyán, DIN 41612 szabványú 64 pólusú csatlakozóval készülnek. A fogadó rackfiók hátlaphuzalozott, a tápellátás sínrendszerű. A nyomtatott hátlapon megvalósított sínrendszer olyan kialakítás, hogy bármilyen 8-bites központi processzort fogadni tud. A μ MS 80 modulrendszere a ZILOG Z-80, az INTEL 8085 és az INTEL 8080 processzorok köré épül fel. A kialakítás olyan, hogy alá-fölé rendelt processzoros rendszer is felépíthető, ill. megfelelő modul-kialakítással több processzoros rendszer is létrehozható. Kiszolgáló processzorként aritmetikai processzort (Am 9511) és periféria-processzort használ a rendszer (INTEL 8748, ill. 8751) a központi processzor tehermentesítésére, ill. a működés meggyorsítására.

A rendszer maximális felépítését csak az alkalmazott központi processzoregység korlátozza. A modulok megfelelő többszörözésével a központi egység által megengedett maximális rendszer is létrehozható.

1.1 Egységes sínrendszer

A 64 sínvonal funkció szempontjából hét csoportba osztható. Az összesített, három processzorra vonatkozó rendszert a 9-1. táblázat foglalja össze.

1.1.1 Címvezetékek

A \emptyset -AF; a 16-bites címvezetéken a címinformációt ponált adat hordozza. Jellege: háromállapotú kimenő vonalak.

1.1.2 Adatvezetékek

D \emptyset -D7; a nyolcbites adatvezetéken kétirányú ponált adatátvitel történik. Jellege: háromállapotú be- kimenő vonalak.

1.1.3 DMA vezetékek

DRQ \emptyset -DRQ3; DMA (közvetlen memória-hozzáférés) kérelem. A vonalon levő „H” jelzi a DMA vezérlőnek, hogy a kérőegység adatátvitelre képes. Jellege: TTL bemenet.

DAC \emptyset -DAC3; DMA elfogadva. A vonalon levő „L” a DMA vezérlő válasza a kérőegységnek. Jellege: TTL kimenet.

1.1.4 IT vezetékek

Az IT (megszakítás-) vezetékek kiosztásánál a három processzor másként értelmezi a 11 sít.

IRQ \emptyset -IRQ7; RST 5.5-RST 6.5-RST 7.5; Megszakításkérelem. A vezetéken levő „L” jelzi a CPU-nak, hogy a vezetékre csatlakozó valamelyik perifériális egység kiszolgálást kér. Jellege: OC bemenet.

INT; INTR; CPU megszakítás. A vezetéken levő „L” jelzi a CPU-nak, hogy valamilyen szintű megszakításkérelem érkezett a perifériák felől. Jellege: TTL bemenet.

INTA; IORQ-M1; Megszakítás elfogadva. A vezetékre adott „L”-vel a CPU jelzi, hogy a megszakítást elfogadta. A jel megjelenésekor az adatvonalakon a megszakítás címe található. Jellege: TTL kimenet.

9-1. táblázat

 μ MS 80 sínrendszer

	Z80	8085	8080
Címvezetékek	A \emptyset -AF	A \emptyset -AF	A \emptyset -AF
Adatvezetékek	D \emptyset -D7	D \emptyset -D7	D \emptyset -D7
DMA vezetékek	DRQ \emptyset -DRQ3 $\overline{\text{DAC}}\emptyset$ - $\overline{\text{DAC}}3$	DRQ \emptyset -DRQ3 $\overline{\text{DAC}}\emptyset$ - $\overline{\text{DAC}}3$	DRQ \emptyset -DRQ3 $\overline{\text{DAC}}\emptyset$ - $\overline{\text{DAC}}3$
IT vezetékek	IEO IEI DEI DEO ILA $\overline{\text{RFSH}}$ M1 $\overline{\text{INT}}$ $\overline{\text{NMI}}$ $\overline{\text{IORQ}} \cdot \text{M1}$	 $\overline{\text{RST}} 5.5$ $\overline{\text{RST}} 6.5$ $\overline{\text{RST}} 7.5$ $\overline{\text{INTR}}$ $\overline{\text{TRAP}}$ $\overline{\text{INTA}}$	$\overline{\text{IRQ}}\emptyset$ $\overline{\text{IRQ}}1$ $\overline{\text{IRQ}}2$ $\overline{\text{IRQ}}3$ $\overline{\text{IRQ}}4$ $\overline{\text{IRQ}}5$ $\overline{\text{IRQ}}6$ $\overline{\text{IRQ}}7$ $\overline{\text{INT}}$ $\overline{\text{INTE}}$ $\overline{\text{INTA}}$
Vezérlővezetékek	$\overline{\text{WR}}$ $\overline{\text{RD}}$ $\overline{\text{MREQ}}$ $\overline{\text{IORQ}}$	$\overline{\text{WR}}$ $\overline{\text{RD}}$ $\overline{\text{IO/M}}$ $\overline{\text{IO/M}}$ ALE	$\overline{\text{IOWR}}$ $\overline{\text{IORC}}$ $\overline{\text{MWTC}}$ $\overline{\text{MRDC}}$
Egyéb vezetékek	$\overline{\text{BUSEN}}$ \emptyset $\overline{\text{BRQ}}$ $\overline{\text{BUSY}}$ $\overline{\text{INIT}}$ $\overline{\text{XACK}}$ $\overline{\text{XACK}}$	$\overline{\text{BUSEN}}$ \emptyset $\overline{\text{BRQ}}$ $\overline{\text{BUSY}}$ $\overline{\text{INIT}}$ $\overline{\text{XACK}}$ $\overline{\text{XACK}}$	$\overline{\text{BUSEN}}$ $\emptyset 2T$ $\overline{\text{BRQ}}$ $\overline{\text{BUSY}}$ $\overline{\text{INIT}}$ $\overline{\text{XACK}}$ $\overline{\text{XACK}}$
Tápfeszültségek	$\emptyset V$ + 5 + 12 V - 12 V + 30 V	$\emptyset V$ + 5 + 12 V - 12 V + 30 V	$\emptyset V$ + 5 + 12 V - 12 V + 30 V

$\overline{\text{NMI}}$; $\overline{\text{TRAP}}$; Nem maszkolható CPU megszakítás. A vezetéken megjelenő „H”- „L” átmenet jelzi a CPU-nak az azonnali, legmagasabb szintű megszakítási kérelmet. Jellege: OC bemenet.

$\overline{\text{INTE}}$; Megszakítás engedélyezve. A vezetékre adott „L”-lel a CPU jelzi, hogy további megszakítási kérelmet nem fogad el. Jellege: TTL kimenet.

IEI; Felfűzött megszakításbemenet. A vonalon levő „L” jelzi, hogy az előző periféria nem kér megszakításkiszolgálást. Jellege: TTL bemenet.

IEO; Felfűzött megszakításkimenet. A vonalon levő „L” jelzi a következő perifériának, hogy nem kér kiszolgálást. Jellege: TTL kimenet.

ILA; Felfűzött megszakításbővítés. A vonalon levő „H” jelzi a következő perifériacsoporthoz, hogy az előző perifériacsoporthoz egyik perifériája sem kér kiszolgálást. Jellege: TTL kimenet.

A megmaradt négy sín a Z-80-as processzor speciális vonalai:

$\overline{\text{RFSH}}$; Memóriafrissítés. A vonalon megjelenő „L” jelzi, hogy a címsín alsó hét bitjén a dinamikus memóriák frissítőcíme található. Jellege: háromállapotú kimenet.

$\overline{\text{MI}}$; Első gépi ciklus. A vonalon levő „L” jelzi, hogy a folyamatban levő gépi ciklus utasításlehívás. Jellege: TTL kimenet.

DEI; Felfűzött DMA bemenet. A vonalon levő „H” jelzi, hogy az előző DMA vezérlőn nincs hozzáféréskérelem. Jellege: TTL bemenet.

DEO; Felfűzött DMA kimenet. A vonalon levő „H” jelzi a következő DMA vezérlőnek, hogy nála nincs sínigénylés. Jellege: TTL kimenet.

1.1.5 Vezérlővezetékek

A vonalcsoporthoz a memória-, ill. perifériairás és -olvasás műveletek kijelölését végzi lényegében azonos elven.

$\overline{\text{WR}}$; Írás művelet. A vezetéken levő „L” jelzi, hogy az adatsín érvényes adatot tartalmaz az IO egység vagy memória számára. Jellege: háromállapotú kimenet.

$\overline{\text{RD}}$; Olvasás művelet. A megjelenő „L” jelzi az IO egységnek vagy memóriának, hogy a címe a vonalon van és az adatot kiteheti az adatsínre. Jellege: háromállapotú kimenet.

$\overline{\text{MREQ}}$; $\overline{\text{IO/M}}$; Memóriakérés. A vezetéken levő „L” jelzi a memóriának, hogy a címvezetéken érvényes memóriacím van. Jellege: háromállapotú kimenet.

$\overline{\text{IORQ}}$; $\overline{\text{IO/M}}$; Perifériaművelet-kérés. A vezetéken levő „L” jelzi a perifériának, hogy a címvezetéseken érvényes perifériacím van. Jellege: háromállapotú kimenet. A 8080 négy vezérlővonalra a következő logikai függvények szerint képezhető:

$$\begin{aligned}\overline{\text{IOWR}} &= \overline{\text{WR}} + \overline{\text{IORQ}} & \overline{\text{IORC}} &= \overline{\text{RD}} + \overline{\text{IORQ}} \\ \overline{\text{MWTC}} &= \overline{\text{WR}} + \overline{\text{MREQ}} & \overline{\text{MRDC}} &= \overline{\text{RD}} + \overline{\text{MREQ}}\end{aligned}$$

ALE; A 8085 speciális vezérlőjele, amely a cím és adat multiplex módon való kezelésére szolgál a 85-ös perifériatokok felé.

1.1.6 Egyéb vezetékek

$\overline{\text{BUSEN}}$; Perifériaengedélyezés. A sínen levő „H” tiltja a perifériákon a címtartomány felismerését. A perifériakiválasztás ilyen esetben a $\overline{\text{DAC}}$ vezetékekkel történik. Jellege: OC kimenet.

Φ ; $\Phi 2T$; Egyfázisú TTL szintű órajel. Jellege: TTL kimenet.

$\overline{\text{BRQ}}$; Sínkérelem. A perifériális egységek a vezetékre adott „L”-lel jelzik, hogy a sínvezérlést át kívánják venni. Jellege: OC bemenet.

$\overline{\text{BUSY}}$; Sín szabad. A vezetéken levő „L” jelzi, hogy a CPU szabadabbá tette a sít más felhasználó részére. Jellege: OC kimenet.

INIT; Alaphelyzet-beállítás. A vezetékre adott „L” jelzi a rendszernek, hogy a szükséges törléseket végezze el. Jellege: OC be/kimenet.

XACK; **XACK**; Adatátvitelre való várakozás. A sínre csatlakozó egységek a vezetékre adott „L”, ill. „H”-val jelzik, hogy adatátvitelre nem képesek. Jellege: OC be/kimenet.

1.1.7 Tápfeszültségek

A rendszer négy tápfeszültséget igényel. A +30 V-os kiegészítő feszültség a programozómoduloknak szükséges. A tápáramot nagy terhelhetőségű sínek osztják szét a modulok között.

1.2 Modulrendszerek

A modulrendszer elemei nyolc csoportba oszthatók:

- központi processzormodulok;
- kiszolgáló processzormodulok;
- tárolómodulok;
- perifériamodulok;
- programozómodulok;
- vizsgálóegységek;
- tápegységmodulok;
- hátlaphuzalozott fogadó rack modul.

Mind egyik modul akármelyik processzortípussal együtt tud dolgozni, de két processzormodul csak vezérlőegység közbeiktatásával tud működni a rendszerben.

A jelenlegi modulválasztékot a 9-1. ábra mutatja be, és a választék újabb és újabb igények felmerülésével folyamatosan bővül.

A memória- és perifériacímzési rendszer a címezhető teljes tartományt átfogja. A kieső, nem felhasznált címterületek véletlen meghívása tiltott. Mivel hibás címzés esetén nincs memória vagy periféria, amely a XACK vonalat működtesse (l. az 1.1 pontot), a rendszer várakozó állapotba kerül, és így elkerülhető hibás programvégrehajtás, ami erősáramú berendezések vezérlésénél katasztrofális következményekkel járhat.

A modulok saját címtartományát magán a modulon mechanikus úton kell beprogramozni. Egy modul a címezhető tartományon belül bárhova címezhető, így a rendszer bármilyen címtartományon működtethető.

A processzormodulok a központi elemek kívül a címezéshez és adatforgalomhoz szükséges erősítőegységeket, órajel-generátort és sínvezérlő logikát tartalmazzák. A CPU-85 különleges egység, mert önálló egykártyás (on-board) modulként is alkalmazható. 256 byte RAM-ot, 2 Kbyte EPROM-ot, egy soros vonalat, 22 párhuzamos IO vonalat és időzítőt tartalmaz, így kisebb vezérlésekre önállóan is használható.

Hasonlóan különleges egység a PPM 8748-cal működő perifériaprocesszor, amely a soros vonalon kívül ugyanolyan elemekkel rendelkezik, mint a CPU-85.

Az APM modul kiszolgálóprocesszorként aritmetikai számításokat végezhet a software aritmetikánál 100...200-szor nagyobb sebességgel. A széles műveletválaszték legfontosabbjai:

- 32 bites, lebegőpontos négy alpművelet,
- 32 bites, lebegőpontos nemlineáris műveletek: trigonometrikus függvények és inverzeik, 10 és e alapú logaritmus függvények, négyzetgyökvonás, e alapú hatványozás, y^x művelet stb.

Processzormodulok

CPU-Z (Z80)

CPU-85 (8085)

CPU (8080)

Kiszolgáló processzormodulok

APM (aritmetikai pr)	PPM (8748 periféria pr)	INDA (megszakítás DMA)
----------------------	-------------------------	------------------------

Tároló modulok

P/EPROM (EPROM/RAM)	R/EPROM (RAM)	P/R/EPROM (EPROM/RAM)
---------------------	---------------	-----------------------

Perifériamodulok

PIO 48 párhuzamos IO	PIO-Z 32 párhuzamos IO
SIO 2 soros IO, 3 időzítő	SIO-Z 4 soros IO; 4 időzítő
TAS billentyűzet kijelző ber.	FCM MOM floppy disk vezérlő
RPT 256 B RAM, időzítő 22 párhuzamos IO	PRPT 256 B RAM 2KB EPROM 38 párhuzamos IO, időzítő

Programozómodulok

PROG TM 188	PROG 2708	PROG 2716	PROG 8748
PROG 8755			

Ellenőrzőegységek

TEST (8080, Z80, 8085)	DKI TV és billentyűzet ill.	TEST 48 (8748)
------------------------	-----------------------------	----------------

Tápegységmodulok

TE 51 5V-5A; +12V-1A	TE 103 +5V-10A; +12V-3A
----------------------	-------------------------

9-1. ábra. μ MS 80 modulok

A rendszer az egység kezelését perifériaként, processzorként megszakítás-vezérléssel, vagy processzorként DMA vezérléssel végezheti. A kiszolgáló program-csomag a modul EPROM tárolójában van elhelyezve.

A tároló és perifériamodulok széles választékot kínálnak. Memóriaméretben 1-től 32 Kbyte-ig bármilyen konfiguráció előállítható. Az EPROM és RAM tokok egymással való helyettesítésével tetszőleges RAM/ROM arány alakítható ki.

A perifériamodulok nagy száma a perifériaillesztést könnyíti meg. Az előlapon elhelyezett szalagkábeles csatlakozókon keresztül, vagy közvetlenül a perifériális

egységhez, vagy egy illesztőmodulhoz csatlakozva végezhető el az illesztés. Az illesztőmodulok mindig a perifériák igényeit figyelembe vevő illesztőáramköröket tartalmaznak és készülékenként egyedileg készülnek. Ugyanolyan felépítésűek, mint az alapmodulok és a sínre dugaszolhatók. A perifériákhoz szintén az előalapról vezet csatlakozás. Ezzel a kialakítással a mindig változó illesztőáramkörök is beilleszthetők az alapmodulok közé.

A programozómodulok használatával lehet az ellenőrzött programokat végleges helyükre, az EPROM-okba beégetni. A modulok a használt EPROM-ok típusainak megfelelően készültek. Mindig egy PIO modulhoz csatlakoznak, működtető programcsomagjuk a rendszer alap MONITOR-ából hívható. Bemenetként lyukszalagot használnak. A lyukszalag felépítése megegyezik a TPAi által szolgáltatott TICROS formátummal.

Az ellenőrzőegységek a rendszersínre, ill. a CPU modulra csatlakoznak és segítségükkel a rendszer üzemi állapotai, ill. a működtető software lépései ellenőrizhetők. Egy kiépített berendezés általában nem tartalmaz ilyen modult, mert csak mérés és hibajavítás közben van szerepük. Segítségükkel a hardware- és software-hibák viszonylag egyszerűen földeríthetők.

A tápegységek a fogadó rack modulba dugaszolhatók, de azokat külön egységként is lehet használni. Kiválasztásuk a megvalósítandó rendszer méretétől függ. A rendszerzaj minimálisra csökkentése érdekében az egységek áteresztőtranszistoros megoldásúak és külön hálózati zavarshűrőt tartalmaznak.

2. Moduláris software rendszer

Az előzőkben ismertetett hardware modulokból összeállított μ MS-80 nevű rendszer működtetését, a kívánt funkciók elvégzését fix, tárolt programok végzik. A programok, mint az a 9-2. ábrán követhető, három fő modulból állnak:

- Monitor programblokk,
- Editor programblokk,
- Basic programblokk.

Ezek a programok egymástól függetlenül, külön-külön is működőképesek kis kiegészítéssel. A rendszer használhatóságának fokozására további programcsomagok készültek, amelyek azonban már a MONITOR-hoz kötődnek:

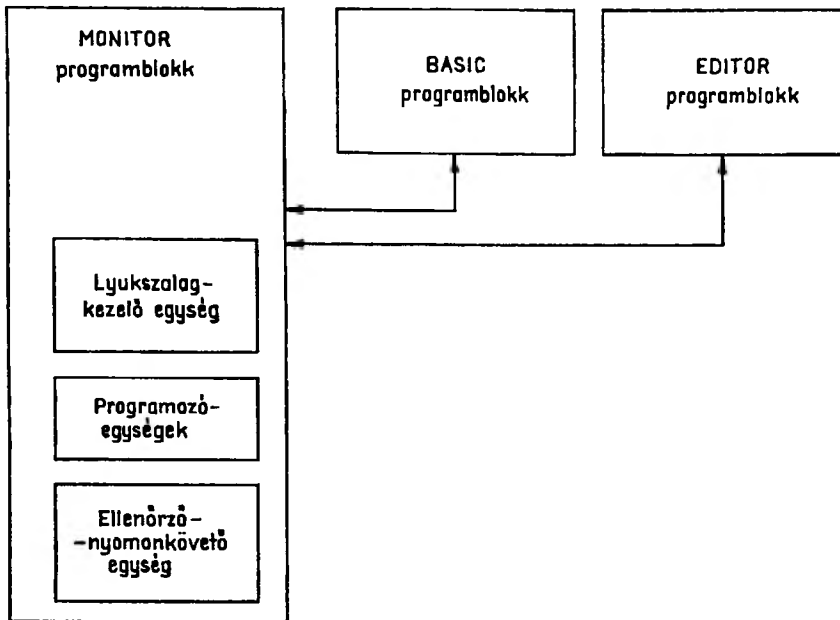
- lyukszalagkezelő egység,
- programozóegységek,
- ellenőrző nyomkövető egység.

2.1 Monitor programblokk

Ez a 2 Kbyte-os program képezi jelenleg a rendszer alapját. Biztosítja a mikroszámítógép alaphelyzetbe állítását, összefogja az egész rendszer működését, és megteremti a kapcsolatot a kezelővel. A kezelő a billentyűzet egyes betűinek leütésével parancsokat adhat, ill. a nem kívánt hibás parancsot a „Clear” billentyű leütésével törölheti.

A MONITOR program által értelmezett parancsok:

DUMP: memóriaterület (1/4 Kbyte) lehívása a kezelő által meghatározott címtől kezdődően. RAM lehívása esetén lehetőség van a tárterület átirására.



9-2. ábra. μ MS 80 software felépítés

REGISTER: belső regiszterek tartalmának lehívása, ill. módosítása.

MOVE: címtől címig terjedő tárterület átmásolása egy új kezdőcímrre.

GO: felhasználói programra ugrás regiszterbeállításal, visszatérés a MONITOR-ba az RST1 utasítással, regisztermentéssel.

A MONITOR további parancsai a továbbiakban ismertetendő programmodulokba való belépést biztosítják.

2.1.1 Lyukszalag be/kimeneti egység

Ez a 1,5 Kbyte-os program a lyukszalagon levő információk beolvasását, ill. a tárban levő információk lyukszalagon történő rögzítését végzi.

TAPE IN program a memóriába beolvassa a lyukszalagon levő információt.

TAPE OUT program a memóriának a kezelő által meghatározott területét lyukasztja szalagra.

Az alkalmazható szalagformátum háromféle lehet: *A*, *B* és *C*.

A *B* formátum megegyezik a TPAi számítógépen futó crossassembler által előállított kimenő lyukszalag formátumával, amely blokkosított adatokat ad, minden blokk végén ellenőrzőbyte-tal. Ez az ellenőrzőbyte lehetővé teszi beolvasáskor az esetleges hibák felismerését. Az *A* és *C* formátum forrásnyelvi programok beolvasását teszi lehetővé blokkosítva, ellenőrzéssel, ill. anélkül.

2.1.2 Programozóegységek

A kifejlesztett és jól működő végleges programok EPROM-okba és bipoláris ROM-okba történő beprogramozását biztosítják. A programok által használt bemenő egység, amelyen keresztül a programozható információ a rendszerbe jut, billentyűzet, lyukszalag vagy egy másik EPROM lehet.

Miután a kezelő lehívta a programozóegységeket, a programnak meg kell adni a programozandó tok típusát és a bemeneti egységet. A programozás elindítása után a program ellenőrzi, hogy a programozandó tok üres-e. Ha igen, akkor a bemeneti egységen keresztül beolvasott, RAM-ban tárolt információt beprogramozza. A programozás végén ellenőrzi a beprogramozott tok tartalmát és új parancsot vár.

2.1.3 Ellenőrző—nyomkövető egység

Ez az egység a hardware TEST modul software úton történő kiegészítése. A program a hardware TEST modul által generált RST2 szintű megszakítással hívható, és a vizsgált program által beállított regiszterek és jelzőbitek értékeit RAM-ba menti, majd megjeleníti a képernyőn.

A TEST program lehívása után a jelzőbitek és a regisztertartalmak visszaállítódnak, így a vizsgált program futását nem befolyásolja.

2.2 EDITOR programblokk

Ez a 4 Kbyte-os program lehetőséget biztosít forrásnyelvű programok mikrogépen történő írására, a programban levő hibák javítására. Az utasításkészlet lehetővé teszi, hogy az EDITOR program pl.:

- sortól sorig kilistázza a programot;
- az aktuális sortól kezdve átmásolja a sortól sorig megadott programrészt, a másolás után törölve, ill. törlés nélkül;
- két sor közti területet töröljön;
- két sor között egy meghatározott karakterlánc keresését, ill. egy karakterlánc kicserélését egy másik karakterlánccal;
- adott sorban szövegszerkesztést végezzen.

2.3 Basic programblokk

Ez a 10 Kbyte-os program lehetővé teszi, hogy egy μ MS 80 mikrogépen magas-szintű nyelven is lehessen programot futtatni. Ez a programnyelv szabadon programozhatóvá teszi a rendszert, azaz a felhasználó saját maga írhatja, vagy módosíthatja programjait ezen a viszonylag egyszerűen megtanulható nyelven. Az általánosan is ismert Basic utasításokon kívül rendelkezésre állnak perifériakezelő utasítások, mint pl. állapotfigyelés, adatbeolvasás adott címről, ill. meghatározott adat kiírása adott címre, továbbá

- bytemozgató utasítások, amelyek segítségével egy adott byte meghatározott RAM címre tárolható, ill. beolvasható;
- lehetőség van arra, hogy a Basic programba gépi kódban meglévő programokat beépítsünk;
- a program alkalmas kazettás magnetofon kezelésére is.

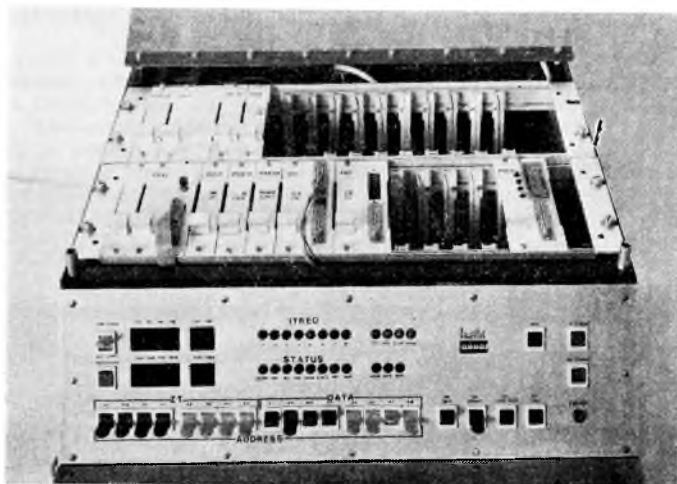
3. Hardware- és software-fejlesztés a gyakorlatban

A megoldandó feladat gondos tanulmányozása mellett, figyelembe véve a későbbi esetleges fejlesztési igényeket is, kiválogatjuk a megfelelő modulokat és a megfelelő tápegységet, ill. meghatározzuk az esetleges illesztőáramkörök bonyolultságát és

felépítését. Az illesztőáramkörök elkészítése után az alap rack fiókba bedugaszolva a modulokat, a hardware működésre kész.

A rendszer működéséhez szükséges programok egy részét a MONITOR program könyvtárból készen vehetjük, a többi programblokkot assembler nyelven megírjuk, majd ún. forrásszalagot készítünk belőle.

A forrásszalagot a TPAi TICROS crossassemblerével lefordítjuk, kijavítjuk, majd végleges tárgyszalagot készítünk egy olyan memóriaterületre, ahol a rendszerben RAM terület van (TEST RAM).



9-3. ábra. μ MS 80 modulokból kiépített ellenőrző – fejlesztő rendszer

A kialakított hardware-rendszert, a fejlesztő mikrogépet és az ellenőrzőegységet összekapcsolva (egy processzormodul használata mellett) beolvassuk a működtető RAM területre a lefordított tárgyszalagot, és a berendezés hardware- és software-ellenőrzése elkezdődhet.

Lépésenként ellenőrizzük (és ha kell javítjuk) az illesztőáramkör működését. A program minden előforduló változatát végigfuttatva a javításokat elvégezzük, majd módosítjuk az eredeti forrásszalagot is.

A TICROS crossassembler-rel a programot ismételten lefordítva megkapjuk a végleges gépi kódú programmodult. A végleges programot a fejlesztő mikrogép programozó moduljának segítségével EPROM-ba rögzítve a készülék végleges ellenőrzése is megtörténhet. Természetesen a fejlesztés egyes fázisai többször ismétlődhetnek, de pl. a programok módosítását és címáthelyezését nagyon megkönnyíti a TICROS program használata. A végleges program lyukszalagon, ill. forráslistán is megjelenik, így a berendezés programdokumentálása is korszerűen megoldott.

Az ismertetett μ MS 80 rendszerrel egyszerűen és gyorsan lehet különböző típusú berendezéseket létrehozni és egy bizonyos modulválaszték felett már a programírás és -bemérés fogja kitenni a fejlesztési idő legnagyobb részét.

10.

Villamos hajtású szobai tolószék fejlesztése

KERÉNYI ISTVÁN—KÓSA JÓZSEF—PÁLFY MIKLÓS

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a villamos járművek egyik speciális területének, a testi fogyatékosok közlekedésére kifejlesztett szobai tolószék ismertetésével foglalkozik. Részletesen ismerteti a jármű haladási irányának, sebességének változtatását és fékezését biztosító irányítószervezet műszaki kialakítását, amely egyetlen szabályozókkal működtethető. Kitér továbbá a kerekek hajtását egymástól függetlenül végző hajtóművek, valamint a központi elektronikus szabályozó ismertetésére is. A cikkből megtudható, hogy az ipari megbízás alapján készült jármű hagyományos gépjármű-akkumulátorral üzemel, és műszaki adatai a külföldön előállított ilyen járművek jellemzőihez hasonlóak.

РАЗРАБОТКА КОМНАТНОЙ ТЕЛЕЖКИ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

И. Керени—Й. Коша—М. Палфи

Резюме

Статья занимается описанием комнатной тележки, разработанной для передвижения инвалидов — в специальной области электрических транспортных средств. Детально излагается техническое решение, обеспечивающее изменение направления и скорости перемещения и торможения с помощью единственной ручки управления. Статья занимается далее изложением центральной электронной управляющей системы и двигателей, обеспечивающих привод колес, независимо друг от друга. В статье выясняется, что разработанное по промышленному заказу транспортное средство является традиционным, работает с применением аккумулятора и его технические данные сходятся с характеристиками подобных заграничных транспортных средств.

ENTWICKLUNG EINES ZIMMERROLLSTUHLES MIT ELEKTRISCHEM ANTRIEB

I. Kerényi—J. Kósa—M. Pálffy

Zusammenfassung

In dem Artikel wird ein spezielles Gebiet der elektrischen Fahrzeuge behandelt, nämlich der für den Verkehr von Körperbehinderten entwickelte Zimmerrollstuhl. Es wird die technische Gestaltung des einzigen Bedienungshebels detailliert beschrieben, mit dessen Hilfe die Änderung der Fahrtrichtung, Geschwindigkeit, sowie die Bremsung des Fahrzeuges gewährleistet wird. Es werden außerdem die Antriebe, die die Räder voneinander unabhängig antreiben, sowie der zentrale elektronische Regler erörtert. Aus dem Artikel wird es ersichtlich, daß das auf Grund eines Industrieauftrages gefertigte Fahrzeug mit Hilfe eine konventionellen Starterbatterie arbeitet, und seine technischen Daten den Charakteristiken von ähnlichen, im Ausland hergestellten Fahrzeugen ähneln.

DEVELOPMENT OF INDOOR WHEELCHAIR OF ELECTRIC DRIVE

I. Kerényi-- J. Kósa – M. Pálffy

Summary

The paper gives the description of an indoor wheelchair developed for the transportation of disabled persons, a special field of electric vehicles. It gives a detailed description of the design characteristics enabling the direction of travel and speed of the wheelchair to be varied and braked by a single control stick. Furthermore, the paper describes the individual drives of the wheels and the central electronic control unit. The paper announces that this vehicle is constructed on an industrial commission; it contains a conventional automotive battery. Its technical data are similar to those of vehicles of this kind manufactured abroad.

1. A fejlesztési célkitűzés

A kis- és középteljesítményű járművek fejlesztésében a VKI-nak már több mint 10 éves tapasztalata van és számos helyen – többek között a VKI közleményekben is [1], [2], [3] – beszámoltunk a fejlesztés területén elért eredményekről és a kísérleti járműtípusokról. A kisteljesítményű járművek egy speciális területe a mozgásérültek autonóm mozgási lehetőségét biztosító tolószék. Egy különleges igényeket is kielégítő villamos hajtású változatának kifejlesztéséről kívánunk e cikk keretében beszámolni.

A fejlesztési célkitűzés az volt, hogy a Gyógyászati Segédeszközök Gyára részére olyan komplett villamos hajtást fejlesszünk ki, amely az általa sorozatban gyártott tolókocsira annak minimális átalakításával házilag felszerelhető. A műszaki célkitűzések megfogalmazásánál külön kellett választani az utcai és szobai igényeket, és ennek megfelelően a következő műszaki jellemzők megvalósítását tűztük ki célul:

- sebesség 0...5 km/h között folyamatosan változtatható mind előre-, mind hátramenetben,
- emelkedőképesség max. 10%,
- feltöltött akkumulátorral a min. üzemidő: 3 h.

További célkitűzés volt, hogy a

- kormányzás, sebességszabályozás és irányváltás egyetlen szabályozóelemmel legyen megoldható és a
- rendszer elemei segédeszköz nélkül rá-, ill. leszerelhetők legyenek, hogy az egyébként összecusukható jármű személygépkocsiban továbbra is szállítható legyen.

2. Fő egységek

A feladat megoldásánál azt az elvet követtük, hogy mind a funkció, mind pedig a szétszedhetőség szempontjából előnyös a következő önálló egységeket kialakítani:

- hajtóművek,
- elektronikus hajtásszabályozó,
- vezérlőegység,
- akkumulátoregység.

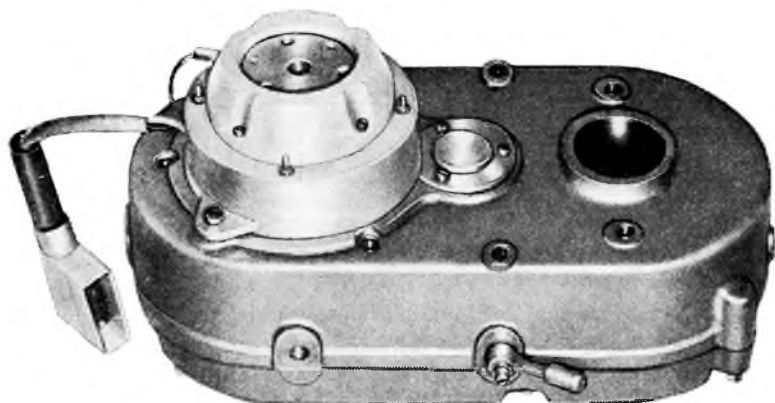
2.1 Hajtóművek

A hajtómű kialakítását a választott hajtómotor és a szükséges áttétel alapvetően meghatározta. A vázolt elképzelések megvalósításához 2 db – szocialista relációból beszerezhető – 110 W teljesítményű permanens mágneses motor bizonyult megfelelőnek.

A motorkarakterisztika kimérése után a megvalósítandó áttétel ismeretében kezdtük meg – hasonló igénybevételű berendezés, ill. fogaskerékes hajtómű hiányában – a megfelelő hajtóművek tervezését. A viszonylag nagy (43) módosítást a minimális helyigény és az elérhető legkedvezőbb hatások értékek figyelembevételével kétfokozatú homlokkerekes fogaskerék-áttétellel valósítottuk meg, közülük az első fokozat ferde fogazású acél–műanyag, a második fokozat pedig egyenes fogazású acél–acél kerék párosítással készült. Mindkét fogaskerékpár tervezése során a kiegyenlített relatív csúszásra történő helyesbítést is elvégeztük. A fogaskerekek kenésére fogaskerék-sprayt választottunk.

A hajtóműházak kialakításánál szempont volt a tolószékre való szimmetrikus felerősítés, amit a hossz tengelyre szimmetrikus kialakítással és a tengelyekre merőleges osztósík választásával oldottunk meg, így nem kellett két külön hajtóművet kialakítani. A hajtóműházak az e célra készített faminták alapján hőkezelt alumínium ötvözetből készültek, így lehetővé vált az előírt tőrészek és illesztések megvalósítása, ami nagymértékben hozzájárult a hajtómű csendes működéséhez. A házban levő tengelyek golyós csapágyazásúak. A hajtómotor módosított kefetartó részén kialakított peremmel szorosan illeszkedik a házhoz. Ezzel az átalakítással, valamint a siklócsapágyazású tengelyvég meghosszabbításával oldottuk meg egy egytárcsás, szárazlemez permanens mágneses biztonsági féknek a tengelyvégre való felerősítését. A mágneses fék biztosítja a tolószék álló helyzetben történő rögzítését a hajtásszabályozó üzemen kívüli helyzetében úgy, hogy a mágnes húzóereje a motortengelyt és az állórészt mereven összekapcsolja. Menet közben biztosítja továbbá a tolószék gyors, „blokkolásszerű” megállítását a vezérlőegység burkolatán elhelyezett kapcsoló működtetésével.

A motor másik tengelyvégére van felékelve a ferde fogazású kiskerék, amely állandó kapcsolatban van az előtét tengelyre felhúzott műanyag kerékkel. Az előtét tengelyen elcsúsztathatóan helyezkedik el az egyenes fogazású kiskerék, amely-



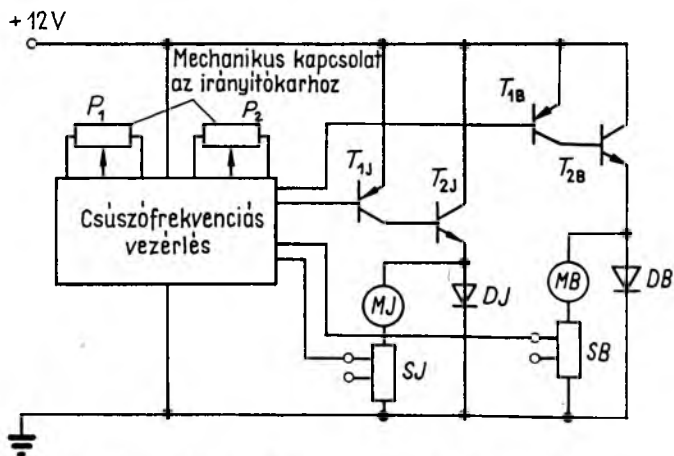
10-1. ábra. A hajtómű összeszerelt állapotban

nek elmozdításával megszüntethető a hajtómotor és a kerekek közötti mechanikus kapcsolat. Ezáltal a telep kimerülése vagy egyéb műszaki hiba esetén a tolószék kézzel mozgathatóvá válik. A kapcsolat a hajtóműházon átmenő kapcsolótengely végére felerősített kar segítségével szüntethető meg, ill. állítható vissza, amelyet szélső helyzeteiben rugó rögzít. A hajtóművek – a célkitűzéseknek megfelelően – közvetlenül a jobb, ill. a bal oldali vázra 3–3 db csavar segítségével erősíthetők fel. A kerék és a hajtómű tengelyvégei alakos illeszkedéssel csatlakoznak egymáshoz. A hajtómű egyébként a 10-1. ábrán látható.

A tolószék teljes összecukásához elegendő az egyik hajtóművet leszerelni. Enélkül az összecukott tolószék szélessége 100 mm-rel – egy hajtómű szélességével – növekszik meg.

2.2 Elektronikus hajtásszabályozó

Az elektronikus hajtásszabályozó feladata a hajtóműben levő egyenáramú motorok fordulatszám-szabályozása. Ilyen feladat ellátására legalkalmasabb az egyenáramú szaggató, és az adott teljesítményszintet tekintve ez tranzisztoros végfokozattal megvalósítható. A tranzisztoros egyenáramú szaggató vezérlését a korábbi villamos jármű fejlesztéseinknél már jól bevált ún. csúszófrekvenciás vezérléssel oldottuk meg (ez az impulzusszélesség és a frekvencia egyidejű változtatását jelenti). Ezzel a megoldással igen kis kezdeti kitöltés állítható be (kis impulzusszélesség, alacsony frekvencia), amivel igen finom indítások érhetők el, ugyanakkor fél-kitöltésnél a magasabb frekvencia következtében kisebb a motoráram-hullámosság, ezáltal a motor veszteségei csökkennek. A fentiekből következően a végfokozat tranzisztorai kapcsolóüzemben működnek a 10-2. ábra szerinti elvi kapcsolásban.



10-2. ábra. Az elektronikus hajtásszabályozó elvi kapcsolása

A T_1, T_2 tranzisztorok NPN–PNP Darlington-párt alkotnak, amelynek emitterkörében helyezkedik el a villamos motor. Ezt a kapcsolási elrendezést a motoráram visszacsatolásának potenciálviszonyai, valamint a nagyáramú tranzisztorok kereskedelmi beszerzésének lehetőségei indokolják. A D ún. szabadonfutó dióda a motoráram folyamatosságát biztosítja a tranzisztor kikapcsolt állapotában. A kitöltési

tényező a vezérlőegységben elhelyezkedő potenciométer segítségével 0...100% tartományban folyamatosan változtatható. A motor forgásiránya az armatúra kapcsainak felcserélésével változtatható meg. Ilyenkor a még forgásban levő motor generátorként a szabadonfutó diódára mint terhelésre dolgozik, miközben féknyomatékot fejt ki. Ez a dinamikus lassítófék. Ebben az esetben az elektronikus áramkorlátozó megakadályozza, hogy a telepből áram folyjék a motorba mindaddig, míg a motoráram az előre beállított áramérték alá nem csökken. Ezután rövid ideig ellenáramú féküzemben dolgozik a motor, majd folyamatosan átmegy ellenkező irányú forgásba, hajtás üzemmódba. Az áramkorlát beállítási értékét a végtranzisztor maximális kollektorárama és termikus viszonyai, valamint a motorjellemzők határozzák meg. Ennek megfelelően az áramkorlátozót 35...40 A tartományba állítjuk be. Ez az érték még megfelelően kíméli az akkumulátort és a tranzisztorokat, de még biztosítja a jármű 10%-os emelkedőn való haladását. Az előbbieken leírt hajtásszabályozóból két egymástól független egységet építettünk be (jobb és bal oldal), amely külön-külön hajtja a hajtóművekben levő motorokat.

A két hajtás vezérlésének az összekapcsolása a vezérlőegységben történik.

2.3 Vezérlőegység

A vezérlőegységet a tolószék karfájára helyeztük el úgy, hogy az irányítókar kézzel kényelmesen elérhető és mozgatható legyen. Ez az egység bármelyik oldalra felszerelhető a jobb- vagy balkezes vezetési igényeknek megfelelően. Az irányítókar a 10-3. ábrán látható fogaskerekes mechanizmuson keresztül kapcsolódik a két potenciométerhez, amelyek külön-külön a két hajtásszabályozó kitöltési tényezőit szabályozzák. A működtetőmechanizmus még két mikrokapcsolót is kapcsol, amelyek az irányváltó relék működtetését végzik.

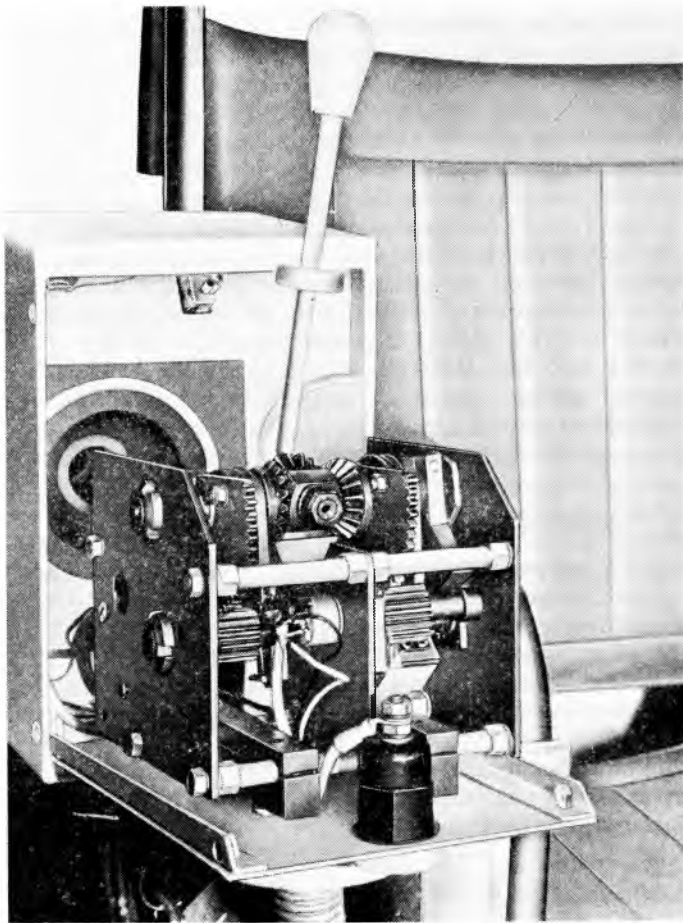
Az irányítókar egy csúcsára állított kúp palástja által határolt térrészben a függőleges alaphelyzetből tetszőleges irányba kimozdítható. Az elmozdítás mértékével a tolószék sebessége, irányával annak mozgási iránya változtatható. A négy alaphelyzet a következő:

- a kart teljesen előrenyomva: max. sebesség előre,
- a kar teljesen hátrahúzva: max. sebesség hátra,
- a kar teljesen jobbra kitérve: helyben fordulás jobbra,
- a kar teljesen balra kitérve: helyben fordulás balra.

E négy alapbeállítás mellett természetesen bármilyen közbenső irány, ill. sebesség-nagyság fokozatosan beállítható a vezető haladási igényének megfelelően. Ezzel az irányítási rendszerrel a tolószék rendkívül jó manőverezési képességű, és alkalmas arra, hogy szűk helyen is (pl. zsúfolt szobában) gond nélkül vezethető legyen.

A vezérlőegység tartalmazza a főkapcsolót, az akkumulátortöltő csatlakozóját, az akkumulátor töltöttségi állapotát jelző műszert, valamint az elektromechanikus blokkfék kapcsolóját is. A blokkfék kapcsolója egyúttal a hajtásszabályozó kimenetét is reteszeli a felesleges áramfogyasztás elkerülése érdekében. Veszélyhelyzet esetén a blokkfék képes a tolószéket mozgás közben is megállítani, de normális körülmények között fékezésre a dinamikus lassítófék használata a megfelelő.

Megjegyezzük még, hogy az egyes fő egységek villamosan egymáshoz dugós csatlakozóval kapcsolhatók, mechanikusan pedig — a hajtóműtől eltekintve — szárnyas, ill. recés anyákkal rögzíthetők. Ez a megoldás a fő egységek gyors le- és felszerelését teszi lehetővé, miáltal a tolószék összecsukhatósága és személygépkocsi-



10-3. ábra. Vezérlőegység

ban történő szállítása biztosítható. A hajtóművek csavarhúzó segítségével szerelhetők le, de mint azt említettük, az összecusukáshoz ez nem szükséges, mivel az összecusukott tolokocsi szélességét a hajtómű alig növeli meg.

2.4 Akkumulátor egység

Előzetes számításaink alapján megállapítottuk, hogy az összességében kb. 3 órás üzemeléshez egy 55 Ah-ás gépjárműindító akkumulátor elegendő energiával rendelkezik.

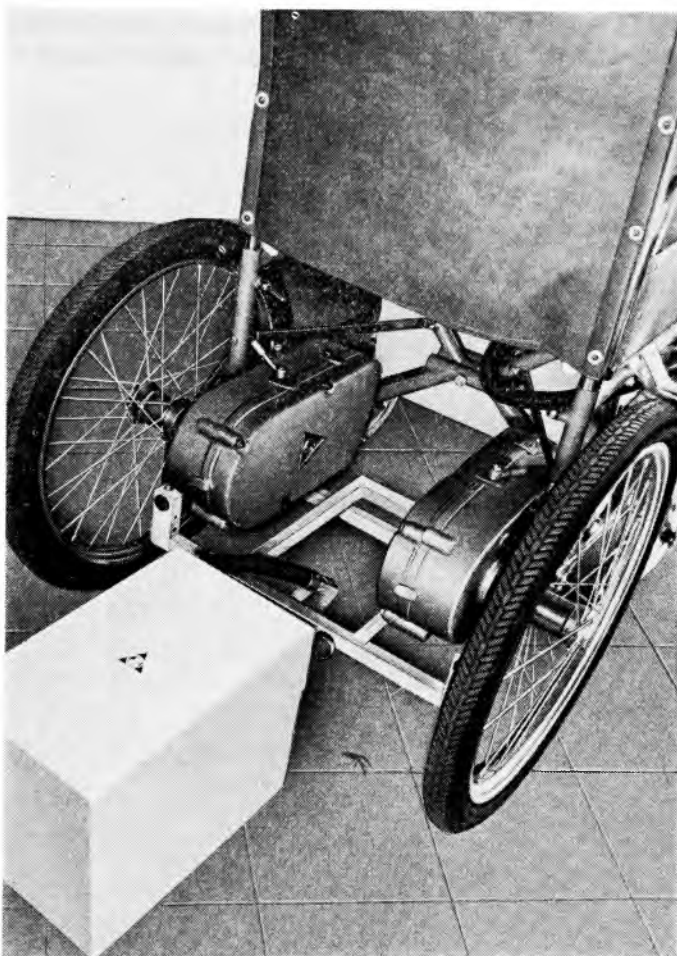
Elhelyezésére a hozzáférhetőség és a toloszék stabilitási szempontjainak figyelembevételével a két hajtómű közötti rész bizonyult a legmegfelelőbbnek. A könnyebb mozgatás és a helyiségnek a savtól való védelme érdekében a telepet leemelhető tetejű dobozban helyezük el. A felfüggesztéshez azonban olyan tartószerkezetet kellett létrehozni, amely

- megakadályozza az akkumulátor elmozdulását,

- a tolószék vázára utólag felszerelhető,
- összecukás esetén biztosítja az akkumulátor könnyű leemelését, és
- egyszerű módon, rövid idő alatt szétszedhető.

E követelmények kiegészítésére a tolószék két alsó vízszintes vázára 2–2 db függőleges konzolt erősítettünk egymással szemben, amelyeknek csapjaira 2 db – zártszelvényű anyagból készített – kereszttartó villás kialakítású végei illeszkednek. E tartók perselyeibe egyik oldalon nyitott szögvas keret felhasított szemei pattinthatók be. A keret nyitott oldalán – amely az üléssel ellentétes irányú – helyezhető be az akkumulátordoboz, majd ezután a zárólemez felcsavarozásával a telep véglegesen rögzíthető. A tartószerkezet kialakítását és az akkumulátordobozt a 10–4. ábrán mutatjuk be.

A tolószék összecukása esetén a zárólemez szorítócsavarjai kézi erővel oldhatók és a telep kiemelése után a keret és a kereszttartók szerszám nélkül szétszedhetők, ill.



10-4. ábra. Akkumulátoregység

leemelhetők. Tekintettel a sav esetleges szivárgására az akkumulátordobozt és a tartószerkezet minden elemét saválló műanyag bevonattal láttuk el. A próbák során kísérleteket végeztünk 88 Ah-ás telepekkel is, de a lényeges súlytöbblet miatt alkalmazásuk nem jelentett komolyabb előnyöket.

3. Kísérleti eredmények

Az előzőekben vázolt egységekből az első kísérleti példányt 1980-ban összeállítottuk, és tartós vizsgálatnak vetettük alá. A kísérleti üzemi tapasztalatok néhány módosítást tettek szükségessé, így pl. az első példány nem rendelkezett elektronikus áramkorlátozóval, ami helytelen vezetés esetén (pl. az irányítókar rángatásszerű elmozdításakor) a kapcsolótranszisztorok túltermeléséhez vezetett. Új igényként jelentkezett pl. az elektromechanikus blokkfék alkalmazása, valamint a mechanikus és elektronikus egységek teljes szétválasztása is.

A 10-5. ábrán az 1981-ben elkészített második kísérleti példány látható, amelynél igyekeztünk valamennyi új igényt kielégíteni és az első kísérleti példány üzemi tapasztalatait



10-5. ábra. Villamos hajtású szobai tolószék

talatait figyelembe véve néhány kisebb módosítást végrehajtani. Az újabb tolószék kísérleti üzeme megindult és további 4 példány elkészítése van folyamatban.

Végezetül szükségesnek tartjuk megemlíteni, hogy az ismertetett jármű különleges igények kielégítésére szolgál. A külföldi mintapéldányok és árajánlatok alapján megállapítható, hogy ebből adódóan ára is megközelíti egy kisebb személygépkocsi árát [4]. Különböző statisztikák azonban azt mutatják, hogy a járművekre sajnos egyre nagyobb a társadalmi igény.

Irodalom

- [1] *Balogh István–Benedek Miklós–Pataki Eörs*: Kis- és középteljesítményű villamos járművek fejlesztési kérdései. VKI Közlemények 5. 1974.
- [2] *Pálfi Miklós–Kerényi István*: Önálló energiaforrással rendelkező kis- és középteljesítményű villamos közúti járművek. VKI Közlemények 6. 1977.
- [3] *Pálfi Miklós–Kerényi István*: Középteljesítményű közúti villamos járművek hatótávolságnövelésének racionális lehetősége. VKI Közlemények 7. 1979.
- [4] MEYRA Katalógus 1981.

VILLAMOS ENERGIA KÖZVETLEN ÁTALAKÍTÁSA

11.

A potenciáeloszlás vizsgálata kémiai áramforrások elektródjaiban

HORVÁTH PÁL – DR. KULCSÁR SÁNDOR

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők ismertetik az elektrokémiai áramforrások pórusos elektródjaiban a potenciáeloszlás és áramsűrűség-eloszlás leírására használható modelleket. Az ún. kontinuummodell differenciálegyenleteit célszerűen választott határfeltételek esetére oldják meg. A megoldásokban fellépő anyagi paramétereket konkrét áramforrás-típusok közül a savas ólomakkumulátorok néhány elektródjára, valamint a VKI-ban fejlesztés alatt levő műanyag kötésű lúgos elektrolitban üzemelő nikkell és kadmium elektródokra kísérleti módszerekkel meghatározzák.

Az anyagi paramétereket felhasználva különböző kisütőáramokra bemutatják az áramsűrűség- és a potenciáeloszlását. Következtetéseket vonnak le alapvető konstrukciós és tervezési irányelvekre. Az elméleti eredményeket összevetik kísérleti elektródokon meghatározott gyakorlati adatokkal.

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА В ЭЛЕКТРОДАХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

П. Хорват — Д-р. Ш. Кулчар

Резюме

Авторами излагаются модели, применимые для описания распределений потенциала и плотности тока в пористых электродах электрохимических источников тока. Решаются дифференциальные уравнения т. н. континуум-модели для случая целесообразно выбранных пограничных условий. Экспериментальными методами определяются вещественные параметры, возникающие в решениях, причем из конкретных типов источников тока — для некоторых электродов кислотно-свинцовых аккумуляторов и для никелевых и кадмиевых электродов с пластмассовыми связующими, работающих в щелочном электролите — находящихся в VKI в стадии разработки.

Излагаются распределения потенциала и плотности тока при различных значениях тока разряда, с использованием вещественных параметров. Выводятся различные следствия на основные тезисы конструирования и проектирования. Теоретические результаты сопоставляются с практическими данными, определенными на опытных электродах.

UNTERSUCHUNG DER POTENTIALVERTEILUNG IN DEN ELEKTRODEN DER STROMQUELLEN

P. Horváth — Dr. S. Kulcsár

Zusammenfassung

In dem Artikel werden diejenigen Modelle beschrieben, die zur Beschreibung der Potentialverteilung und der Stromdichteverteilung in den porösen Elektroden der elektrochemischen Stromquellen geeignet sind. Es werden die Differentialgleichungen des sog. Kontinuummodells für geeignet gewählte Randbedingungen gelöst. Die in

den Lösungen vorkommenden Materialparameter werden für einige Elektroden der Säure-Bleiakkumulatoren, sowie für die Nickel- und Cadmium-Elektroden, die in dem, in VKI unter Entwicklung stehenden Laugen-Elektrolyt mit Kunststoffbindung betrieben werden, auf dem Versuchswege als Repräsentante für konkrete Stromquellen-typer ermittelt.

Unter Anwendung der Materialparameter wird die Verteilung der Stromdichte und des Potentials für verschiedene Entladeströme gezeigt. Es werden für die grundlegenden Konstruktions- und Planungsrichtlinien Schlüsse gezogen. Die theoretischen Ergebnisse werden mit den praktischen Daten verglichen, die an den Versuchselektroden bestimmt worden sind.

INVESTIGATION OF POTENTIAL DISTRIBUTION IN THE ELECTRODES OF POWER SOURCES

By P. Horváth – Dr. S. Kulcsár

Summary

The authors describe the models applicable in the description of potential and current density distribution in the porous electrodes of electrochemical power sources. They solve the differential equations of the "continuum model" for suitably selected limit conditions. Of the specific types of power source, the material parameters encountered in the solutions are determined for a few electrodes of lead-acid accumulators and for plastic bonded nickel and cadmium electrodes in the alkaline electrolyte, being developed at VKI; the authors apply experimental methods. Making use of the material parameters, the authors demonstrate the distribution of current density and potential for various discharging currents. They draw conclusions on basic constructional and designing guide principles and compare the theoretical findings with practical data obtained on the experimental electrodes.

1. Bevezetés

A kémiai áramforrások legtöbb típusának az elektródja pórusos, mivel csak így módon lehet az elektród–elektrolit határfelületen végbemenő elektrokémiai reakciókkal a szükséges áramsűrűséget biztosítani. A nagy fajlagos felület folytán a folyamatot irányító fizikai erő – a túlfeszültség – relatíve kicsi. Ebből fakad, hogy az áramsűrűség eloszlása a pórusos elektródokban általában inhomogén. A pórusos struktúrába ágyazott aktív anyagok fajlagos kapacitását általában a következő tényezők határozzák meg:

- az aktív anyag mennyisége az elektródban,
- az elektród vastagsága,
- a kisütés sebessége (a kisütőáram és a kapacitás viszonya),
- a hőmérséklet,
- az elektrolit koncentrációja és mennyisége,
- az elektród porozitása,
- az elektród konstrukciója,
- az elektród előlétele.

Elektródmodellről beszélni annyit tesz, mint ezen valós paraméterek közül néhányat alkalmas módon matematikailag analitikai alakban megfogalmazni. Az így nyerhető modellek az elektródban végbemenő transzport-, és kinetikai jelenségek egyszerűsített matematikai kifejezései, a szükséges mindegyik egyszerűsítő feltetelezés tartalmazni fogja tehát saját érvényességi korlátait. Mindezt figyelembe véve

a pórusos elektródok optimalizálása olyan modellek kidolgozásán kell hogy alapuljon, amelyek segítségével képesek vagyunk előre megmondani, hogy az említett jelenségek és paraméterek miképpen hatnak a kisütési jellemzőkre. E közleményben a pórusos elektródok makroszkopikus leírását ismertetjük arra az esetre, amikor mindössze arra vagyunk kíváncsiak, hogy a kisütő áram bekapcsolása után mik az áramsűrűség eloszlásának jellemzői a pórusos elektródon belül. A modellbe kísérletileg könnyen meghatározható fenomenologikus paramétereket vezetünk be, és ennek alapján könnyen alkalmazható tervezési segédlethez jutunk.

2. A pórusos elektródok makroszkopikus leírása

A makroszkopikus modell keretein belül eltekinthetünk a pórusok valós geometriai alakjától. A hagyományos elektrokémiai rendszer fogalmának kiterjesztéseként jellemezhető ez a modell, azaz feltevéseket tartalmaz az elektrolitoldatban végbemenő transzportfolyamatokra, valamint az elektródreakciók kinetikájára. A folyamatok leírására be kell vezetni a szilárd (elektronvezető) fázis Φ_1 , és az elektrolittal teli pórusok Φ_2 potenciálját, hasonlóan a szilárd fázisban az i_1 elektronáram-sűrűséget, valamint az ionvezető elektrolittal töltött pórusok i_2 ionos áram sűrűségének fogalmait.

A C_i ionkoncentrációk és ezek \bar{N}_i fluxusai mind az idő- és a térkoordináták függvényei. A folyamatokat leíró egyenletek:

- a szilárd mátrixban az Ohm-törvény:

$$i_1 = -\sigma_1 \Phi_2;$$

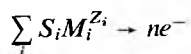
- az elektrolitban az elmozdulni képes ionok fluxusát az ionmigráció, a diffúzió és általános esetben a konvekció határozzák meg, azaz az i -edik ionfajtura

$$\bar{N}_i = -Z_i U_i e C_i \nabla \Phi_2 - D_i \nabla C_i + v C_i.$$

Az N_i fluxusnak a segítségével a pórusos tartományon belül az ionok áramsűrűségét a következők szerint határozhatjuk meg:

$$i_2 = F \sum_i Z_i N_i;$$

- az elektrokémiai reakció az elektród térfogatában:



összefüggéssel írható le. Az i -edik ionfajtura a megmaradási törvények folytán írhatjuk:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -\nabla \bar{N}_i + \frac{S_i}{nF} \nabla i_2,$$

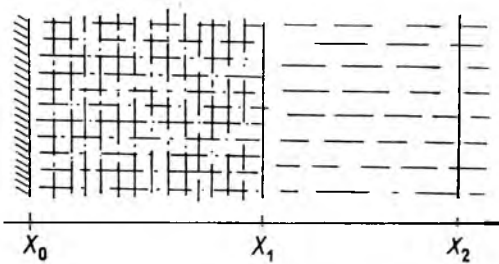
azaz az i -edik ionfajta koncentrációja egy tetszőleges pontban úgy változik, hogy a fluxusának divergenciája van és az elektrokémiai reakció fogyasztja el.

A fenti egyenletek felhasználásával az általános feladat az elektrokémiai folyamat lokális sebességének meghatározása az elektród – elektrolit határon a koncentrációk

és a potenciálok függvényeként, azaz a polarizáció egyenleteinek felírása. A koncentrációk változása egyenleteinkben időfüggő tagok fellépésében nyilvánul meg és általában nagyon bonyolult összefüggésekre vezet. Számos esetben megelégedhetünk koncentrációváltozástól független polarizációs egyenlet meghatározásával. Ez a feltevés azt jelenti, hogy közvetlenül a polarizáló áram bekapcsolása utáni jelenségeket írjuk le, és az már nem érdekel bennünket, hogy az elektrokémiai folyamatok térbeli eloszlásának milyen az időbeli változása. A legtöbb esetben ez kielégítő információt szolgáltat az elektrokémiai folyamat pórusos elektródon belüli eloszlását illetően

3. Egydimenziós pórusos elektródok

Az egydimenziós pórusos elektród modellje a 11-1. ábra szerinti geometriai elrendezés. A pórusos elektród egyik oldalon egy fém áramgyűjtővel, a másik oldalon a szabad elektrolittérrel határos. Az „egydimenziós” jelző arra utal, hogy az áramsűrűségek és a potenciálok csak az elektród – elektrolit határfelületre merőleges x tengely mentén



11-1. ábra. Az elektródmodell elhelyezése a koordináta-rendszerben
 $x = x_0$ helyen központi áramgyűjtő; $x = x_1$ helyen elektród – elektrolit határfelület

változnak. A 11-1. ábra szerinti elrendezésben vizsgáljuk meg egy tetszőleges homogén pórusos szerkezetből felépített elektródban az áramsűrűség és a túlfeszültség lokális eloszlását. Az $x = 0$ helyen elhanyagolható ellenállású villamos vezetőn homogén szerkezetű és $x_1 = l$ vastagságú aktívanyagréteget helyezünk el. Az elektród elektrolitba merül és az $x = x_2$ helyen egy ellenelektrodát helyezünk el, amelynek segítségével egy külső áramforrással I áramsűrűséget hozunk létre.

A homogén ún. kontinuummodell alkalmazásával a rendszerben az áramsűrűségek:

- i_1 elektronáramsűrűség az elektród σ_1 „effektív” vezetőképességű aktív anyagában
- i_2 ionáramsűrűség a pórusokban levő elektrolit σ_2 „effektív” vezetőképességű tartományában, $\sigma_2 < \sigma_2^0$, ahol σ_2^0 a szabad elektrolit ionos vezetőképessége.

Az Ohm-törvény értelmében igaz a pórusos mátrixra:

$$i_1 = -\sigma_1 \text{grad } \Phi_1 = -\sigma_1 \frac{d\Phi_1}{dx}, \quad (1)$$

$$i_2 = -\sigma_2 \text{grad } \Phi_2 = -\sigma_2 \frac{d\Phi_2}{dx}, \quad (2)$$

ahol $\Phi_1(x)$ az elektronvezető szilárd aktív anyag potenciálja egy adott referencia-elektródhoz képest;

$\Phi_2(x)$ a pórusos aktív anyagban levő elektrolit tér potenciálja (a kettősréteg határán túl) az előbbi referenciaelektródhoz képest.

A határfeltételek az ábra alapján közvetlenül felírhatók:

$$\begin{aligned} \text{és} \quad i_2 = I, \quad \text{ha} \quad l < x \leq x_2 \\ i_1 + i_2 = I, \quad \text{ha} \quad 0 \leq x \leq l. \end{aligned} \quad (3)$$

i_2 változását a pórusos struktúra belsejében levő elektrolitban ($0 \leq x \leq l$) Φ_1 és Φ_2 különbségeként a kettősréteg potenciáljának lokális változása okozza, tehát

$$\operatorname{div} i_2 = \frac{di_2}{dx} = -f_0 j, \quad (4)$$

ahol f_0 a fajlagos felülete és j a lokális vagy Faraday-áram sűrűsége, amelyről feltezzük, hogy érvényes rá az ún. Tafel-egyenlet. Minden konkrét elektródra általában létezik olyan polarizációtartomány, amelyen belül a lokális áramsűrűség és az $n = \Phi_1 - \Phi_2$ túlfeszültség között a következő összefüggés érvényes:

$$j = j_0 \exp \left\{ -\frac{\eta}{\eta_0} \right\}, \quad (5)$$

amely összefüggésben j_0 a csereáram-sűrűség és η_0 az adott elektródreakcióra jellemző anyagi paraméter. Az (1), (2) és (4) differenciálegyenlet-rendszer megoldása céljából differenciáljuk és rendezzük a (4) egyenletet:

$$\frac{d^2 i_2}{dx^2} = f_0 j_0 \frac{1}{\eta_0} \exp \left\{ -\frac{\eta}{\eta_0} \right\} \cdot \frac{d\eta}{dx} = -\frac{di_2}{dx} \cdot \frac{1}{\eta_0} \cdot \frac{d\eta}{dx}. \quad (6)$$

A (3) egyenletrendszerből a $\frac{d\eta}{dx}$ gradiens értékét kifejezve

$$\frac{d\eta}{dx} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\sigma_1 \cdot \sigma_2} \cdot i_2 - \frac{I}{\sigma_1}, \quad (7)$$

és ezt a (6) egyenletbe beírva, valamint rendezve kapjuk:

$$\frac{d^2 i_2}{dx^2} - \frac{di_2}{dx} \left\{ \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\sigma_1 \sigma_2} i_2 - \frac{I}{\sigma_1 \eta_0} \right\} = 0. \quad (8)$$

Bevezetve új változókként a dimenziótlan $y = \frac{i_2}{I}$ és $z = \frac{x}{l}$ kifejezéseket, a megoldandó differenciálegyenlet

$$\frac{d^2 y}{dz^2} - \frac{dy}{dz} \left\{ \frac{Il}{\eta_0} \cdot \frac{\sigma_2 + \sigma_2}{\sigma_1 \sigma_2} y - \frac{Il}{\sigma_1 \eta_0} \right\} = 0,$$

amely a

$$2a = \frac{Il}{\eta_0} \cdot \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\sigma_1 \sigma_2},$$
$$b = -\frac{Il}{\sigma_1 \eta_0}$$

jelölésekkel:

$$\frac{d^2y}{dz^2} - \frac{dy}{dz} \{2ay + b\} = 0. \quad (9)$$

A (9) differenciálegyenlet a $p = \frac{dy}{dz}$ változó bevezetésével integrálható p szerint, majd y és z szerinti ismételt integrációval a megoldás:

$$\frac{2}{\sqrt{\delta}} \operatorname{arctg} \frac{2ay + b}{\sqrt{\delta}} = z + d,$$

ill.

$$y = \frac{\sqrt{\delta} \operatorname{tg} \left\{ \frac{\sqrt{\delta}}{2} (z + d) \right\} - b}{2a}, \quad (10)$$

ahol a $\delta = (4ac' - b^2) > 0$; fizikailag szinte kivétel nélkül realizálódó eset (megjegyezzük, hogy $\delta < 0$ esetben a megoldás a jellegében inverz alakú arth függvénnyel állítható elő); valamint c' és d integrációs állandók. Ezek meghatározása az új, változóknak megfelelően módosított határfeltételek segítségével történhet:

$$\begin{aligned} z = 0 \quad \text{helyen} \quad y &= 0, \\ z = 1 \quad \text{helyen} \quad y &= 1. \end{aligned} \quad (11)$$

Ezekre a (10) egyenletet megoldva a következő transzcendens egyenletrendszert kapjuk:

$$\begin{aligned} 2a + b &= \sqrt{\delta} \operatorname{tg} \left\{ \frac{\sqrt{\delta}}{2} (1 + d) \right\} \\ b &= \sqrt{\delta} \operatorname{tg} \left\{ \frac{\sqrt{\delta}}{2} \cdot d \right\}. \end{aligned} \quad (12)$$

A (12) egyenletrendszer egyszerű átalakításával a d integrációs állandó kiejthető, ezáltal csak a c' integrációs állandó meghatározása igényel iterációs eljárást. Az egyenlet a c' meghatározására:

$$\operatorname{arctg} \frac{2a + b}{\sqrt{\delta}} - \operatorname{arctg} \frac{b}{\sqrt{\delta}} = \frac{\sqrt{\delta}}{2}. \quad (13)$$

c' ismeretében d meghatározható a

$$d = \frac{2}{\sqrt{\delta}} \arctg \frac{b}{\sqrt{\delta}}. \quad (14)$$

összefüggés felhasználásával.

Könnyű belátni, hogy a (9) egyenlet p segédváltozó szerinti első integrációjánál fellépő c' állandó fizikai jelentését tekintve az áramsűrűség divergenciája a $z = 0$ helyen, azaz a központi áramgyűjtő helyén az adott dimenzió nélküli ábrázolásban.

(10) differenciálásával z szerint, egydimenziós közelítésben az áramsűrűség divergenciáját megadó kifejezés:

$$\frac{dy}{dz} = \frac{\delta}{4a} \cdot \frac{1}{\cos^2 \left\{ \frac{\sqrt{\delta}}{2} (z + d) \right\}}. \quad (15)$$

A töltéstermelési folyamatra (önálló pórusos struktúrában belüli leírását megadó) előzőekben vázolt modellünk közelítése annál jobb, minél inkább megközelíti a leírni kívánt rendszer a modell szerinti elrendezést: vagyis azt, hogy az aktív anyag a központi áramgyűjtő két oldalán helyezkedik el, továbbá olyan struktúrajellemzőket használunk, amelyek biztosítják a homogén közelítés érvényességét. Részletes vizsgálataink szerint ez a modell kielégítően írja le az ólomakkumulátor áramtermelési mechanizmusát mind a szokásos 3...10 mm osztástávú áramgyűjtő rácsra elhelyezett aktív anyagú ún. kent lemezes, mind a műanyag szövettáskás ún. páncéllakkumulátorok elektródjainak esetében.

A modell jól alkalmazható a következő fejezetben részletesebben tárgyalandó műanyag kötésű nikkelpozitív elektródok leírására. Ugyanakkor fontos felhívni a figyelmet arra a körülményre, hogy az olyan struktúrák, mint pl. a szinterelt nikkeloxid vagy kadmium elektródok, továbbá tüzelőanyag-elemek szinterelt fémvázba ágyazott, katalizátorokat alkalmazó elektródjai, az ismertetett modell nem megfelelő. Ennek oka struktúrában mintegy homogén eloszlásban jelen levő, és az elektrolithoz képest ideálisan vezető váz. Ekkor nem helyes a (3) típusú határfeltételek alkalmazása, mivel nincs kitüntetett áramgyűjtő sík, vagy a $\sigma_1 \approx \infty$ határesetre új megoldást kell felírni [1].

4. Műanyag kötésű nikkeloxid elektródok néhány tulajdonsága

A fejlesztés alatt levő műanyag kötésű nikkelpozitív elektródok tulajdonképpen háromféle szilárd komponensből épülnek fel [2]: az elektrokémiailag aktív nikkeldioxidból, a szemcsék közti kötést szolgáló politetrafluór-etilén (továbbiakban teflon) szemcsékből, ill. szálakból, valamint a vezető és hordozó szerepet egyaránt betöltő szénporból. A nikkeldioxidot általában nikkelsók lúgos közegben történő lecsapásával [3] állítják elő. A mi kísérleteinkben nikkelszulfátot használtunk. A szénporok alkalmazása a vezetési tulajdonságok javítása céljából nélkülözhetetlen, a megfelelő technológia megválasztásával pl. az acetilénkorom kiválóan alkalmas arra is, hogy a technológia adott fázisában a teflon kötőanyag hordozója legyen.

Az elektrokémiai szakirodalomban nem tisztázott pontosan, hogy a villamos árammal elektrokémiailag oxidált, nikkell(III)hidroxid aktív massa milyen módo-

sulatokból áll. A magyar szakirodalmi összefoglalók [4] többségében β -NiOOH módosulatnak tekintik, azzal a megjegyzéssel természetesen, hogy magasabb oxidációs fok is valószínűsíthető. Ezzel a kérdéssel önállóan nem foglalkozunk, megelégszünk azzal, hogy a kisütési polarizációs görbe kísérletileg meghatározott Tafel-mereedsége a folyamat kinetikáját jellemzi. A továbbiakban a töltéstermelési folyamat lokális tulajdonságainak meghatározására korlátozzuk vizsgálatainkat.

A (10) és (15) egyenletek alkalmazhatóságához ismernünk kell az aktív massa és az elektrolittal átitatott elektród villamos vezetőképességeit, valamint a folyamat kinetikájára jellemző Tafel-mereedséget. Előzetesen ezek meghatározására alkalmazott kísérleti módszerünket ismertetjük:

A kielégítő mechanikai stabilitás céljából a szén-teflon-aktív massa keveréket 120...140 MPa nyomás alkalmazásával szobahőmérsékleten 30...50 s ideig szükséges préselni. E kezelés után a keverék mechanikailag a szokásos elektrokémiai töltés-kisütési ciklizálás során többszáz ciklus alatt sem károsodik. A 10% teflon, 15% szénpor, 15% grafit és 60% Ni(OH)₂ kiindulási összetételű massa villamos vezetési tulajdonságait tanulmányozva [6], a préselési nyomás függvényében a vezetőképesség jellegzetes hiszterézist mutat. A mérések alapján az elektrokémikailag beformált (feltöltött) száraz állapotú massa villamos vezetőképessége $0,2 < \sigma_1 < 0,5 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

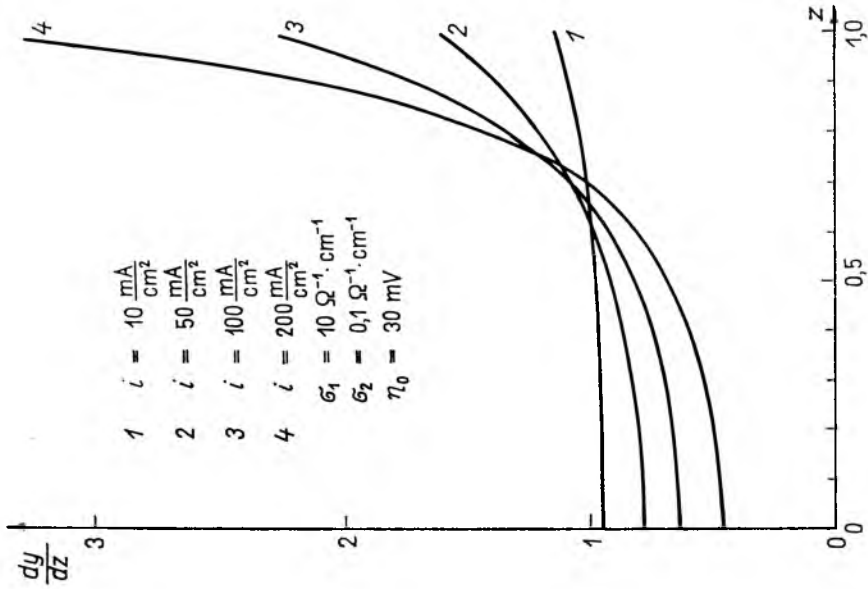
A massa pórusos tartományában levő elektrolit σ_2 villamos vezetőképességét az ún. diafragmaellenállás meghatározása útján lehet megadni [7]. A mérési módszer lényege a $\Delta U(i)$ függvénykapcsolat meghatározása a vizsgálandó elektrolittal átitatott elektród két oldalán elhelyezett referenciaelektródokkal különböző i áramsűrűségek mellett. Az egyenes mereedségéből kapható az ún. fajlagos diafragmaellenállás; reciproka a keresett σ_2 vezetőképesség. Feltöltött állapotú nikkell pozitív elektródok esetében

$$\sigma_2 = (6,66 \pm 0,3) \cdot 10^{-2} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1},$$

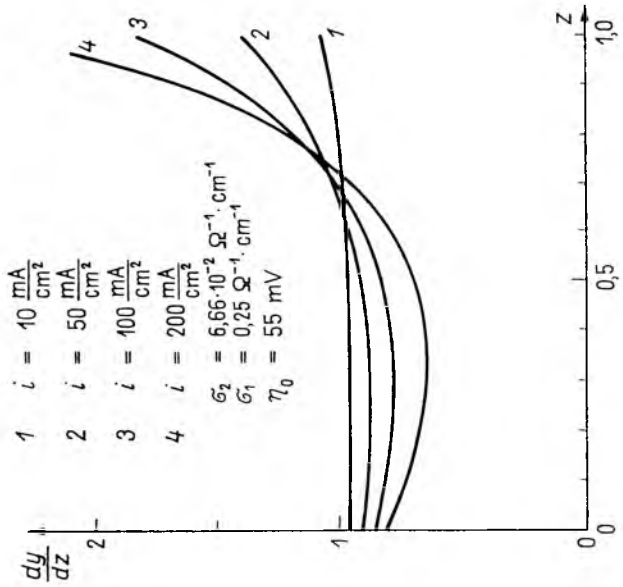
az (5) összefüggés érvényességét a nikkell pozitív aktív massa kisütési kinetikájának leírására $-100 \mu\text{m}$ vastag nikkellemezen készített $\varnothing 3 \text{ mm}$ furatba préselt masszán – a polarizációs görbék meghatározásával vizsgáltuk [7]. A kisütés kb. 50%-os kezdeti szakaszában az egyelektronos töltésátlépési kinetika eredményeivel összhangban $\eta_0 = (55 \pm 2,5) \text{ mV}$.

A makroszkopikus vagy kontinuummodell előző összefüggéseinek felhasználásával a 11-2. ábrán bemutatjuk az áramsűrűség divergenciájának lokális eloszlását négy különböző áramsűrűség esetére, az elektród közepén elhelyezett áramgyűjtőtől az elektród-elektrolit határfelület felé irányított z -tengely mentén. Hasonlóan meghatározott eloszlást ábrázolunk savas ólomakkumulátor PbO₂ elektródjára [7] a 11-3. ábrán.

Az ábrák összehasonlítása alapján feltűnő a töltéstermelés (az áramsűrűség divergenciája) eloszlásának alapvetően eltérő jellege. Az ólomdioxid elektródok esetében a töltéstermelést a központi áramgyűjtőtől az elektród-elektrolit határfelület felé haladva monoton növekvő függvény írja le, míg a nikkell pozitív elektród esetében a függvénynek minimumhelye van. Ezen kívül az elektród-elektrolit határfelületen felvett maximális értékhez képest a változás mértéke az ólomdioxid elektród esetében azonos áramsűrűség esetén nagyobb, mint a nikkelloxid elektród esetében. Ez a körülmény jelzi, hogy az elektród-elektrolit határfelületi tartomány aktív anyaga a kisütés folyamán hamarabb kimerül, és ezáltal a töltéstermelési folyamat helye a blokkolt belső tartományok irányába vándorol, ami a folyamatot



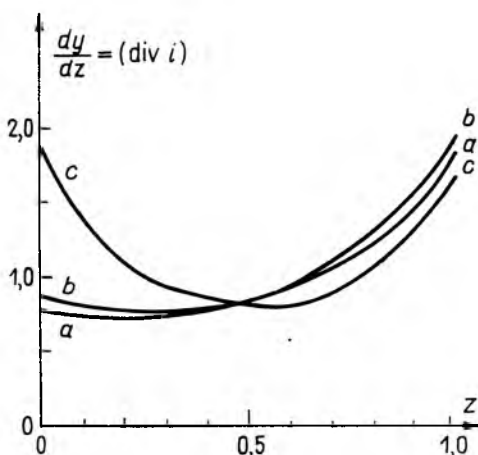
11-3. ábra. Ólomdioxid elektrod áramsűrűsége divergenciájának eloszlása különböző áramsűrűségek esetén



11-2. ábra. Műanyag kötésű nikkeloxid elektrod áramsűrűsége divergenciájának eloszlása különböző áramsűrűségek esetén

fenntartó túlfeszültség növekedésével biztosítható. A növekvő túlfeszültség veszteségként jelentkezik.

A nikkel pozitív elektródok ólomdioxid elektródhoz képest mutatott egyenletesebb töltéstermelési folyamatának magyarázata, a folyamatot uraló potenciál-eloszlás szilárd és folyadékfázison belüli egyenletesebb jellegével magyarázható. A jelenség végső soron az elektródstruktúrán belül a szilárd és folyadékfázis vezetőképességének egymáshoz viszonyított arányával függ össze. A nikkel pozitív elektród esetében a szilárd fázis vezetőképessége mindössze négyszerese a folyadékfázis vezetőképességének, míg az ólomdioxid elektródok esetében három nagyságrendnyi a különbség a két vezetőképesség között. A 11-4. ábrán a nikkel pozitív elektród



11-4. ábra. Műanyag kötésű nikkeloxid elektródok áramsűrűsége divergenciájának eloszlása különböző vezetőképességű aktív anyagok esetén

töltéstermelésének eloszlását mutatjuk be *a*, *b*, *c* esetekben, ahol az *a* esetben az aktív massa vezetőképessége ötszöröse a *b*-nek, míg a *c* esetben egyötöde a *b*-nek. A *b* eset a 11-2. ábra adatainak felel meg $i = 100 \text{ mA/cm}^2$ áramsűrűség esetén (kb. 5 C kisütés). A *c* esetben tehát a folyadékfázisban és a szilárd fázisban a vezetőképesség közel azonos. Mindez mutatja, hogy a több mint egy nagyságrendnyi szórás az aktív anyag vezetőképességében a töltéstermelés inhomogenitását alig változtatja meg, jelezve ezzel azt a nagyon kedvező tény, hogy a technológiai szórás nincs túlságosan nagy hatással az előállított elektród paramétereire.

A műanyag kötésű nikkel pozitív elektródok 11-2. és 11-4. ábra szerinti homogén jellege a magyarázata annak, hogy a műanyag kötésű elektródokkal épített kadmium–nikkeloxid akkumulátorok megközelíthetik a szinterelt elektródú akkumulátorok terhelhetőségi jellemzőit.

Irodalom

- [1] *Simonsson, D. J.*: Current distribution in lead dioxide electrode. *Electrochem. Soc.* Vol. 120 p. 151. 1973.
- [2] *Kulcsár, S. – Ágh, J. – Fazekas, S. – Vigh, J. – Bujdosó, Z.*: The microstructure of plastic bonded nickel electrodes. *Electrochem. Power Sources Symp.* Zilina 1981.

- [3] *Barak, M.* – Electrochem. Power Sources. Peter Peregrinus, London 1980.
- [4] *Ujhidy, A.* – *Markó, L.* – *Babos, B.*: Tetrahedron Letters. 14. p. 881. 1963; Veszprémi Vegyipari Egyetem Közleményei 49. 1964.
- [5] *Vértes Gy.* – *Horányi Gy.* – *Nagy F.*: Katalizis nikkeldioxid elektródon. Magyar Kémiai Folyóirat 74. p. 172. 1968.
- [6] *Kulcsár, S.* – *Horváth, P.* – *Csath, G.* – *Smaroglay, M.*: Problems of internal resistance of plastic bonded (pressed type) high rate Ni electrodes. Electrochem Power Sources Symp. Zilina 1981.
- [7] *Horváth P.*: Pórusos elektródok töltéstermelési folyamatai, különös tekintettel az ólomakkumulátorok elektródfolyamataira. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1980.

12.

Nagy terhelhetőségű, műanyag kötésű nikkell-kadmium akkumulátorok

*DR. KULCSÁR SÁNDOR—CSATH GÉZA—MAJOR ANDRÁS—
DR. BATIZ GÉZÁNÉ*

ÖSSZEFOGLALÁS

A műanyag kötésű elektródokból készült akkumulátorok kutatása az utóbbi 10–15 évben került előtérbe. Az Intézetben kifejlesztett nagy terhelhetőségű műanyag kötésű Ni-Cd akkumulátorok villamos paraméterei (belső ellenállás, fajlagos térfogati kapacitás, terhelhetőség stb.) a hagyományos táskás, illetve a szinterelt típusok között vannak.

Az elektródok készítése az aktív anyag és a kötőanyag (PTFE) 8:1–12:1 arányú keverékének az áramvezető kollektorra – amely különlegesen előkezelt vasháló – hengerléssel és préseléssel való felhordásával történik. A szeparáció – hasonlóan a szinterelt típusokhoz – celofán és nem szőtt polipropilén réteg kombinációja. Az elektródok belső ellenállásának mérése Kordesch–Marco módszer alkalmazásával történik.

A kifejlesztett akkumulátor 60 Ah-ás alaptípusa terhelhetőség szempontjából – az IEC ajánlás „H”-nagyterhelhetőségű osztályába sorolható, tehát 300 A-rel folyamatosan terhelhető. Élettartama az IEC nemzetközi szabványnak megfelelő.

НИКЕЛ-КАДМИЕВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ БОЛЬШОЙ НАГРУЖАЕМОСТИ С ПЛАСТМАССОВЫМИ СВЯЗУЮЩИМИ

Д-р. Ш. Кулчар—Г. Чат—А. Майор—Д-р. Г. Батиз

Резюме

Разработка аккумуляторов, собранных из электродов с пластмассовыми связующими — в последние 10–15 лет имеют важное значение. Электрические параметры (внутреннее сопротивление, удельная объемная емкость, нагрузка, и т. п.) Ni—Cd аккумуляторов с пластмассовыми связующими, разработанных в нашем институте, находятся между параметрами типов традиционных ламельных и синтерных аккумуляторов.

Изготовление электродов выполняется путем накатки и прессовки смеси из активной массы и связующей (фторопласта) в пределах отношений 8:1...12:1 на токопроводящий коллектор, представляющий собой железную сетку, обработанную специально заранее. Сепарация, подобно синтерным типам, является комбинацией слоев из целлофана и нетканого полипропилена. Измерение внутреннего сопротивления электродов выполняется применением метода Кордеш—Марко.

Базовый тип разработанного аккумулятора емкости 60 а. ч по нагрузке можно отнести к классу „H” — большой нагрузки по рекомендации МЭК, т. е. непрерывно можно нагружать током 300 а. Его ресурс соответствует международному стандарту МЭК.

HOCH BELASTBARE NICKEL-CADMIUM AKKUMULATOREN MIT KUNSTSTOFFBINDUNG

Dr. S. Kulcsár – G. Csath – A. Major – Dr. G. Batiz

Zusammenfassung

Die Forschung von Akkumulatoren, die mit Elektroden mit Kunststoffbindung ausgerüstet sind, rückte in den letzten 10–15 Jahren in den Vordergrund. Die elektrischen Parameter der in dem Institut entwickelten hoch belastbaren Ni–Cd Akkumulatoren mit Kunststoffbindung (Innenwiderstand, spezifische Volumenkapazität, Belastbarkeit, usw.) liegen zwischen den Typen herkömmlicher Kunststofftasche bzw. den sinterten Typen.

Das Anfertigen der Elektroden erfolgt durch Auftragen des aktiven Materials und des Bindematerials (PTFE) in einem Gemisch von 8:1–12:1 auf den stromleitenden Kollektor -das ist ein besonders vorbehandeltes Eisennetz- mit Hilfe von Walzen und Pressen. Die Separation ist -ähnlich den gesinterten Typen- die Kombination einer Zellophan und einer nicht gewebten Polypropylenschicht. Die Messung des Innenwiderstandes der Elektroden erfolgt unter Anwendung der Kordes-Marco Methode.

Der 60 Ah Grundtyp des entwickelten Akkumulators kann von der Belastbarkeit aus laut IEC Empfehlung in die „H“-Hochbelastbarkeitsklasse eingestuft werden und somit durch 300 A kontinuierlich belastet werden. Seine Lebensdauer entspricht der internationalen IEC-Norm.

PLASTIC-BONDED NICKEL-CADMIUM BATTERIES FOR HIGH DISCHARGE RATE

By Dr. S. Kulcsár – G. Csath – A. Major – Mrs. Dr. G. Batiz

Summary

The research of batteries made of plastic-bonded electrodes has come to the foreground in the past 10–15 years. The electric parameters (internal resistance, specific volume capacity, loadability etc.) of the plastic-bonded Ni-Cd batteries for high current density developed at the Institute are between the conventional pocket-type and the sintered-type batteries.

The electrodes are manufactured with a mixture of active ingredient and bonders (PTFE), in a ratio of 8:1 to 12:1, being rolled and pressed on the current conducting collector, an iron net subjected to a special preliminary treatment. Similar to the sintered models, the separation is a combination of cellophan and non-woven polypropylene layer. The internal resistance of the electrodes is measured by the Kordes – Marco method.

As regards loadability, the 60 Ah basic model of the developed battery can be classified into high-loadability category "H" of the IEC standard, i.e. it can be loaded continuously with 300 A. Its service life meets of requirements of the IEC International Standard.

1. Bevezetés

A műanyag kötésű elektródok (-szerkezetek) az utóbbi években egyre növekvő szerepet játszanak az áramforrások kutatásában és gyártásában. Ennek legfontosabb oka az, hogy a vásárlók igénye jelentősen megnövekedett a lényegesen jobb műszaki paraméterű akkumulátorok iránt, és ez az igény a hagyományos – pl. a Ni–Cd akkumulátorok esetében táskás – típusokkal már nem elégíthető ki, a szinterelt típusok alkalmazása pedig magas árak miatt korlátozott.

Igen széles körű kutatómunka folyik a műanyag kötésű elektródokból készített áramforrások, ezen belül főként a Ni–Cd akkumulátorok kifejlesztésére. Ebben jelentős szerepe van J. Mrha és munkatársai [1], [2], [3], [4] a Csehszlovákiai Tudományos Akadémia, valamint Lexow és munkatársai a VARTA cég [5] kutatásainak.

A téma iránti érdeklődést mutatja, hogy a vuhanai egyetemen (Kína) Li-Guodong vezetésével [6] műanyag kötésű alapon indult el a mangánoxidos elemek kutatása.

A VKI már több éve foglalkozik a műanyag kötésű Ni–Cd akkumulátorok fejlesztésével, amelyről a szerzők már több publikációban [7], [8], [9], [10] beszámoltak.

2. Műanyag kötésű elektródok felépítése

A műanyag kötésű Ni–Cd akkumulátorok elektródjainak felépítése alapvetően eltér a hagyományos típusokétól. A hagyományos táskás elektródok aktív maszszája vékony, perforált lemezből készült tasakokban, vagy csöves típusok esetén csövekben van elhelyezve. Erre a típusra jellemző a viszonylag alacsony ár, a legjobb starter típusoknál is maximum $3,5 \dots 6C_5$ terhelhetőség és a kis térfogati kapacitás ($15 \dots 40 \text{ Wh/dm}^3$).

A szinterelt típusok esetében az aktív anyag bonyolult technológiával kialakított porózus nikkelmátrixban helyezkedik el, amely nagy ($5 \dots 20C_5$) terhelhetőség és igen nagy térfogati kapacitást ($70 \dots 90 \text{ Wh/dm}^3$) biztosít, de a módszer rendkívül költséges. Az alapanyag (karbonilnikkel) beszerzése nehéz, így a gyártás megindítása nem lehetséges, ill. additív költségeket igényel. Az újonnan kifejlesztett műanyag kötésű rendszer lényege, hogy az aktív anyagot egy polimerrel, esetünkben PTFE-nel (politetrafluor-etilén) keverjük és azt egy erre alkalmas hordozóra visszük fel. Ilyen módon a műanyag mátrix összetartja és rögzíti az aktív anyag szemcséit. A rögzítés műanyag hálószerkezet kialakításával érhető el, amely rugalmas szálakból épül fel, és így képes arra, hogy a töltés–kisütés közbeni jelentős térfogatváltozások ellenére állandó vázat nyújtson és biztosítsa az elektródok összetartását.

Az áram elvezetését fémhálóval, expandált, vagy perforált fémlemezzel oldják meg, amelynek anyaga általában nikkelezett vas vagy nikkel. A rögzítő műanyag többnyire hőre lágyuló, célszerűen politetrafluor-etilén (PTFE), poliamid (PA), polipropilén (PP) vagy polietilén (PE). A műanyag kötésű elektródokból készített akkumulátorok ipari bevezetése jelenleg folyik, műszaki és gazdasági jellemzőik várhatóan a szinterelt és a táskás típusokéi között helyezkednek el.

3. A VKI-ban kifejlesztett Ni–Cd akkumulátor

A VKI-ban kifejlesztett Ni–Cd akkumulátor típusjelzése KBH-60, terhelhetőség szempontjából a H osztályba sorolható, amelyben a legnagyobb terhelési érték $3,5 \dots 7C_5$ között van (12-1. táblázat).

Az elektródok kötőanyaga PTFE, amelyből mind a negatív, mind a pozitív elektród közelítőleg 10 s%-ot tartalmaz. Az aktív anyagokat az Északmagyarországi Vegyiművek (ÉMV) állítja elő. A pozitív elektródmasszát préseléssel, míg a negatívot hengerléssel visszük fel a hordozóra. Az áramelvezető hordozó vashuzalból készült

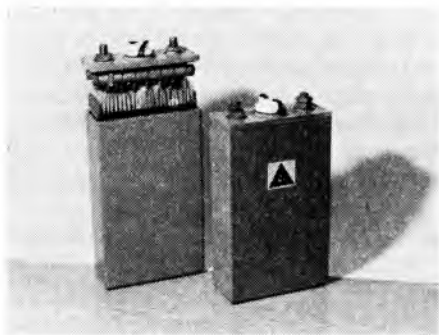
12-1. táblázat

A Ni—Cd akkumulátorok terhelhetőség szerinti felosztása

Típus-jelölés	A típusjelölés értelmezése	Terhelhetőség	Felületi áramsűrűség, mA/cm ²
L	alacsony terhelésű	0,5C ₅ alatt	10 alatt
M	közepes terhelésű	0,5C ₅ ... 3,5C ₅	10...70
H	magas terhelésű	3,5C ₅ ...7C ₅	70...140
X	nagyon magas terhelésű	7C ₅ felett	140 felett

szövet, amelyet speciális felületdurvító eljárással kezelünk. Ezzel az aktív anyag jobb tapadásán kívül az elektródok belső rezisztenciája is csökkent annyira, hogy a táskás és szinterelt elektródokon mért értékek közé esik. A Ni elektród hordozóhálóját felhasználás előtt nikkelezzük. Az ily módon készített elektródokban a hordozó, valamint az aktív anyag súlyaránya közelítőleg 2:3.

Az elektródok a hordozóhálózhoz hegesztett kivezetőzáslók segítségével szerelhetők össze akkumulátorrá. A kivezetés módja, a ház és egyéb szerelvények hasonlóak a hagyományos akkumulátorokéhoz. Szeparátorként szőtt és nem szőtt anyagokat (PP) (PA) alkalmaztunk. Az elkészült akkumulátorok ára a táskás és szinterelt típusokéi között van. A leírt módon készített akkumulátor látható lezárás előtti, valamint teljesen kész állapotban a 12-1. ábrán.



12-1. ábra

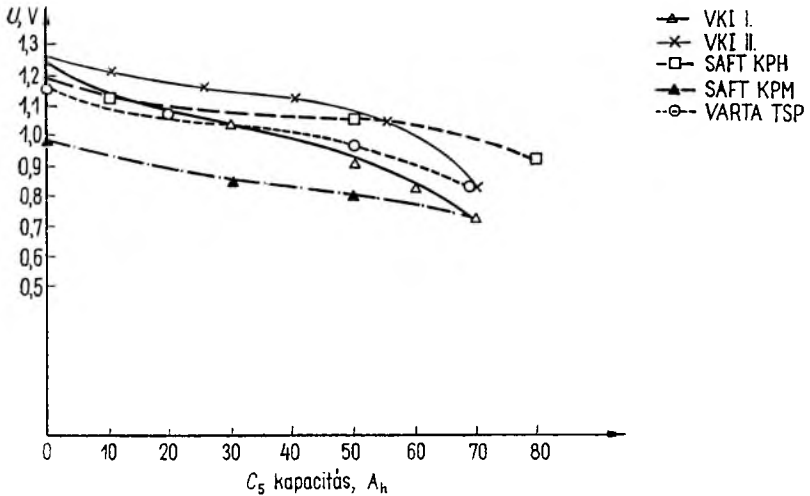
12-2. táblázat

Összehasonlító táblázat

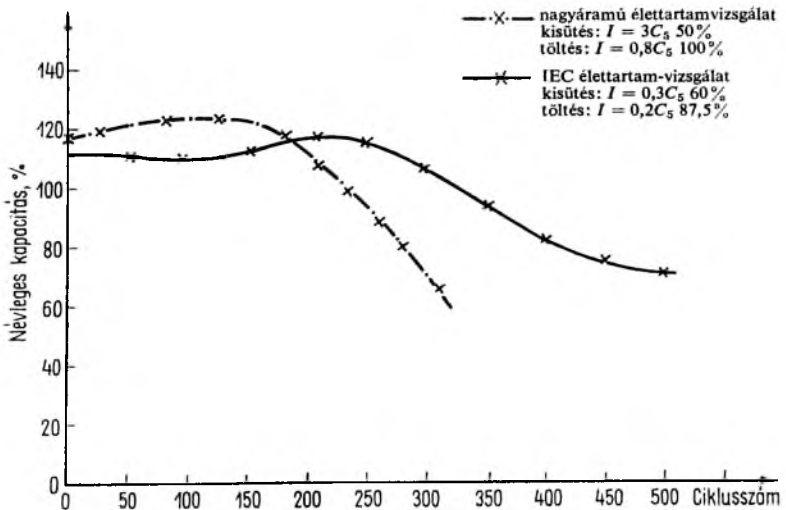
Jellemző paraméter	SAFT KPH 60	VKI-KBH-60
Térfogat (kivezető nélkül) dm ³	2,25	2,19
Súly, kp	5,1	4,9
Fajlagos térfogati kapacitás (kivezető nélkül), Wh/dm ³	31,9	32,8
Fajlagos súly kapacitás, Wh/kg	14,1	14,7

A 12-2. táblázaton látható KBH-60 típusú akkumulátor néhány főbb paramétere, összehasonlítva a SAFT cég hasonló jellegű KPH-60 jelű akkumulátorával.

Az elkészült akkumulátorokon többféle terhelési vizsgálatot végeztünk. A kisütési arány 0,2 C_5 -től 5 C_5 -ig terjedt. A 3 C_5 kisütőárammal végzett vizsgálatok eredményeit mutatja a 12-2. ábra, a SAFT és VARTA táskás starter akkumulátorokkal összehasonlítva. Amint az ábrából látható, a terhelési tulajdonságok legalább azonosak a KPH jelzésű SAFT akkumulátoréval, amelyet starter célokra gyártanak. Természetesen a szinterelt típusok terhelhetősége ennél jobb, de áruk is lényegesen magasabb.



12-2. ábra. Műanyag kötésű akkumulátorok összehasonlítása táskás típusú akkumulátorokkal (VKI, SAFT, VARTA) Kisütőáram 3 C_5



12-3. ábra. Az IEC előírásainak és a nagyáramú élettartam-vizsgálat eredményeinek összehasonlítása

12-3. táblázat

A KBH-60 műanyag kötésű Ni—Cd akkumulátor főbb tulajdonságai összehasonlítva az IEC nemzetközi szabvánnyal

Tulajdonság	Mérési körülmény	Szabvány (IEC 21/S) 54	Mért érték
Névleges feszültség		1,2 V	1,2
Névleges kapacitás	kisütés 0,2C ₅ (12A) 1V végfeszültségig	60 Ah	60 Ah
Kisütési tulajdonságok	0,2C ₅ (12A) állandó áram végfeszültség: 1V	min 4 h 45 min	5 h 30 min
	C ₅ (60 A) állandó áram végfeszültség: 0,9 V	min 50 min	60 min
Töltéstárolás	5C ₅ (300 A) állandó áram végfeszültség: 0,8 V	min 4 min	12 min
	28 nap után szobahőmérsékleten 0,2C ₅ (12 A) állandó áram	min 3 h 30 min	4 h
Ciklusélettartam	IEC szerint végfeszültség 1 V (70%)	min 500 ciklus	550 ciklus

Az akkumulátorok ciklusélettartamát két módszerrel vizsgáltuk. A töltési, ill. kisütési körülményeket, valamint az élettartam-vizsgálatok eredményeit a 12-3. ábra mutatja. A 12-3. táblázatban közöljük a KBH-60 akkumulátor legfontosabb villamos paramétereit, összehasonlítva az IEC 21/S/54 előírásaival. A táblázatból látható, hogy a VKI által kifejlesztett akkumulátorok összes paramétere eléri, ill. meghaladja a szabványban előírtakat. A méréseket, az ellenőrzéseket az intézeti laboratóriumon kívül a Magyar Elektrotechnikai Ellenőrző Intézet végezte.

4. Alkalmazási lehetőségek

Az előzők értelmében megállapíthatjuk, hogy a műanyag kötésű Ni—Cd akkumulátorok első hazai fejlesztésű típusának mintapéldányai a célparamétereket teljesítik, gyártásba vitelük esetén jelentős import kiváltását teszik lehetővé. Felhasználásuk várható a híradástechnikai, az indító és a tartalék áramforrások területén egyaránt, ahol a jelenlegi táskás típusok műszaki tulajdonságai már nem elegendők, a szinterelt Ni—Cd akkumulátorok pedig magas árak miatt nem alkalmazhatók.

Különleges felhasználási területük lehet a trakciós áramforrásoknál (pl. duo-busz, motorcsónakhajtás), valamint kéziszerszámok táplálása területén, ahol az alacsonyabb árnak, a lökészerű terhelési viszonyok jó tűrésének és a gondozás iránti igénytelenségnek egyaránt nagy a jelentősége.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönjük meg az OMFB-nek és a HIM-nek a típus kifejlesztéséhez adott anyagi támogatását, valamint dr. Lukács József akadémikusnak, az Intézet igazgatójának részletekre kiterjedő jelentős segítségét.

Irodalom

- [1] *Jindra, J. – Mrha, J. – Micka, K. – Zábbransky, Z. – Koudelka, V. – Malik, J.*: Plastic bonded electrodes for nickel-cadmium accumulators. I. Cadmium electrode. *J. Power Sources*, 4. (1979) 227.
- [2] *Mrha, J. – Krejci, I. – Zábbransky, Z. – Koudelka, V. – Malik, J.*: Plastic bonded electrodes for nickel-cadmium accumulators. II. Basic electrochemical parameters of the nickel oxide electrode. *J. Power Sources*, 4. (1979) 239.
- [3] *Klapste, B. – Mrha, J. – Micka, K. – Jindra, J. – Marecek, V.*: Plastic bonded electrodes for nickel-cadmium accumulators. III. Influence of active layer composition on galvanostatic and potentiostatic discharge curves. *J. Power Sources*, 4. (1979) 349.
- [4] *Micka, K. – Mrha, J. – Klapste, B.*: Plastic bonded electrodes for nickel-cadmium accumulators IV. Some specific problems of the nickel oxide electrode. *J. Power Sources* 5. (1980) 207.
- [5] *Lexow, W. – Kramer, G. – Oliapuram, A.*: Ni-Fe (FENOX)-module-battery. *Power Sources Conf.* 7. Brighton (1980).
- [6] *Li Guo-dong – Liao Dan-xuong – Cha Chuon-sin*: Plastic-bonded MnO₂ electrode for high discharge rate secondary batteries. 32. Ise Meeting Cavtat (1981)
- [7] *Kulcsár S. – Ágh J. – Horváth P. – Csath G.*: Kadmium és nikkell elektródok új technológiájának kutatásai a VKI-ban. VKI 30. éves jubileumi ülés, Budapest (1979)
- [8] *Kulcsár, S. – Horváth, P. – Csath, G. – Smaroglay, M*: Problems of internal resistance of plastic bonded (pressed type) high rate Ni electrodes. *Elect. Pow. Sources Conf. Zilina* (1981)
- [9] *Kulcsár, S. – Ágh, J. – Fazekas, Á. – Vigh, J. – Bujdosó, Z.*: The microstructure of plastic bonded nickel electrodes (pressed type) *Elect. Pow. Sources Conf. Zilina* (1981)
- [10] *Kulcsár S.*: Plastic-bonded nickel-cadmium accumulators for high-discharge rate. 32. ISE Conf. Cavtat (1981)

13.

Műanyagszövettáskás akkumulátorok fejlesztési eredményei

*HORVÁTH PÁL – BENEDEK MIKLÓS – DR. JEDLOVSZKY PÁLNÉ –
DR. FAZEKAS SÁNDORNÉ*

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők tömören ismertetik a műanyag szövettáskás savas ólomakkumulátorok főbb jellemzőit, alkalmazási területeiket és jelen hazai gyártmányok paramétereit. A VKI-ban kifejlesztett polipropilénházas trakciós célú konstrukciót a szerzők részleteiben bemutatják. A fejlesztés eredményeként 35 Wh/kg energiasűrűségű akkumulátort dolgoztak ki. A legfontosabb konstrukciós módosítások: polipropilén műanyag ház, tükörhegesztéses zárasi technológiával, egyenszilárdságú rácskonstrukció a negatív elektródra, növelt szövettáska-csőszám és módosított aktív anyag a pozitív elektródon.

A kifejlesztett kísérleti konstrukció vizsgálati eredményeinek ismertetése alapján kijelölik a további fejlesztés irányelveit.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАРМАННЫХ ТИПОВ АККУМУЛЯТОРОВ

П. Хорват—М. Бенедек—Д-р. П. Едловски—Д-р. Ш. Фазекас

Резюме

Авторами кратко излагаются важнейшие характеристики кислотно-свинцовых карманных типов аккумуляторов области их применения и параметры существующих отечественных изделий. Детально излагается конструкция для тяговых целей, в полипропиленовых баках, разработанная в VKI. В результате работы разработан аккумулятор с удельной энергией 35 Вт. ч/кг. Важнейшие конструкционные отличия: баки пластмассовые из полипропилена, с технологией закрытия по зеркальной сварке; решетка отрицательного электрода имеет одинаковую прочность; модифицированное активное вещество и увеличенное количество тканевых карманов на положительном электроде.

На основе изложения результатов испытания разработанной опытной конструкции определяются тезисы дальнейшего совершенствования.

ENTWICKLUNGSERGEBNISSE BEI PANZERPLATTEN AKKUMULATOREN

P. Horváth—M. Benedek—Dr. P. Jedlovszky—Dr. S. Fazekas

Zusammenfassung

Es werden die Hauptcharakteristiken, die Einsatzgebiete und die Parameter der momentan in Ungarn hergestellten Produkte der Säure-Bleiakkumulatoren mit positiven Panzerplatten kompakt dargelegt. Die in dem VKI entwickelte zum Traktionszweck entwickelte Konstruktion mit Polypropylengehäuse wird detailliert dargestellt. Das Ergebnis der Entwicklungsarbeit ist ein Akkumulator mit einer Energie-

dichte von 35 Wh/kg. Die wichtigsten Konstruktionsänderungen sind: Polypropylen-Kunststoffgehäuse mit Spiegelschweiß-Verschlußtechnologie, Gleichfestigkeits-Gitterkonstruktion für die negative Elektrode, erhöhte Anzahl der Gewebetaschen und modifiziertes Aktivmaterial in der positiven Elektrode.

Auf Grund der Prüfungsergebnisse der entwickelten Versuchskonstruktion werden die Richtlinien der weiteren Entwicklungsarbeiten festgelegt.

ACHIEVEMENTS IN THE DEVELOPMENT OF IRONCLAD TRACTION BATTERIES

By P. Horváth – M. Benedek – Mrs. dr. P. Jedlovsky – Mrs. dr. S. Fazekas

Summary

The authors describe in brief the principal characteristics, applications of lead-acid ironclad type batteries and the parameters of current Hungarian models. They present in detail the polypropylene container model developed at VKI for traction purposes. As a result of the development work, a battery has been obtained with an energy density of 35 Wh/kg. The principal design modifications are: polypropylene container, sealed with "mirror" welding, equivalent-strength grid for the negative electrode, increased number of tubes and modified active material on the positive electrode.

Based on a description of test results obtained with the developed experimental model, the authors outline the guiding principles of future development work.

1. Bevezetés

A savas ólomakkumulátorok típusai közül az ún. műanyag szövettáskás pozitív lemezes gyártmánycsalád jelentős térhódítása a gyakorlatban az utóbbi 15...20 évre tehető. Hazánkban 14 évvel ezelőtt kezdődött [1], [2], [3] gyártásuk, és a termelői kapacitás többszöri bővítésének eredményeként napjainkban is bővül felhasználási területük. A gyártmánycsalád igen kedvező élettartamát elsősorban annak köszönheti, hogy a kent lemezes akkumulátorok üzeme alatt a rácsszerkezetről leváló pozitív masszát ebben a konstrukcióban a csököteg rendszerű műanyag szövettáska visszatartja. A műanyag szövettáskás akkumulátorokban a negatív elektród az akkumulátorgyártásban jól ismert kent lemez [4], de az élettartammal szemben támasztott magasabb követelmények miatt ezt is módosított, javított változatban készítik.

Röviddel a hazai gyártás megkezdése után kialakultak, ill. ismertté váltak további várható alkalmazási területeik [2]. Részben egyes alkalmazások esetében felváltották az ún. nagyfelületű pozitív lemezes, helyhez kötött telepeket, részben a járművontatásban szinte kizárólagosan ezek terjedtek el, mivel a kent lemezes pozitív és negatív elektródú járművontató telepek 300...400 élettartamciklusával szemben a műanyag szövettáskás vagy más néven páncéllakkumulátorokkal mintegy 1000...1200 töltés-kisütési ciklus érhető el üzemi élettartamuk során.

A 13-1. és 13-2. táblázatban a hazai gyakorlatban legszélesebb körben elterjedt két járművontatási típusosorozat legfőbb jellemzőit mutatjuk be. A táblázatokat az Akkumulátor- és Szárazelemgyár által kibocsátott termékmismertető alapján állítottuk össze. Cikkünkben annak a munkának a főbb eredményeiről számolunk be, amelyet az Akkumulátor- és Szárazelemgyár, az Ipari Minisztérium és az OMFB megbízásából a műanyag szövettáskás járművontatási elemek és telepek fejlesztése területén az Intézetben eddig végeztünk. A feladat kidolgozására vezértípusként

13-1. táblázat

P 250 típusorozat

Elemek

Típusjel	Kapa- citás, Ah	Kísütés		Az elem kül- méretei, mm $H \pm 5$ SZ M	Kb. elem- súlysav nélkül, kg	Feltöltéshez szükséges sav kb. súlya (1,24 kg/dm ³), kg	Energia- sűrűség 5 órás üzemben, $\frac{Wh}{kg}$
		óra alatt	A				
III P 250	171	10	17	65 198 361	10	2,7	23,62
	150	5	30				
	132	3	44				
	99	1	99				
IV P 250	228	10	23	83 198 361	12,5	3,5	25
	200	5	40				
	176	3	59				
	132	1	132				
V P 250	285	10	28	101 198 561	15	4,3	25,9
	250	5	50				
	220	3	73				
	165	1	165				
VI P 250	342	10	34	119 198 361	18	5,1	25,97
	300	5	60				
	264	3	88				
	188	1	188				
VII P 250	399	10	40	139 200 361	21	5,9	26,02
	350	5	70				
	308	3	103				
	231	1	231				
VIII P 250	456	10	46	157 200 361	24	6,7	26,05
	400	5	80				
	352	3	118				
	264	1	264				

a IV P 310 típusú elemet, ill. telepet jelölték ki. A továbbiakban a fejlesztési tevékenységet e típus kapcsán mutatjuk be. A munkát három csoportban célszerű áttekinteni:

a) inaktív alkatrészek, ennek összetevői:

- az elem edényének és fedelének polipropilénnel történő kiváltása;
- az edény lezárása tükörhegesztéssel;
- új záródugó kidolgozása;
- acélszerkezetes teleptartó kidolgozása;

b) a villamos vezető alkatrészek:

- az elektródok villamos vezetőinek optimalizálása egyenszilárdságú méretezéssel;
- rácsöntőszerszámok tervezése a méretezés alapján a negatív elektródhoz, szerszámkészítés, kísérleti gyártás;
- pólusok méretezése, szerszámtervezés és kivitelezés, kísérleti gyártás;

13-2. táblázat

P 310 típusorozat

Elemek

Típusjel	Kapa- citás	Kisütés		Az elem kül- méretei, mm $H \pm 5$ SZ M	Kb. elem- súlysav nélkül, kg	Feltöltéshez szükséges sav kb. súlya (1,24 kg/dm ³), kg	Energia- sűrűség 5 órás üzemben, $\frac{Wh}{kg}$
		óra alatt	A				
III P 310	219	10	22	65 198 429	12	3,3	25,49
	195	5	39				
	171	3	57				
	126	1	126				
IV P 310	292	10	29	83 198 429	15	4,2	27,08
	260	5	52				
	228	3	76				
	168	1	168				
V P 310	365	10	36	101 198 429	18,5	5,2	27,43
	325	5	65				
	285	3	95				
	210	1	210				

- póluscavarok méretezése, tervezése és gyártása;
- cellaösszekötők tervezése és gyártása a telepek részére;
- pozitív elektródok áramgyűjtőjének tervezése, fröccsöntő szerszám tervezése, kivitelezése és kísérleti gyártása.

c) a pozitív elektród:

- a pozitív elektród optimalizálása;
- a pozitív elektród aktív anyagának továbbfejlesztése;
- a műanyag szövettáska tervezése, méretezése, kísérleti gyártása.

2. Az inaktív alkatrészek fejlesztése

A hazánkban jelenleg sorozatban gyártott vontatási ólomakkumulátorokat keménygumi edénybe építik be. A fedél szintén keménygumi, amely az edényhez oldható kötéssel csatlakozik. Ez a gyakorlat a kent lemezes vontatási ólomakkumulátorok időszakában alakult ki. A kent pozitív lemezekről az üzem során a pozitív aktív anyag a töltési és kisütési állapotban jelentkező térfogatváltozások miatt a rács-szerkezettől elválik és lehullik, ami azt okozza, hogy a pozitív lemez rövidebb idő alatt használódik el. Ilyen körülmények közt gazdaságosnak bizonyult a pozitív elektród cseréje, mivel a negatív elektród állapota még lehetővé tette a javítási művelet utáni üzemet, amihez viszont szükséges volt a fedél oldható csatlakoztatása. A műanyag szövettáska alkalmazása durván megkészezte a pozitív elektród élettartamát, és mivel a pozitív és negatív elektród közelítőleg egyszerre használódik el, szükségtelen a javítás. Ezek folytán a járművontatási telepek edényzetére is gazdaságos és célszerű lett a műanyag alkalmazása.

Az utóbbi években megfigyelhető, hogy az élenjáró akkumulátorgyártó cégek

mind szélesebb körben áttérnek a polipropilén kopolimerekből fröccsöntéssel előállított akkumulátoredényzet alkalmazására. A keménygumiból készült robusztus edény helyett a polipropilén edény alkalmazása jelentős súlycsökkentésre vezet, és azonos edénykülméreték mellett a hasznos térfogat jelentősen megnövekszik [5]. A polipropilént savállósága, kis fajsúlya és kis (3..4 mm) falvastagság esetén is kiváló mechanikai tulajdonsága teszi különösen alkalmasra erre a célra. További előnye, hogy az edény zárása – a korábbi laza fedélrendszer helyett – megoldható az edény és a fedél tükörhegesztésével, ami azon túlmenően, hogy nagy termelékenyséű, automatizálható művelet, és biztonságos lezárást tesz lehetővé.

Fejlesztésünk során az olasz ACCUMA cég polipropilén edényfedelét találtuk alkalmasnak, mivel ez tükörhegeszthető fedélkonstrukció. Intézetünkben kidolgoztuk a tükörhegesztéses lezárás technológiáját is [5]. Megoldásunk perspektívát ígér abból a szempontból is, hogy a polipropilén kopolimer előállítására, ilyen célú felhasználásra hazai lehetőség kínálkozik, fröccsöntésében pedig pl. a VSZM jelentős tapasztalatokkal és gépi berendezésekkel rendelkezik.

Az akkumulátor záródugójának fontos rendeltetése az, hogy a töltéskor képződő gáz által kiragadott, kénsavat tartalmazó folyadékcspepeket visszatartsa, megakadályozva a savnak a környezetbe jutását. Munkánk eredményeként olyan záródugót fejlesztettünk ki, amely ezt a feladatot jól teljesíti: a megoldás módja jelenleg szabadalmaztatási eljárás alatt van.

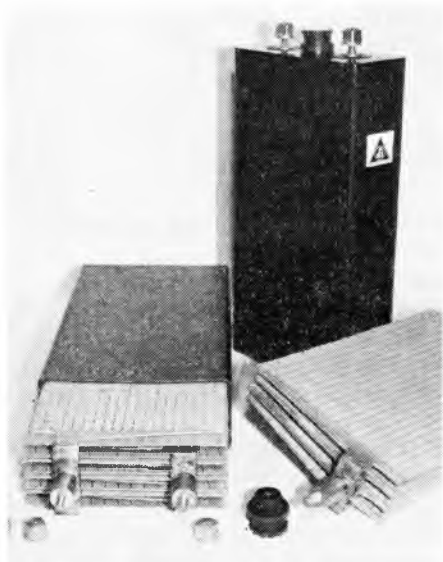
Az akkumulátorelemeket felhasználáskor teleptartó edényzetbe helyezik el. Az eddig alkalmazott fa teleptartók korszerűtlenné váltak elsősorban áruk és nagy térfogatigényük miatt. Kiváltásukra olyan hegesztett, lemezből készült teleptartót fejlesztettünk ki, amelyet korrózióvédő bevonat véd a savas környezet károsító hatásától.

3. Az aktív alkatrészek fejlesztése

Fontos gazdasági szempont az ólomakkumulátorok gyártásánál, hogy azonos teljesítőképesség mellett egy-egy cellába a lehető legkevesebb ólom és ólomvegyület legyen beépítve. A felhasznált anyagok importból származnak, s áruk gyakorlatilag folytonosan növekszik. A beépítendő ólom és ólomvegyületek mennyiségének csökkentése lehetőségét két irányból közelítettük: a rácsok méretezésére nézve optimalizációs számításokat végeztünk és az aktív massa összetételének alkalmas megválasztásával azonos masszasúlyra vonatkoztatva jobb hatásfokot értünk el.

A rácsok méretezése során az optimalizációs számításokat azzal a feltételezéssel végeztük, hogy a rács bármely ólomszálának keresztmetszetében folyó áram hatására fellépő veszteség állandó legyen. Ez a feltétel részletes vizsgálataink szerint csak a függőleges szálak esetében teljesíthető. A vízszintes ólomszálak esetén mechanikai okokból túlméretezés szükséges, mivel a vízszintes szálaknak az áramvezetés mellett fő funkciója a masszának a rácsszerkezetben történő rögzítése. Az e feltételezés mellett kidolgozott rácsgeometria a közel homogén árameloszlást és aktívanyag-kihasználást szolgálja azon túlmenően, hogy a veszteségeket is minimalizálja.

Az optimalizációs számítások kiterjesztettük az elemen belüli egyéb villamos vezető alkatrészekre is, így a póluskivezetőre, hídra, póluscsavarra és a telepen belüli cella-összekötőkre is. A számítások alapján készítettük el a rácsok és egyéb áramvezető alkatrészek terveit. A rácsszerszámok kivitelezésében és próbaüzemeltetésében, továbbá a negatív feles és egész rácsok kenésében jelentős konkrét segítséget nyújtott az Akkumulátor- és Szárazelemgyár. Ennek fontosságát hangsúlyozni kívánjuk, mivel



13-1. ábra. A VKI-ban kifejlesztett új konstrukciójú polipropilénházas IV P 310 típusú műanyag szövetáskás járművontató elem

ipari bevezetésre tervezett termékről lévén szó, nagy jelentőségű a tömeggyártási követelmények kielégítése szempontjából az a körülmény, hogy a leendő gyártó a fejlesztési tevékenység aktív résztvevője.

A 13-1. ábra fényképfelvételén bemutatjuk az új konstrukció szerinti IV P 310 típusú termék mintapéldányát. A fényképen látható az edényből kihúzott pólskötő, amelyen megfigyelhetők a rácsok méretezett felső áramgyűjtője, a hidalások és a pólskivezetők. A 13-3. táblázatban összefoglaljuk a hagyományos sorozatgyártásban levő termék és a fejlesztett VKI konstrukció legfőbb alkatrészeinek tömegadatait. A fényképfelvételen is látható, hogy a pozitív elektród 21 csöves a sorozatgyártásban levő termék 19 csöves csőkötege helyett. Ennek természetes velejárója a csőátmérő csökkentése, tehát a centrikusan elhelyezett áramvezető szállal érintkező aktív anyag rétegvastagsága is csökkent.

Általánosan fogalmazva az elektród aktív anyagának a rétegvastagsága mellett még egyéb paraméterek is meghatározzák az aktív anyag kihasználási hatásfokát [6]. A jelenleg gyártásban levő pozitív elektródoknak ez a mutatója ma 35%, 5 órás kisütési idő mellett. Ez azt jelenti, hogy a pozitív elektródban levő PbO_2 aktív anyag 35%-át tudjuk hasznosítani 5 órás kisütési idő mellett. A 13-3. táblázat szerinti közel 10% aktívanyag-csökkentés a

13-3. táblázat

IV P 310 típusú termék adatai

Alkatrész	Sorozatgyártási adatok (AKKU), g	Fejlesztett termék adatai (VKI), kg	Súlycsökkentés, %
+ rács	555	519	6,5
— 1/2 rács	306	250	18,3
— 1/1 rács	470	463	1,5
+ aktív anyag (keverék)	3 088	2 800	9,3
+ aktív anyag (szulfatált)	3 260	2 980	8,5
— aktív anyag	3 340	2 930	12,3
áramvezető ólom ötvözet	4 910	4 400	10,4
edény + szeparátor (egyéb inaktív alkatrész össz.)	3 350	1 630	51,3
+ elektród pólus (4 db szerelt elektród)	5 988	5 468	8,7
— elektród pólus (3 db 1/1 + 2 db 1/2 szerelt)	5 760	5 070	12,0
Szerelt elem sav nélkül	15 150	11 950	21,12
Kénsav	2 850	3 550	—24,5
Szerelt elem üzemenkészen	18 000	15 500	13,9

megváltozott elektródgeometria mellett a következő javított tényezők útján tudja biztosítani a kívánt névleges 260 Ah kapacitást [7]:

- módosított, ill. növelt elektródporozitás;
- az elektrolit mennyiségének növelése;
- az egyedi elektródok elektrolittal történő ellátásának javítása módosított geometriájú szeparátorokkal.

Az elektródok porozitását inaktív adalékanyagokkal változtattuk meg. Mivel az adalékanyagok nem vesznek részt az elektrokémiai reakcióban, ez a porozitás kisütés alatti változásának mértékét is csökkenti. Az aktív anyag előállítására kidolgozott módszerünk szabadalmaztatási eljárása folyamatban van. Az elektrolit mennyiségét a 13-3. táblázat szerint durván 25%-kal növeltük. (Ez az egyetlen növelt komponens az új konstrukcióban). Kedvező hatásának okai nyilvánvalók, mivel az elektrolit az ólomakkumulátorok töltéstermelő elektródfolyamatainak aktív részvevője [4], [8].

Az üzem közben elhasználódó kénsav pótlását az elem edényezetének egyéb tartományaiból a szeparátor speciális bordaszerkezete segíti elő. Az általunk választott szeparátor DARAC gyártmányú, pórusos fenolformaldehid gyanta, poliészter szövettel erősítve. A szeparátorok átlagos pórusmérete $0,5 \mu\text{m}$. A szeparátor felületi ellenállása (ellenállás-növekmény $1,28 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű kénsavas elektrolitban mérve) $0,16 \Omega\text{cm}^2$. Mindezek együttes hatásaként a névleges kapacitásra vetítve az aktív anyag kihasználási mutatóját 38,5%-ra növeltük. Megjegyezzük azonban, hogy az ábrán bemutatott elemek 5 órás kisütésnél a névleges 260 Ah kapacitással szemben 5...10%-kal magasabb értéket teljesítenek.

A pozitív elektród kifejlesztett új konstrukciójához tervezett műanyag szövet-táskák a Pamutnyomóipari Vállalat közreműködésével készültek.

Az új típus energiasűrűsége a MEEI-nél elvégzett vizsgálatok szerint 34...35 Wh/kg, 5 órás kisütési üzemben. Az $I = 260 \text{ A}$ nehézüzemi vizsgálóárammal történő ún. gyorskisülési képességvizsgálatok során a kisütési idők a szabványtervezetekben rögzített 30 min kisütési idővel szemben 37...48 min tartományba esnek. Energiasűrűség tekintetében a vezető nyugat-európai cégek azonos célú termékeinek paramétereit a kifejlesztett típus meghaladja, gyorskisülési képesség tekintetében közel azonos értéket szolgáltat.

4. Az eredmények áttekintése

A VKI szakembergárdájú a hazai vontatási célú műanyag szövet-táskás pozitív elektródú gyártmánycsalád fejlesztése során a vezértípusként rögzített IV P 310 típusú elemen elvégzett konstrukciós és technológiai fejlesztés eredményeként laboratóriumi szinten új terméket dolgozott ki. Ennek legfőbb jellemzői a növelt teljesítmény és energiasűrűség, valamint korszerű polipropilén edényzet, tűkörhegesztési technológiával elvégzett megbízható zárással.

A fejlesztési munka reprezentálásaként elkészített targoncavontató telep üzemi körülmények között kiválólló harmadik cégnél folyamatosan üzemel. Az egyedi elemek szabvány szerinti ellenőrzése folyik. E tapasztalatok és természetesen a VKI-nál folyó laboratóriumi ellenőrző vizsgálatok eredményeit figyelembe véve napjaink legfőbb feladatai a konstrukció tömeggyártásra való adaptálása és az eredmények kiterjesztése a teljes gyártmánycsaládra. Az eddigi tapasztalatok és eredmények reális alapul szolgálnak ahhoz, hogy a VKI fejlesztési eredményeinek ipari bevezetése révén korszerű, európai színvonalú termék álljon rendelkezésre a népgazdaság legkülönbözőbb felhasználási területein.

Irodalom

- [1] *Csorba L.*: Az akkumulátorgyár kutatási munkája és távlati feladatai. Elektrotechnika. 61. évf. (1968) **3.** 102–107. old.
- [2] *Sényei K.*: Savas akkumulátor gyártmányok fejlődése és felhasználási területei. Elektrotechnika. 61. évf. (1968) **3.** 85...93. old.
- [3] *Csorba L.*–*Tabajdi M.*: Savas páncélakkumulátorok fejlesztése az elmúlt tíz évben. VBKM Közlemények. **5.** (1977) 83...86. old.
- [4] *Horváth P.*–*Sors L.*: Kémiai áramforrások és alkalmazásaik. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1978.
- [5] *Sors L.*–*Horváth P.*–*Talpai J.*–*Kulcsár S.*: Műanyagok alkalmazása kémiai áramforrások gyártásában. VKI Közleményei **8.** Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1982.
- [6] *Horváth P.*–*Kulcsár S.*: Potenciáeloszlás pórusos elektródokban. VKI Közleményei **8.** Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1982.
- [7] *Horváth P.*: Pórusos elektródok töltéstermelési folyamatai, különös tekintettel az ólomakkumulátor elektródfolyamataira. Kandidátusi értekezés. 1980.
- [8] *Hampson, N. A.*–*Lakeman, J. B.*: The electrochemistry of the porous lead electrode in sulphuric acid. J. of Power Sources. **6.** (1981) p. 101...120.

FELVEZETŐ-,
VILLAMOS
ÉS HŐTECHNOLÓGIÁK

14.

Új típusú aktív és passzív szívókötések alkalmazása korrózióvédelmi készülékekben

SZTRÓKAY ISTVÁN – VECSEY ZOLTÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

Azokban a városokban, ahol egyenáramú villamos vontatás van – villamos, HÉV, metró –, a gázszolgáltatás acélcső vezetékein a kóboráramos korrózió jelentős károkat okoz. A Fővárosi Gázművek megbízásából szívókötéses aktív és passzív korrózióvédelmi berendezéseket fejlesztettünk ki, amelyeket a Gázművek a korrózióvédelmi rendszerében alkalmaz. A fővárosban jelenleg 2300 km hosszúságú acélcső gázvezeték létesült, ennek korrózióvédelme két szempontból jelentős. A vezetékhalózat óriási anyagi értéke, valamint az élet- és vagyonbiztonság. Ismertetjük berendezéseink elvi működését, konstrukciós felépítését és az üzemeltetés eredményeit. Beszámolunk még a készülékekhez fejlesztett szerelvényekről is.

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНОЙ И ПАССИВНОЙ ОТСАСЫВАЮЩИХ ЗАЩИТ В АППАРАТУРАХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ

3. Вечей—И. Строчаки

Резюме

В городах, в которых имеются системы электротяги по постоянному току (трамвай, пригородные поезда, метро), из-за блуждающих токов наблюдаются значительные коррозионные ущербы стальных проводов газоснабжения. По заказу Столичного объединения газоснабжения в институте разработаны активные и пассивные аппаратуры для защиты от коррозии с применением отсасывающих защит. Эти аппаратуры используются Объединением в системе защиты от коррозии. В столице в настоящее время сооружены стальные газопроводы с общей длиной 2.300 км, защита от коррозии которых имеет большое значение с точки зрения огромной стоимости проводной сети и безопасности. Излагаются принципиальная работа, конструкционное построение и результаты эксплуатации наших установок. Указываются также детали разработанных к устройству трубопроводов.

ANWENDUNG VON AKTIVEN UND PASSIVEN DRAINAGEVERBINDUNGEN NEUEREN TYPEN IN KORROSIONSSCHUTZGERÄTEN

Z. Vecsey – I. Sztrókay

Zusammenfassung

In denjenigen Städten, in denen ein Gleichstrom-Zugbetrieb existiert – Straßenbahn, Vorort-S-Bahn, U-Bahn – werden in den Stahlrohrleitungen der Gasversorgung von den Kriechströmen bedeutende Schäden verursacht. Im Auftrag der Hauptstädtischen Gaswerke haben wir aktive und passive Korrosionsschutzeinrichtungen Drainageverbindungen entwickelt, die von den Gaswerken in seinem Korrosionsschutz-System eingesetzt werden. In der Hauptstadt sind momentan Stahlrohr-Gasleitungen

in einer Länge von 2300 km verlegt. Der Korrosionsschutz dieser Leitungen ist aus zwei Aspekten wichtig: der enorme materielle Wert des Leitungsnetzes, sowie die Lebens- und Vermögenssicherheit. Es werden die prinzipielle Funktion, der Konstruktionsaufbau und die Betriebsergebnisse unserer Einrichtungen erörtert. Es wird auch über diejenigen Armaturen berichtet, die für die Geräte entwickelt worden sind.

APPLICATION OF NOVEL ACTIVE AND PASSIVE ELECTRIC DRAINAGE IN CORROSION PROTECTION APPARATUS

By Z. Vecsey – I. Sztrókey

Summary

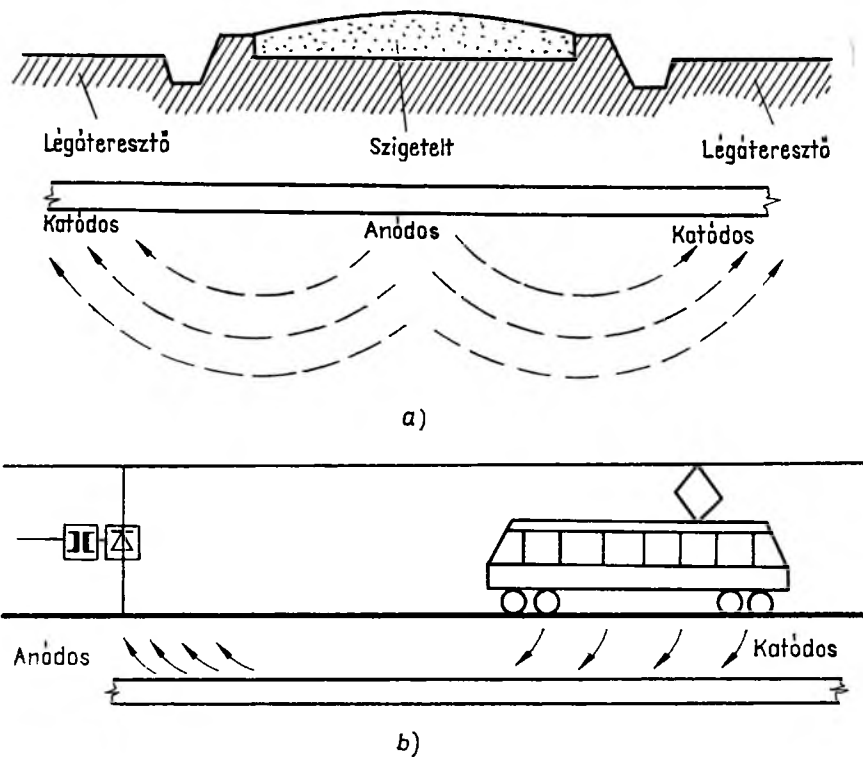
In towns where DC electric traction is employed (tramway, suburban railroad and underground railway lines), considerable damages are caused in the steel gas pipelines by leakage-current corrosion. Commissioned by the Municipal Gas Works, the authors have developed active and passive corrosion protection equipment with electric drainage which are used by the Gas Works in its corrosion protection system. In Budapest, at the present time 2300 km of gas steel pipelines is in use, the protection of which against corrosion is significant from two points of view – the immense property value involved and the safety of human life and property. The paper describes the principles of operation, design details of the equipment and the results of their use. Furthermore, a description is given of accessory fittings developed for the apparatus.

1. Bevezetés

A városi közművek földbe fektetett, acél csővezetékeit érő korróziós károsodásokat a következő tényezők okozhatják: a talaj különböző nedvesség- és levegőtartalma, különböző lúgos és savas összetétele, a különböző ásványi és szerves anyagok, a talaj különböző szemcsézettsége, boritottsága és vezetőképessége, a földbe fektetett acélcsövek különböző fajtája, szerkezete és hőmérséklete, azok az egyenáramok, amelyek a talajt mint visszavezető közeget használják fel, valamint a csővezetékek szigetelésén levő hiányosságok. Korrózió esetében a fémekben levő semleges atomok a fémmel érintkező elektrolitban átalakulnak pozitív töltésű ionokká. A fémek elektrokémiai és elektrolitikus elbontásához mindig potenciálkülönbségre van szükség, amely a töltésvándorlást létrehozza [1]. Vas esetében az áram erőssége és a tömegcsökkenés közti összefüggés a Faraday-féle állandóval jó közelítéssel leírható $10 \text{ A/m}^2\text{-ig}$. A korrózió sebességét az áramsűrűséggel (A/m^2) és az évente elbontott anyagmennyiséggel (Ah/g) jellemzik [3]. A korrózió elleni aktív védekezés célja tehát az, hogy a korróziós folyamat sebességét minél kisebb értékre lehessen csökkenteni.

2. Az aktív korrózióvédelem alapjai

A talajba fektetett acélcsövek esetében a csövet a környezetében lévő talajhoz viszonyítva olyan negatív potenciálon kell tartani, hogy a csőfelszínről pozitív fémionok a vele érintkező elektrolitba ne lépjenek át. Ennek a katódos polarizációnak vasra vonatkoztatott elfogadott értéke – amely a csővezeték felszínén lejátszódó korróziós folyamat sebességét minimálisra csökkenti – 850 mV , a talajba fektetett, nem polarizálódó, állandó feszültségű Cu/CuSo_4 referens elektródhoz viszonyítva. Az igaz, hogy a korrózió sebessége ebben az esetben sem csökken nullára, de értéke műszakilag elhanyagolható [1], [3].



14-1. ábra. Alapvető korróziós folyamatok
 a) elektrokémiai (galvanikus talaj)korrózió; b) elektrolitikus (kóboráram)korrózió

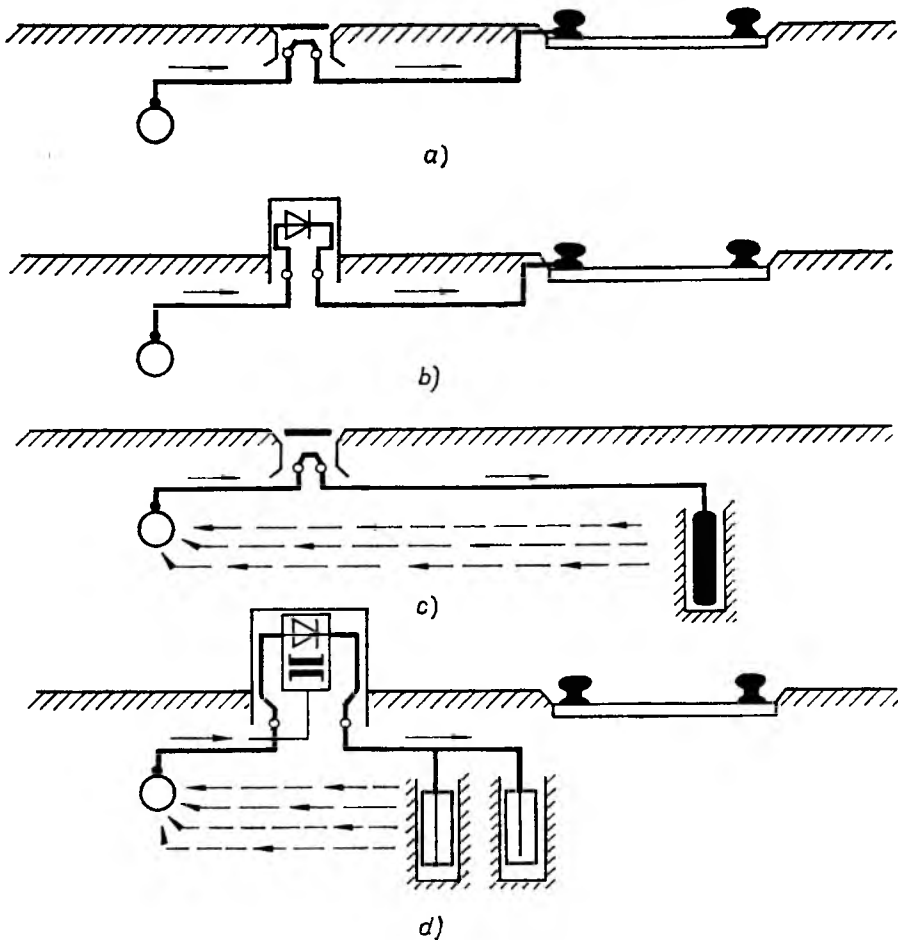
A talajba fektetett acél csővezetékeket károsító korróziós folyamatok összetettek, ezek taglalására itt nincs lehetőség. Elegendő annyi, hogy a kétféle alapvető korróziós folyamat – az elektrokémiai és az elektrolitikus (14-1. ábra) – általában összetetten jelentkeznek. A védőmegoldások közül mindegyiknek az a célja, hogy a csővezeték az említett – a korróziós folyamat sebességét minimálisra csökkentő – potenciálon tartsa [2].

3. A fejlesztés során megvalósuló berendezések

A Fővárosi Gázművek megbízásából korrózióvédelmi berendezések fejlesztését kezdtük meg 1979-ben. Az alapvető védőrendszerek (14-2. ábra) közül a passzív szívókötéseket, valamint az aktív szívókötés városi körülményekhez alkalmazkodó változatának fejlesztését végezzük.

3.1 Passzív polarizált szívókötés

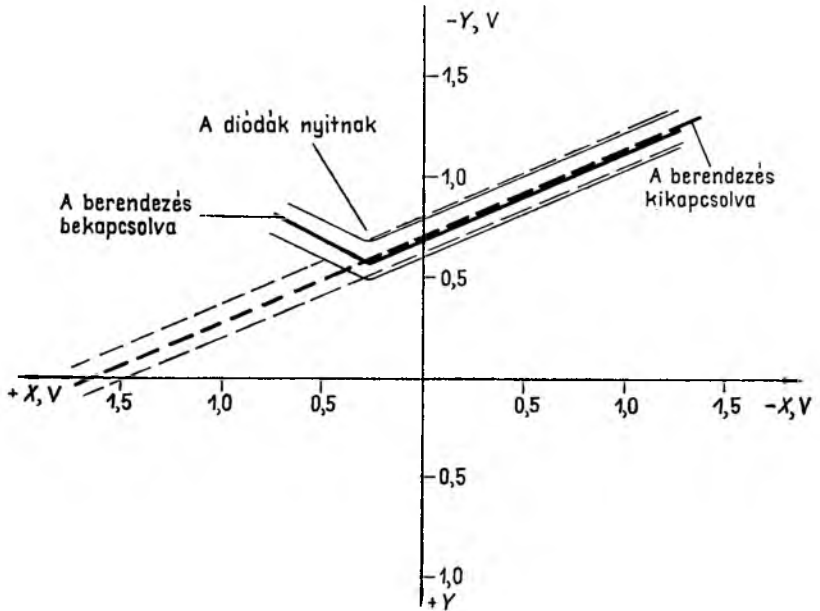
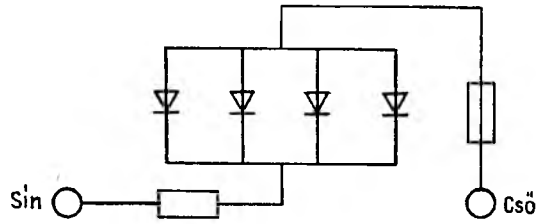
Az egyenáramú vontatás sínhálózatával (villamos, HÉV, metró) párhuzamosan fektetett acélcsövek – ez a fektetési mód ritkán kerülhető el – a negatív potenciálon levő sínzállból kilépő kóboráram számára a visszavezetés egyik lehetőségét nyújtják.



14-2. ábra. Alapvető korrózióvédelmi berendezések

a) egyszerű passzív szívókötés; b) polarizált passzív szívókötés; c) galvánánódos passzív szívókötés;
d) fogyóanódos aktív szívókötés

A sínhálózatot keresztező csővezetékek a keresztezés környezetében ugyancsak részt vesznek a visszavezetésben. A visszavezetés a csőről a sínbe ott történik, ahol a csővezeték szigetelésén sérülés van. Ezekon a helyeken korróziós folyamat játszódik le. Ha az áramvissavezetés számára galvanikus összeköttetést biztosítunk, akkor a csőről a sínre a kóboráram köre ezeken a helyeken fog záródni, nem a sérült szigetelési pontokon. Ez a szívókötés. A visszavezetésnél biztosítani kell az egyirányúságot, ezért a szívókötésbe diódát iktatunk be. Berendezésünkben Schottky-diódákat alkalmaztunk, amelyeknek 300 mV-os nyitóirányú feszültsége lehetővé teszi – a más technológiával készült diódák 0,8...1,2 V-os nyitóirányú feszültségével ellentétben –, hogy már a cső–sín közötti 300 mV-os feszültségkülönbségnél megtörténjék a kóboráram visszavezetése. Passzív polarizált szívókötések esetében ez lényeges szempont, mert cső–sín feszültség 1,0 V alatti tartományában a kóboráram erőssége a több száz ampert is elérheti. A diódák hűtésére hőcsöves hűtést alkalmaztunk.



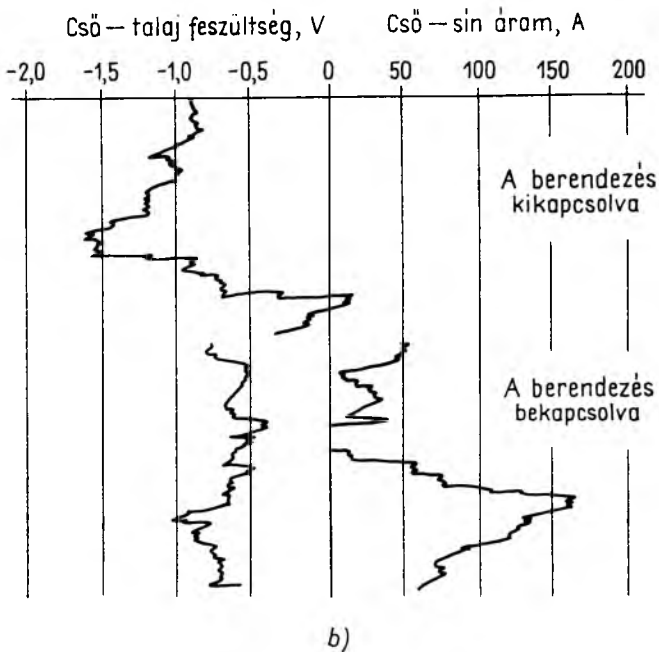
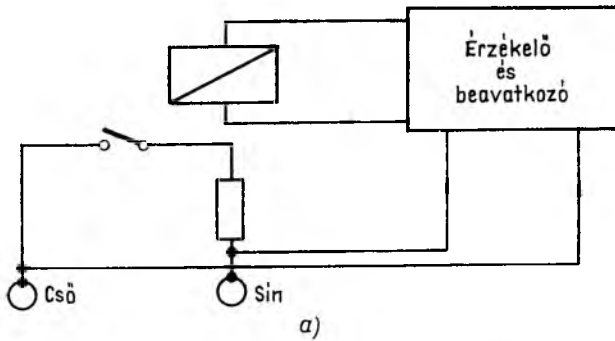
14-3. ábra. Passzív polarizált szívkötés

a) kapcsolás; b) koordinátatér-mérés

X cső-sín feszültség, V ; Y cső-talaj feszültség, V

A kísérleti berendezésről működés közben felvett mérési eredmények a védőhatás eredményességét igazolják (14-3. ábra).

A passzív polarizált szívkötés egyik változata az elektronikus vezérlésű kapcsolós berendezés (14-4a ábra). Itt a cső-sín között a galvanikus kapcsolatot egy elektromechanikus vagy higanykapcsoló hozza létre. A kapcsolóelem mindaddig nyitva van (nincs cső-sín összeköttetés), míg a cső-sín közti feszültségkülönbség 50 mV-nál nem nagyobb. Ha a feszültségkülönbség ezt az értéket meghaladja, a kapcsoló zár, az áramvisszavezetés létrejön. A kapcsoló mindaddig zárva van, míg a feszültségkülönbség több, mint 50 mV, vagy a sín pozitívabb nem lesz a csőnél. Ebben az esetben, amikor nulla a feszültségkülönbség (vagyis nullaátmenetkor) a kapcsoló kinyit és megszakítja a cső-sín kapcsolatot. A berendezést olyan körülmények esetében alkalmazzák, ahol már 100 mV-os cső-sín feszültségkülönbség esetén is jelentős kóboráram folyik



14-4. ábra. Passzív kapcsolós szívókötés
a) kapcsolás; b) mérési regisztrátum

a csőről a sínbe, és a cső percnként akár 20...40-szer is át-polarizálódik. A berendezés érzékelőegységének állíthatósága lehetővé teszi a következőket:

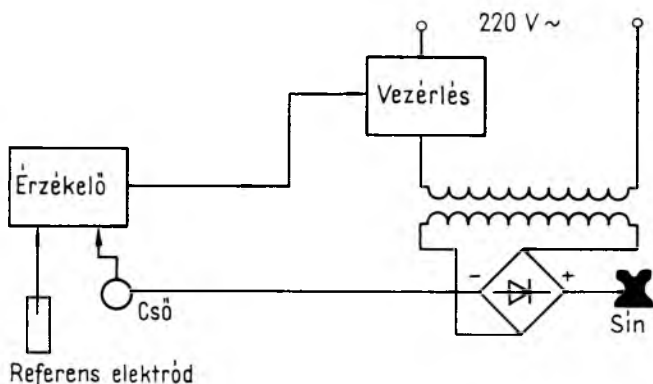
- a sínről a csőre pozitív polaritású feszültség nem juthat,
- a cső-sín között a polaritáscsere sebességének megfelelően az érzékelő bemenet késleltetése állítható,
- a bekapcsolási szint állítható.

Ezek a szolgáltatások az eddig használt ilyen típusú berendezésekhez képest többletet jelentenek. A kísérleti berendezés két változatban készült, hálózati és akkumulátoros energiaellátással. A működő berendezésekről készült mérési eredmények a 14-4b ábrán láthatók.

3.2 Aktív szivókötés

Aktív szivókötés alkalmazására akkor kerül sor, amikor passzív szivókötéssel már nem biztosítható az, hogy a csővezeték potenciálszintje a korrózió sebességét minimálisra csökkentő szinten legyen. Városi közműhálózatok esetében rendszerint nem oldható meg, hogy az aktív szivókötések számára fogyóanódokat telepítsünk a csővezetékek környezetébe. A veszélyeztetett csővezeték környezetében általában ott van az egyenáramú vontatás sínhálózata. Jól tervezett aktív szivókötéssel a sínhálózat mint anód alkalmazható.

A berendezések Cu/CuSO_4 referens elektródhoz viszonyítva mérik a csőpotenciált. Általában -850 mV potenciálértéket állítanak be, mint megfelelően védett csőpotenciált. Ha ettől a tűrési határokon belül eltérés mutatkozik, a cső–sín áramkörbe egyenáramot vezetnek, ezzel állítják helyre a kívánt feszültség szintet. A betáplált egyenáram polaritása: cső negatív, sín pozitív.



14-5. ábra. Aktív szivókötés kapcsolása

Az eddig használt berendezések konstrukciós megoldása kétféle:

- Állítható periódusidő alatt a cső- és a talaj feszültségviszonyaitól függő feszültségű és erősségű egyenáramot bocsátunk a cső–anód áramkörbe. Amennyiben a szünetidő alatt a csőbe táplált energia már nem elegendő a kívánt csőpotenciál tartására, egy periódusidőre az egyenáramot ismét a cső–anód áramkörbe kapcsoljuk. Az ismétlési periódus és szünetidő állításával egyensúlyi helyzet alakul ki, amikor is mindig csak a szükséges mennyiségű „védőenergiát” kell a csőbe betáplálni.
- A cső–sín áramkörbe annyi egyenáramot táplálunk be, amennyivel folyamatosan tudjuk biztosítani a kívánt csőpotenciált. Ha a csőről a sínbe kóboráram folyik, ennek hatását a berendezés figyelembe veszi, és kevesebb külső energiát használ fel védelmi célra. A cső, sín és a környezetében lévő talaj villamos szempontból impedanciának tekinthető, amely rezisztív és kapacitív összetevőket tartalmaz. Az első konstrukciós megoldás a kapacitív összetevőt veszi figyelembe. A második folyamatos üzemű, külső energiaigénye nagyobb. Fejlesztési munkánk jelen stádiumában olyan kísérleti berendezés létrehozását tűztük ki célul, amelyik az eddigi ismert kétfajta konstrukciós megoldás

előnyeit egyesíti. Az impulzus üzemmód és a kóboráram-visszavezetés védőhatásának kihasználása lehetséges, és kevésbé energiaigényes védőberendezés kifejlesztését teszi lehetővé.

Irodalom

- [1] *Baeckmann, W. G.*: Strombedarf, Potentialverteilung und Schutzbereich bei kathodischem Korrosionsschutz von Rohrleitungen. Mitt. DVGW Fachauschuss. Verlag Oldenbourg, München, 1964.
- [2] *Müller, H. K.*: Kathodischer korrosionsschutz für Kabel in Stahlrohr. Falten & Guillaume Carlswerk AG. Rundschau, 1965.
- [3] *Kriván Lajos*: A polarizáló áram hatása a talajkorróziót modellező cella működésére. Korróziós Figyelő, 1981. 1.

15.

Nagy celziántartalmú kerámiai anyagok kidolgozása villamosipari célra

OLCHVÁRY GÉZÁNÉ

ÖSSZEFOGLALÁS

A celzián kis hőátadási együtthatójával és kedvező dielektromos tulajdonságaival tűnik ki a kerámiai anyagok kategóriájában. Előnyösen alkalmazható tehát szigetelőként minden olyan esetben, amikor a villamos, elsősorban nagyfrekvenciás alkatrésztől kis csillapítás (vesztés) mellett nagy hőmérsékleti stabilitás is követelmény. A mineralógiai szerkezete szerint földpáttípusú celzián a természetben ritka ásvány, ezért kerámiaiipari felhasználásához alkotóiból mint nyersanyagból szintetizálják.

A cikk a főfázis optimális kialakításának technológiai körülményeire (pl. frittelési hőmérséklet, szemcsefinomság, adalékok hatása) és jól reprodukálható gyártási eljárás kidolgozására irányuló kutatómunkáról számol be.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С СОДЕРЖАНИЕМ ЦЕЛЗИАНА

Г. Олчвари

Резюме

Среди керамических материалов целзиан отличается малым коэффициентом теплового расширения и хорошими диэлектрическими свойствами. Его можно преимущественно применять в качестве изолятора во всех случаях, когда — наряду с обеспечением малого затухания (потери) электрических деталей (особенно ВЧ) — необходимо обеспечить и высокую температурную стабильность.

Целзиан — типа полевого шпата по минералогической структуре — в природе весьма редкий, поэтому для применения в керамической промышленности синтезируется из составных сырьевых материалов.

В статье дается отчет об исследовательской работе направленной на разработку технологических условий оптимального получения главной фазы (напр. температура фриттирования, дисперсность зерен, действие добавок) а также на разработку хорошо повторяемой методики производства.

ANSARBEITUNG VON CELSIANHALTIGEN KERAMISCHEN MATERIALEN FÜR DIE ELEKTRONIDUSTRIE

G. Olchváry

Zusammenfassung

Das Celsiusian zeichnet sich in der Kategorie der Keramikstoffe durch seinen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten und seine günstige dielektrische Eigenschaft aus. Es kann also in solchen Fällen vorteilhaft als Isoliermaterial eingesetzt werden, wenn gegenüber dem Elektro- in erster Linie Hochfrequenzteil außer der geringen Dämpfung (Verlust) auch eine hohe Temperaturstabilität als Anforderung gestellt wird.

Nach der mineralogischen Struktur ist das Celsian vom Feldspatyp, und kommt in der Natur als Mineralstoff selten vor. Zu seiner Anwendung in der Keramikindustrie wird es aus Rohstoffen synthetisch hergestellt.

In dem Artikel wird über die technologischen Umstände der optimalen Gestaltung der Hauptphase (z. B. Fritttemperatur, Korngröße, Wirkung der Zusatzstoffe) und über die Forschungsarbeit, die auf die Ausarbeitung eines gut reproduzierbaren Herstellverfahrens abzielt berichtet.

ELABORATION OF CERAMIC MATERIALS CONTAINING CELSIAN FOR THE ELECTRICAL INDUSTRY

By Mrs. G. Olchváry

Summary

Celsian excels in the category of ceramic materials with its low thermal expansion coefficient and favourable dielectric properties. Accordingly, it can be used as a variable insulant, whenever the electrical component (particularly a high-frequency one) is to have a high thermal stability as well as a low attenuation (loss).

Celsian, which is a feldspar mineral according to its mineralogical structure is rarely found in natural condition; therefore, it is synthesized from its components for use in ceramics.

The paper describes the research work aimed at establishing the technological conditions of optimum main phase setting (e.g. fritting temperature, grain fineness, effects of additives) and the development of a readily reproducible production process.

1. Bevezetés

A villamos- és híradástechnikai iparban, szigetelési célokra a kerámiai anyagok igen széles skáláját alkalmazzák, amelyeket jellemző tulajdonságaik alapján a felhasználás szabta követelmények szerint választanak meg. Előfordulnak azonban speciális esetek – főleg a nagyfrekvenciás szigeteléstechika területén – ahol az ismert és széles körben alkalmazott anyagok (pl. tömör korund, szteatit, kordierit stb.) közül egyik sem felel meg a kívánalmaknak. Ha pl. egy nagyfrekvenciás szigetelő alkatrészről egyidejűleg kis dielektromos veszteséget és nagy hőmérséklet-stabilitást (kis hőtágulást) követelünk meg, akkor erre a célra az eddigi gyakorlatban alkalmazott anyagok közül pl. a közismerten kis veszteségi tényezőjű tömör korund ($\text{tg } \delta = 6 \dots 8 \cdot 10^{-4}$) nagy hőtágulása ($\alpha_{25 \dots 100} \text{ } ^\circ\text{C} = 5 \dots 7 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$), a kis hőtágulású kordierit ($\alpha_{25 \dots 100} \text{ } ^\circ\text{C} = 1,5 \dots 2 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$) pedig nagy veszteségi tényezője miatt nem alkalmas.

A két – mondhatjuk, egymásnak ellentmondó – követelmény egyidejűleg kizárólag a báriumföldpát – celzián – alkalmazásával elégíthető ki, amely anyag kevéssé ismert és alkalmazott. Ezt az anyagot kedvező villamos és mechanikai tulajdonságai mellett kis hőtágulása ($\alpha_{25 \dots 100} \text{ } ^\circ\text{C} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$) és a kis veszteségi tényezője ($\text{tg } \delta = 4 \dots 5 \cdot 10^{-4}$) jellemzi. Nehézség viszont, hogy kerámiai nyersanyagként felhasználható formában a természetben nem fordul elő, így csak szintetikus úton, erre a célra alkalmas technológiával állítható elő.

Vállalati megbízás keretében feladatunk volt ennek az eljárásnak a kifejlesztése, és a kerámiai anyag felhasználásával a speciális alkatrészgyártás hazai megvalósítása.

2. Irodalmi áttekintés

A celziántartalmú kerámiai anyagok kevésbé ismert voltának tudható be, hogy a szakirodalomban sem találhatóak idevonatkozó publikációk. Az a néhány mű, amely a celziánnal foglalkozik, elsősorban mint ásványi anyagot tárgyalja, főleg kristályszerkezeti alapon, kiegészítve néhány kémiai és fizikai tulajdonságának ismertetésével. A celzián mineralógiai szerkezete alapján földpát típusú ásvány, összetétele $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, és az anortit ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) analógiájára bárium-anortitnak is nevezik. A természetben igen ritkán fordul elő, relatív tiszta celziánnak tekintik már azokat az anyagokat, amelyeknek $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ -tartalma eléri a 90%-ot, de ezek előfordulása sem számottevő [1]. A természetes celzián kristályszerkezete monoklin, míg a szintetikus úton, alkotóiból előállítotté hexagonális módosulatú [2], [3], [4], [5], [6]. Megállapították, hogy a hexagonális módosulat ismételt hőkezelés hatására 300 °C-on monoklinná alakul, és a módosulátváltással járó térfogatváltozás dilatometrikusan kimutatható [7].

A celzián egykristályra vonatkozóan Yosimura közöl néhány adatot, pl. összefüggést állapít meg a celziántartalom és néhány kristályoptikai tulajdonság, valamint a sűrűség között. Ez utóbbi, mérései szerint 0...100% celziántartalom között 2,6... és 3,4 g/cm³ érték között változik [7].

3. Kutatási eredmények

A nagy celziántartalmú kerámiai anyag kifejlesztésére irányuló kutatómunkánk gyakorlatilag két részre osztható. A kísérletek első fázisában a polikristályos celzián szintetikus úton történő előállítását vizsgáltuk, második lépésként pedig a nagy celziántartalmú anyag felhasználásával olyan technológiai eljárást kívántunk kidolgozni, amellyel a kívánt anyagi jellemzőjű kerámiai anyag, ill. alkatrész jól reprodukálhatóan előállítható.

3.1 Polikristályos celzián szintetikus előállítása

A celzián szintetikus előállítása két úton lehetséges. Az egyik a tiszta oxidos alkotók (Al_2O_3 , SiO_2 , BaO , ill. BaCO_3), a másik pedig agyagásványok és BaCO_3 alkalmazásával. Mindkét esetben az egyes komponenseket a celziánösszetételnek megfelelő arányban homogenizáljuk és fritteljük (hőkezeljük). Kísérleteink során mindkét úton párhuzamosan indultunk el, gyakorlatilag azonos módszert (homogenizálás körülményei, frittelés hőmérséklete stb.) követve. A celzián kialakulására az előkísérletek fázisában egyik legjellemzőbb és számunkra meghatározó fontosságú tulajdonsága, a hőtágulás alapján következtettünk. A $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ összetételnek megfelelő arányban timföldet (Al_2O_3), kvarchomokot (SiO_2) és báriumkarbonátot (BaCO_3), ill. kaolint és BaCO_3 -ot alkalmaztunk nyersanyagként. Ezeket megfelelő homogenizálás után különböző hőmérsékleten (1250 °C—1400 °C között) fritteltük, majd a frittekből őrlés után alkalmas próbatesteken meghatároztuk a hőtágulási együttható értékeit. A mérési eredmények alapján a következőket állapítottuk meg.

Tiszta oxidos alapanyagok alkalmazásával még 1400 °C-on történő frittelés esetén sem alakul ki jelentős mennyiségű celzián, amit a hőtágulási együttható nagy értéke ($\alpha_{25...100} = 4,5...5,00 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$) bizonyít. Ugyanakkor kaolin + timföld alkalmazásával biztosítva az $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ mennyiséget, a celziánképződés már 1250 °C-on jelentős, a frittelési hőmérséklet, ill. a hőtartási idő emelésével pedig tovább

növekszik. Ennek alapján további részletesebb vizsgálatunk tárgyává a kaolinnal készült összetélt tettük, majd a későbbiek során ezt választottuk kerámiai masszánk alapanyagául.

Azonos, a celzián oxidos összetételének megfelelő nyersanyagkeveréket 1250 °C, 1300 °C, 1350 °C-on egyórás hőntartással, ill. 1350 °C-on 3 órás hőntartással fritteltünk, majd megközelítően azonos szemcsefinomságra őrölve vizsgáltuk sűrűségüket, hőtágulási együtthatójukat és röntgendiffrakciós vizsgálattal minőségileg mutattuk ki a celziánnak mint főfázisnak a jelenlétét.

A celzián már 1250 °C-on történő fritteléssel is jelentős mennyiségben keletkezik, mennyisége a frittelés hőmérsékletének növelésével, valamint a frittelési idő meghosszabbításával emelkedik. Erre utal a hőtágulási együtthatók értékének változása (15-1. táblázat).

15-1. táblázat.

Különböző hőmérsékleten készült celzián frittek hőtágulási együtthatója és sűrűsége

Frittelési hőmérséklet, °C	Hőntartási idő, óra	Hőtágulási együttható, 1/°C	Sűrűség, g/cm ³
1250	1	4,3...4,6 · 10 ⁻⁶	3,30
1300	1	4,3...4,5 · 10 ⁻⁶	3,25
1350	1	4,0...4,3 · 10 ⁻⁶	3,26
1350	3	3,0...3,3 · 10 ⁻⁶	3,24

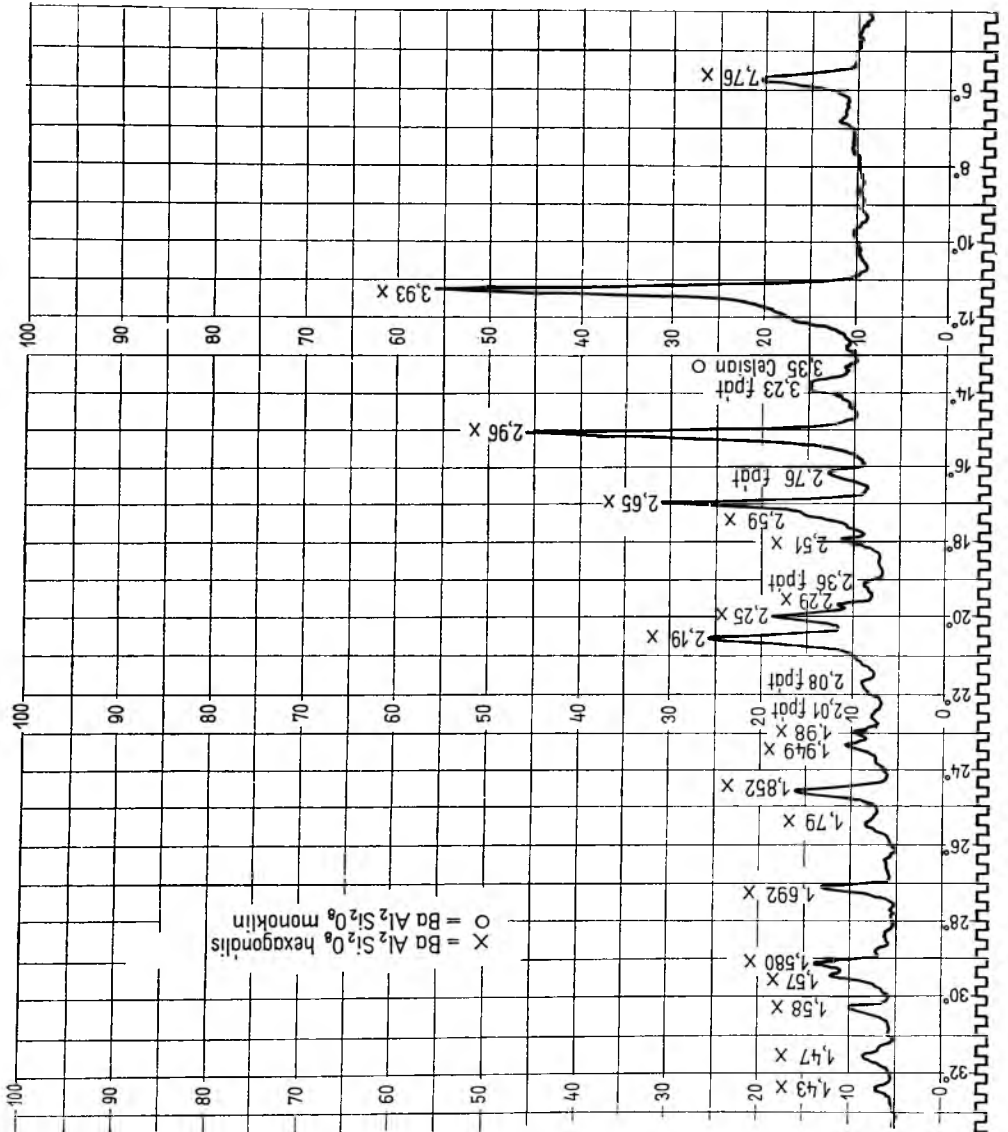
A röntgendiffrakciós vizsgálatok kisebb hőmérsékleten egyértelműen a hexagonális módosulat jelenlétét mutatják ki, igen kevés monoklinmódosulat mellett (15-1. ábra). Nagyobb hőmérsékletű, ill. hosszabb hőntartású frittelés hatására a hexagonális celziánra jellemző csúcsok intenzitása csökken, a monoklin rendszerre jellemző csúcsok pedig növekvő intenzitással jelennek meg (15-2. és 15-3. ábra).

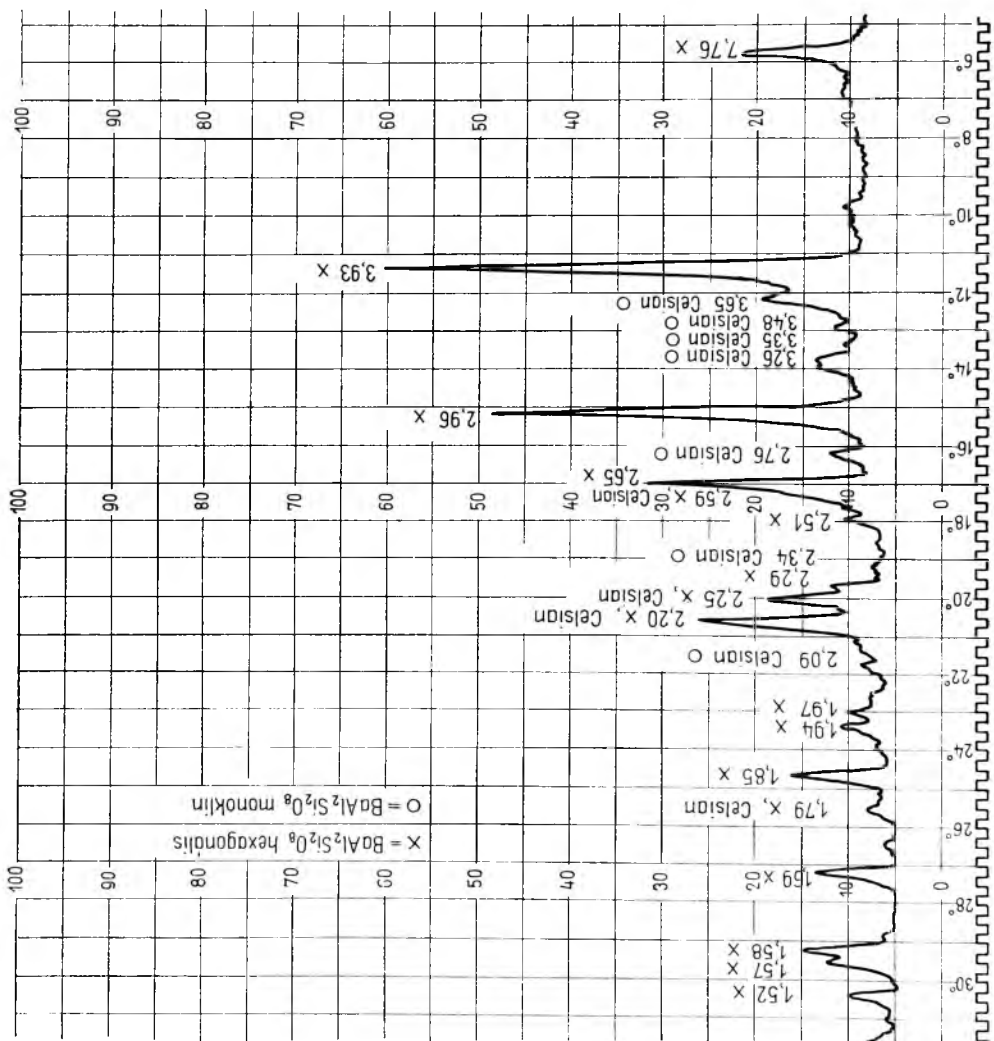
A különböző hőmérsékletű frittek sűrűségmeghatározása alapján az irodalmi adatokkal ellentétben nem tudtunk egyértelműen a celziántartalomra következtetni (15-1. táblázat). A mért, közel azonos sűrűségértékek feltehetően azzal magyarázhatók, hogy polikristályos celzián esetében a fajsúly és a celziántartalom közötti összefüggés nem olyan egyértelmű, mint egykristály esetében.

Az irodalmi adatokkal egyezően dilatometriásan kimutatható a hexagonális — monoklin módosulatváltozással járó effektus, továbbá — mint azt a későbbiekben látni fogjuk — az, hogy ismételt nagy hőmérsékletű hőkezelés és a mineralizátorként is ható adalékanyag hatására az átalakulás megtörténik. Ezt jelzi, hogy a dilatométeres felvételeken az effektus eltűnik. Meg kell azonban jegyezni, hogy a celzián kialakulásának mechanizmusa, az alkalmazott nyersanyagok minőségének befolyása a celziánképződésre, a fajsúlyanomáliák stb. vizsgálata elsősorban elméleti jelentőségű, és sokrétűsége folytán meghaladná e közlemény kereteit. A továbbiakban azonban a kérdésekkel még részletesen foglalkozni kívánunk.

15-1. ábra. 1250 °C-on 1 óras hőntartással készült celzán fritt röntgendifrakciós felvétele

Jelölés: x-hexagonális módosult celzán; o-monoklin módosult celzán

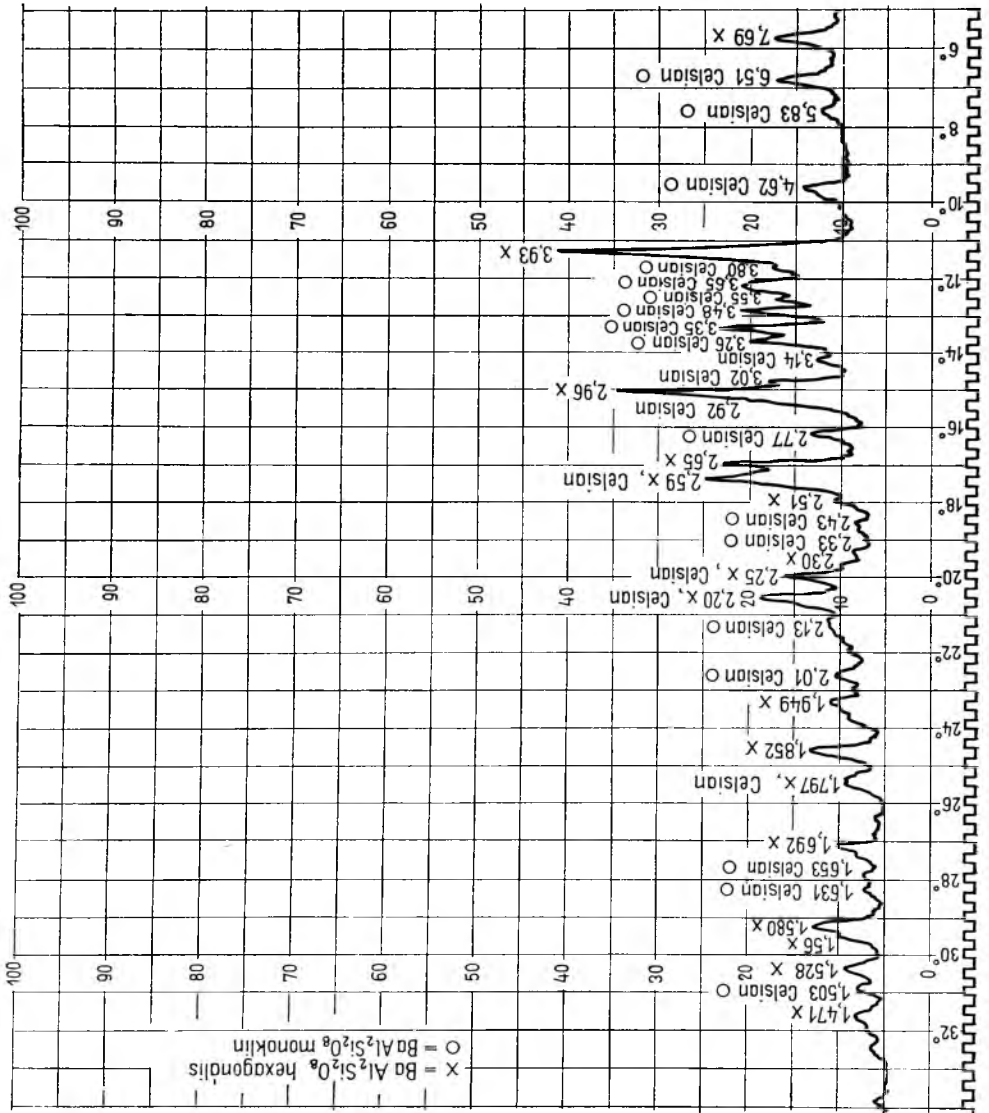




15-2. ábra. 1350 °C-on 1 óráig hő-
 tartással készült celadon fritt rönt-
 genfrakciós felvétele
 Jelölés: x-hexagonális módosultú celadon;
 o-monoklin módosultú celadon

15-3. ábra. 1350 °C-on
3 órás hőtartással készült
celzán fritt röntgen-
diffrakciós felvétele

Jelölés: x-hexagonális módosulatú
celzán ; o-monoklin módosulatú
celzán



3.2 Nagy celziántartalmú tömör kerámiai anyag előállítása

Az előző fejezetben ismertetett kísérletek, vizsgálati eredmények, valamint technológiai megfontolások alapján a kifejlesztendő kerámiai anyag alapanyagául a celziánt legnagyobb mennyiségben tartalmazó 1350 °C-on 3 órás hőntartással készült frittet alkalmaztuk. Ennek birtokában a következő feladatunk a kívánt anyagi jellemzőjű, fröccsöntésre alkalmas tömör kerámiai anyag kifejlesztése volt.

Ez a feladat a tömörödést elősegítő alkalmas adalékanyag megválasztásán kívül magában foglalta az optimális technológiai körülmények (örlési finomság, fröccsönthetőség, tömörödési hőmérséklet stb.) meghatározását is. A tömörödést elősegítő adalékanyagokat tisztán elméleti megfontolások alapján nem lehet megválasztani. A szilárdfázisú reakciók végbemenetele során lejátszódó folyamatok, ill. az ezek révén kialakuló szerkezetek, anyagi tulajdonságok követéséhez kísérletek sora szükséges. Esetünkben fontos és döntő jelentőségű volt az a szempont, hogy az adalékanyag a dielektromos tulajdonságokat ne rontsa, és tömörítő hatását már kis mennyiségben, tehát minél nagyobb celziántartalom mellett fejtsse ki.

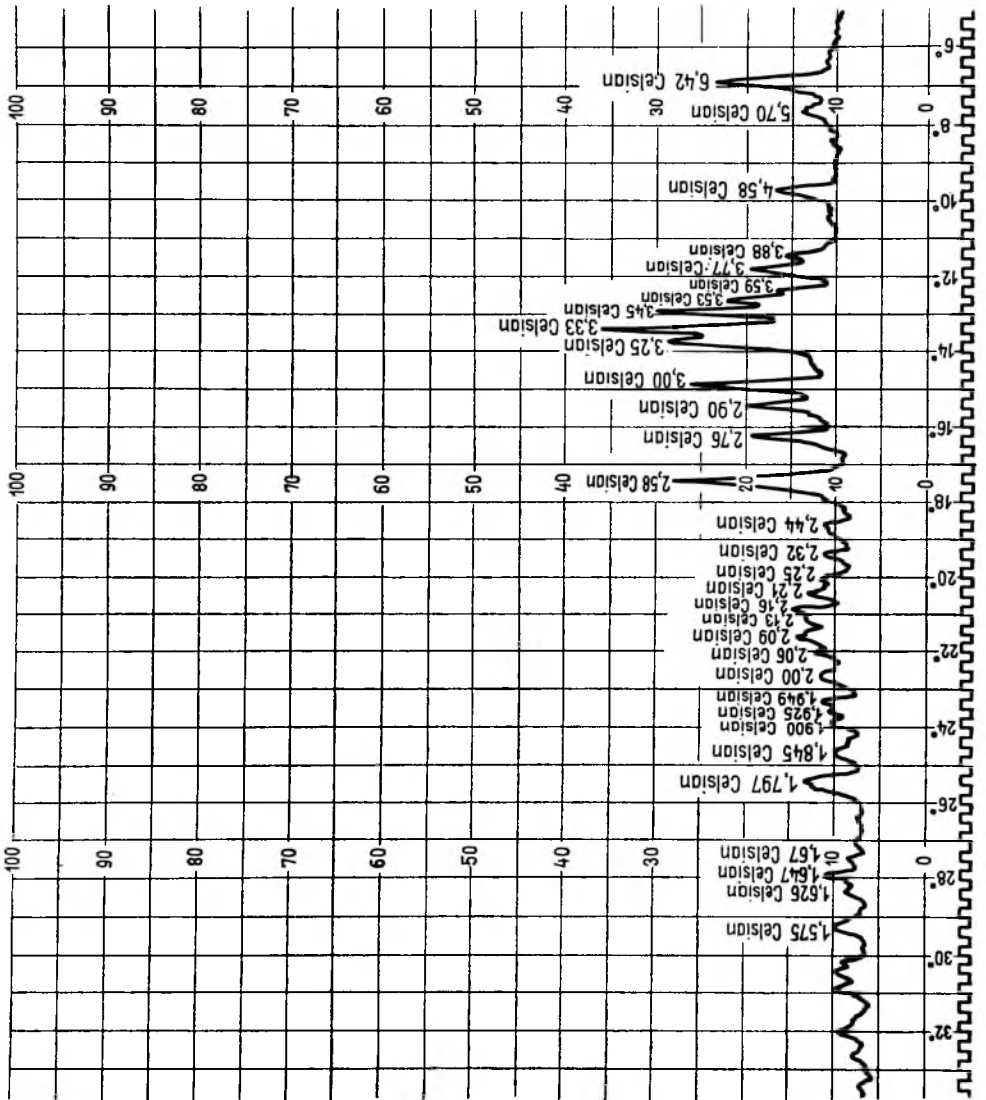
Kísérleteinkhez a számításba jövő adalékanyagok (elsősorban alkáli földfémek oxidjai és karbonátjai) egész sorát alkalmaztuk különböző mennyiségekben, hatásukat külön-külön és egymással kombináltan vizsgálva. Legjobb eredményt a CaCO_3 -tal értük el, amely már 5%-os mennyiség esetén is tömör anyagot eredményezett 1420...1440 °C égetési hőmérsékleten. Vizsgálatokkal megállapítottuk, hogy szerepe nemcsak tömörítő hatásában van, hanem az égetéskor lejátszódó szilárdfázisú reakcióban mineralizátorként is hat. Erre utal az, hogy a tömör kerámiai anyagnál mind a diffrakciós vizsgálat, mind a hőtágulási együttható értéke a celziántartalom jelentős növekedését mutatta. 1420 °C-on tömörre égetett kerámiai anyag diffrakciós felvételén a csúcsok intenzitása nagy mennyiségű és tisztán monoklin rendszerű celzián jelenlétére utal, tehát a CaCO_3 adaléknak a hexagonális-monoklin kristályalakulás végbemenetelében döntő szerepe van (15-4. ábra). Ezt bizonyítják a dilatációs méréseink is, amelyekkel kimutatható, hogy α értéke függetlenül az előzetes frittelés hőmérsékletétől, tömör anyagon mérve egyaránt $2 \dots 2,5 \cdot 10^{-6}$ 1/°C értékű 25...100 °C hőmérséklet-tartományban. Ugyanakkor a felvételeken a módosulátváltozással járó effektus már nem mutatható ki, tehát az átalakulás tökéletesen végbement (15-5. ábra). A 15-5. ábrán az egyszerűség kedvéért csak az 1350 °C-on 3 órás frit alkalmazásával készült, 5% CaCO_3 -ot tartalmazó tömör anyag dilatációs görbáját ábrázoltuk, de a többi frit alkalmazása esetén a dilatáció értéke gyakorlatilag azonos.

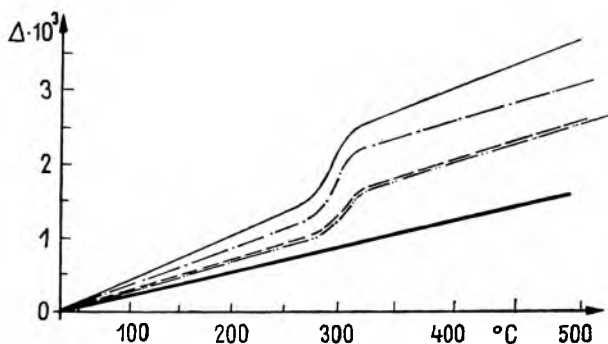
A CaCO_3 adalékanyag mennyiségét 10%-ra emelve a tömörre égés hőmérséklete kb. 50 °C-kal lecsökkenthető, viszont a massa égetési zsugorodása kb. 2%-kal megnő. Hasonló ellentétes hatást fejt ki az örlési időnek, ill. a massa fajlagos felületének növelése is. A fröccsönthetőség, égetési hőmérséklet, zsugorodás szempontjából a 3000...5000 cm^2/g fajlagos felületű masszát találtuk megfelelőnek. A fajlagos felületet 6000...7000 cm^2/g értékre vagy e fölé emelve a tömörre égés hőmérséklete csökkenthető ugyan, de a zsugorodás jelentősen nő, amit tovább növelhet a finom eloszlású porhalmaz fröccsönthetőségéhez szükséges nagyobb mennyiségű technológiai kötőanyagmennyiség is.

Lényegében a kerámiai massa készítéséhez előnyösebb a nagyobb hőmérsékleten készült fritt, mivel ennek fajlagos felülete a nagyobb mértékű szinterelődés következtében kisebb, és az örléssel jobban kézben tartható, mint az 1250 °C-on képződött lazább szerkezetű fritté.

Hangsúlyozni kell azonban, hogy ezeknek a kísérleti tapasztalatoknak a jelentősége nem abban van, hogy pl. az égetési hőmérséklet viszonylag szűk intervallu-

15-4. ábra. 1420 °C-on 5% CaCO₃-tal tömörre égő kerámiai anyag röntgendiffrakciós felvétele





15-5. ábra. Különböző hőmérsékleten készült celzián frittek és a tömör kerámiai anyag dilatációs görbéi

Jelölések:

- · — · — 1250 °C-on 1 órás hőntartással készült fritt dilatogramja;
- · - · - 1300 °C-on 1 órás hőntartással készült fritt dilatogramja;
- - - 1350 °C-on 1 órás hőntartással készült fritt dilatogramja;
- · · · · 1350 °C-on 3 órás hőntartással készült fritt dilatogramja;
- — — — 1420 °C-on tömörre égő kerámiai anyag dilatogramja

mokon belül hogyan változtatható, hanem abban, hogy az egyes technológiai rész-folyamatoknak az anyagminőségre, a zsugorodás mértékére és így az alkatrészek méretpontosságára meghatározó fontossága van.

Lényeges tehát a gyártás reprodukálhatósága érdekében a fritelési hőmérséklet, az őrlési idő és így a massa fajlagos felületének, valamint a fröccsöntőmassza technológiai kötőanyagának azonos értéken tartása.

A technológiai előírásokon túl, az anyagi jellemzőket, elsősorban a $\text{tg } \delta = 4 \dots 5 \cdot 10^{-4}$ értéket nem meghaladó veszteségi tényezőt, valamint az $\alpha_{25 \dots 100} = 2 \dots 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ értékű hőtágulási együtthatót a nagy celziántartalmat biztosító, kis mennyiségben alkalmazott mineralizátorként is ható adalékanyag biztosítja.

4. Összefoglalás

A nagy celziántartalmú különleges nagyfrekvenciás kerámiai szigetelőanyag kifejlesztése során meghatároztuk a celzián szintetikus előállításának feltételeit, majd a celzián alkalmazásával kifejlesztettünk egy olyan új, a kerámiai szigetelőtechnikában eddig kevésbé alkalmazott anyagtypust, amelynek fő jellemzője az igen kis dielektromos veszteségi tényező mellett ($\text{tg } \delta = 4 \dots 5 \cdot 10^{-4}$) a nagyfokú hőfokstabilitás, amelyet a kis dilatációs együttható ($\alpha_{25 \dots 100} = 2 \dots 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$) biztosít.

Az új anyag felhasználásával kidolgozott eljárásunk szerint már megkezdtek a nagyfrekvenciás alkatrészek kísérleti gyártását.

Irodalom

- [1] *Deer – Howie – Zussmann*: Rock Forming Minerals London, LONGMANS, 1963. vol. 4. p. 166 – 168.
- [2] *Newnham, R. E.*: Acta Cryst. vol. 13 p. 303.
- [3] *Ito, T.*: x-ray studies on polymorphism. Maruzen Co. Ltd. Tokio.
- [4] *Fonque, G.*: Bull. Soc. Min. Franc. vol. 3 p. 124.
- [5] *Weyberg, Z.*: Bull. Univ. Varsovie vol. 4 p. 1.
- [6] *Yoshiki B. – Matsuma, K.*: Journ. Amer. Ceramic Soc. vol. 34. p. 283.
- [7] *Yosimura, T.*: Journ. Geol. Soc. Japan vol. 43. p. 877.

16.

Műanyagok alkalmazása a kémiai áramforrások gyártásában

DR. SORS LÁSZLÓ—HORVÁTH PÁL—TALPAI JÓZSEF—DR. KULCSÁR SÁNDOR

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők ismertetik a kémiai áramforrás-gyártó iparban szerkezeti és kötőanyagként újabban alkalmazott műanyagokat és feldolgozási technológiáikat.

A különféle — főként hőre lágyuló — műanyagok közül jelenleg a polipropilént, polietilént és polisztirolt alkalmazzák az akkumulátorok edényzeteként használt keménygumi felváltására. Ebben jelentős szerepe van az újabban kifejlesztett ragasztási és tűkörhegesztési technológiáknak. A szerzők ismertetik az áramforrás-gyártó iparban használt különböző szerkezeti elemek (távtartók, szeparátorok) alapanyagait (polivinilklorid, poliamid, polipropilén, polietilén) és ezek legfontosabb feldolgozási technológiáit.

A legújabb fejlesztések eredményeként előtérbe került az aktív anyag kívánt szerkezeti tulajdonságainak kialakítására a teflon és polietilén alkalmazása.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТМАСС В ПРОИЗВОДСТВЕ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Д-р. Л. Шорш—П. Хорват—Й. Талпай—Д-р. Ш. Кулчар

Резюме

Авторы излагают перечень пластмасс и технологий их обработки, применяемых в производстве химических источников тока в качестве конструкционных и связующих материалов.

Взамен эбонита, примененного для изготовления бака аккумуляторов, в настоящее время из различных (особенно термопластических) пластмасс применяются: полипропилен, полиэтилен и полистирол. В этом значительную роль играют технологии заклейки и зеркальной сварки, разработанные в последнее время. Авторы излагают исходные материалы (полихлорвинил, полиамид, полипропилен, полиэтилен) различных конструкционных узлов (упоров, сепараторов), примененных в производстве источников тока, а также их важнейшие технологии обработки.

В результате новейших исследований для получения требуемых конструкционных свойств активной массы стало иметь важную роль применение фторопласта и полиэтилена.

ANWENDUNG DER KUNSTSTOFFE IN DER FERTIGUNG DER CHEMISCHEN STROMQUELLEN

Dr. L. Sors—P. Horváth—J. Talpai—Dr. S. Kulcsár

Zusammenfassung

Es werden diejenigen Kunststoffe und deren Verarbeitungstechnologien bekanntgegeben, die in der Fertigungsindustrie der chemischen Stromquellen als Konstruktions- und Bindematerial neuerdings eingesetzt werden.

Zum Ablösen des als Gehäusematerial der Akkumulatoren benutzten Hartgummis werden verschiedene, hauptsächlich Kunststoffe verwendet, die sich auf Wärmeeinwirkung erweichen, wie z. B. Polypropylen, Polyäthylen und Polystyrol. Dabei spielen die neuerlich entwickelten Klebe- und Spiegelschweißtechnologien eine bedeutende Rolle. In dem Artikel werden die in der Stromquellen-Fertigungsindustrie verwendeten verschiedenen Konstruktionselemente (Distanzhalter, Separatoren) deren Basismaterialien (Polyvinylchlorid, Polyamid, Polypropylen, Polyäthylän) sowie die wichtigsten Verarbeitungstechnologien von diesen erörtert.

Zur Gestaltung der erwünschten Struktureigenschaften des aktiven Materials rücke die Anwendung von Teflon und Polyäthylen als Ergebnis neuester Forschungen in den Vordergrund.

APPLICATION OF PLASTICS IN THE MANUFACTURE OF CHEMICAL POWER SOURCES

By Dr. L. Sors—P. Horváth—J. Talpai—Dr. S. Kulcsár

Summary

The authors describe plastics employed recently as structural and binding materials in the chemical power source industry, and the processing technologies thereof.

Of various plastics, above all thermoplastics, currently polypropylene, polyethylene and polystyrene are used as a substitute for the hard rubber of battery containers. This is mainly due to the recently developed gluing and "mirror welding" technologies. The authors describe the basic materials (PVC, polyamide, polypropylene, polyethylene) of various structural parts employed in the power sources (spacers, partitioners) and the principal processing technologies thereof.

As a result of recent development works, the use of teflon and polyethylene has come to the foreground as a means of providing the desired structural characteristics of the active material.

1. Bevezetés

A műanyagokat ma már igen sokféle célra alkalmazzák az iparban és a népgazdaság szinte valamennyi ágazatában. Bár az első műanyagok előállítása már a múlt század végén megkezdődött, igazi térhódításuk csak az 1920–30-as évektől számítható. A műanyagok alkalmazásának elterjedése mindenkor függvénye a feldolgozási módszerek fejlődésének, és viszont. Jó példa erre a polisztirol, amelyet már 1835-ben előállítottak, de műanyagként való alkalmazására csak egy évszázad múlva került sor. Az áramforrások területén pl. a polipropilén mint műanyag termék már 1957-ben megjelent, de mint akkumulátorok edényzete (háza) és fedeleként csak 1968-tól került alkalmazásra, amikor a lezáráshoz szükséges tükörhegesztési technológia is rendelkezésre állt.

A műanyagok gyors térhódításának oka, hogy felhasználásuk a legtöbb esetben műszaki és gazdasági szempontból is előnyösebb a hagyományos anyagoknál. A gazdasági előnyök mérlegelésénél nemcsak az anyag árát kell összevetni, hanem az alkalmazható új technológia termelékenységének (automatizálási lehetőségek) hatását is figyelembe kell venni, valamint azt, hogy további műveletekre (pl. sorjázás, festés, felületkezelés, címkézés stb.) műanyagok alkalmazása esetén nincs szükség.

A műanyagok száma rendkívül nagy és egyre növekszik, így az alkalmazási lehetőségek köre is állandóan bővül. Sok esetben a felhasználási területek speciális igényei iniciálják egy új műanyag típus kifejlesztését. A műanyagipar fejlődésével párhuzamosan növekedett a műanyagok alkalmazása kémiai áramforrások területén

is, kezdve az egyszerű műanyag dugótól, a szigetelőanyagokon keresztül a szerkezeti elemekig, sőt az utóbbi években az aktív anyag vázszerkezeteként, ill. az aktív anyagok adalékaként is. E publikáció keretében csak a kémiai áramforrásokban felhasznált műanyagokat, alkalmazási kérdéseit tekintjük át. A technológiai berendezéseknél, gépeknél műanyagokkal — bár szerepük rendkívül jelentős — nem foglalkozunk.

2. A kémiai áramforrásoknál alkalmazott műanyagok tulajdonságai

Valamennyi anyag felhasználhatóságának körét tulajdonságainak összessége határozza meg, ez vonatkozik a műanyagokra is. A műanyagok tulajdonságai alapvetően mások, mint a hagyományos anyagoké. A műanyagok sűrűsége a fémekénél jóval kisebb. Rugalmassági modulusuk, fajhőjük, hőállóságuk (ill. olvadáspontjuk) folyamatos sorozatot alkot, ahol véget ér a műanyagok értéktartománya, kb. ott kezdődik a fémeké. Hővezetési tényezőjük mintegy 2...3 nagyságrenddel kisebb, a hőtágulási együtthatójuk — kismértékű átfedéssel — általában nagyobb, mint a fémeké.

A műanyagok kis sűrűsége, változatos mechanikai tulajdonságaik, villamos szigetelőképességük, vegyszerállóságuk, jó megmunkálhatóságuk stb. a legtöbb felhasználási területen — így a kémiai áramforrásoknál is — előnyös.

Vannak azonban a műanyagoknak hátrányos tulajdonságai is, amelyet a felhasználás, ill. tervezés során figyelembe kell venni. Ilyen a fémekhez viszonyított kisebb szilárdságuk, a hidegfolyás, a kis felületi keménység. A tulajdonságok nagymértékű hőfokfüggése, korlátozott hőállóság, öregedés, az elektrosztatikus feltöltődés stb.

A műanyagok alkalmazásánál alapvetően két felhasználási területet kell figyelembe venni. Az egyik az a felhasználási terület, ahol a hagyományos anyagokat is fel lehetne használni. Ilyenkor a műszaki és gazdasági szempontok együttesen döntenek el, hogy melyik anyag használata előnyösebb.

A mérlegelésnél a szóban forgó alkatrész előállításának költségén kívül figyelembe kell venni a beszerelési és karbantartási költségeket, ill. az élettartam növekedést, esztétikai hatását stb. A kémiai áramforrásoknál pl. ilyen terület az edény, fedél stb., ill. bizonyos mértékig a szeparátorok kiváltása is. A másik alkalmazási terület, ahol a különleges követelmények miatt nem is jöhet számításba más, mint műanyag (pl. műanyag kötésű aktív anyagok alkalmazása). Itt tulajdonképpen a műanyagipar fejlődése során megjelenő, a korábbinál előnyösebb tulajdonságú műanyagokra épül a kémiai áramforrások konstrukciója.

A kémiai áramforrások gyártásához felhasználható műanyagokkal szemben igen sokféle követelmény jelentkezik, amelyet az áramforrások típusa, fajtája és az egyes alkatrészek eltérő funkciója határoz meg. Lényegében esetenként kell a megfelelő műanyagtypust kiválasztani. Ennek ellenére az egyes műanyagokkal szemben támasztott igények, tulajdonságok egyrésze általánosan is megfogalmazható. Ezek:

- vegyszerállóság, áramforrásoktól függően a műanyagok sav, lúg, különféle sóoldatok vagy oldószerek (pl. benzín) oldóhatásával szembeni ellenállása;
- mechanikai tulajdonságok, ütésállóság, elsősorban az edények, fedelek anyagainál;
- termikus tulajdonságok, az áramforrás működési, tárolási hőmérsékleti tartománya határozza meg az igényeket, ez általában -50 °C -tól $+60\text{ °C}$ -ig terjed;
- a villamos tulajdonságok szerepe a kifeszültségek miatt nem jelentős,

egyébként is a szóba jöhető műanyagok apolárosak, így kiváló villamos szigetelő tulajdonságokkal rendelkeznek;

- fontos a műanyagféleség feldolgozhatósága, az alkatrészek előállítását termelékeny technológiával, tömeggyártás esetén is homogén minőségben, jó mérettartással biztosítsa; e tekintetben nagyon lényeges annak kiválasztása, hogy az alkatrészek beépítésénél milyen technológia (pl. ragasztás, hegesztés) alkalmazható.

A műanyagok egyes, sajátos tulajdonságai mindenképp kedvezők a hagyományos anyagokkal szemben. Ilyen az esztétikai hatásjavító színezhetőség (külön festés nélkül), az „adattábla” adatainak közvetlen felvitele az alkatrész előállításakor vagy egyes alkatrészeknél az átlátszóság (áttetszőség) biztosítása.

Az egyes műanyagokkal szembeni követelményekre, ill. előnyös tulajdonságaikra a felhasználási területek tárgyalásánál még visszatérünk.

3. Az áramforrások edényzete

A kémiai áramforrások edényzete általában passzív szerepet játszik. Gondoskodik az energiatermelő funkciót betöltő aktív anyagok és leggyakrabban agresszív tulajdonságú ionvezető elektrolit hermetikus vagy félig zárt, de ugyanakkor biztonságos körülmények közt tartásáról és lehetővé teszi a külső fogyasztóhoz a villamos csatlakozást. Ezekből azonnal fakadnak a legfőbb követelményrendszerek:

- jó villamos szigetelőképeség;
- kompatibilitás a használt kémiai anyagokkal;
- megfelelő mechanikai tulajdonságok (szilárdság, ütésállóság stb.);
- megmunkálhatóság;
- gazdaságosság.

Az igénybevételek figyelembevételével akkumulátoredények gyártásánál egyre szélesebb körben elterjed a polietilén, polipropilén és elsősorban a polietilén-polipropilén kopolimerek alkalmazása. Az azonos bázison felépített alapanyagok kiválasztásánál is nagyon gondosan kell eljárni, figyelembe kell venni, hogy a gyártáshoz szinte kizárólag akkusav-, ütés- és hidegálló PP fröccspolimerek alkalmasak. Továbbá ismerni kell azokat az előírásokat, amelyek a kész akkumulátoredényekre vonatkoznak, beleértve a hazai előírásokon kívül a nemzetközi előírásokat is.

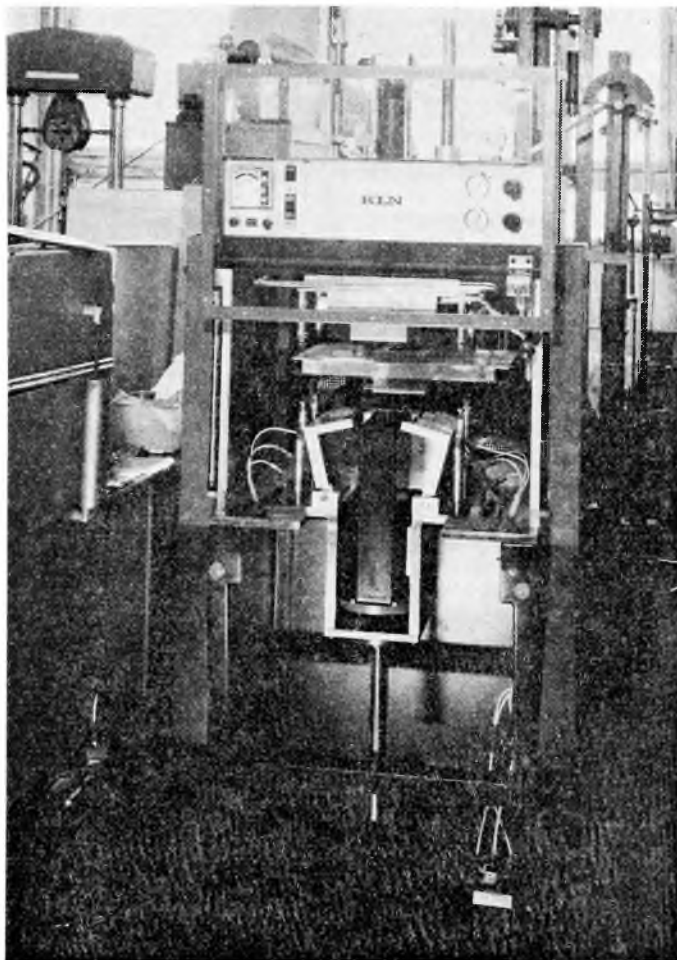
Az alkalmazási terület kiszélesedését nagymértékben elősegítette a korszerű, automatizálható, műanyag kötési technológiák kialakítása. A különböző eljárások lényegileg a hegesztési zónában végzett hőfejlesztés módjában térnek el egymástól. A ma ismert hegesztő-megmunkálási lehetőségek két csoportba sorolhatók.

- A megömlési hőmérséklet eléréséhez szükséges hőt külső hőforrás termeli. Ez az eset áll fenn a hegesztőtükrös, az indukciós és a forrólevegős hegesztéskor.
- A hegesztéshez szükséges hőt közvetlenül a hegesztési környezetben sűrűléssel állítják elő.

Akkumulátoredények és monofedelek összeerősítését a tükröhegesztési módszer valósítja meg oly módon, hogy az elektrolitfolyás teljes sikerrel elkerülhető. Az összeerősítendő féldarabokat először fűtőelemekkel ellátott laphoz (tükrőlaphoz) való nyomással a varrathelyen megömlesztik, majd a fűtő tükrőlaphoz eltávolítják

és a két féldarabot gyorsan összenyomják. Tekintettel az érintkező felületek bonyolultságára, ezt a technológiai eljárást csak jól automatizált gépi berendezéssel lehet megvalósítani, amely azonos értékben tartja a hőmérsékletet, az egyes részfolyamatok ciklusidejét, valamint a lezorítóerőt.

A lezárási technológiák kidolgozásához a KLN Ultraschall – Gesellschaft mbH. cég HSS 300×450 típusú berendezését szereztük be és alkalmazzuk. A berendezést a 16-1. ábra szemlélteti.

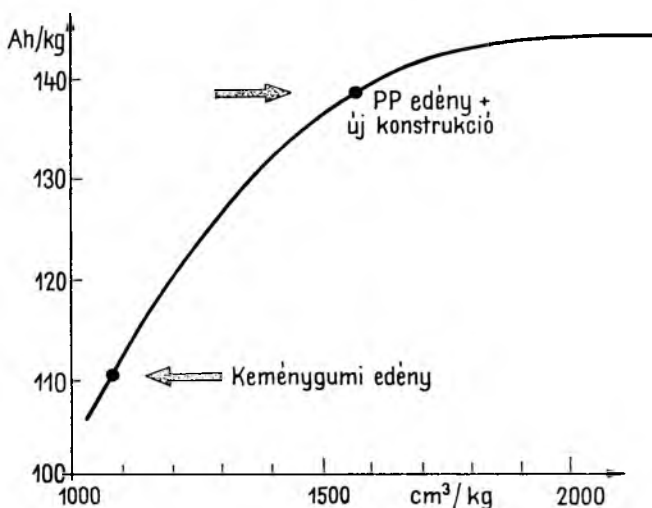


16-1. ábra. HSS 300–450 típusú tükörhegesztő berendezés a VKI-ban

A műanyagok alkalmazásából fakadó előnyökre példaként idézzük a poli-propilén felhasználását a gépjárműindító savas ólomakkumulátorok edényzeteként. Az elmúlt 10–12 évben az edényzetként szinte egyedül alkalmazott anyag a keménygumi volt, ami a követelményeket csak robusztus kivétel mellett tudta kielégíteni. A fedélkonstrukciót sülyesztett hornyokba illeszkedő és az egyedi cellakivezetések

soros kötésére szolgáló felső összekötés jellemzi. A zárást az edény és fedél közt szurokköltés biztosítja.

Illusztrálásként bemutatjuk a szakirodalomból az USA-beli Globe Union adatai alapján [1] az azonos külméretű gépjárműindító akkumulátor műszaki paramétereinek alakulását a keménygumi edénynek polipropilén edénnyel történő felváltása eredményeként. A térfogati energiasűrűség 20 órás (világítási) üzemben 24%-kal növekedett, a szabvány szerinti fő jellemző: a -18 °C hőmérsékleten a hidegindító-képesség 500%-kal növekedett. Érthető, hogy a kb. 6...9 mm falvastagságú keménygumi edényt az 1,9...2,25 mm falvastagságú polipropilén edényre cserélve lényegesen megnövekedett hasznos belső térfogat áll rendelkezésre az új konstrukció létrehozására. Ez egyben arra is rávilágít, hogy műszakilag korszerűtlen az új edényben a hagyományos alkatrész méreteket alkalmazni, még akkor is, ha pl. a savas ólomakkumulátor esetében az elektrokémiai reakcióhoz szükséges több sav [2] eleve jobb



16-2. ábra. A pozitív aktív anyag fajlagos kapacitása az 1 kg aktív anyaghoz rendelkezésre álló kénsav függvényében (Globe Union gépjárműindító akkumulátor 1968)

villamos paramétereket szolgáltat. Ezt mutatjuk be a 16-2. ábrán. Az ábra a 9M13-as típusú Globe Union gyártmányú akkumulátorban használt kettős pozitív lemezben lévő aktív anyag fajlagos kapacitását ábrázolja a fajlagos kénsavmennyiség függvényében. Az ábrán a jelzett típus paramétereinek javulására is rávilágít.

Az új polipropilén edényzet bevezetése számos egyéb előnyt kínál, pl.:

- a vékonyabb falú doboz alkalmazása azonos külméret esetén lehetővé teszi szélesebb lemezek beépítését, ennek következménye, hogy az azonos külméretű akkumulátornak kedvezőbbek a villamos paraméterei;
- a korszerű fröccsöntéses technológiával gyártható dobozok cellarekeszei válaszfalára beöntött ún. gyámoszlopok jó rezgéssel szembeni ellenállást biztosítanak;
- a válaszfalba beöntött átvezetők előnyei még az előzők mellett a cellák közötti kisebb átvezetési ellenállás, és a kisebb ólomfelhasználás;

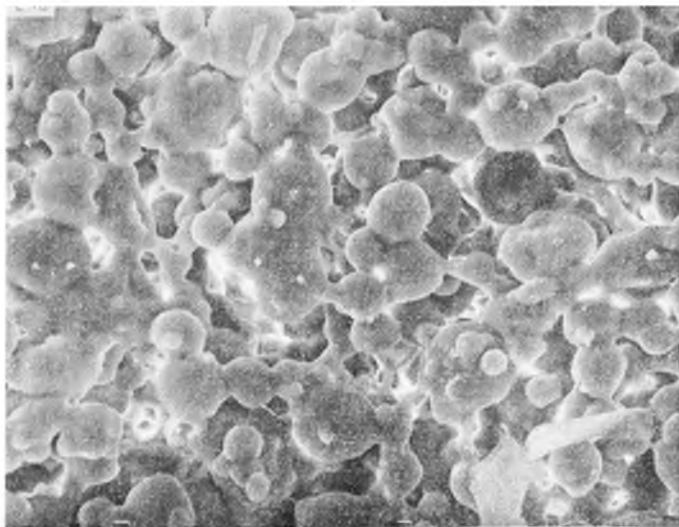
- ez utóbbi lényegesen leegyszerűsíti a fedél kiviteli alakját és a teljes telep zárását, egyszerűbb lehet a felső felület, teljesen automatikus zárást tesz lehetővé tükörhészési eljárással.

Széles körben használják a hőre lágyuló műanyagokat egyéb áramforrástípusok edényzeteként is. A lúgos elektrolitú kadmium–nikkeloxid egyes típusai, valamint a cink–ezüstoxid néhány amperórásnál nagyobb típusai szinte kivétel nélkül mind egyedi, hasáb alakú formában készülnek. Kopolimerek esetén műgyanta alapú ragasztással rögzítik a fedelet. Újabban a vontatási ólomakkumulátorok celláit is polipropilén edénybe szerelten hozzák forgalomba. Ennek jelentőségét különösen indokolja a villamos közúti járműhajtás igényeire fejlesztés alatt levő vontatási ólomakkumulátorok energiasűrűségének növekedése [3].

4. Szeparátorok, közszigetelők kémiai áramforrásokban

A különféle kémiai áramforrásokban az 1...3 V üzemi potenciálkülönbséggel működő elektródokat az elsőfajú, elektronvezetésre szigetelten, üzembiztosan el kell választani egymástól, miközben a másodfajú vezetést, az iontranszportot az elektrolit térben fel kell tartani. Üzem közben – kevés kivétellel – az elektródok alakja, mechanikai paraméterei is változnak, hiszen az elektrokémiai folyamatokat szükségszerűen anyagátalakulások is kísérik, tehát az elektródok alaktartásáról is gondoskodni kell. Ezeket a funkciókat az elektródok közé elhelyezett ún. szeparátorok töltik be. Az anyagukat tekintve a legkülönfélébbek lehetnek, és a műszaki fejlődés, a műanyagipar fejlődése ezen a területen is egyre újabb megoldásokat kínál.

A savas ólomakkumulátorok közül a gépjárműindító akkumulátoroknak – feladatukból eredően – nagy áramú üzemük miatt kicsi belső ellenállásúaknak kell lenniük. Ennek megfelelően alakult ki konstrukciójuk: vékony, 1,5...2,3 mm vastag



16-3. ábra. PVC alapú szeparátor elektronmikroszkópos képe 500-szoros nagyításban (1 cm = 50 μ m)

elektrodok között a kb. ugyanilyen vastagságú elektrolitlitterben szeparátorok vagy más néven mikroporozus közszigetelő lemezek foglalnak helyet. A 16-3. ábrán PVC gyöngypolimerből sajtolással és hőkezeléssel kialakított közszigetelő scanning elektronmikroszkópos felvétele látható 500-szoros nagyításban. A 10...50 μm tartományba eső pórusok és a 30...50%-os porozitás biztosítja a 0,15...0,30 Ωcm^2 felületi ellenállást. A legújabb szeparátorok polietilénből készülnek és különböző műgyantákkal impregnált cellulóz, poliészter vagy üvegszövet alapszerkezetűek; vastagságuk, pórusméretük csökkentett, ennek megfelelően lényegesen jobbak a műszaki paraméterei. Az ipari típusú akkumulátorok pozitív elektródjai kettős szigetelésűek; a pozitív aktív massa zárt műanyag – leggyakrabban műgyantával impregnált poliészterből készült – szövettáskában van elhelyezve, és az ilyen elektródok közt van a közszigetelő.

A lúgos kadmium–nikkel akkumulátorokban használt szeparátorok típusától függően különbözők. A táskás típusban perforált PVC lemez távtartókat, a szinterelt és a műanyag kötésű elektródokkal épített elemekben szövet- vagy vattaszerű közszigetelőket használnak. Anyaguk legújában polipropilén. Paramétereiket a konstrukció határozza meg, különösen a nagyáramú kisütések esetében döntő a kis felületi ellenállás.

Érdekes és ugyanakkor jelentős műszaki problémát képviselnek az ún. oldódó elektródú kémiai áramforrások. Legjellegzetesebb képviselőjük az ezüst–cink akkumulátor. A legmegfelelőbb ezekben az elemekben a hidroxilionokra áteresztő szemipermeabilis szeparátorok alkalmazása lenne, de gazdaságos és műszakilag kielégítő ioncserélő vagy szemipermeabilis szeparátoranyag ez ideig nem áll rendelkezésre. A legszélesebb körben használt celofán szeparátorok mellett információk vannak poliamid, PVC és polietilén alapú kopolimerek alkalmazásáról is.

5. Egyéb alkatrészek

Az elektrokémiai áramforrásokban az említettek mellett még számos egyéb alkatrész készülhet műanyagokból. Mivel ma a kívánt követelményeket a legkülönfélébb műanyagok tudják biztosítani, leggyakrabban a nagy termelékenységgű feldolgozási technológiák szempontjai szerint választják meg az alapanyagot.

A teljesség igénye nélkül felsorolunk néhány alkalmazási példát:

- A szárazelemek polietilén fedele, amely az edényzetül (!) is szolgáló ún. Zn hüvely lezárását biztosítja központi pozitív kivezetővel. Ezen kívül a készülék védelmére a cinkhüvelyt egy további műanyag hüvelybe helyezik, hogy az egy esetleges lyukadást követően a kijutó elektrolitgél visszatartsa;
- a legkülönfélébb kémiai összetételű [2] ún. gombcellák háza és fedele között tömítőgyűrű alkalmazásának kulcsproblémája a hermetikus zárás és a vilamos szigetelés biztosítása;
- a helyhez kötött telepek állványainak szigetelőidomai;
- a korrózióknak kitett elemalkatrészek, egyéb szerelvények (pl. telepek tartói) védelme, egyben villamos szigetelése és érintésvédelme megfelelő műanyag bevonatok felhasználásával;
- esztétikai igényeket is kielégítő címkék, feliratok stb. céljára is előnyösen alkalmaznak újabb műanyag fóliákat.

6. Műanyagok alkalmazása aktív anyag rögzítésére

Az utóbbi 20 évben egyre nagyobb mértékben alkalmaznak különböző műanyagokat kötőanyagként az akkumulátorok elektródanyagában. Ennek oka egyrészt az áramforrások műszaki paramétereiri iránti követelmények növekedése, másrészt a már alkalmazott műanyagok egyre jobb megismerése, valamint újabbak, pl. a PTFE térhódítása és árának csökkenése.

Elsőként a különböző cinkelektrodokban használtak carboxi-metil-cellulóz és különféle egyéb, hőre lágyuló anyagokat a cinkoxid aktív anyag rögzítésére. Később a fém—levegő és fűtőanyagelemek esetében a PTFE kötőanyag alkalmazása lett általános. Ez a különféle PTFE diszperziók elterjedésének, valamint a fluorokarbonok kivételesen nagy hidrofobizáló képességének és igen nagy kémiai ellenálló-képességének köszönhető [4].

Gyakorlatilag az alacsony hőmérsékletű fűtőanyagelemek döntő többsége (pl. a SKYLAB-ban alkalmazott típus is) ilyen modern műanyag kötással készült. A legújabb fejlesztések nyomán egyes ólom-, nikkell—kadmium és mangánoxidos elemek elektródjai készülnek műanyag kötással [5]. Ezek nyomán a polimer — mint az aktív anyag egyéb alkotó elemei is — jelentős szerepet kap az áramforrás-iparban.

A műanyagokat (általában PTFE, PP, PE, PA) 5...15% arányban alkalmazzák, alkalmas módon elkeverve az aktív anyaggal és préseléssel, hőkezelési módszerekkel alakítják ki a kívánt struktúrát. Alkalmazásuk a technológiai előnyök mellett a terhelhetőség növekedését, élettartam-emelkedést és az egyéb villamos paraméterek javulását eredményezi az akkumulátorokban.

Ezen a téren a SAFT, VARTA és egyéb cégek fejlesztése mellett jelentős szerepe van a VKI-nak a műanyag kötésű Ni—Cd akkumulátorok alkalmazásig történő fejlesztésében [6].

Irodalom

- [1] *Halsall, V. M.*: Polipropilene Batteries. Fact or Fancy? Ass. of American Batt. Man. Quebec City, Canada 1969.
- [2] *Horváth P. — Sors L.*: Kémiai áramforrások és alkalmazásaik. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1978.
- [3] *Vielsitch, W.*: Recent Development in Batteries for Electrotraction. 32nd Meeting of Int. Soc. of Electrochem, Dubrovnik. 1981.
- [4] *Kovács Lajos*: Műanyag zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1979.
- [5] *Kondelka, V. — Malik, J. — Mrha, J. — Krejčí, I. — Špinko, M.*: Plastic-bonded electrodes for nickel-cadmium accumulators. Journ. of Power Sources. Vol. 6. 1981. p. 161...170.
- [6] *Kulcsár S. — Csath G. — Major A. — Batiz G.-né*: Nagy terhelhetőségű műanyagkötésű nikkell—kadmium akkumulátorok. VKI Közleményei 8. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1981.

17.

Nemesfém-takarékos érintkezőanyagok előállítása robbantásos plattírozással

SZALAY ANDRÁS—PUSKÁS JÓZSEF

ÖSSZEFOGLALÁS

Robbantásos eljárással a legkülönbözőbb mechanikai és villamos paraméterekkel rendelkező fémek hegesztett minőségű kötését lehet létrehozni.

Az eljárás előnye — többek között —, hogy a kötendő fémek vastagsági arányát a technológia nem korlátozza; megoldható tehát, hogy egy-egy érintkezőanyag gyártásánál a minimálisan szükséges nemesfém réteget vigyük fel a hordozófémre (acél, réz stb.).

A cikk ismerteti a robbantásos plattírozás elvét, alkalmazási lehetőségeit és a Villamosipari Kutató Intézetben készített ezüst—réz, ill. ezüst—alpakka kötések gyártási technológiáját.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭКОНОМИЕЙ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ВЗРЫВНОЙ ПЛАТИРОВКИ

A. Салаи—И. Пушкаш

Резюме

Взрывным методом возможно создать сопряжения металлов сварочного качества, обладающих самыми разнообразными механическими и электрическими свойствами.

К преимуществу метода можно отнести — в том числе — неограниченность технологией соотношений толщины соединяемых металлов; т. е. позволяет нанести минимально необходимый по толщине слой благородного металла на несущий металл (сталь, медь, и т. п.) при производстве контактов.

В статье излагаются принципы взрывной платировки, возможности ее использования и разработанные в ВКИ технологии производства соединений типов серебро-медь и серебро-альпака.

HERSTELLUNG VON EDELMETALLARMEN KONTAKTMATERIALEN MIT HILFE VON EXPLOSIONSPLATTIERUNG

A. Szalay—J. Puskás

Zusammenfassung

Mit Hilfe des Explosionsverfahrens kann man bei Metallen mit den unterschiedlichsten mechanischen und elektrischen Parametern eine Bindung von Schweißqualität erreichen.

Ein Vorteil des Verfahrens ist — unter anderem —, daß das Stärkenverhältnis der zu bindenden Metalle durch die Technologie nicht begrenzt wird; es kann also erreicht werden, daß bei der Herstellung eines Kontaktmaterials nur die minimal notwendige Schichtdicke des Edelmetalls an das tragende Metall (Stahl, Kupfer, usw.) aufgetragen wird.

In dem Artikel werden das Prinzip der Explosionsplattierung, deren Anwendungsmöglichkeiten, sowie die Fertigungstechnologie der in dem Forschungsinstitut der Elektroindustrie gefertigten Silber-Kupfer bzw. Silber-Alpakka-Bindungen erörtert.

PRODUCING OF PRECIOUS-METAL SAVING CONTACTS BY EXPLOSION PLATING

By A. Szalay – J. Puskás

Summary

An explosion procedure enables bonds of metals of weld-joint quality to be made, featuring a wide variety of mechanical and electric parameters.

Among other things, an advantage of this procedure is that the relative thickness of the metals to be joined is not limited by the technology; thus it is feasible to apply a minimum quantity of precious-metal coating on the carrier metal (steel, copper etc.) in the manufacture of a contact material.

The paper describes the principle of explosion plating, its potential applications and the production technology of silver-copper and silver-alpacca bonds made at the Research Institute of the Electrical Industry.

1. Bevezetés

A robbantásos plattírozást mintegy két évtizede alkalmazzák a műszaki gyakorlatban, különböző anyagú és minőségű fémlemezok felületi kötésének létrehozására. Az e technológiával kialakított kötések vákuumzárók és a plattírozás utáni alakító műveletek (hengerlés, kivágás stb.) igénybevételét elviselik.

A plattírozott lemezek egyesítik az alkotó fémek jellegzetességeit, ezáltal lehetőséget adnak a gazdaságos és célszerű alkatrésztervezésre. A hagyományosan meleg-hengerléssel végzett plattírozás alkalmazhatóságát korlátozza az a tény, hogy a kötendő fémek fizikai, mechanikai paraméterei nem lehetnek túlságosan eltérők, továbbá, hogy a lemezvastagságok aránya kötött.

A robbantásos eljárás a plattírozás korlátait nagyrészt feloldja: egyrészt igen eltérő képlékenységű, olvadáspontú és hőtágulási együtthatójú fémek egyesítésére alkalmas (17-1. táblázat), másrészt a kötendő lemezek vastagságának aránya is széles határok között változtatható.

A nemesfém-tartalmú érintkezőanyagok gyártása terén ezen előnyök úgy érvényesülnek, hogy az adott feladat megvalósításához célszerűen megválasztott alapfémre (acélra, rézre, alpakkára) a villamos szempontból szükséges minimális nemesfém réteget lehet felvinni.

2. A robbantásos plattírozás elve

2.1 A kötés kialakulásának mechanizmusa

A plattírozás a robbanóanyag és a plattírozandó lemez közvetlen egymásra hatása következtében jön létre. A plattírozás energiaforrása a robbanóanyag, „szerszáma” a detonáció kiváltásával létrehozott nagy energiátartalmú nyomáshullám. A rob-

17-1. táblázat

Robbantásos plattírozással megvalósítható fémkombinációk

Kötendő fémek	Ólom	Alpakka	Ezüst	Tantál	Nikkel	Bronz	Sárgaréz	Réz	Alumínium	Auszténites acél	Alacsonyán ötvözött acél	Szén-szegény acél
Szén-szegény acél			⊗	×			⊗	⊗	⊗	⊗		×
Alacsonyán ötvözött acél			×		×	×	×	×	×		×	
Auszténites acél			⊗		×			×	×	×		
Alumínium	×							⊗	×			
Réz			⊗		×			×				
Sárgaréz							×					
Bronz						×						
Nikkel					×							
Tantál				×								
Ezüst		⊗	×									
Alpakka		×										
Ólom	×											

× a szakirodalom által ismertetett fémkombinációk
 ⊗ a VKI-ban megvalósított kísérleti fémkombinációk

banóanyag detonációja állandó, reprodukálható sebességgel játszódik le. A keletkezett gázok nyomása:

$$p = v_d^2 \rho_0 (\rho - \rho_0) / \rho,$$

ahol v_d a robbanóanyag detonációsebessége;

ρ_0 a robbanóanyag sűrűsége;

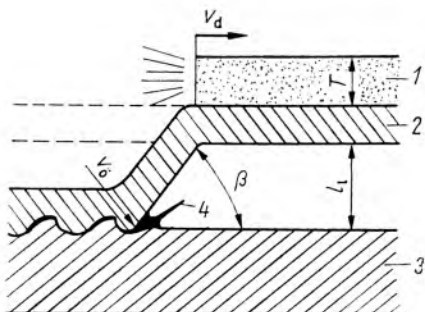
ρ a detonáció kiváltásával létrehozott gázok sűrűsége;

p értéke $10^4 \dots 10^5$ bar nagyságrendű.

Az eljárás alapelvét a 17-1. ábra szemlélteti.

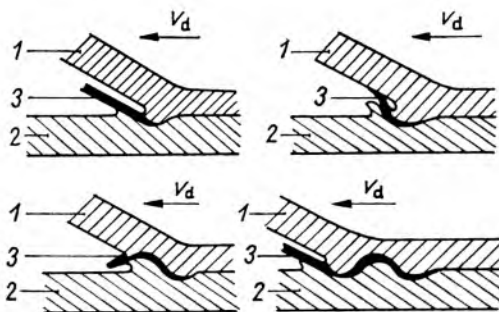
A robbanás iniciálása után a detonáció v_a sebességgel terjed a robbanóanyagban. A létrejött gáz halmazállapotú termékek nyomása nagy sebességgel terjed át az l jelű burkolólemeze – az ún. „repülőlemeze” – amely néhány száz m/s sebességre gyorsul fel és az l_1 „légrése” átrepülve – a sebességtől, tömegtől, elrendezéstől függő – β szögben csapódik rá az alaplemeze.

A burkolólemez és az alaplemez összecsapódásánál fellépő nagy nyomás miatt az alaplemez benyomódik és mellette kidudorodás jön létre. Ugyanakkor az össze-



17-1. ábra. Fémlémezek robbantásos plattírozásának elve

1 robbanóanyag; 2 burkolólemez; 3 alaplemez; 4 megolvadt fémsugár; V_d a robbanóanyag detonációsebessége; V_0 a burkolólemez és az alaplemez összecsapódásának sebessége; l_1 a burkolólemez és az alaplemez közötti távolság robbantás előtt; T a robbanótöltet vastagsága



17-2. ábra. A robbantásos kötés kialakulásának mechanizmusa

1 burkolólemez; 2 alaplemez; 3 megolvadt fémsugár

csapódási zónából kifröccsen egy megolvadt fémsugár, ami az alaplemez és a burkolólemez anyagából tevődik össze. A fémsugár létrejötté követően a lemezekon fémtiszta felületek alakulnak ki, amelyek adhéziós kapcsolatba kerülnek egymással. A fémsugarat – a folyamat előrehaladása során – az alapfém kidudorodása fokozatosan eltéríti, és a rácsapódó burkolólemez bezárja. Ezután a becsapódási pont a kidudorodás tetejére tevődik át, majd az egész ciklus megismétlődik és jellegzetes hullámformájú kötés jön létre (17-2. ábra).

2.2 A fémes kötés létrehozásának feltételei

Jó minőségű kötés létrehozása érdekében a technológia paramétereit úgy kell méretezni, hogy az összecsapódás pontjában a fémek képlékeny alakváltozása bekövetkezzék, de a létrejövő feszültségek a fémeket ne roncsolják. Ezen feltételek a v_d detonációs sebesség és a v_0 összecsapódási sebesség megfelelő értékével, valamint a kötendő felületek tisztításával biztosíthatók.

2.21 A v_d detonációs sebesség hatása

A detonáció sebességével tovaterjedő rövid idejű nyomásimpulzus hatására a fémfelületen kialakuló feszültségek a detonáció sebességétől függően, különböző módon terjedhetnek a fém belseje felé:

- Hangsebesség alatti detonáció esetén ($v_d < v_h$, ahol v_h a hang terjedési sebessége az adott fémbe) képlékeny alakváltozás alakul ki a felületen, amely elnyeli a robbanás során a fémmel közölt energia egy részét. A képlékeny alakváltozás csak bizonyos mélységig terjed a fém belseje felé. A fémbe tovahaladó nyomáshullám $v_d < v_h$ esetén nem veszélyes sem a fémmre, sem a kötésre.
- Hangsebesség feletti detonációs sebesség esetén ($v_d > v_h$) képlékeny alakváltozás nem alakul ki. Ekkor a fémbe erősen lokalizált lökéshullámok keletkeznek, amelyek a fém megrongálódásához vezethetnek.

A sikeres plattírozás egyik feltétele tehát:

$$\frac{v_d}{v_h} < 1.$$

2.22 A v_δ összecsapódási sebesség hatása

A lemezek összecsapódásának pontjában kialakuló nyomást a repülő burkolólemez v_δ sebessége határozza meg.

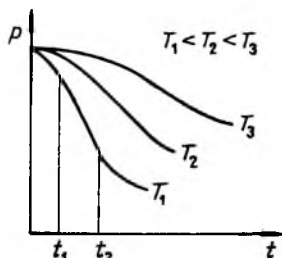
A sebesség értékét a burkolólemezre ható erőimpulzusból lehet meghatározni:

$$J = \int_0^t p \, dt, \quad (2)$$

ahol J a burkolólemez egységnyi felületére ható erőimpulzus;

p a detonáció kiváltásával létrehozott gázok nyomása;

A p nyomás nagysága a robbanóanyag paramétereitől függ [l. az (1) egyenletet], hatásának időtartama pedig a töltet vastagságával arányos (17-1. ábra, T méret). A töltetvastagság növelésével a nyomás hatásának időtartama nő.



17-3. ábra. A detonációs nyomás hatásának időtartama a töltetvastagság függvényében

A (2)-vel leírt erőimpulzus nagysága egyenlő a 17-3. ábrán feltüntetett $p = f(t)$ függvényen a megfelelő T töltetvastagsággal paraméterezett görbe alatti területtel.

Az előzők figyelembevételével mondhatjuk, hogy végeredményben a burkolólemez felületegységére ható erőimpulzus:

$$J = kI\rho_0, \quad (3)$$

ahol k arányossági tényező;

T a robbanótöltet vastagsága;

ρ_0 a robbanóanyag sűrűsége.

Másrészt viszont:

$$J = m_b v_\delta = \rho_b l_b v_\delta, \quad (4)$$

ahol m_b a burkolólemez egységnyi felületének tömege;

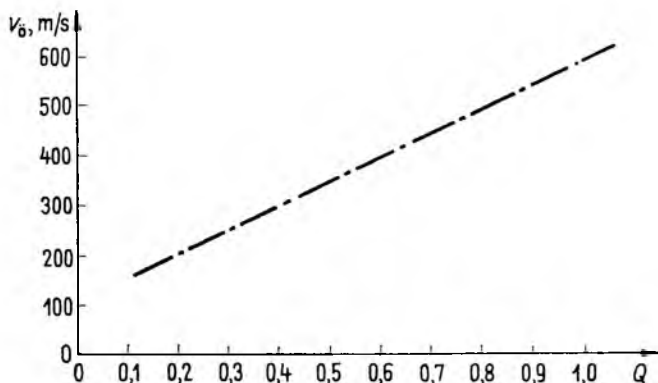
ρ_b a burkolólemez sűrűsége;

l_b a burkolólemez vastagsága.

A (3) és (4) egyenletek egybevetéséből adódóan:

$$v_{\delta} = k \frac{T_{Q_0}}{l_b Q_b} = kQ. \quad (5)$$

Végeredményben tehát a burkolólemez sebessége az összecsapódás pontjában arányos a Q paraméterrel: a robbanóanyag és a burkolólemez tömegének arányával. A $v_{\delta} - Q$ függvényt a 17-4. ábrán tüntettük fel.



17-4. ábra. A lemezek összecsapódásának sebessége a robbanóanyag és a burkolólemez tömegarányának függvényében

A v_{δ} sebesség nagyságára természetesen hatással van az alaplemez és burkolólemez közötti l_1 távolság: a „légrés”, ugyanis ahhoz, hogy a burkolólemez a becsapódáskor a megfelelő v_{δ} értéket érje el, a lemezek robbantás előtti elrendezésénél biztosítani kell egy minimális v_{δ} sebességérték tehát technológiailag a Q és l_1 paraméterek megfelelő megválasztásával biztosítható.

A szakirodalom [1], [2], [6] adatai, valamint az általunk végzett kísérletek eredményei alapján:

$$0,5 < Q < 1,5,$$

$$0,5l_b < l_1 < 1,6l_b.$$

2.23 A fémfelületek tisztasága

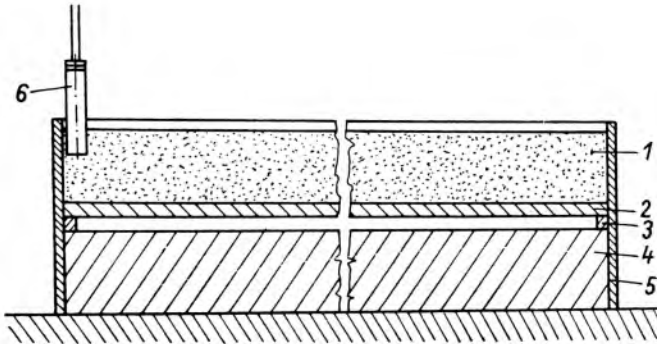
A plattírozandó felületeknek a művelet előtt tisztáknak kell lenniük, mert a szennyeződések káros hatását sem a megolvadt fémsugár, sem a becsapódáskor kialakuló együttes alakváltozás nem tudja ellensúlyozni.

3. Nemesfém tartalmú érintkezőanyagok készítése

3.1 Ezüst—réz összetételű plattírozott lemezek előállítása

A munkát a 17-5. ábra szerinti elrendezésben végeztük. Az ábra jelölései:

/ Paxit 4 típusú robbanóanyag: sűrűsége: 1.05 g/cm, detonációsebessége: 3800 m/s,



17-5. ábra. Az ezüst – réz és ezüst – alpakka plattírozás elrendezése
 1 robbanóanyag; 2 burkolólemez (ezüst); 3 távtartó; 4 alaplemez (réz, ill. alpakka);
 5 prespánlemez keret; 6 villamos gyutacs

- 2 burkolólemez; anyaga Ag 99,99; vastagsága: $l_b = 2$ mm,
 3 alaplemez; anyaga CuE; vastagsága $l_a = 20$ mm,
 4 prespán lemezből készített keret, amelynek szerepe kettős: egyrészt a burkolólemez felületén elhelyezett por alakú robbanóanyagot tárolja, másrészt biztosítja a burkolólemez és az alaplemez távtartását.

A fémes kötés kialakításához szükséges technológiai paraméterek $\left(\frac{v_d}{v_h}; Q; l_1\right)$ értékét a 2. pontban megadott határokon belül kísérletsorozatokkal állítottuk be.

$$\frac{v_d}{v_h} = \frac{3800 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5000 \frac{\text{m}}{\text{s}}} < 1,$$

$$Q = 0,6,$$

$$l_1 = l_b = 2 \text{ mm.}$$

Az alkotólemezek határfelületén kialakított hullámkötés képét a 17-6. ábra mutatja.

A 22 mm vastagságú plattírozott tömböket 0,4 mm összvastagságú lemezekké hengerelték (17-7. ábra), majd ezekből 8×6 mm felületű érintkezőlapkákat készítettek.

A plattírozott rétegek kötésszilárdságát 180° -os éles sarkú hajtogatással, ill. 400°C -ra történő felhevítést követő hirtelen lehűtéssel ellenőriztük. A kötések az ellenőrzővizsgálatok során nem váltak szét.

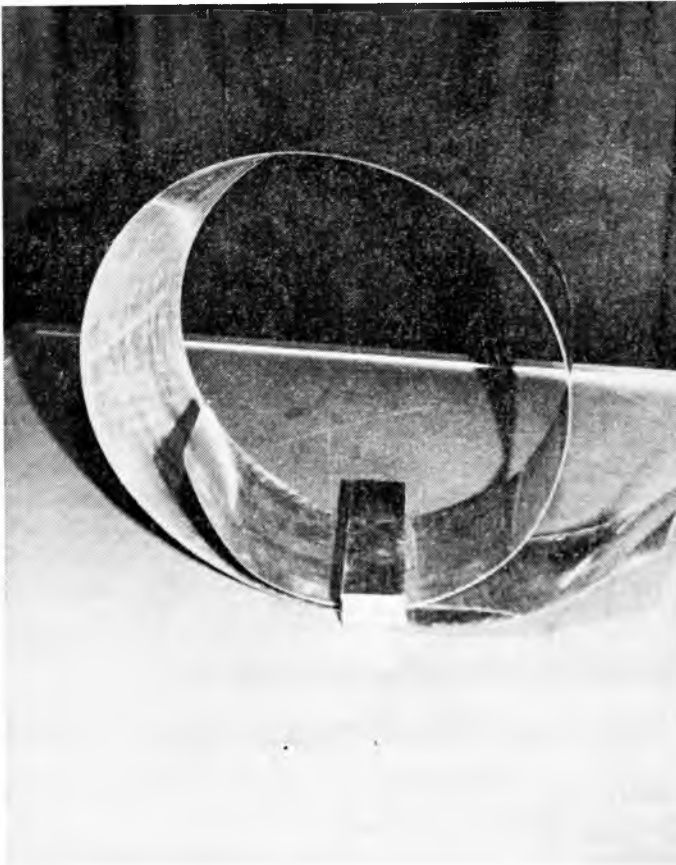
3.2 Ezüst—alpakka összetételű plattírozott lemezek előállítás

A munkát ez esetben is a 17-5. ábra szerinti elrendezésben végeztük. Az ábra jelölései ez esetben:

- 1 Paxit 4 típusú robbanóanyag,
 2 burkolólemez; anyaga Ag 99,99;
 vastagsága: $l_b = 2$ mm,



17-6. ábra. Ezüst – réz
plattírozásnál kialakított
hullámkötés a lemezek
határfelületén



17-7. ábra. Ezüst – réz
plattírozott előgyártmány
és az abból hengerelt
0,4 mm vastagságú lemez

3 alaplemez; anyaga Alp 54; $l_a = 18$ mm,
4 prespán lemezből készített keret.

A kísérletsorozatokkal meghatározott technológiai paraméterek:

$$\frac{v_d}{v_h} = \frac{3800 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4000 \frac{\text{m}}{\text{s}}} < 1,$$

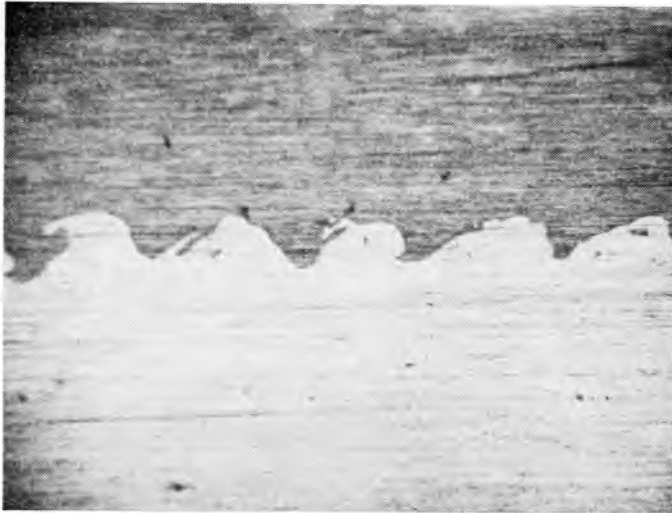
$$Q = 0,8,$$

$$l_1 = l_b = 2 \text{ mm.}$$

Az alkotólemezek határfelületén kialakított hullámkötés képét a 17-8. ábra mutatja.

A 20 mm vastagságú plattírozott tömböket ez esetben is 0,4 mm vastagságú lemezekké hengerelték, és ezekből 8×6 mm felületű érintkezőlapkákat készítettek.

A plattírozott rétegek kötésszilárdságára vonatkozóan a 3.1. pontban leírt vizsgálatokat végeztük el. A kötések az ellenőrzővizsgálatok során nem váltak szét.



17-8. ábra. Ezüst–alpakka plattírozásánál kialakított hullámkötés a lemezek határfelületén

4. Összefoglalás

Kísérleti munkánk során – a technológia alapvető paramétereinek meghatározása után – ezüst–réz és ezüst–alpakka lemezpárok kötését készítettük el robbantásos plattírozással. A létrehozott fémes kötések alkalmasak a további megmunkálások (hengerlés, kivágás, forrasztás) által jelentett igénybevételek elviselésére.

A tárgyalt fémpárok esetében a nemesfém–alapfém vastagságarány 1 : 10, ill. 1 : 9 volt, ami a hengerlés során gyakorlatilag nem változott.

A robbantásos plattírozással létrehozható fémkombinációk sokasága (17-1. táblázat) – a nemesfém tartalmú érintkezőanyagok készítésén túl – a villamosipar, a vegyipar, a járműgyártás területén számos műszaki feladat megoldására nyújt lehetőséget.

Irodalom

- [1] *Gelman, A. Sz.*: Sajtolóhegesztés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1973.
- [2] *Hawes, D. W. – Hay, D. R.*: Explosive welding-mechanism and applications. Engineering Digest. 1977. 5.
- [3] *Iten, W.*: Explosivschweissen – neue Verbindungstechnik für Aluminiumleiter. Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins. Nr. 14. 1973.
- [4] *Prümmer, R. A.*: Explosive cladding of thin films. International Conference on Metallurgical Coatings, San Francisco, U.S.A. 1977.
- [5] *Dr. Richter*: Sprengschweissen – für alle Metallkombinationen. Fachberichte für Metallbearbeitung. Heft 5 – 6/1979.
- [6] *Sharp, W. F.*: The explosion cladding process. Product Finishing. 1980. 4.

VILLAMOS KÉSZÜLÉKEK

18.

Korszerű, kifesztésű, kis veszteségű, nagy megszakítóképeségű áramkorlátozó biztosítók

DR. MOCSÁRY JÓZSEF

ÖSSZEFOGLALÁS

Az utóbbi időben mindenütt előtérbe került az energiatakarékosság kérdése, ezért a villamosenergia-szolgáltatásban és -felhasználásban is az energiatakarékos megoldásokra törekszenek.

Az áramkorlátozó olvadóbiztosítók — passzív működésük során — melegszenek és veszteséget okoznak. A célkitűzés a biztosítók egyéb műszaki jellemzőinek (megfelelő idő—áram jelleggörbék, nagy megszakítóképeség, nagy áramkorlátozó képeség, kedvező kapcsolási túlfeszültség stb.) megtartása mellett a veszteség minimumra csökkentése és a biztosítók kiválasztóképességének (szelektivitás) javítása.

A Világítástechnikai Gyár megbízásából az Intézetben kidolgozott VNO-típusú, veszteségszegény biztosítók kielégítik a fenti követelményeket és megfelelnek a korszerű hazai és külföldi szabványok előírásainak.

СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАВКИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ—ОГРАНИЧИТЕЛИ ТОКА МАЛЫХ НАПРЯЖЕНИЯ И ПОТЕРИ, С УВЕЛИЧЕННОЙ РАЗРЫВНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Д-р. И. Мочару

Резюме

В последнее время во всех областях важнейшим стал вопрос об экономии энергии, поэтому в снабжении и использовании электроэнергии также стремятся применить экономные по энергии решения.

Плавкие предохранители — ограничители тока — во время своих пассивных работ нагреваются в вызовут потери. Целью является уменьшение до минимального значения потери при сохранении других технических характеристик предохранителей (соответствующие характеристики зависимости тока от времени, хорошая способность ограничения по току, благоприятное перенапряжение переключения и т. п.) а также улучшение их селективности.

По заказу Светотехнического завода в ВКИ разработаны предохранители малой потери типа ВНО, обеспечивающие вышеизложенные требования и соответствующие инструкциям современных отечественных и зарубежных стандартов.

VERLUSTARME STROMBEGRENZENDE NIEDERSPANNUNGS-HOCHLEISTUNGS (HS)-SICHERUNGEN

Dr. J. Mocsáry

Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurde das Problem der Energieeinsparung in aller Welt in den Vordergrund gestellt und dementsprechend wurden auch in der elektrischen Energieversorgung und verwendung energiesparende Lösungen angestrebt.

Die strombegrenzenden Schmelzsicherungen erwärmen sich und verursachen – während ihrer passiven Funktion – Verluste. Die Zielsetzungen sind eine Reduzierung der Wattverluste auf ein Minimum und die Verbesserung der Selektivität der Sicherungen, ohne dabei die sonstigen technischen Kenndaten (entsprechende Zeit-Strom-Kennlinien, großes Ausschaltvermögen, große Strombegrenzungsfähigkeit, günstige Schaltspannungen, usw.) zu beeinträchtigen.

In dem Institut wurden im Auftrag der Beleuchtungstechnischen Fabrik (Világítástechnikai Gyár) verlustarme Sicherungen Typ VNO entwickelt, die die oben genannten Anforderungen erfüllen und den modernen ungarischen und ausländischen Vorschriften entsprechen.

UP-TO-DATE LOW-VOLTAGE HIGH BREAKING-CAPACITY CURRENT LIMITING FUSES WITH LOW POWER LOSS

By Dr. J. Mocsáry

Summary

In the recent years the energy economising has gained a great importance all over the world and that's why efforts are made for attaining energy-saving solutions in the supply, distribution and consumption of electric power as well.

In the course of their passive operation, current limiting fuses are warmed up and cause power losses. The objective is to diminish the power losses and to improve the discrimination of the fuses in addition to retaining other technical parameters (appropriate time-current characteristics, high breaking capacity, high current limiting capacity, favourable switching voltage etc.).

Commissioned by Világítástechnikai Gyár (Factory of Illumination Engineering Products), the VNO type fuses developed at the Institute meet the above mentioned requirements and comply with the specifications of the up-to-date Hungarian and foreign standards.

1. A biztosítók feladata. Követelmények

Az olvadóbiztosító (biztosító) – mint ismeretes – a villamos hálózatok és berendezések legrégebben használt és egyik leghatásosabb túláram- és zárlatvédelmi eszköze.

Az európai kontinensen, így hazánkban is, a szemcsés ivoltó anyaggal (általában kvarchomokkal) töltött áramkorlátozó biztosítók terjedtek el. Az áramkorlátozó biztosítók nevüket a működésükkel összefüggésben kapták, mert ezek a biztosítók az áramkörben biztosító nélkül kifejlődhető, meghatározott nagyságú, független áramcsúcs értékét kiolvadásuk által lényegesen kisebb áramértékre korlátozzák.

A biztosítók feladata kettős:

- egyrészt névleges terhelésüknek megfelelő áramértékig bezárólag az áramot kiolvadás és káros melegedés nélkül vezetniük kell (passzív működés),
- másrészt túlterhelések és zárlati áramok hatására történő kiolvadásukkal (aktív működésükkel) meg kell védeniük a villamos hálózatokat és berendezéseket a névleges értéket meghaladó áramok káros termikus és dinamikus hatásától.

A korszerű biztosítókkal szemben támasztott követelmények a következők:

- biztonságos működés a teljes áramtartományban;
- a különböző védelmi feladatok megoldására alkalmas idő–áram jelleg- görbék, ill. jellegsávok;
- kis veszteség;

- nagy megszakítóképeség;
- nagy áramkorlátozó képeség;
- a hálózatra és a berendezésekre veszélytelen kapcsolási feszültség (túlfeszültség);
- kedvező szelektivitás.

2. A kitűzött kutatási feladat

Amint az előbbiekben láttuk, a biztosítóknak a névleges áramukkal azonos vagy annál kisebb áramokat kiolvadás és káros túlmelegedés nélkül vezetniök kell (passzív működés). Az áramkorlátozó olvadóbiztosítók passzív működésük során – a terhelőáram nagyságától függő mértékben – melegsznek és veszteséget okoznak. Az erőműveknek ezt a veszteséget a fogyasztói berendezések teljesítményén túlmenően elő kell állítaniok és az energiaszolgáltatás során szolgáltatniok kell.

Az előbbiekre való tekintettel a világon mindenütt arra törekszenek, hogy a biztosítók veszteségét – energiatakarékossági okokból – a minimumra csökkentsék, vagyis mind az energiaszolgáltatóknál, mind a fogyasztóknál veszteségszegény biztosítók kerüljenek beépítésre.

Ez a cél vezette a Villamosipari Kutató Intézetet és a Világítástechnikai Gyárat a legújabb hazai és külföldi szabványok előírásait kielégítő veszteségszegény biztosító-sorozat kidolgozására és gyártására.

A feladat tehát olyan kisfeszültségű, kis veszteségű (veszteségszegény), nagy megszakítóképeségű áramkorlátozó olvadóbiztosító-sorozat kidolgozása volt, amely a korábbi típusok kedvező műszaki jellemzőinek (nagy megszakító- és áramkorlátozó képeség, kedvező kapcsolási feszültség stb.) megtartása mellett azoknál veszteség és szelektivitás szempontjából lényegesen jobb. A feladatot vörösréz olvadóelemekkel kellett megoldani.

3. A követelményeket kielégítő olvadóelemek

A biztosítók leglényegesebb alkatrészei az *olvadóelemek*. Az áramkorlátozó olvadóbiztosítók olvadóelemének kialakítása nagymértékben befolyásolja a biztosítók műszaki jellemzőit, nevezetesen a biztosítók idő–áram jelleggörbéit, melegedési viszonyait, veszteségét, áramkorlátozó- és megszakítóképeségét, túlfeszültség- és szelektivitási viszonyait.

A különböző célra készülő olvadóbiztosítók olvadóelemének kialakítását a felhasználás körülményei határozzák meg.

Valamennyi olvadóelem közös jellemzője, hogy az olvadóelemen, annak hosszában nagyobb és kisebb keresztmetszetű szakaszok váltogatják egymást. A csökkentett keresztmetszetű és a nagyobb keresztmetszetű szakaszok kialakítása és elrendezése határozza meg a biztosítóbetét viselkedését a túláramok és a zárlati áramok tartományában. Az idő–áram jelleggörbék alakját befolyásolja továbbá az olvadóelem megfelelő helyén elhelyezett, az olvadóelem anyagának olvadáspontjánál alacsonyabb olvadáspontú, ún. diffúziós rátétfém vagy rátétfém ötvözet.

A nagy megszakítóképeséget és egyidejűleg nagy áramkorlátozó képeséget is szavatoló biztosító olvadóelemének hosszúnak, a veszteség és túlfeszültség csökkenése érdekében viszont ezzel ellentétben a lehető legrövidebbnek kellene lennie.

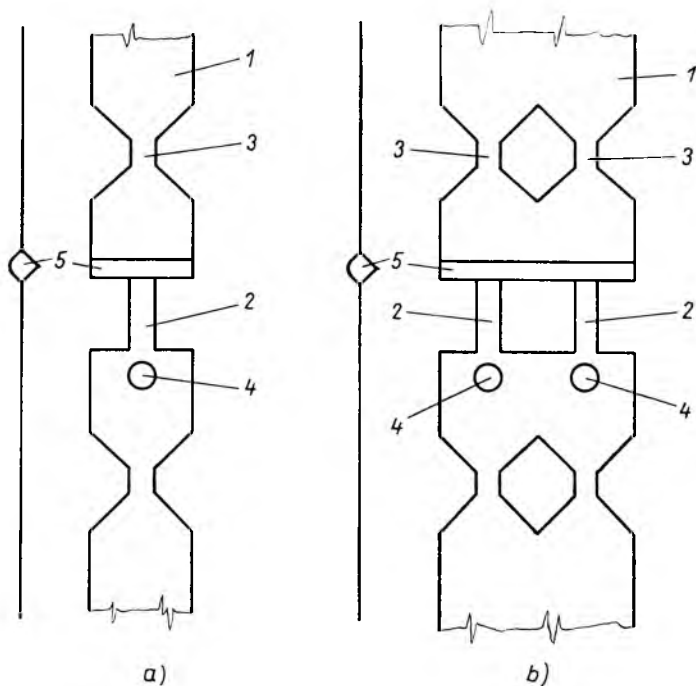
Ezt az ellentétes követelményt csak a sűrű osztású, *többszörös megszakítást* eredményező olvadóelemekkel lehet kielégíteni.

Az osztás sűrűségének, a nagyobb és kisebb keresztmetszetű olvadóelemrészek alakjának megfelelő kiképzésével és hosszának célszerű megválasztásával, továbbá megfelelő szemcseméretű és szemcseeloszlású tiszta kvarchomok mint ívoldóanyag alkalmazásával a túláramok tartományában is biztosítható a rövid ívidejű megszakítás, továbbá a kedvező szelektivitási viszonyok (megfelelő értékű kiolvadási és működési Joule integrál).

Látható, hogy a korszerű áramkorlátozó olvadóbiztosítókkal szemben támasztott összes követelmény teljesítése komplex feladat, így az ilyen biztosítók kialakítása egymásnak ellentmondó követelmények kielégítését igényli, és az optimális megoldás csak kompromisszumos úton érhető el.

A kis veszteségű és minden egyéb követelményt is kielégítő biztosító olvadóelemének kialakítása azon a felismerésen alapszik, hogy a kis keresztmetszetű szakaszokat a korábban használt olvadóelemek hosszú kis keresztmetszetű szakaszához képest jelentősen rövidítve és a megfelelő nyílásokat (lyukakat) együttesen alkalmazva, a hosszú kis keresztmetszetű szakaszokhoz képest veszteségcsökkenés érhető el anélkül, hogy a megszakítási viszonyok romlanának. A felismerés lényege tehát az, hogy a nagyobb és kisebb keresztmetszetű áramvezető szakaszok, a megfelelően kialakított nyílások (lyukak) és a rátétfém megfelelő elhelyezése együttesen eredményez mind a veszteség, mind a kiolvadási jellemzők, mind pedig a megszakítóképeség és szelektivitás (kiolvadási és működési I^2t) szempontjából optimális hatást.

A 18-1. ábra az előző bekezdésben leírt új olvadóelem két kiviteli alakját mu-



18-1. ábra. Kis veszteségű biztosító olvadóeleme

tatja be. A *b)* ábra szerinti olvadóelem az *a)* ábra szerinti olvadóelem megkettőzésével, azaz párhuzamos kapcsolásával jön létre. A különböző névleges áramerősségű betétek kialakítása természetesen az előbbiek szerinti kiképzésű, a névleges áramerősségtől függő számú olvadóelem párhuzamos kapcsolásával történik.

A 18-1. ábrán bemutatott olvadóelemeken az *1* nagy és *2* kis keresztmetszetű szakaszok közötti átmenet lépcsős, míg az *1* és *3* szakaszok közötti átmeneti szakasz folyamatosan változó, továbbá a *3* szakaszok rövidebbek a *2* szakasznál, és lényegesen rövidebbek a korábban használatos olvadóelemek kis keresztmetszetű szakaszainál, ami a veszteség szempontjából döntő jelentőségű. Az *5* rátétfém a *2* szakasz egyik oldalán, az *1* szakaszban helyezkedik el, mégpedig az *1* és *2* szakasz csatlakozásánál. A *2* kis keresztmetszetű szakasz *5* rátétfémmel ellentétes oldalán, az *1* nagyobb keresztmetszetű szakaszban, a *2* szakasz vége közelében *4* nyílás (lyuk) van.

A biztosítók *passzív működése* során az olvadóelem hosszabb, nagyobb keresztmetszetű szakaszai biztosítják a jó hőelvitelt a rövid kisebb keresztmetszetű szakaszok környezetéből.

Túláramok hatására történő *aktív működés* során az olvadóelem nagyobb és kisebb keresztmetszetű szakaszainak csatlakozásánál elhelyezett *rátétfém* – a túláram nagyságától függően rövidebb vagy hosszabb idő után – megolvad, olvadt állapotában a még meg nem olvadt olvadószálba bediffundál, abban oldódik és azzal az olvadószálennél alacsonyabb hőmérsékleten olvadó és rosszabb vezetőképességű szilárd oldatot, ötvözetet alkot közvetlenül a kisebb és nagyobb keresztmetszetű szakasz átmeneténél. Ez az ötvözet (szilárd fémoldat) pedig már a fennálló kisértékű túlterhelés hatására is megolvad, aminek következtében a fémes áramvezetés megszakad. A kiolvadás mindig az olvadóelem kisebb keresztmetszetű szakaszán indul meg. A diffúzió létrejöttéhez és a kiolvadáshoz szükséges hő a kisebb keresztmetszetű szakaszban és az előtte elhelyezkedő lyuk által meghatározott áramvezető részben képződik. A kiolvadási viszonyokat tehát az áramvezető részek, a megfelelően kialakított lyuk(ak) és a rátétfém megfelelő elhelyezése együttesen határozzák meg.

Zárlati működéskor természetesen az olvadóelem hosszirányában az összes kisebb keresztmetszetű szakasz egyidejűleg olvad és gőzölög el és a többszörös megszakítás kedvező hatásaképpen igen nagy (100 kA_{eff}) megszakítóképeség érhető el.

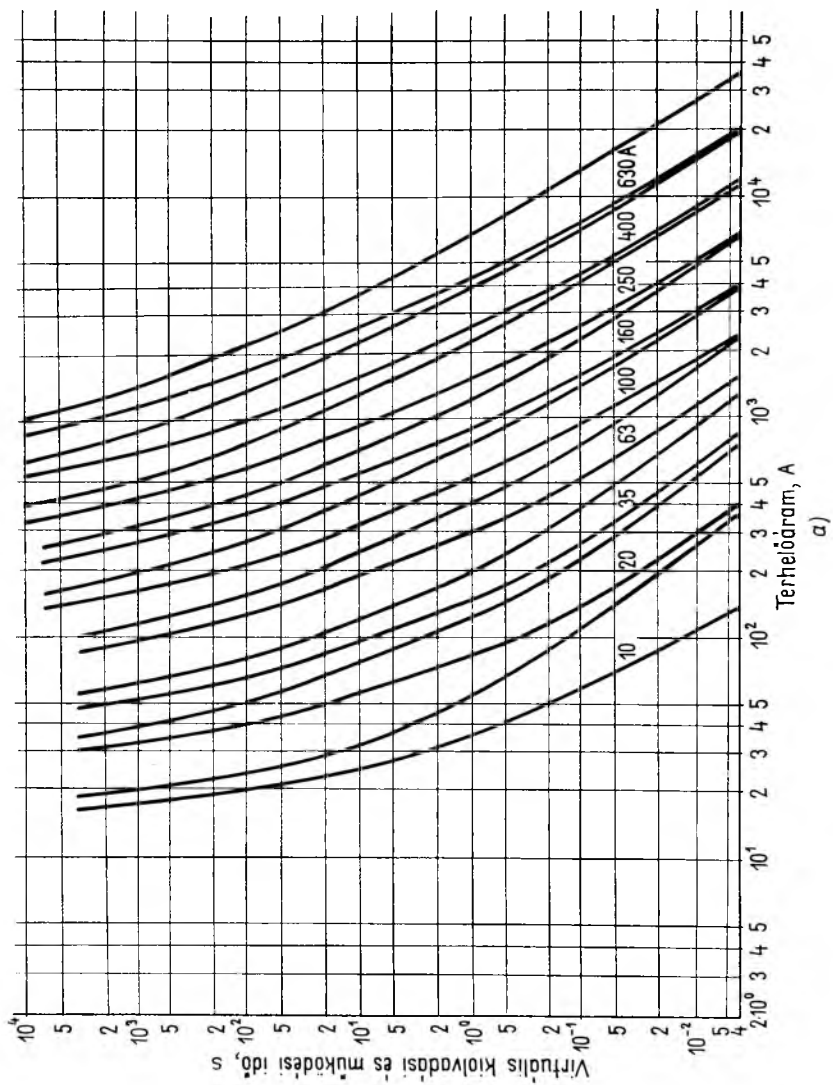
Az olvadóelem kialakítása a kis veszteségen kívül az előírás szerinti kiolvadási idők és szelektivitási viszony (1 : 1,6) elérését és a nagy megszakítóképeséget is biztosítja.

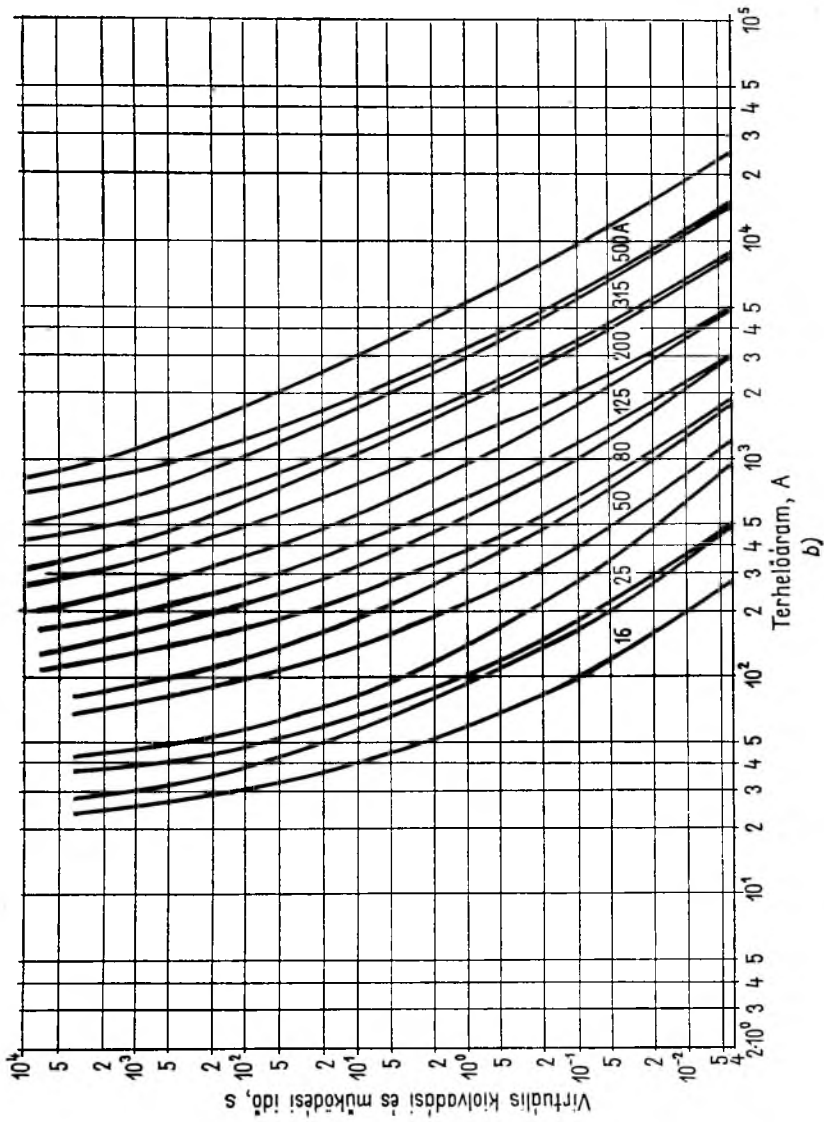
A biztosítók működésének részleteivel jelen cikk keretében nem foglalkozunk; ezeket illetően utalunk a külföldi szakirodalomban megjelent néhány alapvető munkára [2], [3], [4], [5], [6], [7], továbbá korábbi tanulmányainkra, ill. cikkeinkre [1], [8], [9], [10], [11], [12].

4. Kutatási eredmények

Az intézetben kidolgozott újfajta (VNO típusú) biztosítók lényeges műszaki tulajdonságai a következők:

- biztonságos működés a teljes áramtartományban;
- idő – áram jelleggörbék, ill. jellegsvárok az MSZ 1584/1, a MSZ 1584/7, az IEC Publication 269-1,2 a VDE 0636 és az IEC 32 B (Secretariat) 76-February 1981 tervezet szerint;
- energiatakarékos megoldás: az MSZ 1584/1-ben megengedett veszteségnél





18-2. ábra VNO-típusú olvadóbetétek idő-áram jellegsvívai
b)

kb. 25...30%-kal kisebb, a VDE 0636 szabványban és az IEC 32 B (Secretariat) 76-February 1981 tervezetben megengedett szerinti wattvesztesség;

- 100 kA_{eff} megszakítóképeség;
- nagy áramkorlátozó képeség;
- a hálózatra és berendezésekre veszélytelen kapcsolási túlfeszültség;
- kedvező (1 : 1,6) szelektivitás.

4.1 Kidolgozott biztosítóbetétek

Intézetünk a VNO-típusú, veszteségszegény biztosítóbetéteket öt méret nagyságban, a következő névleges áramerősségekre dolgozta ki:

- 4.11 VNO-00 10, 16, 20, 25, 35, 50, 63, 80, 100, 125 A
- 4.12 VNO-0 10, 16, 20, 25, 35, 50, 63, 80, 100, 125, 160 A
- 4.13 VNO-1 25, 35, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250 A
- 4.14 VNO-2 35, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400 A
- 4.15 VNO-3 315, 400, 500, 630 A.

4.2 Idő—áram jellegsvörök

A VNO-típusú 10...630 A névleges áramerősségű olvadóbetétek idő—áram jellegsvörjait (legkisebb kiolvadási idő — legnagyobb működési idő—áram jellegsvörök) a 18-2. ábra tartalmazza. A jellegsvörök megfelelnek az e fejezet elején idézett hazai, külföldi és nemzetközi szabványok előírásainak.

A jellegsvöröket határoló jelleggörbéken a kb. 10...50 ms-nál hosszabb idők a *valóságos (tényleges) időt* (kiolvadási és működési időt), az ennél rövidebb idők pedig az ún. *virtuális időt* jelentik.

Virtuális kiolvadási, ill. működési időn a biztosítóbétét kiolvadási, ill. működési Joule-integrálja (I^2t) és a független szimmetrikus megszakítási áram négyzetének hányadosát értjük. Az egészen rövid (néhány ms nagyságú) kiolvadási és működési idők esetén azért nem a tényleges (valóságos) időket adják meg, mert annak nagysága nagymértékben függ a bekapcsolási pillanattól (szimmetrikus zárlati áram esetén a tényleges kiolvadási és működési idő lényegesen rövidebb, mint aszimmetrikus zárlati áram esetében).

4.3 Az olvadóbetétek vesztesége

A kifestültségű késes biztosítók minőségének megítélésénél — különösen az utóbbi időben — nagy jelentősége van az olvadóbetétek wattvesztességének. Az áramkorlátozó biztosítók ugyanis passzív működésük során — a terhelőáram nagyságától függetlenül — melegszenek és veszteséget okoznak.

Az *olvasóbétét veszteségén* — a vonatkozó szabványok előírásai szerint — azt a wattos veszteséget értjük, amelyet a névleges árammal terhelt betéten állandósult meleg állapotban lehet mérni.

A 18-1. táblázat a késes biztosítók különböző szabványokban rögzített, *megengedett wattvesztéseit* tünteti fel az ún. csúcstípusokra (az adott méret nagyságú tokozathoz tartozó legnagyobb névleges áramerősségű betétre) vonatkozóan.

A 18.2. táblázat összehasonlításképpen a régi, NOLGD-típusú és az új, VNO-típusú kis veszteségű késes biztosítók mért wattvesztéseit tartalmazza. A két típus veszteségeinek összehasonlítása alapján megállapítható, hogy míg a NOLGD-

18-1. táblázat

Kisfeszültségű, nagy megszakítóképeségű olvadóbetétek megengedett veszteségei, W

Méretnagyság		00	0	1	2	3
Névleges áramerősség, A		100	160	250	400	630
Megengedett veszteség, W	MSZ 1584 és VDE 0660 szerint	12	25	32	45	60
	VDE 0636 szerint	7,5	16	23	34	48

18-2. táblázat

VNO- és NOLGD-típusú biztosítóbetétek mért veszteségei, W

Névleges áramerősség, A	00		0		1		2		3	
	VNO	NOLGD	VNO	NOLGD	VNO	NOLGD	VNO	NOLGD	VNO	NOLGD
10	1,25	2,7	1,4	2,7						
16	2,0	2,9	2,25	2,9						
20	2,25	4,7	2,6	4,7						
25	2,6	4,6	3,0	4,5	3,1	4,7				
35 (40)	3,6	(5,1)	4,3	(7,9)	4,8	(5,7)	4,7	(5,5)		
50	4,8	8,4	5,8	9,3	5,9	10,5	5,9	10,7		
63	5,9	10,2	6,5	10,7	7,1	11,0	7,1	10,5		
80	6,6	9,4	8,1	11,9	9,1	12,6	9,0	12,2		
100	7,4	12,5	8,8	14,8	9,5	13,7	9,5	15,0		
125	9,5	14,3	11,0	19,0	11,8	16,0	11,6	16,4		
160			13,2	18,9	13,3	23,2	13,3	23,8		
200					16,5	24,1	17,0	25,8		
250					20,7	30,5	20,5	31,2		
315							24,4	40,1	22,6	38,7
400							32,0	45,0	31,0	42,4
500									38,0	44,0
630									46,0	60,0

típusú biztosítók csak a 18-1. táblázat első sora szerinti, nagyobb veszteségű típusra előírt követelményeket elégítik ki, addig a VNO-típusú, kis veszteségű biztosítók ugyanezen táblázat második sora szerinti – az előbbinél lényegesen kisebb veszteségű – típusra előírt, sokkal szigorúbb követelményeket is kielégítik. Megállapítható továbbá, hogy a kis veszteségű betétek wattvesztése átlagosan kb. 25...30%-kal kisebb a másik típusénál.

A kis veszteségű betétek tehát a korábbi betétekhez képest jelentős *energiamegtakarítást* eredményeznek és előnyösen alkalmazhatók nagyteljesítményű áramkörök túláram- és zárlatvédelmére. A betétek – a korábbi típusoknál lényegesen kisebb veszteségük és ezzel kedvezőbb melegezési viszonyaik következtében – különösen előnyösen alkalmazhatók pl. tokozott berendezésekben.

4.4 Megszakítóképesség

Az áramkorlátozó biztosítók túláramok és zárlati áramok hatására történő működésének (aktív működés) ellenőrzése a *megszakítóképesség vizsgálatokkal* történik. A vizsgálatok zömét — a szabványokban előírt $I_2 \dots I_5$ vizsgálatokat — az intézet zárlati laboratóriumában, a biztosítók névleges megszakítóképességének igazolására szolgáló $I_1 = 100$ kA-es zárlati próbákat pedig a teljes biztosítósorozattal a cseh-szlovákiai bechovicei zárlati próbaállomáson hajtottuk végre. Egyes típusokat (VNO-00 35, 50, 63, 80, 100 A) ezen kívül — a Világítástechnikai Gyár egyik külföldi megrendelője kívánságára — a VDE vizsgálóállomáson, az Elektrisches Prüfamt, München (EPM) müncheni vizsgáló intézetben is sikerrel kipróbáltunk $I_1 = 120$ kA független zárlati áramú körben. Az itt kipróbált betétekre a VDE minősítő jel használatát is engedélyezték, ami a biztosítók világgiacon történő eladhatósága szempontjából igen nagy előnyt és tekintélyt jelent.

A vizsgálatok során az MSZ 1584/1–75 [14], az IEC Publication 269-1 [16], a VDE 660 Teil 4/12.70 [19], a VDE 0636 Teil 1/8.76 [20] szabványok és az IEC 32 B (Secretariat) 76-February 1981 [18] tervezet előírásait vettük figyelembe. A teljes (10...630 A) biztosítósorozat teljesítette az előbbieken idézett szabványokban foglalt követelményeket.

Az elvégzett zárlati megszakítóképesség-vizsgálatok tanúsága szerint a VNO-típusú kis veszteségű betétek megszakítóképessége — a nemzetközi színvonalnak megfelelően — > 100 kA_{eff}.

4.5 Áramkorlátozó képesség

Az áramkorlátozó biztosítók (ilyenek a VNO-típusú betétek is) működésére jellemző, hogy e biztosítók meghatározott áramérték felett nem engedik kifejlődni a független zárlati áram csúcsertékét, hanem már lényegesen kisebb értéknél kiolvadnak. E biztosítók tehát működésükkel korlátozzák az áram további növekedését; innen az áramkorlátozó biztosító elnevezés. Azt is szokták mondani, hogy a biztosítók az áramot levágják; innen származik a levágott áram elnevezés. A biztosítók áramkorlátozó hatását a biztosítóval védett vezetétek és berendezések dinamikus igénybevételre való méretezésénél feltétlenül figyelembe kell venni.

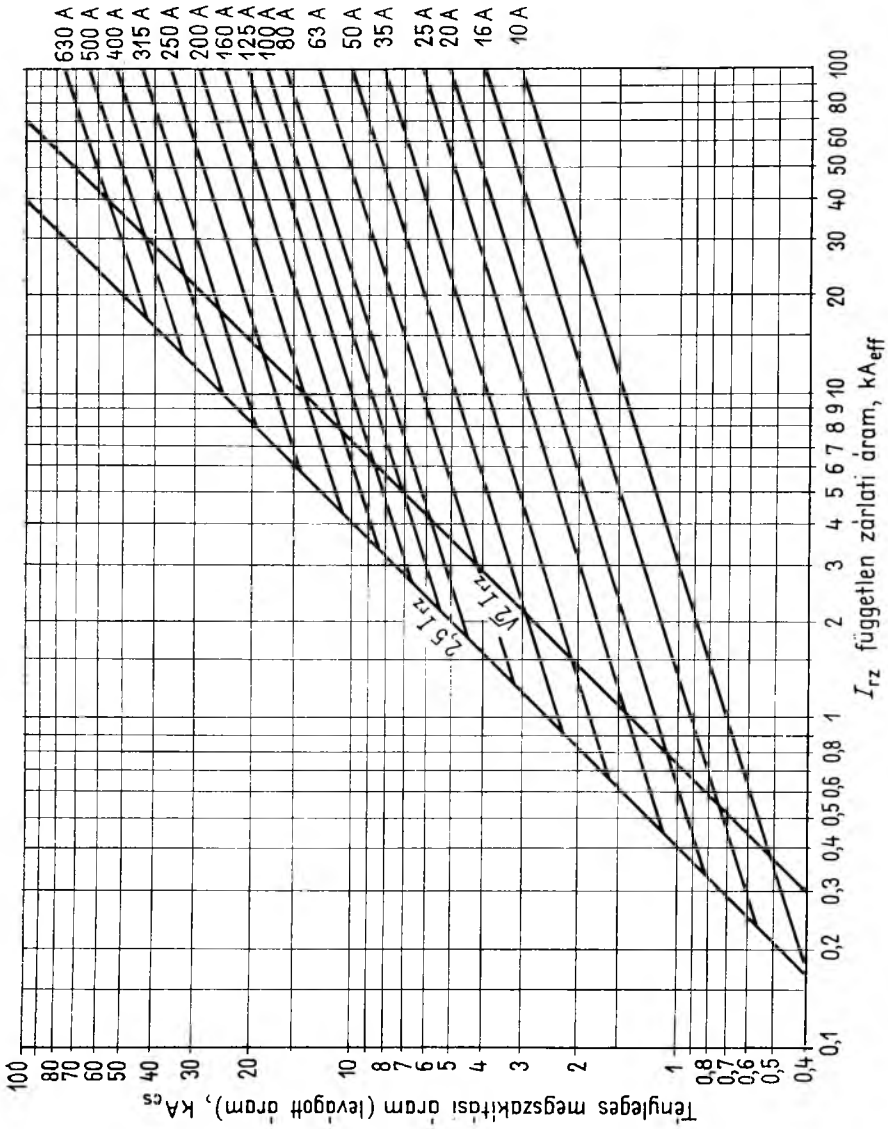
Az áramkorlátozó biztosítók *áramkorlátozó képességét* ábrázoló jelleggörbék az *áramkorlátozási vagy védelmi jelleggörbék*, amelyek a *levágott áramok*, vagy másképpen *tényleges megszakítási áramok* legnagyobb értékeit ábrázolják a biztosítók beépítése helyén (biztosító nélkül) fellépő *független zárlati áram* függvényében.

A 18-3. ábra a VNO-típusú, 10...630 A névleges áramerősségű kis veszteségű biztosítók túláram- és zárlatbiztosági (megszakítóképesség) vizsgálati eredményeinek felhasználásával készült áramkorlátozási jelleggörbék tartalmazza.

4.6 Szelektivitás—Joule-integrál (I^2t)

A villamos berendezések és hálózatok megfelelő túláram- és zárlatvédelme megkívánja a kapcsolókészülékek, így az áramkorlátozó biztosítók egymáshoz képest szelektív működését.

Két vagy több sorbakapcsolt biztosító között akkor áll fenn *szelektivitás*, ha túláram vagy zárlat keletkezésakor csak a meghibásodott hálózatrész, ill. túlterhelt vagy zárlatos berendezés biztosítója olvad ki, a rendszer többi része zavartalanul üzemel tovább.



18-3. ábra. VNO-típusú olvadóbetétek áramkorlátozó képessége

A szelektivitás feltétele akkor teljesül, ha az olvadóbetétek virtuális időket (kiolvadási és/ill. működési időket) tartalmazó idő-áram jelleggörbéi nem metszik, ill. jellegsávjai nem fedik egymást.

A virtuális kiolvadási- és működési időket tartalmazó jelleggörbék megszerkesztéséhez szükség van a kiolvadási és működési Joule-integrál (I^2t), azaz a biztosítón a kiolvadási és működési időn keresztül folyó áram négyzetének idő szerinti integrálja ismeretére. A tényleges kiolvadási időket tartalmazó jelleggörbék alapján ugyanis a zárlati szelektivitás nem határozható meg kellő biztonsággal, mert a kiolvadási idők értéke ebben az áramtartományban – a bekapcsolási pillanattól és így az áram aszimmetriájától függően – igen nagy szórást mutat (l. a 4.2 pontban elmondottakat).

A kiolvadási és működési Joule-integrál (I^2t) ismerete (az idő-áram jelleggörbétől függetlenül is) egyedül is elégséges a helyes lépcsőzés megállapításához. A szelektivitás feltétele ugyanis az, hogy a hibahelyhez közelebb eső biztosító működési Joule-integrálja kisebb legyen, mint a távolabb eső biztosító kiolvadási Joule-integrálja.

A Joule-integrál ismerete azonban nemcsak a biztosítók szelektív működésének meghatározása szempontjából fontos, hanem – minthogy a biztosítók működési Joule-integrálja a biztosítókkal védett berendezésekben a működési idő alatt keletkezett hőenergiára jellemző – a védett berendezések termikus igénybevétele szempontjából is, ezért a biztosítók működési Joule-integrálját a biztosítókkal védett vezetékek és berendezések termikus igénybevételre való méretezésénél is figyelembe kell venni.

A VDE 0636 Teil 2/8.76 [20] és az IEC 32 B (Secretariat) 76-February 1981 tervezet [18] előírja a kiolvadási és működési I^2t értékek ellenőrzését a 4 ms virtuális kiolvadási és működési időt eredményező áramok tartományában.

A VNO-típusú, 10...630 A névleges áramerősségű biztosítókkal az előző bekez-

18-3. táblázat

VNO-típusú olvadóbetétek I^2t értékei, A²s

A betét névleges áram-erőssége, A	VDE 0636 szerinti értékek		Mért értékek			
	kiolvadási	működési	kiolvadási		működési	
10	78,4	640	143...	151	400...	425
16	291	1 210	371...	377	978...	1 100
20	640	2 500	893...	963	1 830...	1 970
25	1 210	4 000	1 360...	1 450	3 270...	3 570
35	3 030	6 750	3 110...	3 346	5 890...	6 720
50	5 750	13 700	6 346...	7 157	12 302...	12 685
63	9 000	21 200	10 200...	10 300	20 100...	20 300
80	13 700	36 000	17 600...	18 000	32 700...	35 100
100	21 200	64 000	28 301...	28 576	58 662...	61 046
125	36 000	104 000	57 500...	59 700	97 100...	99 600
160	64 000	185 000	92 000...	93 500	165 000...	170 000
200	104 000	302 000	179 000...	187 000	300 000...	302 000
250	185 000	557 000	281 988...	284 533	503 285...	527 760
315	302 000	900 000	490 000...	497 000	842 000...	870 000
400	557 000	1 600 000	813 000...	849 000	1 470 000...	1 600 000
500	900 000	2 700 000	1 670 000...	1 730 000	2 610 000...	2 700 000
630	1 600 000	5 470 000	3 100 000...	3 300 000	5 200 000...	5 300 000

désben idézett szabványok előírásai szerint elvégzett szelektivitásvizsgálatok eredményeit a 18-3. táblázatban foglaltuk össze.

A vizsgálatok eredményei szerint a biztosítók teljesítik az idézett szabványokban a szelektivitásra előírt követelményeket.

5. A kis veszteségű biztosítók alkalmazásával elérhető energiamegtakarítás, ill. népgazdasági haszon

A 4.3 fejezetben (18-2. táblázat) összehasonlításképpen bemutattuk a VNO- és NOLGD-típusú, késes rendszerű biztosítóbetétek veszteség adatait a teljes 10...630 A névleges áramerősségű sorozatra vonatkozóan.

Az összehasonlításból látható, hogy a VNO-típusú veszteségszegény biztosítók alkalmazásával, a NOLGD-típusú biztosítókhoz viszonyítva átlagosan kb. 25...30% veszteség csökkenés érhető el, ami biztosítóbetétenként átlagosan kb. 7...8 W-ot jelent.

Figyelembe véve a hazai energiaszolgáltatóknál és a nagy ipari fogyasztóknál beépített kb. 3 millió db biztosítóbetétet és biztosítónként átlagosan kb. 7...8 W veszteség csökkenést, évi 5 ezer üzemórával számolva, a VNO-típusú betétek alkalmazásával elérhető energiamegtakarítás évi 105...120 millió kWh, azaz 105...120 ezer MWh. Ennek az energiaveszteségnek a fedezésére jelenleg – évi 8760 üzemóra folyamatos erőművi üzemeltetve – 12...14 MW erőművi teljesítmény szükséges, amelyet a VNO-típusú veszteségszegény biztosítóbetétek kizárólagos alkalmazása esetén teljes egészében megtakarítva más célra lehet felhasználni.

1 kWh villamos energia árát átlagosan 1 Ft-tal számolva, a fenti megtakarítás durván *évi 100 M Ft energiamegtakarítást* és 1 MW erőművi kapacitás létrehozását 60 M Ft-tal számolva, a 12...14 MW erőművi teljesítmény beruházásának megtakarítása, ill. más célra történő felhasználása *720...840 M Ft további népgazdasági (beruházási) megtakarítást* jelent.

A veszteségszegény biztosítóbetétek kidolgozása és gyártása tehát jelentős népgazdasági megtakarítást – villamosenergia-megtakarítást és erőművi kapacitás megtakarítást – eredményezi, így a biztosítók gyártása és felhasználása népgazdasági érdek.

6. Összefoglalás

A Világítástechnikai Gyár megbízásából az intézetben kidolgozott VNO-típusú kis veszteségű (veszteségszegény) biztosítók 500 V névleges feszültségre 5 méret nagyságban, a teljes áramsorra (10...630 A) rendelkezésre állnak és a hazai, valamint külföldi próbaállomásokon elvégzett vizsgálatok tanúsága szerint kielégítik az MSZ 1584/1, MSZ 1584/7, az IEC Publication 269-1, a VDE 0636 szabványok előírásait, sőt a legújabb IEC 32B (Secretariat) 76-February 1981 nemzetközi szabványtervezet előírásainak is minden tekintetben megfelelnek.

A VNO-típusú biztosítók külföldi zárlati laboratóriumukban (Bechovice – Csehország; EPM Elektrisches Prüfmittel, München, NSZK) elvégzett vizsgálatokkal bizonyított $> 100 \text{ kA}_{\text{eff}}$ megszakítóképesége megfelel a nemzetközi színvonalnak. Egyes betéttípusokra – a Világítástechnikai Gyár tőkés partnereinek kívánságára az EPM müncheni vizsgáló intézetben elvégzett vizsgálatok eredményei alapján – VDE jel használati engedélyt is kaptunk, ami a termék világpiacon történő eladhatósága szempontjából igen nagy előnyt és tekintélyt jelent.

A VNO-típusú biztosítóbetéteket az 1980. évi Budapesti Nemzetközi Vásáron Vásári Díjjal tüntették ki.

A betéteket a Világítástechnikai Gyár 1980-tól több százezres sorozatban gyártja.

A biztosítók kedvező műszaki jellemzőik, különösen pedig kis veszteségük és 100 kA_{eff} megszakítóképeségük folytán, versenyképesek a legjobb külföldi gyártmányokkal és jó exportcikket jelentenek.

Irodalom

- [1] *Dr. Mocsáry J.*: Áramkorlátozó olvadóbiztosítók olvadószálkonstrukcióinak összehasonlítása. Villamosipari Kutató Intézet Közleményei 3 (1969), 341 – 348. old.
- [2] *Baxter, H. W.*: Electric Fuses. Edward Arnold and Co. London, 1950.
- [3] *Baxter, H. W.*: The effect of opening a circuit by a fuse (Factors disclosed by fundamental research). THE BEAMA Journal. August 1955, p. 135 – 138.
- [4] *Gibson, J. W.*: The high-rupturing-capacity cartridge fuse, with special reference to short circuit performance. Journal of the IEE, Vol. 88., Part II. (1941), p. 2 – 40.
- [5] *Jacks, E.*: High Rupturing Capacity Fuses. (Design and Application for Safety in Electrical Systems). E & F. N. Spon Ltd., London 1975.
- [6] *Johann, H.*: Ausschaltlichtbögen in elektrischen Sicherungen mit körnigem Löschmittel. Teil 1 – 3. Siemens Forsch.-u. Entwickl.-Ber. 7 (1978), S. 208 – 213; 9 (1980), S. 205...209; 10 (1981), S. 139...144.
- [7] *Lohausen, K. A.*: Überstromunterbrechung mit strombegrenzenden Hochspannungssicherungen für Gleich- und Wechselstrom. Elektrische, 18 (1964), S. 24 – 29.
- [8] *Mocsáry J.*: Középfeszültségű, nagy megszakítóképeségű áramkorlátozó olvadóbiztosítók elméleti és gyakorlati kérdései. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1961.
- [9] *Mocsáry J. – Szél Gy.*: New type low-voltage high-rupturing-capacity current-limiting fuses. Translektro News. Autumn 1962, Number 39, p. 28 – 34.
- [10] *Dr. Mocsáry J.*: Schmelzleiterkonstruktionen strombegrenzender Sicherungen und ihr Verhalten bei Unterbrechung kleiner Ströme. Elektrische 19 (1965), p. 310 – 312.
- [11] *Dr. Mocsáry J.*: Kombinált ivoltási mód alkalmazása kisfeszültségű áramkorlátozó olvadóbiztosítóknál. Villamosipari Kutató Intézet Közleményei 1 (1966), 269 – 276. old.
- [12] *Dr. Mocsáry József*: Kis- és közép-feszültségű áramkorlátozó olvadóbiztosítók. Akadémiai doktori értekezés. Budapest, 1974.
- [13] 173.368 lajstrom sz. magyar szabadalom: Kis veszteségű olvadóbiztosító (Szabadalom-tulajdonos: Villamosipari Kutató Intézet; feltalálók: Dr. Mocsáry József, Szél György, Dr. Néveri István).
- [14] MSZ 1584/1 – 75: Késes olvadóbiztosító – Műszaki követelmények és vizsgálatok.
- [15] MSZ 1584/7 – 79: Késes olvadóbiztosító – Kombinált jelleggörbéjű olvadóbetét.
- [16] IEC Publication 269 – 1/1968 (1973): Low-voltage fuses. Part 1: General requirements.
- [17] IEC Publication 269 – 2/1973: Low-voltage fuses. Part 2: Supplementary requirements for fuses for industrial applications.
- [18] IEC 32 B (Secretariat) 76-February 1981: Draft Up-dating of Publication 269: Low-voltage fuses. Part 1: General Requirements.
- [19] VDE 0660 Teil 4/12.70: Bestimmungen für Niederspannungsschaltgeräte; Teil 4 Bestimmungen für Niederspannungs-Hochleistungs- (NH-) Sicherungen mit Nennspannungen bis 1000 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung.
- [20] VDE 0636 (DIN 57636): VDE-Bestimmung für Niederspannungssicherungen bis 1000 V Wechselspannung und bis 3000 V Gleichspannung. Teil 1/8.76 Allgemeine Festlegungen. Teil 2/8.76 NH-System, Leitungsschutzsicherungen.

19.

Áramló plazmák tulajdonságainak mérése

PILINYI ANDRÁS – TANOS ERVIN

ÖSSZEFOGLALÁS

A szovjet – magyar együttműködésben végzett MHD plazmadiagnosztikai kutatások keretében káliummal sózott gázlángok tulajdonságait vizsgáltuk. Mérési módszert dolgoztunk ki a karakterisztikus turbulenciaidők meghatározására. A turbulenciaidők meghatározását különböző expozíciós idejű, videorendszerrel rögzített interferogramok kiértékelése alapján végeztük. Megállapítottuk, hogy vizsgálataink során a karakterisztikus turbulenciaidők 1 ms körül vannak. Megvalósítottunk egy rezonanciaabszorpció elvén alapuló hőmérséklet- és atomkoncentráció-mérést. Ezen mérést – megfelelő feltételek fennállása esetén – villamos ívek hőmérsékletének és koncentrációjának mérésére is alkalmazni lehet.

ИЗМЕРЕНИЕ СВОЙСТВ ДВИЖУЩИХСЯ ПЛАЗМ

А. Пилини—Э. Танос

Резюме

В рамках МГД плазмодиагностических исследований по советско-венгерскому сотрудничеству исследованы свойства газовой пламени с калиевыми присадками. Разработана измерительная методика для определения характеристического времени турбулентности. Определения времени турбулентности выполнены на основе оценки интерферограмм, снятых по различным временам экспозиции и зарегистрированных видеосистемой. Определены, что характеристические времена турбулентности при наших испытаниях соответствуют примерно 1 миллисекунду. Реализовано измерение температуры и концентрации атомов, основанное на резонансной абсорбции. При наличии соответствующих условий это измерение в будущем можем использовать для измерения температуры и концентрации электрических дуг.

MESSUNG DER EIGENSCHAFTEN VON STRÖMENDEN PLASMEN

A. Pilinyi – E. Tanos

Zusammenfassung

Im Rahmen der, in sowjetisch-ungarischer Kooperation durchgeführten MHD plasmadiagnostischen Forschungen wurden die Eigenschaften der durch Kalium gesalzene Gasflammen untersucht. Es wurde eine Meßmethode zur Bestimmung der charakteristischen Turbulenzzeiten erarbeitet. Die Bestimmung der Turbulenzzeiten wurde auf Grund der Auswertung von Interferogrammen verschiedener Expositionszeit durchgeführt. Die Interferogramme wurden mit Hilfe eines Videosystems erfaßt. Es wurde festgestellt, daß während der Untersuchungen die charakteristischen Turbulenzzeiten um 1 ms lagen.

Es wurde eine Temperatur- und Atomkonzentrationsmessung verwirklicht, die auf dem Resonanzabsorptionsprinzip basiert. Diese Messung wird beim Vorhandensein bestimmter Bedingungen zum Messen der Temperatur und der Konzentration von elektrischen Lichtbögen geeignet sein.

MEASURING THE CHARACTERISTICS OF PLASMA IN FLOW

By A. Pilinyi—E. Tanos

Summary

Within the scope of MHD plasma-diagnostic researches in a Soviet—Hungarian co-operation, the characteristics of gas flames "salted" with potassium were studied. A technique has been developed for the measurement of characteristic turbulence times. They were determined by the evaluation of interferograms taken with different exposure times and recorded by a video system. In the course of our studies, the characteristic turbulence times have been found to be about 1 ms.

A method of temperature and atomic concentration measurement has been realized, based on the principle of resonance absorption. Under appropriate conditions, that method of measurement will be applicable in the measurement of the temperature and concentration of electric arcs.

1. Bevezetés

A VKI 41. Osztály optikai vizsgálati laboratóriumában 1973 óta foglalkozunk alacsony hőmérsékletű (2000...3000 K) áramló gázok, MHD plazmák diagnosztikai kutatásaival. E téma keretében 1980—81-ben az együttműködő szovjet partnerintézettől (IVTAN) kapott gázégővel előállított gázláng, MHD plazmamodell tulajdonságait vizsgáltuk.

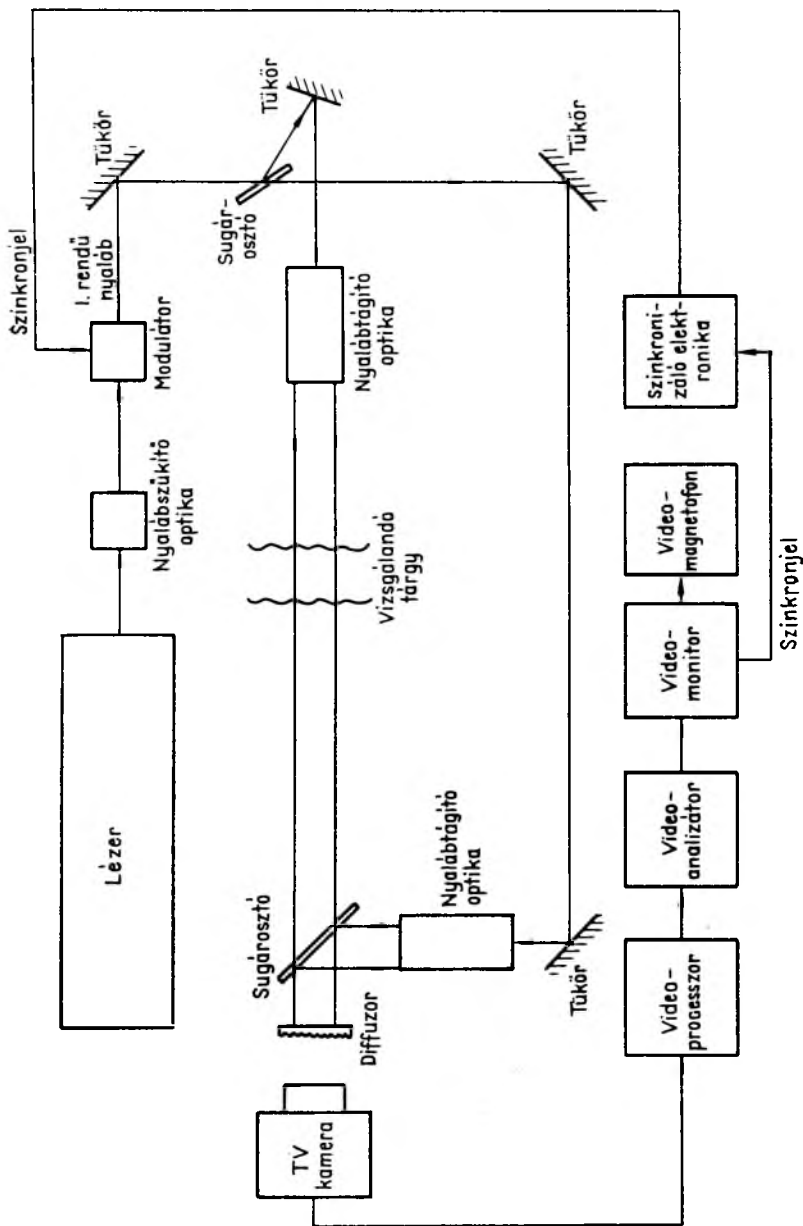
A gázégő speciális felépítése és a hozzá csatlakozó nagy pontosságú — laboratóriumunkban készített — gázzabályozó kör lehetővé teszi igen homogén hőmérséklet-eloszlású és sűrűségű plazma előállítását. A gázzabályozó kör magában foglalja a 10...30 S/m vezetőképességű plazma előállítását lehetővé tevő sózóanyag-befecskendező rendszert is. A mérések során a plazmát propán — bután gázkeverék sztöchiometrikus elégetésével hoztuk létre, az égéshez felhasznált levegő mennyisége átlagosan 1,9 g/s volt. Sózóanyagként K_2CO_3 vizes oldatát használtuk. Az így előállított plazmában kiválóan vizsgálhatók a plazmába helyezett elektródok között égő villamos ívek, amelyek tulajdonságainak megismerése nagyon fontos a hosszú élettartamú, ipari méretű MHD generátorok konstrukciójának kialakításához.

Vizsgálataink a kutatások jelen szakaszában elsődlegesen a gázláng megismerésére irányultak, hogy a későbbiekben ismert környezetben égő íveket vizsgálhassunk.

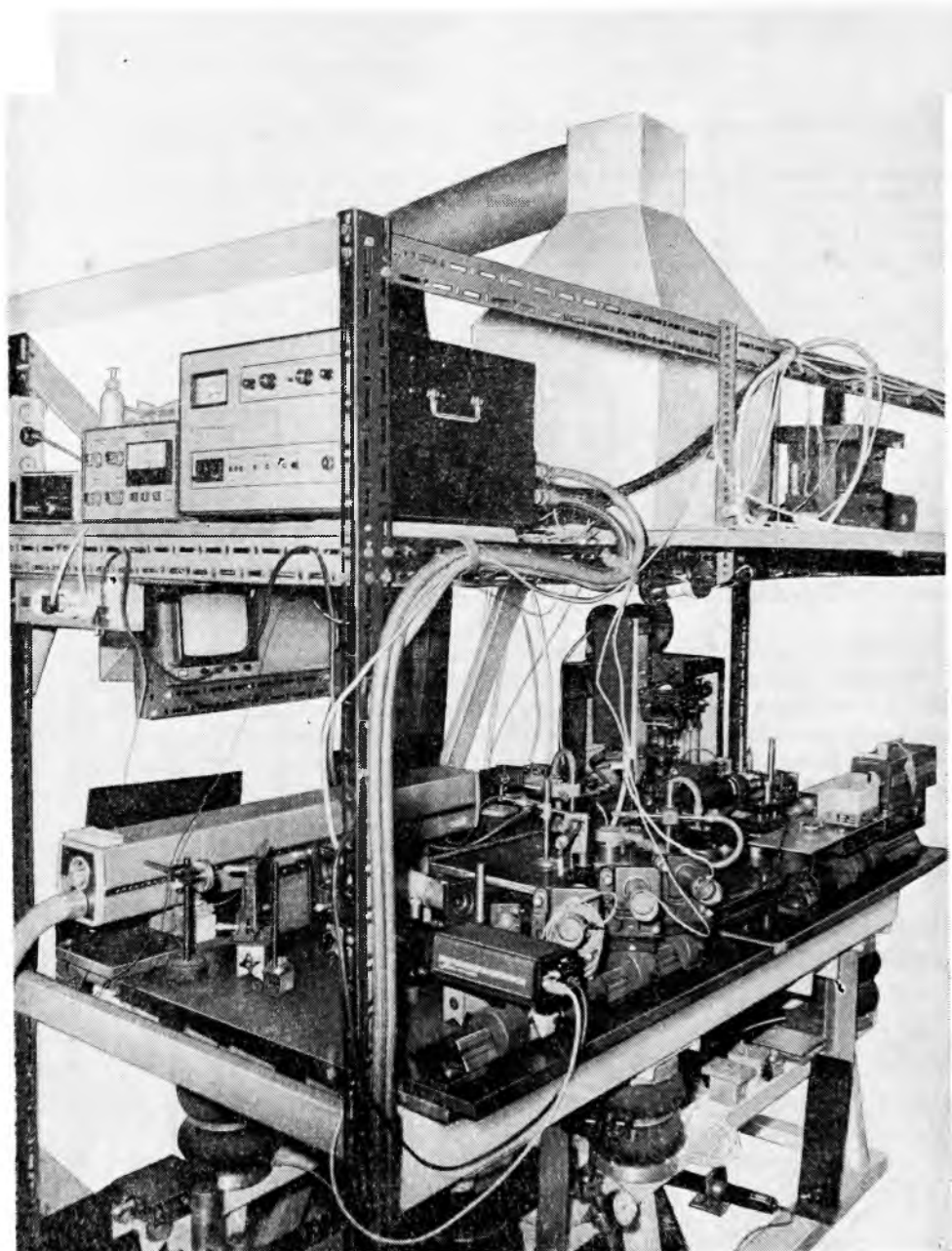
2. Turbulenciajellemezők impulzus-interferometriai mérése

Interferometrikus csíkrendszerek időbeni megjelenítésére és rögzítésére általánosan elterjedt módszer a zárt láncú tv-rendszer és video-magnetofon használata. Ha a változások sebessége összemérhető a tv-rendszer képletapogatási sebességével, akkor az interferometrikus csíkrendszer — gyors változása miatt — ily módon rögzíthetatlenné válik. A probléma megoldható az impulzus-interferometria módszerének alkalmazásával, amelynek lényege, hogy a vizsgálatokra használt interferométert csak a változások karakterisztikus idejénél jóval rövidebb ideig, impulzusszerűen világítjuk meg. Ily módon egy adott pillanatban fennálló interferometrikus kép rögzíthető.

Az impulzus-interferometria általunk kifejlesztett változatában Mach—Zender típusú interferométert használtunk, az exponáló eszköz akusztóoptikai fényintenzitás—modulátor volt. A mérési elrendezés vázlata az 19-1., fényképe a 19-2. ábrán

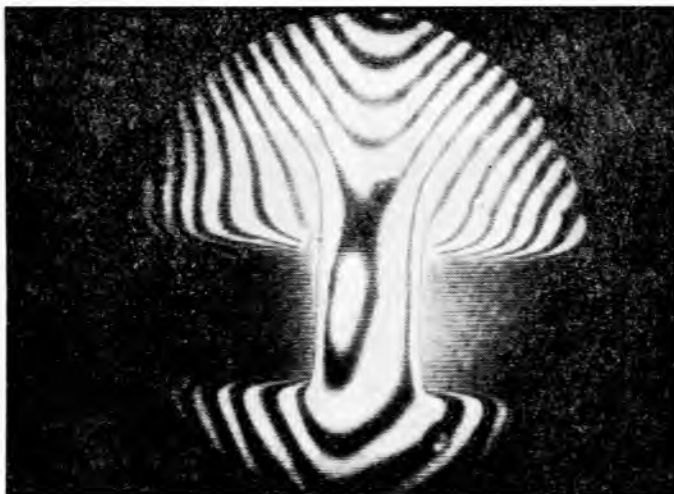


19-1. ábra. A mérési elrendezés tömbvázlata. Impulzus-interferométer



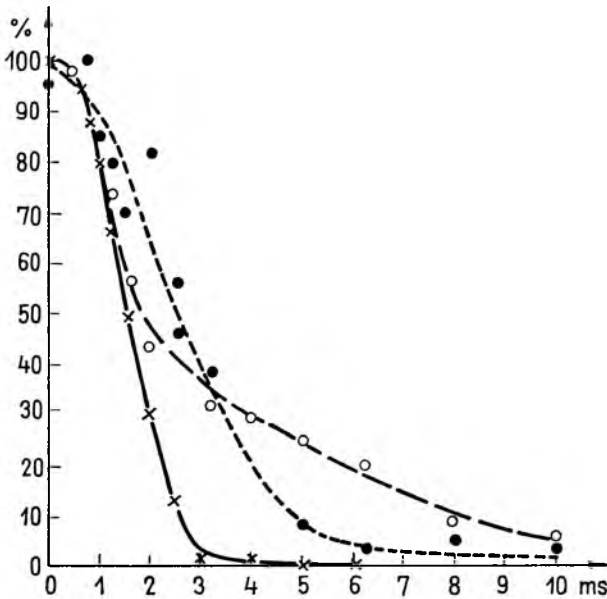
19-2. ábra. A mérési elrendezés

látható. A Mach – Zender interferométer kimenetét zárt tv-lánc segítségével képmagnón rögzítettük. Az interferométert a tv-hez elektronikusan szinkronizáltuk. Az egy-egy tv-képkockákhoz szinkronizált expozíciós időt $1 \mu\text{s}$ -tól a ∞ -ig változtatni tudtuk. A gyakorlatban 0,2 ms-tól 20 ms-ig terjedő expozíciós időket használtunk. Felvételsorozatot készítettünk a gázlágról szózás nélkül az elektródokkal és elektródok nélkül, valamint szózással az elektródokkal. A felvételeket statisztikailag értékeltük, megszámláltuk, hogy a felvétel során készített összes képkocka hány százalékában volt az interferometrikus kép jó. A „jótság” definíciójára a csíkok láthatóságát (visibility) használtuk. A jó és rossz interferometrikus képekről készített fotókból egy-egy példa a 19-3. ábrán látható.



19-3. ábra. Az interferencia-képek láthatósága

Az előbbieken ismertetett kiértékelést elvégeztük különböző expozíciós idő használata mellett. Így három görbét kaptunk az idő függvényében, amelyek azt mutatták, hogy mekkora az az expozíciós idő, amely idő alatt a fellépő turbulencia, fázishomogenitás még nem mossa el az interferometrikus képet. A 19-4. ábrán látható görbéről egyértelműen megállapítható, hogy a karakterisztikus turbulenciaidő,

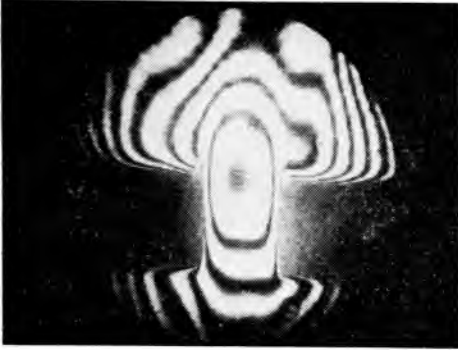


19-4. ábra. Az interferencia-képek láthatósága a felvételi idő függvényében
 Égési paraméterek: 1,9 g/s levegő és sztöchiometrikus arányú propán – bután gáz
 o szózás és elektródok nélkül
 x szózás nélkül, elektródokkal
 • szózással és elektródokkal

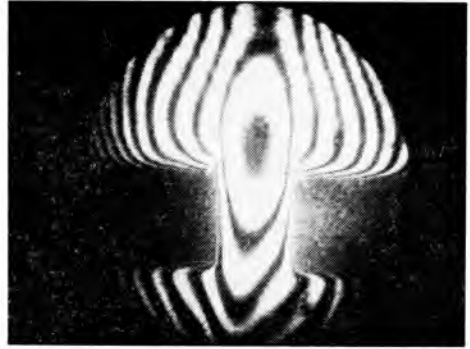
vagyis az az idő, amely alatt a turbulenciák még nem mossák el az interferometrikus képet, 1 ms. Feltételezve, hogy ez az idő a turbulencia teljes áthaladási idejének kb. 10%-a, és figyelembe véve, hogy a turbulenciák haladási útja kb. 10 cm, az adódó haladási sebesség 10 m/s, ami nagyon jól egyezik az irodalomból ismert lángáramlási sebességgel. Ez arra utal, hogy a turbulenciák elsődleges okozója az égés során fellépő fluktuáció, amely egy eltérő hőmérsékletű zónát, „buborékot” hoz létre és ez a buborék a lánggal együtt áramlik.

A buborékok méretét az interferométer elhangolásával lehetett megállapítani oly módon, hogy az interferenciaképet mesterségesen becsikozva figyeltük, hogy hány csík esetén lesz a kép zavartalan. A fázishomogenitás értékét 14π -nek találtuk. A képmagnófelvételekből nagyon jól látszott a buborékok vándorlása is. A 19-5. ábrán található fotósorozat ezt a vándorlást illusztrálja.

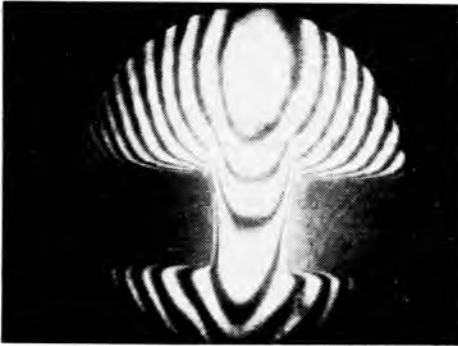
I. fázis



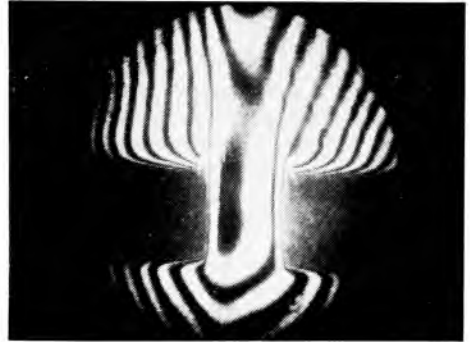
II. fázis



III. fázis



IV. fázis



19-5. ábra A fázishomogenitások vándorlása

3. Rezonanciaabszorpción alapuló plazmahőmérséklet és a sózóanyag-koncentráció mérése

A hőmérséklet és részecskesűrűség mérési módszerének elve a gázlángban levő sózóanyag egy adott színekvonalán jelentkező rezonancia-abszorpción alapul. Ennek lényege a következő: az optikailag sűrű plazmát feketetest-sugárzással megvilágítva a sózóanyag atomjai a színek rezonanciaátmeneteinek megfelelő hullámhosszúságú fotonokat tökéletesen elnyelnek. Ez optikailag sűrű plazmában a plazma saját sugárzására is igaz.

Ily módon a termodinamikai egyensúlyban levő plazma atomjai és a sugárzási tér is egyensúlyba kerülnek, vagyis a sugárzási tér intenzitása is egyenlő lesz a feketetest sugárzásával. Ezek ismeretében, homogén plazmát feltételezve, a következő formulával számítható a plazma hőmérséklete:

$$T_{p1} = \frac{T_1}{1 - \frac{T_1}{c\lambda} \ln \frac{I_{p1}}{I_{p1} + I_1 - I_{p1+1}}},$$

ahol T_{p1} a plazmahőmérséklet, K;

- T_1 a feketetest hőmérséklete, K;
 λ a vizsgált színeképvonal hullámhossza;
 c 1,438 cm;
 I_{p1} a plazmasugárzás intenzitása;
 I_1 a feketetest sugárzásának intenzitása;
 I_{p1+1} az együttes sugárzás intenzitása.

A képletből láthatóan a feketetest sugárzó hőmérsékletének ismerete, és az intenzitások mérése szükséges a plazmahőmérséklet meghatározásához. A részecskekoncentráció meghatározása ezen adatok alapján, valamivel bonyolultabb számítási eljárással történik. Ekkor ugyanis szükség van a színeképvonal Doppler- és Lorentz-kiszélesedésének számítására, valamint a színeképvonal kiválasztására használt monokromátor geometriájának ismeretére is. A módszer részletes leírása az irodalomjegyzékben közölt művekben található. A mérési elrendezés a következő: egy hiteles etalon wolframszalag-lámpa fényét két lencsével párhuzamosítjuk. Az így kapott kb. 2 cm átmérőjű fénysugarat egy tükör segítségével átvezetjük a lángon. A lángon átbocsátott fényt egy lencse egy képtovábbító száloptika bemenetére

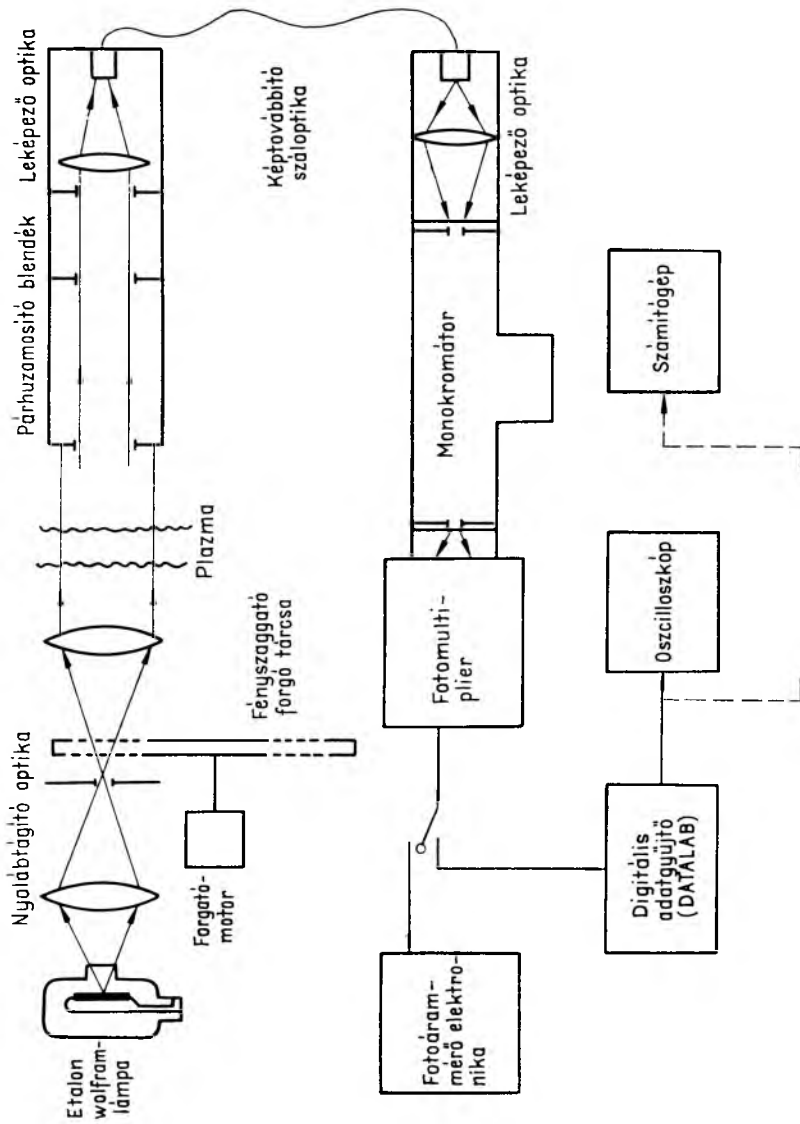
19-1. táblázat

A hőmérséklet és sűrűségmérés eredményei

(Kiegészítés a mellékelt irodalomjegyzékben levő cikkek alapján)

1.920 03 T (L)	2.140 03 T (L)
191.000-03 D (R)	191.000-03 D (R)
3.000 00 L (P)	3.000 00 L (P)
2.786 03 T (P)	2.662 03 T (P)
8.894 00 (FE)	9.308 00 (FE)
1.996 00 P (A)	2.089 00 P (A)
515.635 09 N (O)	528.828 09 N (O)
1.970 03 T (L)	2.200 03 T (L)
191.000-03 D (R)	191.000-03 D (R)
3.000 00 L (P)	3.000 00 L (P)
2.757 03 T (P)	2.690 03 T (P)
8.987 00 (FE)	9.209 00 (FE)
2.017 00 P (A)	2.067 00 P (A)
518.529 09 N (O)	525.383 09 N (O)
2.030 03 T (L)	2.250 03 T (L)
191.000-03 D (R)	191.000-03 D (R)
3.000 00 L (P)	3.000 00 L (P)
2.703 03 T (P)	2.642 03 T (P)
9.165 00 (FE)	9.377 00 (FE)
2.057 00 P (A)	2.104 00 P (A)
523.839 09 N (O)	531.163 09 N (O)
2.100 03 T (L)	
191.000-03 D (R)	
3.000 00 L (P)	
2.739 03 T (P)	
9.047 00 (FE)	
2.030 00 P (A)	
520.419 09 N (O)	

T(L): lámpahőmérséklet, K
 T(P): plazmahőmérséklet, K
 N(O): sózóanyag (kálium) sűrűsége, $1/\text{cm}^3$



19-6. ábra. A mérési elrendezés tömbvázlata. Rezonanciaabszorpciós mérése

képezi le. A száloptika kimenetének fényét egy második lencse egy Jobin-Yvon H20 típusú monokromátor bemeneti részére képezi le. A monokromátor a sózóanyag (kálium) egyik rezonanciavonalára van hangolva. A monokromátor kimenetének fényét egy EGG fotomultiplierrel mérjük. A multiplier jelét egy nagy integrálási időállandójú elektronikával, vagy egy DATALAB típusú nyolccsatornás digitális jelrögzítővel és Tektronix tárolós oszcilloszkóppal mérjük. A mérési elrendezés vázlat a 19-6. ábrán látható, egy mérési sorozat kiértékelésének eredményeit a 19-1. táblázat tartalmazza.

4. A mérési eredményekből levonható következtetések

A mérési eredmények kiértékelése alapján megállapítható, hogy a plazma hőmérsékletének és a sózóanyag koncentrációjának mérése jól reprodukálható. A számszerű eredmények azt mutatják, hogy a plazma hőmérséklete és koncentrációja elegendően magas és stabil, jól vizsgálható mikroívek létrehozásához.

Az interferometrikus mérések tanúsága szerint a jövőben csak 1 ms-nél rövidebb expozíciós idejű interferometrikus méréseket érdemes végezni, mert ellenkező esetben a turbulenciák lehetetlenné teszik a mikroívek vizsgálatát.

Irodalom

- [1] *Fris*: Opredelenije koncentracija normalnüh i vozbuздonnüh atomov. Spektroszkopija Nizkotemperaturnüh Plazmov.
- [2] *Szovoljev*: Opticseszkiye metodü izmerenija temperaturü plamen. Trudü FIAN, 7, 1956.
- [3] *Janson-Korb*: A table of isolated lines. J. Quant. Spectr. Rad. Transfer, 8, 1968.
- [4] *Self*: On tungsten lamps, pyrometers and emissivity corrections in temperature measurements. Stanford University Reports, 1980.
- [5] *Griem*: Plasma spectroscopy. McGraw Hill.

20.

Kisfeszültségű elektromechanikus gyorsátkapcsoló

CSÁNYI ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

Az üzemvitel szempontjából kritikus stúdióberendezések folyamatos energiaellátásának biztosítása érdekében gyakran kettős betáplálást építenek ki. Ilyen esetekben az egyik betáplálás üzemzavara esetén meghatározott, rövid idő alatt automatikusan át kell kapcsolni a másik betáplálásra. Erre a célra a Magyar Rádió megbízása alapján a Villamosipari Kutató Intézetben kifejlesztettünk egy elektromechanikus gyorsátkapcsolót, amelynek névleges feszültsége 380 V, 50 Hz, névleges termikus árama 80 A és az átkapcsolható pólusok száma négy. A cikk ismerteti az átkapcsoló lényeges műszaki paramétereit, működési elvét, valamint üzemeltetésének tapasztalatait.

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ МАЛОГО НАПРЯЖЕНИЯ

И. Чани

Резюме

Для обеспечения непрерывного энергоснабжения оборудования в студиях, критических с точки зрения постоянства работы, обычно разработают двойное питание. В таких случаях, в случае повреждения одного из питаний, автоматически, за определенное короткое время следует переключиться к другому питанию. С этой целью по заказу Венгерского радио в ВКИ разработан быстродействующий электромеханический переключатель номинального напряжения 380 в, частоты 50 гц, номинального термического тока 80 а и количества переключаемых полюсов четыре.

В статье излагаются существенные технические параметры, принцип работы и опыты эксплуатации переключателей.

ELEKTROMECHANISCHER NIEDERSPANNUNGS-SCHNELLUMSCHALTER

I. Csányi

Zusammenfassung

Um die kontinuierliche Energieversorgung von Studioeinrichtungen, die bezüglich der Betriebsführung kritisch sind, sichern zu können, wird öfters eine doppelte Einspeisung aufgebaut. Bei diesen Einspeisungen muß im Falle einer Betriebsstörung der einen Einspeisung innerhalb einer bestimmten kurzen Zeit automatisch auf die andere Einspeisung umgeschaltet werden. Zu diesem Zweck wurde in dem Forschungs-Institut der Elektroindustrie im Auftrag des Ungarischen Rundfunks der elektromechanische Schnellumschalter entwickelt, dessen Nennspannung 380 V, 50 Hz, thermischer Nennstrom 80 A, und die Anzahl der umschaltbaren Pole vier beträgt.

In dem Artikel werden die wesentlichen technischen Parameter, das Funktionsprinzip, sowie die Betriebserfahrungen erörtert.

LOW-VOLTAGE ELECTROMECHANICAL HIGH-SPEED CHANGE-OVER SWITCH

By I. Csányi

Summary

Often double power supplies are incorporated for the continuous powering of studio equipment critical for continuous operation. Under such conditions, in case of an outage of one power supply, an automatic change-over can be made in a specified short time to the other power supply. For this purpose, commissioned by the Hungarian Radio, the electromechanical high-speed change-over switch has been developed at the Research Institute of the Electrical Industry, with a rated voltage of 380 V/50 Hz and a rated thermal current of 80 A. The number of poles to be changed over is four.

The paper describes the principal technical parameters, the principles of operation of the change-over switch and the experiences gained in its operation.

1. Bevezetés

A rádió-műsorszórással szemben támasztott szigorú műszaki követelmények teljesítése érdekében a Magyar Rádióban a villamos fogyasztóberendezések energiaellátása céljából kettős betáplálást alkalmaznak. Ez nagymértékben megnöveli a folyamatos energiaellátás biztonságát, mivel kicsi annak a valószínűsége, hogy egyidejűleg keletkezik üzemzavar mindkét betápláláson.

Az energiaellátás folyamatoságát az biztosítja, hogy az egyik betáplálás üzemzavara esetén egy hálózati átkapcsolóautomatika átkapcsolja a fogyasztókat a másik betáplálásra. Az energiaellátás biztonságát még tovább növeli az a lehetőség, hogy mindkét betáplálás üzemzavara esetén aggregátoros feszültségforrás is üzembe helyezhető.

Bár az átkapcsolóautomatika üzemzavar esetén 1 s alatt átkapcsolja a fogyasztókat a másik betáplálásra, azonban még az ilyen rövid időtartamú feszültségkimaradás is meg nem engedhető zavarokat okozott a műsorszórásban, mivel az éppen adásban levő stúdióberendezések rendellenes működését idézte elő, így pl. a magnetofonok fordulatszámja az átkapcsolásból adódó feszültségkimaradás miatt nagymértékben csökkent, esetleg le is álltak a berendezések. A Magyar Rádió szakembereinek mérési eredményei azt mutatták, hogy a stúdióberendezések folyamatos üzemeltetése esetén a feszültségkimaradás még megengedhető időtartama nem lehet nagyobb, mint 30 ms. Ugyancsak üzemeltetési zavarokat okoz, ha a tápláló hálózat fázisfeszültsége 10 %-nál nagyobb mértékben lecsökken. Ezeknek a feltételeknek a figyelembevételével a Magyar Rádió megbízása alapján a Villamosipari Kutató Intézetben kifejlesztettünk és elkészítettünk egy gyorsátkapcsolót, amely az egyik betáplálás üzemzavara esetén a fogyasztókat max. 30 ms alatt automatikusan átkapcsolja a másik betáplálásra.

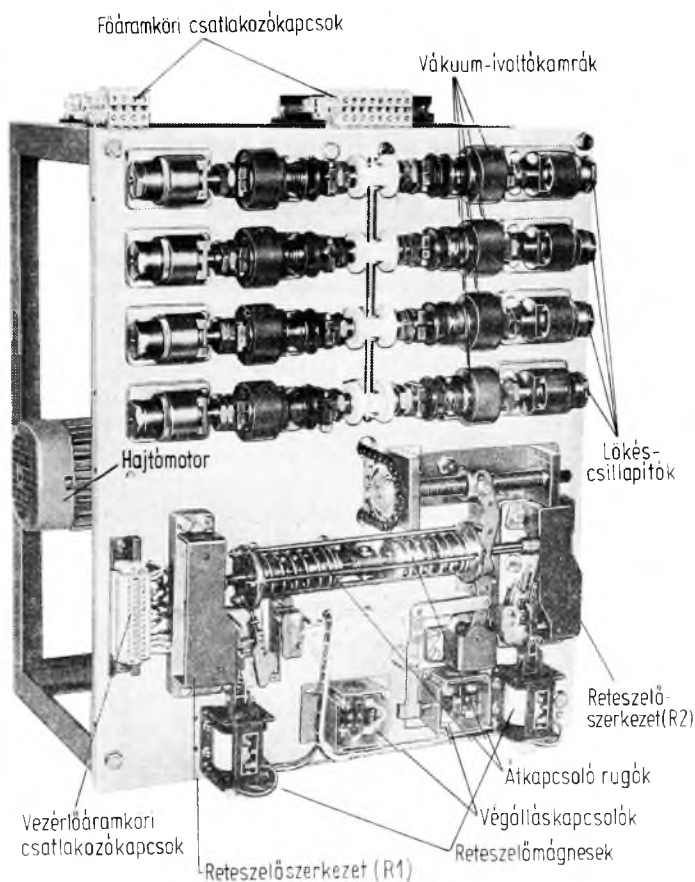
Már a fejlesztési munka megkezdésekor természetesnek tűnt az a megoldás, hogy elektronikus elven működő kapcsolóval lehet az elmondott alapkövetelményeket minden szempontból a legjobban kielégíteni. A feladat megoldásának behatóbb műszaki és pénzügyi elemzése alapján célszerűbbnek látszott az elektronikus megoldás helyett az ennél olcsóbb és egyszerűbb, azonban a megadott műszaki követelményeket kielégítő elektromechanikus gyorsátkapcsoló kifejlesztése, és elkészítése.

2. A gyorsátkapcsoló műszaki adatai

A fejlesztési munka eredményeként 1980-ban elkészült a kisfeszültségű elektro-mechanikus gyorsátkapcsoló (20-1. ábra), amelynek műszaki paraméterei:

- névleges üzemi feszültség: 380 V, 50 Hz,
- névleges termikus áram: 80 A,
- átkapcsolási gyakoriság: 60 átkapcsolás/h,
- villamos élettartam: 10 000 átkapcsolás,
- átkapcsolási idő (a fáziskimaradás pillanatától az átkapcsolás befejezéséig eltelt idő): max. 30 ms,
- az átkapcsolt pólusok száma: 4.

A kapcsoló feszültségcsökkenés-érzékelővel van ellátva, amely az átkapcsolást kezdeményezi, ha az éppen üzemelő betáplálás bármely fázisának névleges feszültsége $0,9U_f$ -nél kisebb ($U_f = 220$ V).



20-1. ábra. A gyorsátkapcsoló

3. A gyorsátkapcsoló felépítése és működése

A gyorsátkapcsoló három fő részből áll: kapcsolószerkezet; reteszelt rugóerőtárolós mechanizmus és feszültségcsökkenés-érzékelő.

3.1 Kapcsolószerkezet

A kapcsolószerkezet magába foglalja az áramköri csatlakozásokat, és az áramkörök nyitására-zárására szolgáló vákuum-ívoltókamrákat. Az alapkövetelményként megadott max. 30 ms átkapcsolási idő kizárta annak lehetőségét, hogy hagyományos felépítésű, és működési elvű kapcsolószerkezet átalakításával vagy kifejlesztésével kísérletezzünk. Így jutottunk arra az elhatározásra, hogy a VKI-ban a korábbi években kifejlesztett, és kedvező üzemeltetési tapasztalatokat nyújtó kisfeszültségű vákuum-ívoltókamrákat alkalmazzuk. A vákuumban működő kapcsolóérintkezők között lezajló ívoltási folyamatra jellemző, hogy az ionizálható környezeti atmoszféra teljes hiánya miatt az áramkör megszakításakor keletkező villamos ívet csak az érintkezők anyagából elpárolgott ionizált fémgőzök tartják fenn. Ilyen körülmények között az ív már az első áram-nullaátmenetnél kialszik és biztosítva van, hogy a gyorsátkapcsoló üzemi áramának (0..80 A) tartományában az áram megszakítása az érintkezők szétválásának pillanatától számítva 10 ms-on belül biztonságosan megtörténjék.

Működését tekintve a gyorsátkapcsoló kétállású, négy pólusú automatikus választókapcsoló. A 20-2a és 20-3a ábrán látható a kapcsolószerkezet egy pólusának kinematikai modellje a kapcsoló egyik („bal oldali betáplálás üzemel”), ill. a másik („jobb oldali betáplálás üzemel”) működési helyzetében. A kapcsolószerkezet üzembehelyezés előtti helyzetének (középállásának) kinematikai modellje a 20-4a ábrán látható. Az ábrákon látható *A*, *B*, *C*, *D* pontok a főáramköri csatlakozási helyeket jelölik. *A*-hoz csatlakozik a bal oldali betáplálás egyik fázisa, *D*-hez a jobb oldali betáplálás ugyanazon jelű fázisa; a *B* és *C* pontok azonos potenciálon vannak, és az elmenő csatlakozási helyeket jelölik.

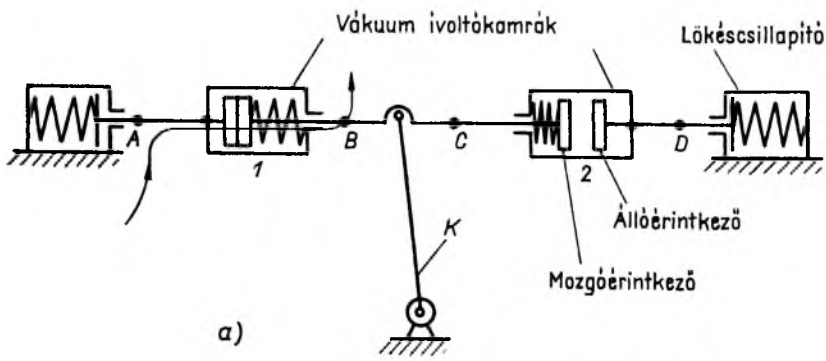
Mint a 20-2a, 20-3a és 20-4a ábrákon látható, pólusonként két vákuum-ívoltókamra van egymással sorbakötte úgy, hogy a kapcsoló középállásában (20-4a ábra) mindkét kamra érintkezői nyitottak. Az átkapcsoláskor keletkező mozgási energia felemésztésére pólusonként mindkét oldalon egy-egy lökéscsillapítót alakítottunk ki. A kapcsoló 1, ill. 2 állásában a bal, ill. a jobb oldali kamrák zártak, így a stúdióberendezések energiaellátása a bal, ill. jobb oldali betáplálásról történik. A gyorsátkapcsoló működését tekintve a két betáplálás egyenértékű.

3.2 Reteszelt rugóerőtárolós mechanizmus

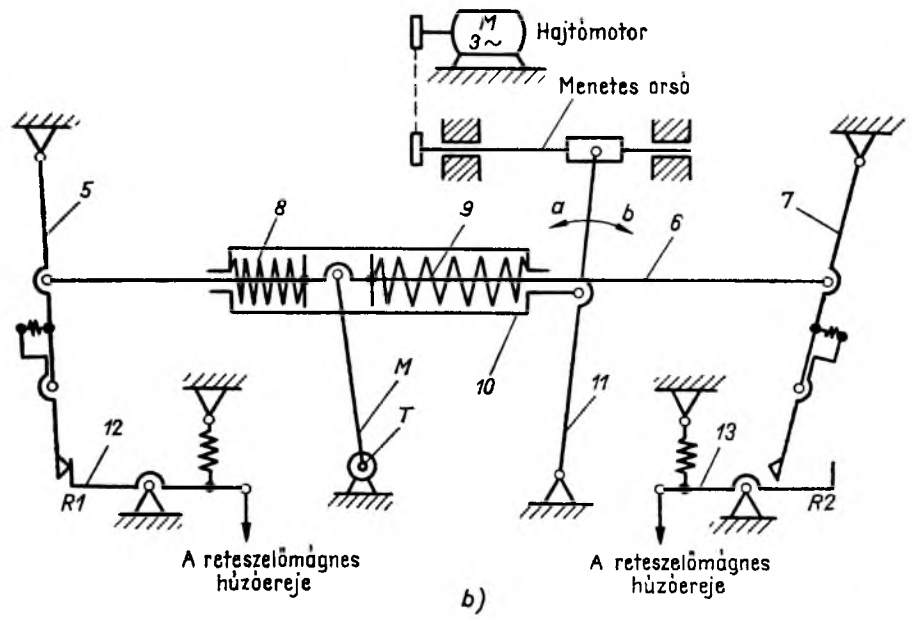
A mechanizmus különböző helyzetének kinematikai modellje a 20-2b, a 20-3b és a 20-4b ábrákon láthatók. Főbb részek:

- háromtagú csuklórendszer (5, 6, 7),
- átkapcsolórugók (8, 9),
- rugófeszítő keret (10),
- elektromágneses működtetésű reteszelőszervezetek (*R1*, *R2*),
- karos rugófelhúzó szerkezet (11).

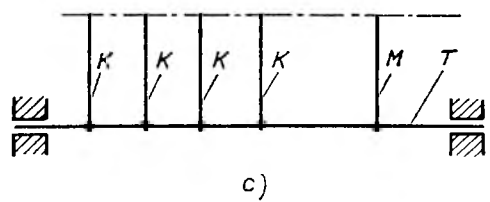
A mechanizmus a *T* működtetőtengelyre hegesztett *K* és *M* karok segítségével mozgatja a kapcsolószerkezetet (20-2c ábra). A rugófeszítő keretet a menetes orsóhoz



a)

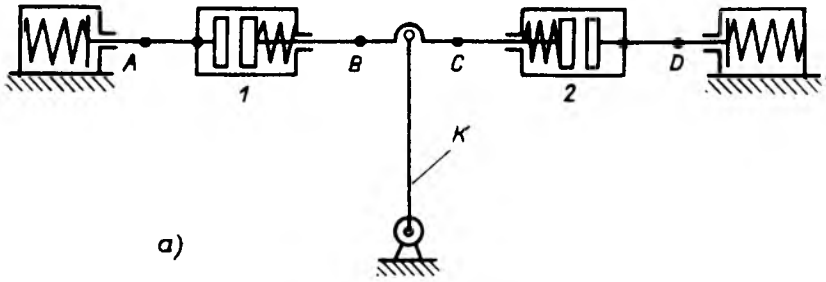


b)

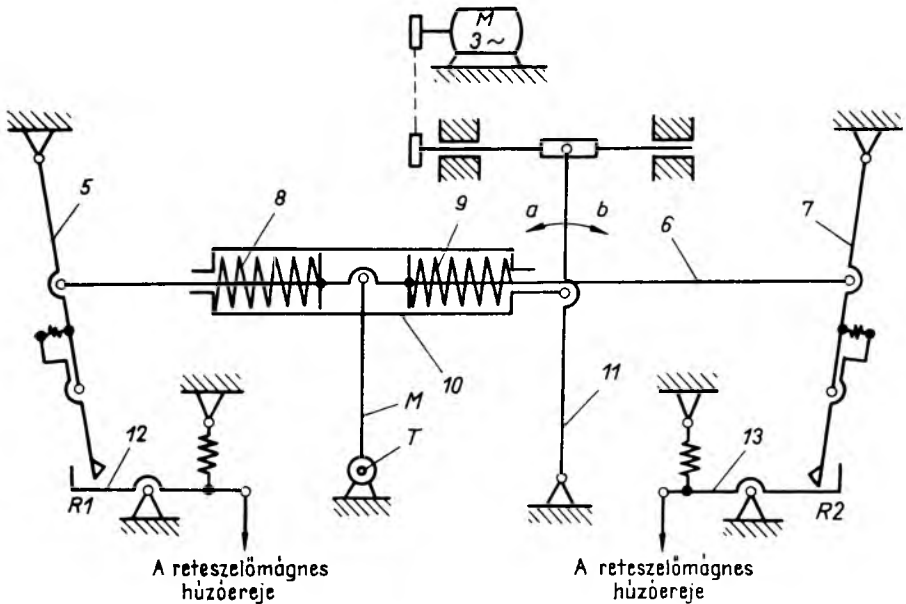


c)

20-2. ábra. A kapcsoló az I állásban, a bal oldali betáplálás üzemel
 a) A kapcsolószerkezet elrendezése az I állásban; b) A reteszelt rugóerőtárolás mechanizmus I állásban;
 c) A működtetőtengely a négy pólus számára



a)



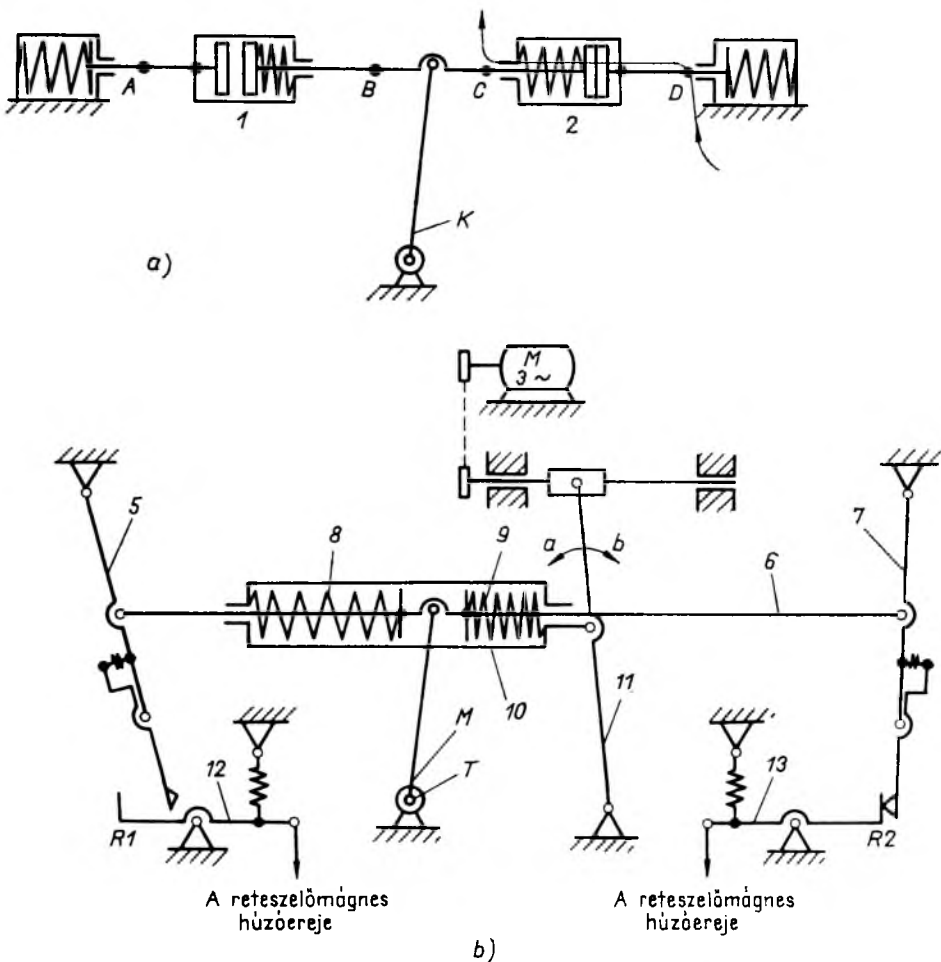
b)

20-3. ábra. A kapcsoló a 2 állásban, a jobb oldali betáplálás üzemel

a) A kapcsolószerkezet elrendezése a 2 állásban; b) A reteszelt rugóerőtárolás mechanizmus 2 állásban

csatlakozó *11* kar mozgatja. A menetes orsót lánchajtáson keresztül egy három-fázisú aszinkron motor forgatja a vezérlés által meghatározott irányban. A motor vezérlése és működtetése a gyorsátkapcsolón elhelyezett helyzet- és végálláskapcsolókkal, valamint a kapcsolószekrényen elhelyezett nyomógombokkal történik.

A kapcsoló üzembehelyezése a következőképpen történik. Tegyük fel, hogy a kapcsoló középpállásban van (20-4. ábra), és mindkét betáplálás üzembiztos, azaz a stúdióberendezések bármelyik betáplálásról üzemeltethetők. Kapcsoljuk most a gyorsátkapcsolót az *1* állásba (20-2. ábra). Ez a hajtómotor kézi nyomógombos vezérlésével történik oly módon, hogy az *a* irányba elforduló *11* kar magával viszi a *10* keretet, a *8* átkapcsolórugót kissé összenyomva, az *5* kart a *12* kar mögé helyezi, így az *5* kar a *b* irányú mozgatással szemben reteszelődik, és a végálláskapcsoló a hajtómotort leállítja. Ekkor a bal oldali kamrák zárnak, a kapcsoló



20-4. ábra. A kapcsolószerkezet középállásban

a) a kapcsolószerkezet elrendezése középállásban; b) a reteszelt rugóerőtárolós mechanizmus középállásban

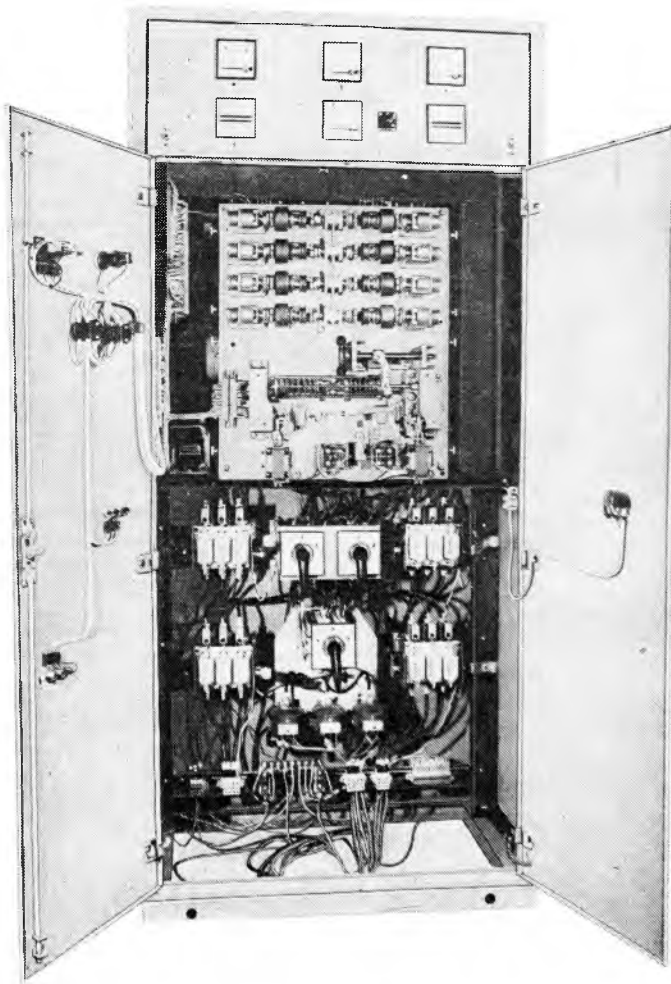
az 1 állásban van, és a bal oldali betáplálásról az üzemvitel megkezdődhet. Ezután a hajtómotor a 11 kart automatikusan az ellenkező irányba kezdi mozgatni, és a gyorsátkapcsolót felkészíti az átkapcsolásra oly módon, hogy a 8 rugót összenyomja, majd leáll. Ennek a helyzetnek a kinematikai modelljét mutatja a 20-2b ábra. A kapcsoló mindaddig az 1 állásban marad, míg a bal oldali betápláláson üzemzavar nem keletkezik.

Ha a bal oldali betápláláson üzemzavar keletkezik, akkor a feszültségcsökkenés-érzékelő automatikusan megszakítja a reteszelőmágnes áramkörét, az R1 retesz old, és a 8 rugóban felhalmozott mechanikai energia a csuklórendszert a b irányba löki úgy, hogy a 7 kar 13 mögé kerül (a 7 kar az a irányú mozgattással szemben reteszelődik). Ekkor a zárt állapotban levő kamrák nyitnak, a nyitott kamrák zárnak, a kapcsoló a 2 állásban van, és a jobb oldali betáplálásról az üzemvitel megkezdőd-

het. Ezután a hajtómotor a *11* kart automatikusan az *a* irányba elforgatja, a *9* rugót előfeszíti, így felkészül a mechanizmus az *1* állásba történő visszakapcsolásra (20-3b ábra).

Ha a jobb oldali betápláláson üzemzavar keletkezik, és a bal oldali betápláláson az üzemzavar megszűnt, akkor az *R2* retesz old, és a csuklórendszer a *9* rugóban felhalmozott mechanikai energia az *a* irányba löki úgy, hogy az *R1* retesz ismét zárja (reteszeli) az *5* kart, a kapcsoló ekkor az *1* állásban van, és a felkészülés az átkapcsolásra megkezdődhet.

A gyorsátkapcsoló átkapcsolási gyakorisága 60 átkapcsolás óránként, azaz ha a két betápláláson az egymást követő üzemzavarok közötti időtartam 60 s, vagy annál nagyobb, akkor az átkapcsolás automatikusan bekövetkezik.



20-5. ábra. A gyorsátkapcsoló UKT szekrénybe építve

3.3 Feszültségcsökkenés-érzékelő

A reteszelmágnesek ($RM1$, $RM2$) tekercseinek áramkörét a külön egységként kialakított feszültségcsökkenés-érzékelő vezérli, amely a következőképpen működik.

Az $RM1$ mágnes tekercse a bal oldali betáplálás fázisfeszültségeire kapcsolt 3 db KR relé sorbakapcsolt záróérintkezőjén, valamint egy GFV típusú fáziskimaradás-védőrelé záróérintkezőjén keresztül a bal oldali betáplálás R és N jelű vezetőjéhez csatlakozik. Hasonlóan az $RM2$ mágnes tekercse a jobb oldali betáplálás fázisfeszültségeire kapcsolt 3 db KR relé sorbakapcsolt záróérintkezőin, valamint a GFV relé záróérintkezőjén keresztül a jobb oldali betáplálás R és N jelű vezetőjéhez csatlakozik.

A fázisfeszültség(ek) kimaradásakor a megfelelő KR relé(k) kb. 4...6 ms alatt kiejt(enek), és megszakítja(ja) a reteszelmágnese(k) áramkörét. Ugyancsak megszakítja a mágnes áramkörét a GFV relé akkor, ha valamelyik fázisfeszültség értéke a névleges értékről $0,9U_f$ -nél kisebb értékre csökken, ($U_f = 220$ V).

A gyorsátkapcsoló a hozzá tartozó villamos vezérléssel, a működtető nyomógombokkal, jelzőlámpákkal és a feszültségcsökkenés-érzékelővel együtt UKT-50 típusú univerzális felépítésű kapcsolószekrénybe van beépítve (20-5. ábra). A kapcsolószekrényben vannak elhelyezve a zárlatvédelmi és kapcsoló funkciót ellátó BTS-160 típusú biztosító terheléskapcsolók, valamint a négypólusú VGK 101 típusú görgőskapcsolók, amelyek kézi átkapcsolású üzemvitelt is lehetővé tesznek. A kapcsolószekrény ajtóira festett kapcsolási séma, az ezen elhelyezett jelzőlámpák, és a nyitható műszermezőben levő amper-, volt- és frekvenciamérők jól áttekinthetően mutatják az üzemvitel pillanatnyi helyzetét.

A gyorsátkapcsoló berendezést 1981-ben üzembe helyeztük a Magyar Rádió Bródy Sándor utcai telephelyén. A VKI telephelyén végzett előzetes mérések, valamint a Magyar Rádió szakembereinek helyszíni mérései igazolták, hogy a kapcsoló az előírt műszaki paramétereket teljesíti. A közvetlen adásban működő magnetofonok helyszíni energiaellátásának mesterségesen előidézett üzemzavara esetén is a gyorsátkapcsoló megbízhatóan és hibátlanul működött. Az üzembehelyezés óta a gyorsátkapcsoló folyamatosan (24 órás üzemben), meghibásodás nélkül üzemel.

Az ismertetett elektromechanikus gyorsátkapcsoló minden olyan kettős betáplálással rendelkező fogyasztó folyamatos energiaellátásának biztosítására is alkalmas, amelynél a technológiai vagy egyéb üzemviteli szempontok megkövetelik a gyakorlatilag szünetmentes üzemvitelt.

21.

A plazmatechnika kohászati alkalmazása

BÓDAY OTTÓ – PIKA IMRE – PÓCSY FERENC

ÖSSZEFOGLALÁS

A jelenlegi világtendenciák szerint a kohászati technológiák átdolgozásra szorulnak az energiaráfordítás, a termelékenység és a termék minőségének javítása tekintetében. A kohászati folyamatok energia- és alapanyag-ellátási nehézségeinek csökkentése villamos energia technológiai célú felhasználásával. A plazmatechnika alkalmazásával javítható kohászati technológiák. A plazmaíves hőátadás problémái.

A VKI által kifejlesztett 200 kW-os kísérleti plazmaberendezés tervezésének főbb szempontjai és az üzembehelyezési tapasztalatok.

A 200 kW-os plazmagenerátor konkrét alkalmazási lehetőségei a vas- és acél-olvasztás, valamint az érc redukció területén.

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНИКИ

О. Бодаи—И. Пика—Ф. Почы

Резюме

По существующим мировым тенденциям следует переработать металлургические технологии с точки зрения затрачиваемой энергии и улучшения качества продукции. Уменьшение затруднений обеспечения энергии и сырья металлургических процессов с применением электроэнергии для технологических целей. Металлургические технологии, надлежащие к улучшению с применением плазменной техники. Проблемы передачи тепла с помощью плазменной дуги.

Важнейшие соображения проектирования экспериментальной плазменной установки мощности 200 квт, разработанной в VKI и опыты приведения установки в работу.

Конкретные возможности применения плазменного генератора мощности 200 квт в областях расплавления железа и стали и редукции руд.

ANWENDUNG DER PLASMATECHNIK IN DER METALLURGIE

O. Bóday – I. Pika – F. Pócsy

Zusammenfassung

Nach den momentan gültigen Tendenzen in der Welt müssen die Technologien der Metallurgie bezüglich des Energieaufwandes, der Verbesserung der Produktivität und der Qualität des Produktes umgearbeitet werden. Eine Reduzierung der Schwierigkeiten bei der Energie- und Grundstoffversorgung der metallurgischen Prozesse kann durch Anwendung der Elektroenergie mit technologischem Zweck erreicht werden. Es werden die mit Hilfe der Plasmatechnik verbesserbaren metallurgischen Technologien erörtert. Die Probleme der Wärmeübergabe mit Hilfe des Plasmabogens werden erwähnt.

Es werden die wesentlichen Planungsaspekte und die Erfahrungen der Inbetriebnahme der durch das VKI entwickelten 200 kW Plasmaeinrichtung beschrieben.

Schließlich wird auf die konkreten Einsatzmöglichkeiten des 200 kW Plasma-Generators auf dem Gebiet des Eisen- und Stahlschmelzens, sowie der Erzreduktion eingegangen.

APPLICATION OF PLASMA TECHNIQUE IN METALLURGY

By O. Bóday – I. Pika – F. Pócsy

Summary

According to current trends all over the world, metallurgical technologies need to be revised in terms of energy expenditure, productivity and quality of products. Reduction of the energy and raw-material supply problems encountered in metallurgical processes, by the technological applications of electric energy. Metallurgical technologies to be improved by the application of plasma technique. Problems of heat transfer by plasma arc.

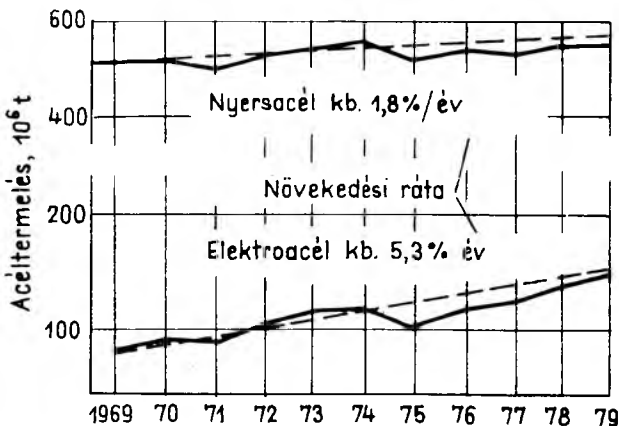
Major aspects of designing the 200 kW experimental plasma equipment developed by the Research Institute of the Electrical Industry and the experiences of setting-up.

Specific potential applications of the 200 kW plasma generator in the fields of iron and steel melting and ore reduction.

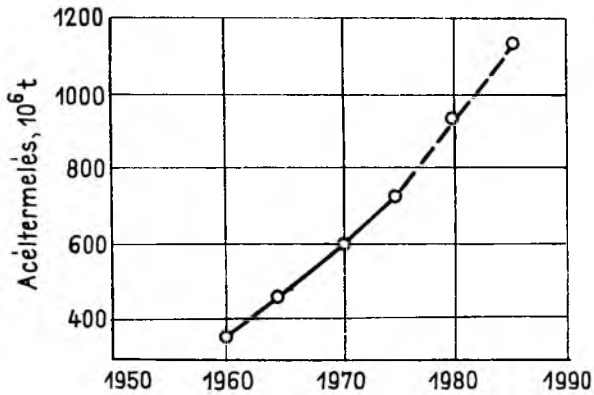
1. A plazmatechnika kohászati alkalmazásának előzményei

Az elmúlt évtized közepe óta bekövetkezett anyagár- és energiaár-változásokat a kohóipar szigorú takarékosági intézkedésekkel és új technológiák bevezetésével igyekszik kiegyenlíteni [1], [2]. E változásokat a következő igények sürgetik:

- az acélttermelés állandó növekedése (21-1., 21-2. ábra) (a jelenlegi 1,8% évi növekedési ütem az ezredfordulóra elérheti a 3...4%-ot);
- az energiaráfordítás csökkentése (a nagyolvasztók 4,5...6 MWh/t ráfordítással dolgoznak, plazmareaktorokkal elérték 2,65 MWh/t értéket is);
- a késztermékekkel kapcsolatos minőségi követelmények növekedése (kis széntartalmú, nagy tisztaságú nyersacél előállítására szükséges).



21-1. ábra. A világ acélttermelése 1980-ig

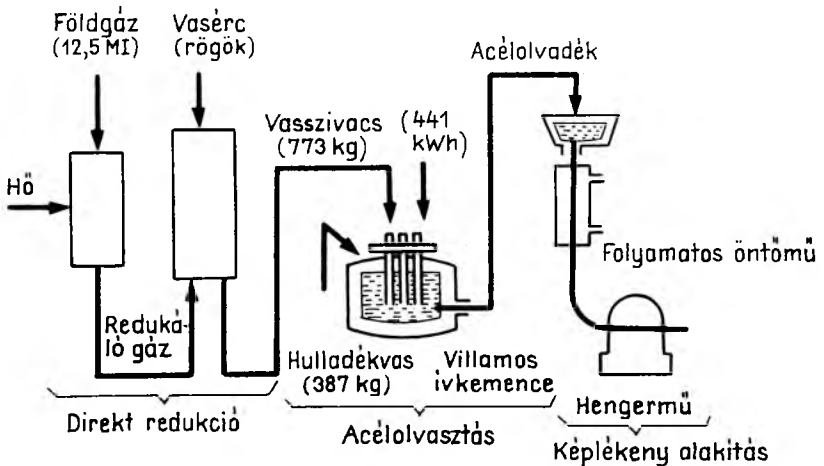


21-2. ábra. A világ acéltermelésének prognózisa

A legfőbb törekvés az acélgártás globális energiamérlegének javítása a következő módon (21-3. ábra):

- magasabb fémessítettségi fokú ércek szállítása,
- az ércfeldolgozás technológiai lépcsőinek összevonása;
- az újrahevitések kiküszöbölése (folyamatos acélgártás);
- a nyersvasba eddig beötvözött karbon mennyiségének csökkentése (konvertálás elhagyása).

Az új, nagy energiaigényű kohászati folyamatoknál, jó technológiai hasznosítása folytán elsősorban a villamos energia felhasználása jön számításba, ami a kohókokszt jelenlegi ára mellett esetenként gazdaságos megoldást jelent [3].



21-3. ábra. Az acélgártás folyamatábrája 1 t acélmennyiségre vonatkozóan

2. A plazmatechnika kohászati alkalmazásának előnyei

A plazmaíves berendezések kohászati alkalmazása a következő szempontok miatt előnyös:

- a plazmaberendezések munkaterében extrém magas, kb. 3000...10 000 °C hőmérséklet állítható elő;
- a nagy hőtartalmú, nagy térfogatra kiterjesztett (500...1200 mm hosszú) ionizált gázokból álló plazmaíves hatásos energiaátvitelt biztosít ($10^2...10^5$ W/cm²) a kezelendő anyag felületére vonatkoztatva (a technológiai berendezések mérete jelentősen csökken),
- a plazmaív független az oxigénpotenciáltól, ezért a technológia által megkívánt redukáló, oxidáló vagy semleges kemenceatmoszféra biztosítható;
- a környezetkárosítás csökken (a plazmaolvasztó berendezések zajszintje 40 dB).

3. A plazmaberendezések alkalmazása a kohászatban

A plazmatechnikát legelterjedtebben a vas- és acéliparban alkalmazzák. A vasércnek redukálása, ill. az ércből nyersacél előállítása három eljárással lehetséges [4]:

- nagyolvasztóban, oxigén-konverteres technológiával,
- mini acélművekben (vasszivacs előállítás, olvasztás ívkemencékben);
- közvetlen acélelőállítás (redukció és olvasztás egyetlen munkafázisban).

A plazmaberendezéseket mindhárom acélgyártási mód esetén alkalmazzák. Eddig a következő technológiai megoldásokat vezették be:

- a nagyolvasztó folyamatainak intenzifikálása a redukáló gáz előmelegítésével és konvertálásával;
- a közvetlen redukációs művek redukáló gázainak előmelegítése vagy a plazma-reaktorok távozó gázainak felhasználása előredukáláshoz;
- a plazmaolvasztás, külső- és belsőíves olvasztó-, átolvasztó-, kombinált indukciós + plazma és elektrosalakos plazmakemencékben;
- öntődei olvasztóberendezések betétanyagainak előmelegítése;
- acélelőállítás közvetlen ércekből.

4. A plazmagenerátorok és plazmaberendezések típusai

4.1 Plazmagenerátorok

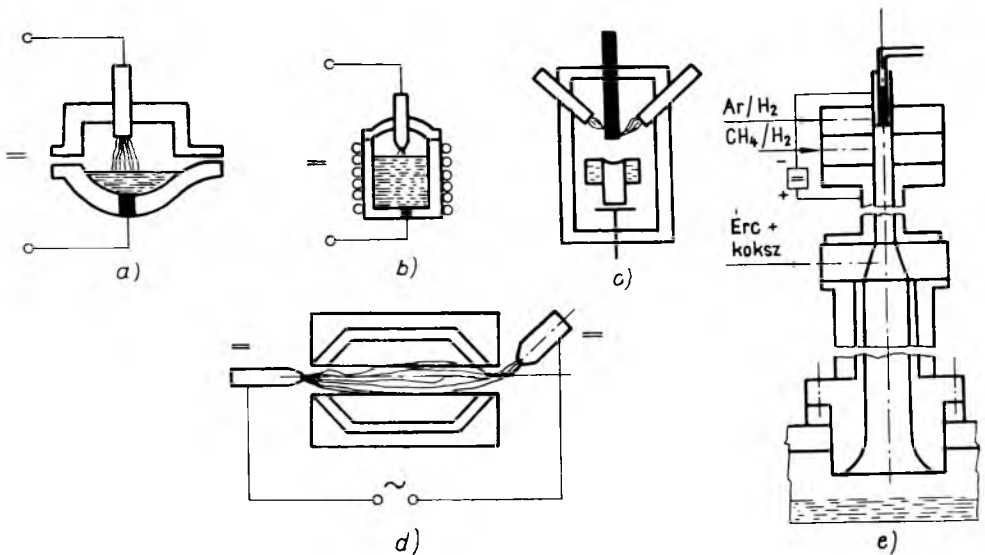
A plazmagenerátorok két alaptípusát különböztethetjük meg: az íves és a nagyfrekvenciás generátorokat [5]. Ipari alkalmazásban és szűkebben véve a kohászat, ill. az acélgyártás technológiáinál elsősorban az íves plazmatronok terjedtek el, ezeket a következő szerkezeti részletek szerint osztályozhatjuk:

- a katód- és anód geometriai kialakítása és anyaga (rúd, cső, üreges; W, Cu);
- a katód és anód egymáshoz képest elfoglalt helyzete (lineáris, koaxiális);
- az anódtalppont generátoron belül vagy kívül történő kialakítása (belső, vagy külső íves);

- az ívnyújtás módja (forgó, haladó mozgást végző anód, axiális gázbefúvás vagy pórusos falú anód alkalmazása);
- az ívstabilizálás kialakítása (mágneses, gázdinamikai, hűtött fal);
- a gázbevezetés iránya (axiális, tangenciális), a hűtés módja (nagy nyomású vízhűtés, elpárologtatás).

4.2 Plazmakohászati berendezések

A kohászati plazmaberendezéseknek biztosítani kell a generátor által létrehozott ív megnyújtását, időben állandó fenntartását és továbbhevítését külső áramforrás felhasználásával, valamint az ív minél jobb hőátadását a kezelendő anyagra. A sokféle változatból az olvasztó-, gázhevítő- és redukálóberendezések alaptípusainak vázlatát a 21-4. ábrán mutatjuk be [6].



21-4. ábra. A plazmaberendezések vázlata

a) medencés plazmaívkemence; b) kombinált, plazma + indukciós kemence; c) átolvasztóberendezés kristályosítóval; d) forgódobos kemence nem vezető anyagok olvasztásához; e) plazmaberendezés közvetlen redukcióhoz

Az egyes berendezéstípusok főbb jellemzői:

- a) tégelyes, medencés olvasztóberendezések – az ívkemence alternatív megoldása, a jövőben tömegacélgyártásnál is,
- b) kombinált plazma + indukciós kemence – hálózati frekvenciás változata kis beruházási költség mellett 25...30% energiamegtakarítást biztosít,
- c) átolvasztóberendezések kristályosítóval – különleges minőségű acélok és ötvözetek előállítására,
- d) forgódobos kemencék – nem vezető anyagok olvasztásához,
- e) plazmareaktorok – egylépcsős redukálás és olvasztás.

5. A plazmaíves hőátadás problémái

A plazmaégőben létrehozott plazmaívek az égőn kívüli jóllehet zárt, de nem csatornakiképzésű térben, szabadon égő ívnek tekintendők. Nagyáramú szabadon égő ívek esetén az egyes ívszakaszokba bevitt villamos energia túlnyomórészt sugárzással adódik át a környezetnek, ezért az egyes ívszakaszok energiamérlege egy csatornán belül kialakuló hőátadáshoz képest egyszerűsödik:

$$Q_{\text{ohmos}} \approx Q_{\text{sugárzási}}, \quad \text{vagyis} \quad \sigma E^2 = S(T^4),$$

ahol σ a munkagáz villamos vezetőképessége;
 E térerősség.

Ennek alapján a felhasznált gázok anyagjellemzőit figyelembe véve, az ívhőmérséklet meghatározható.

Valamennyi plazmaberendezés kialakításánál fontos, hogy az ívhossz és az ívatmérő növelésével minél jobb hőátvitel jöjjön létre a plazmaív és a kezelendő anyag között. Ezt akadályozza azonban, hogy az ív magja, az azt körülvevő nagy hőtartalmú gázréteg, a kemencetéren belüli hideg gáz és a kemencefalazat egymásra hatásának eredményeként a plazmán belül az áramlási sebesség lecsökken, az ívatmérő megnő. Hatásaként az egyes ívszakaszok rezisztenciája (ellenállása) csökken, ami az átvihető teljesítményt és ezzel az ívhőmérsékletet csökkenti. Az idevonatkozó vizsgálatok szerint 8000 K alatt stabil plazmaégés nem tartható fenn, ezért a plazmaberendezések táplálását úgy kell illeszteni a plazmagenerátorhoz és a kemence-, ill. reaktortérhez, hogy a technológia által megkívánt munkapont a berendezés névleges árama figyelembevételével meghatározott ívkialvási határ alatt, de annak közelében legyen a megfelelő határfok elérése érdekében.

6. A 200 kW-os kohászati plazmagenerátor kialakítása és üzembehelyezése

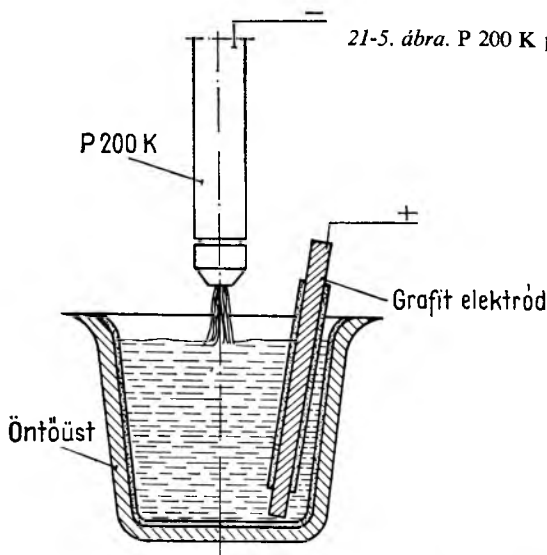
Jelenleg a plazmakohászat ipari gyakorlatában az átvittíves (külsőíves) plazmagenerátorok jelentősége a legnagyobb. Alkalmazzák olvasztó, finomító, átkristályosító és érceredukációs technológiáknál egyaránt, mivel jobb a hőátadása, mint a belsőíves plazmagenerátoré. Gázhevítőként csak belsőíves típusok alkalmazhatók, mivel az ívtalppont nem vihető át a munkadarabra. Emellett a belsőíves plazmagenerátornak az érceredukációs kísérletek szempontjából is előnye az, hogy nem kell hozzá fenékelektroddal ellátott tégelyt csatlakoztatni, hanem hűtött falú reaktorhoz, porleválasztóhoz kapcsolódhat.

Mindezek figyelembevételével, a többirányú kísérleti munka érdekében olyan speciális konstrukciós megoldást dolgoztunk ki, amellyel mindkét üzemmód megvalósítható.

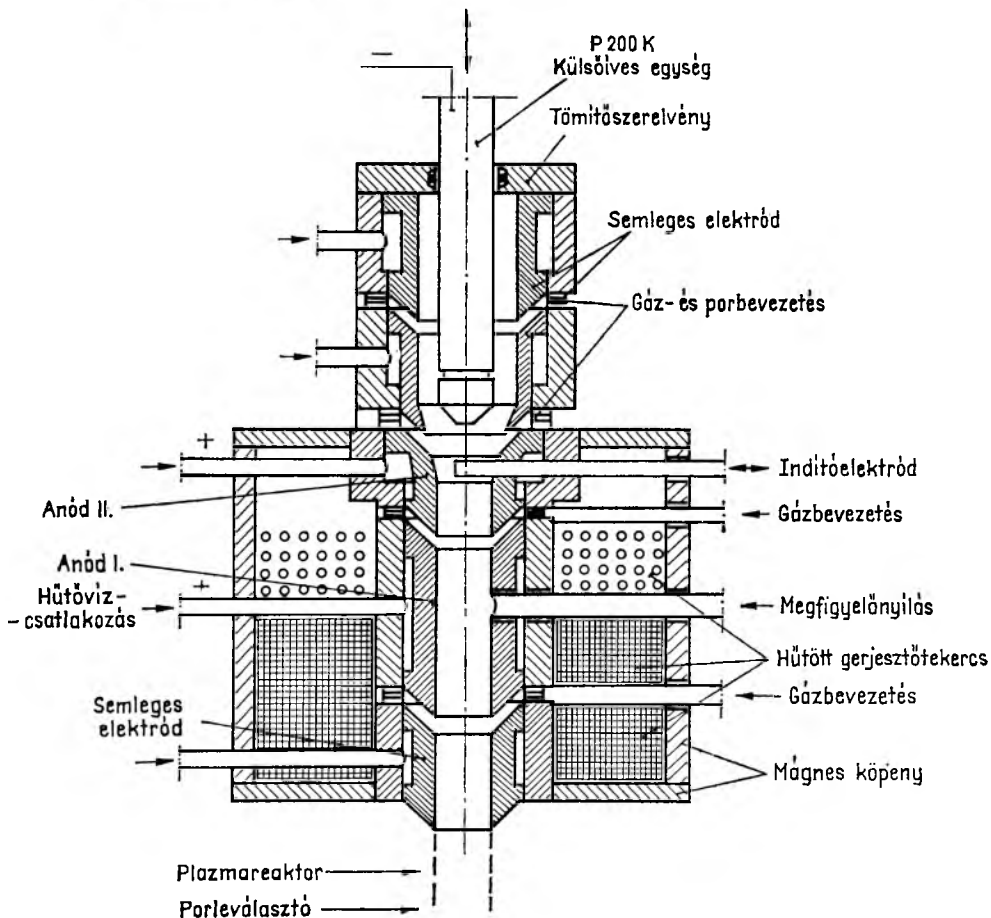
A tervezett plazmaberendezés két fő eleme egy nagyteljesítményű külsőíves, egyenárammal táplált plazmaégő (P 200 K) és egy gyűrű alakú elektród rendszerből álló egység (P 200 B). A külsőíves plazmaégő önállóan is üzemeltethető (21-5. ábra). Ebben az esetben az anód a kemencebetét. A plazmaégőt az említett elektródrendszerbe építve olyan belsőíves elrendezést kapunk, amelyben az anódfolt a mágneses tér és az örvénylő gáztér hatására körpályán mozog a gyűrű alakú elektródokon és árammentes plazmafáklya lép ki a generátorból (21-6. ábra).

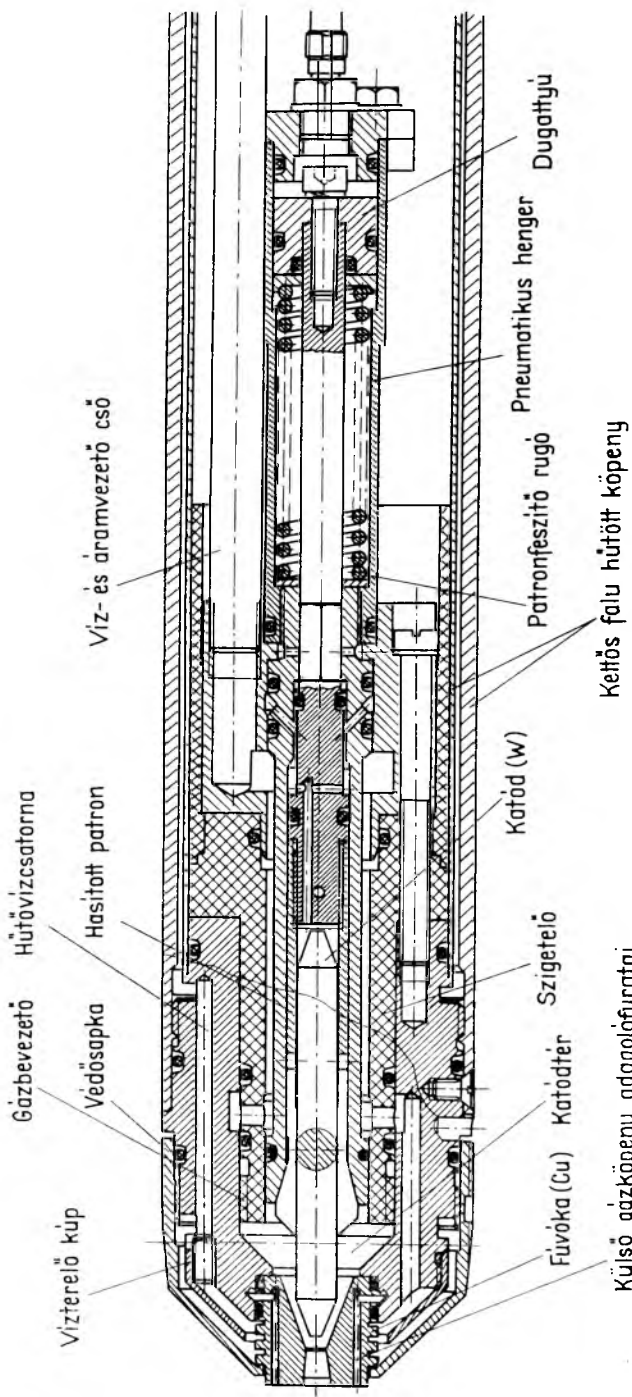
A 21-7. ábrán a külsőíves egység (P 200 K) egy részlete látható metszetben. A 8 mm átmérőjű W-katód 400 A terhelés mellett legalább 6 h folyamatos üzemelte-

21-5. ábra. P 200 K plazmagenerátor külsőívben



21-6. ábra. P 200 K és P 200 B plazmagenerátor belsőívben





Külső gázköpeny adagolófuratjai

21-7. ábra. P 200 K plazmagenerátor (részlet)

tést tesz lehetővé. A célul kitűzött 200 kW névleges teljesítményhez (ívteljesítmény) 400 A áramerősséget és 500 V ívfeszültséget vettünk figyelembe. A katódot kúpos patronos katódtartó szerkezet rögzíti, amely hűtött katódtartóba illeszkedik. Kisebb mértékű erózió esetén a katód helyzete a fúvóka kiserelése nélkül is állítható, ugyanis a patronrögzítést pneumatikus hengerrel oldottuk meg, így a katód – a patron lazítása után – gázbefúvás segítségével a befogószerkezetben előtolható.

A nagy hűtőfelületű vörösréz fúvókán a kilépőnyílás körül kialakított furaton át az ívplazma körül fókuszáló gázköpeny adagolható. A gázt a katódtérbe az ívstabilizáció céljából tangenciális csatornákon vezetik be, a hűtővíz a plazmagenerátor kettős falú köpenyén áramlik a fúvókasapkához és a fúvókához. A fúvókasapka alatti vízterelő kúp mágneses árnyékolási feladatot is ellát. A fúvókát elhagyó hűtővíz a fúvókatartó és katódtartó közötti szigetelő furatain áthaladva a katódtartóba lép és vízhűtésű kábelen távozik a plazmagenerátorból.

Amint a W-katódos konstrukcióknál általában, a plazmagáz Ar, H₂, N₂ lehet, ill. ezek keverékéből állhat. Olvasztás, átkristályosítás esetén tiszta argon-üzem a leggyakoribb. N₂ speciális acélok esetén, H₂ redukciós kísérleteknél jöhet szóba. A P 200 K egység gázigénye 3..6 Nm³/h. A hűtővíz nyomás a kb. 0,5 MPa, a hűtővíz mennyisége 1 m³/h.

A belsőíves üzemmód megvalósításához szükséges gyűrűelektród-rendszer (P 200 B) öt elektródból álló bonyolult konstrukció. Kialakításánál a mágneses és gázdinamikus ívmozgatás, a hűtővízellátás, az indítóelektród-mozgatás, a villamos szigetelés, a tömítés, és az optikai megfigyelhetőség szempontjait egyaránt figyelembe kellett venni. A vízhűtésű vörösréz elemekből álló elektródrendszer két pozitív elektródot tartalmaz, amelyeket vörösréz csőből készített, hűtött gerjesztőtekercek vesznek körül, a tekerceket lágymágneses anyagból készített köpeny burkolja. A legnagyobb gerjesztő áramerősség 500 A, amihez 0,1 T tengelymenti mágneses indukció tartozik. Az árameloszlás és ívfeszültség a két pozitív elektródhoz való villamos csatlakozás módjával – esetleg üzemközben átkapcsolással – is befolyásolható. A pozitív polaritású elektródok (anódok) belső palástfelületén mozog a külsőíves egységből kilépő ív anódtalppontja a mágneses erőter és örvénylő gázáram következtében. A pozitív elektródok alatt és fölött lebegő potenciálú (neutrális) elektródok vannak beépítve. Az alsó semleges elektród a kilépő plazmafáklya kisülésmentességét biztosítja, a felsők pedig a nagymértékben megnyújtott ív söntölődését akadályozzák meg. Az elektródok közötti hézagokban a plazmaképzó gáz, és a plazmába por alakban bevezetett reagensek áramlási iránya a sugárhoz viszonyítva tangenciális és a tengellyel is szöget zár be. Utóbbi biztosítja, hogy az elektródok felületén hidegebb gázréteg áramoljék a határfok és az elektród élettartamának javítása érdekében.

A pozitív elektródok fölötti 72 mm átmérőjű térben centrálisan helyezkedik el az 58 mm átmérőjű külsőíves plazmaégő, amelynek helyzetét kb. 300 mm hosszon lehet állítani szervomechanizmus segítségével, ily módon a plazma és ívparaméterek befolyásolására az iváram és a gázjellemzők változtatása mellett az ívhossz állítása útján is lehetséges van.

E kísérleti plazmaberendezéssel mindkét fajta üzemmódban végeztünk vizsgálatokat. A belsőíves elrendezést (P 200 K és P 200 B) érc-redukciós előkísérleteknél alkalmaztuk, amelyek propán-bután gázt és dúsított vasércport adagoltunk nitrogén plazmába. Az analitikai vizsgálatok szerint a 14 tf% redukáló gázt tartalmazó plazma a 70% Fe₃O₄ mágnesvasércet tartalmazó szovjet ércpor nagyrészt FeO-ra redukálta. A teljes redukció (fémes vasképződés) nem következett be, de biztatónak tartjuk, hogy a nagy hígítás ellenére is a propán-gáz jelentős mennyiségű Fe₃O₄ port kétértékű

vasoxiddá tudott redukálni. A redukációs kísérleteket — az irodalomban ismertetett kísérleti eredmények figyelembevételével — hidrogén-, metán-, ill. szénmonoxid-tartalmú plazmával kívánjuk folytatni, a semleges komponens (N₂) lehetőség szerinti teljes elhagyása mellett.

A P 200 K külsőíves plazmagenerátort — a 21-5. ábrán jelölt elvi elrendezésben — öntöttvas és acélolvasztási kísérletekhez alkalmaztuk. A bázikus béléssű, kb. 60 kg darabos fémhulladékot magába fogadó öntőüst pozitív villamos csatlakozását a fürdőbe nyúló grafitrúddal oldottuk meg, amelyet kerámia védőcső vett körül.

Argon + hidrogén plazmagázt alkalmazva a tipikus üzemeltetési paraméterek:

íváram:	400 A;
ív feszültség:	250 V;
ívteljesítmény:	100 kW;
olvasztási idő:	15 min.;
adagsúly:	60 kg.

Az olvasztási kísérletek közvetlen célja az indukciós kemence intenzifikálási programjának előkészítése volt. A kísérletek során tájékozódunk a plazmagázok áramlásáról, a kemencefal és fúvókasapka hőigénybevételéről, a plazmagenerátor optimális elhelyezéséről, új fúvókát és speciális kerámia védősapkát fejlesztettünk ki. A kutatási-fejlesztési munkát a Kőbányai Vas- és Acélöntöde nagyfrekvenciás indukciós kemencéjéhez illesztett plazmaberendezéssel folytattuk az OMFb megbízásából létrejött KGYV--VKI—KÖVAC együttműködés keretében.

Irodalom

- [1] *Ameling, D. — Baum, R.*: Entwicklungseinrichtungen bei der Stahl-Erzeugung. Stahl und Eisen 1981 (febr. 23/4) p. 27 — 37.
- [2] *Graf, H. — Baum, R.*: Aktuelle Fragen des Elektrowärmeeinsatzes in der Eisen und Stahlindustrie. Stahl und Eisen. 1980 May 19 (10) o. 609 — 517.
- [3] *Decker, E.*: Energiebedarf und Wirtschaftlichkeit beim Schmelzen. Elektrowärme International 1980 (2) April. p. B92 — B97.
- [4] *Simon — Sziklavári — Szőke*: Újabb technológiai megoldások az acélgyártásban. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [5] *Rykalin, N.*: Thermal Plasma Technology. UIE 9th International Congress. Cannes 1980. oct.
- [6] *dr. Temesi S.*: Plazmatechnika alkalmazása a kohászatban. MGT 1980. 2. p. 178 — 207

ZnO ellenállással épített, szikraköz nélküli hálózati és egyéb célú túlfeszültség-levezetők

GYIMÓTHY KÁLMÁNNÉ—CSÉFALVAY MIKLÓS

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a hálózati és egyéb célú túlfeszültségvédelemben alkalmazható új készülék-típust ismerteti, amelyben az aktív anyag fénoxid varistor.

Röviden vázolja működési elvét, a hagyományos szikraközrendszerrel ellátott SiC varistorral épített készülékekhez hasonlítva.

Kitér a külföldön e témakörben elért eredményekre és ismerteti a Villamosipari Kutató Intézetben eddig elért kutatási eredményeket.

РАЗРЯДНИКИ СЕТЕВЫЕ И ДРУГОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ПОСТРОЕННЫЕ РЕЗИСТОРОМ ИЗ ОКИСА ЦИНКА БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКРОВЫХ ПРОМЕЖУТКОВ

К. Димоти—М. Чефалеви

Резюме

В статье излагается новый тип аппаратов, применяемых для снятия перенапряжения в сетях и других областях, в которых активным веществом является варистор из окиса металла.

Кратко излагается принцип работы по сравнению с аппаратами, построенными на базе SiC варисторов и традиционных искровых промежутков.

Указываются заграничные результаты, достигнутые в этой области и описываются достигнутые в ВКИ результаты.

MIT ZnO-WIDERSTAND GEBAUTE, OHNE FUNKENABSTAND ARBEITENDE ÜBERSPANNUNGSABLEITER FÜR NETZ- UND SONSTIGE ANWENDUNGEN

K. Gyimóthy—M. Cséfalvay

Zusammenfassung

In dem Artikel wird ein neuer Gerätetyp erörtert, in dem das aktive Material Metall-oxyd-Varistor ist, und bei dem Überspannungsschutz für Netz- und sonstige Zwecke eingesetzt werden kann.

Es wird kurz das Funktionsprinzip beschrieben, wobei ein Vergleich mit demjenigen Gerät gezogen wird, das mit dem herkömmlichen Funkenabstand-System ausgerüstet ist, und mit SiC Varistor gebaut ist.

Es wird auf die in diesem Themenkreis im Ausland erreichten Ergebnisse eingegangen, und es werden die in dem Forschungsinstitut der Elektroindustrie erreichten Forschungsergebnisse bekanntgegeben.

MAINS AND OTHER LIGHTNING ARRESTERS WITHOUT SPARK GAP (EMPLOYING ZnO RESISTORS)

By Mrs. K. Gyimóthy—M. Cséfalvay

Summary

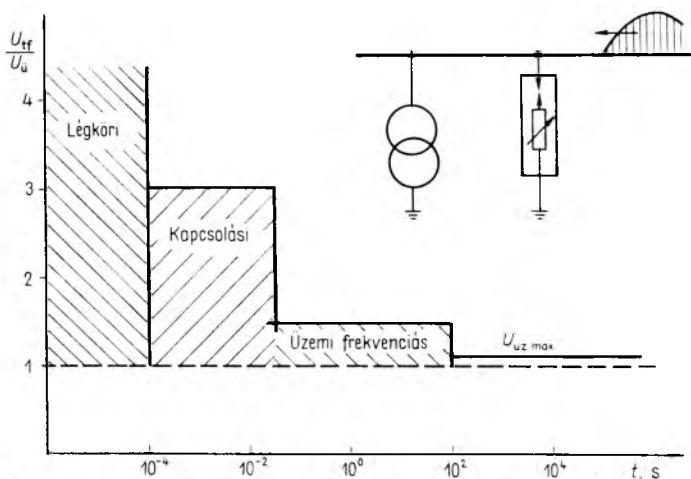
The paper describes a novel type of mains and other lightning arrester employing a metal-oxide varistor for active element.

A brief outline is given of the principles of operation, compared with lightning arresters employing SiC varistors and conventional spark gaps.

Achievements obtained abroad in this field are also mentioned briefly, as well as the research achievements obtained so far at the Research Institute of the Electrical Industry.

1. Bevezetés

Villamos berendezések és hálózatok üzemeltetésénél számolni kell bizonyos körülmények között, az üzemi feszültségnél nagyobb, ún. „túlfeszültség” fellépésével. A szigetelések igénybevételét a feszültségimpulzus csúcsértékén kívül ennek időtartama is lényegesen befolyásolja (22-1. ábra). Számunkra még elfogadható túlfeszültségek értékét a szigetelési szint (a berendezés villamos szilárdságát jellemző legnagyobb próbafeszültségek értéke) határozza meg.



22-1. ábra. Különböző túlfeszültségek nagysága és időtartama

Természetesen a szigetelések méretezésében gazdasági és egyéb műszaki paraméterek (pl. túlmelegedés) miatt nem vehető figyelembe minden, kis valószínűséggel fellépő túlfeszültség. Ha azonban a szigetelések meghibásodása által okozott kár várhatóan jelentős mértékű, különféle túlfeszültségvédelmi eszközöket kell alkalmazni. Ezek védelmi szintjének biztonsággal az objektum szigetelési szintje alatt kell lenni, hogy funkciójukat teljesíteni tudják.

Villamos hálózatok védelmére széleskörűen alkalmazott túlfeszültséglevezető készülék aktív elemként SiC alapanyagú szimmetrikus varistort tartalmaz. Típustól

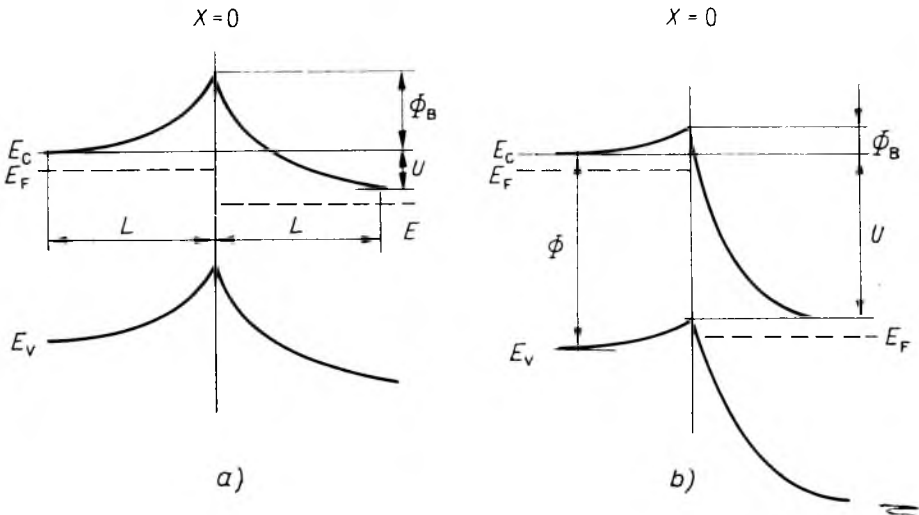
függően ezeken a beépítési feszültség mellett 10...100 A lenne az átfolyó áram, ezért választóelemmel (szikraközzel) látják el. A szikraközzel épített készülékek azonban a maximális biztonság mellett magukban hordozzák a konstrukció adta felhasználási korlátokat is.

A hetvenes évek elejétől megjelenő ZnO alapanyagú ellenállások nemlinearitása közel egy nagyságrenddel kedvezőbb, mint a SiC elemeké, ezért választóelem nélkül is használhatók védelemként.

2. ZnO varistorok fizikája

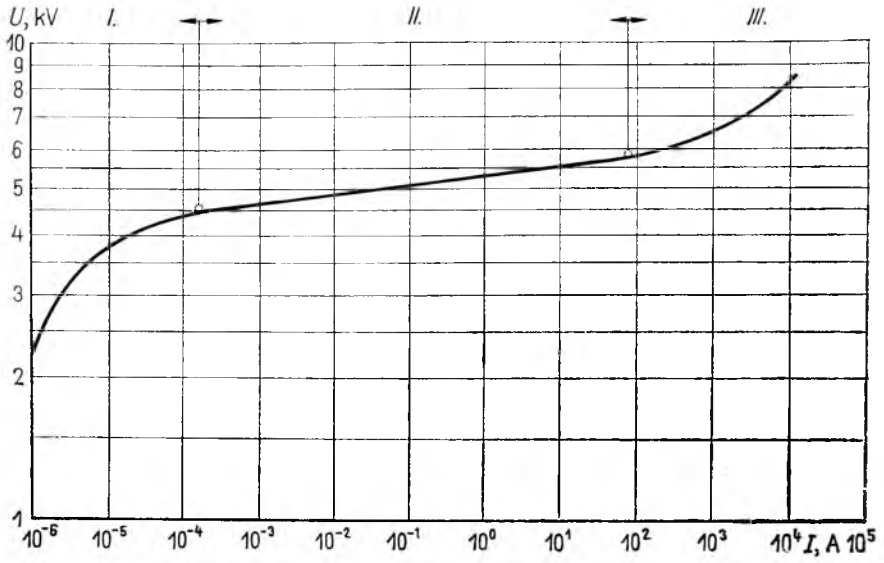
A ZnO alapanyagú ellenállások nemlineáris vezetési mechanizmusára többféle elmélet született ([11], [8], [7], [5], [4]) az elmúlt évtized során, maradéktalanul azonban egyik sem tudja magyarázni a tapasztalati tényeket.

Az alapanyagként használt ZnO tiltott sávjának szélessége $\Phi = 3,2$ eV. Az 1600 K-en hőkezelt ZnO kerámia oxigénhiányos kristályszerkezetű, nagy mennyiségben tartalmaz 0,1 eV-nál kisebb ionizációs energiájú donorokat szobahőmérsékleten ionizált állapotban, ezért a tiszta égetett ZnO kerámia n-típusú félvezető. Adalékok révén a szilárd fázisú reakció befejeződése után az n-vezető ZnO szemcsék felületén elektronsapdák (felületi elektron állapotok) alakulnak ki, valamint a

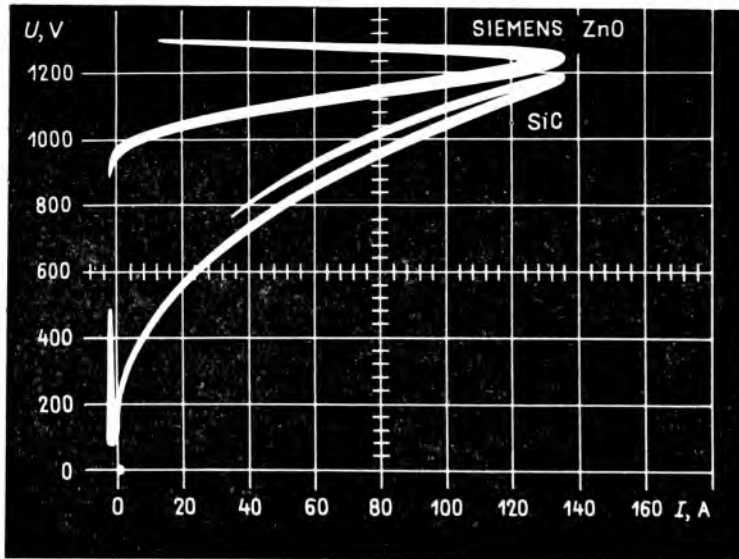


22-2. ábra. ZnO szemcsehatár energiasáv-szerkezete fénoxid varistorban

különböző adalékokból (Bi_2O_3 , MnO , CoO stb.), szigetelő szemcséközi fázis képződik. Az elméleti modell szerint az adalékok hatására a ZnO szemcsé felületén létrejött betöltött „felületi állapotok” negatív töltésének kiegyenlítésére L vastagságú kiürített réteg alakul ki a szemcsehatáron (22-2a ábra). Ennek hatására a sávok a határon elhajlanak a nagyobb energiaszintek irányába Φ_B potenciálgátat képezve az elektronok számára. Kis feszültség rákapcsolása esetén az elektronok termikus gerjesztéssel, ill. hopping mechanizmussal juthatnak át a potenciálgáton, igen kis számban (22-3. ábra 1. szakasza). Ha a rákapcsolt külső feszültség akkora, hogy a



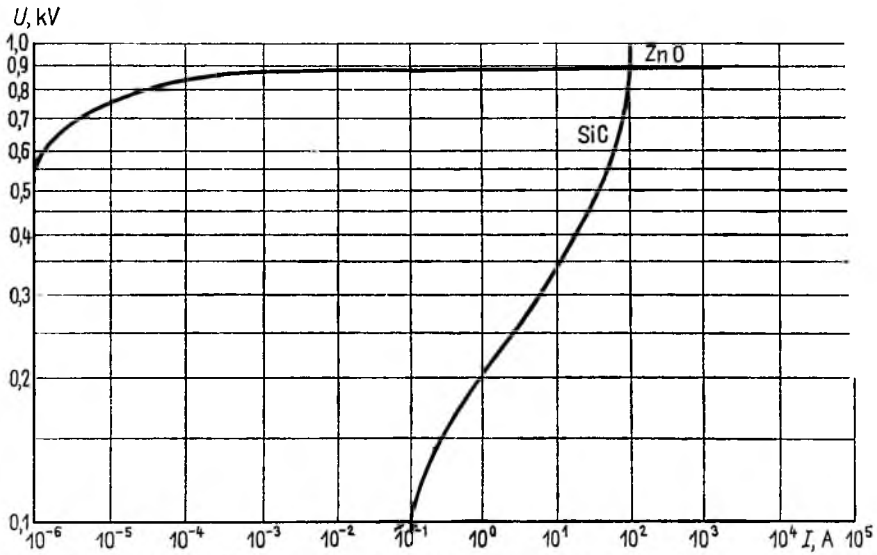
22-3. ábra. Fémoxid varistorok tipikus áram – feszültség jelleggörbéje



22-4. ábra. ZnO és SiC alapanyagú ellenállások $U-I$ jelleggörbéje (Felvétel: 40/150 μ s-os áramimpulzussal)

Φ tiltott sáv szélessége egyenlő lesz a $\Phi_B + U$ értékkel, vagyis az ábra szerinti jobb oldal vezetési sávja egy szintre kerül a bal oldal valenciasávjával (22-2b ábra), akkor az elektronok alagüteffektussal át tudnak menni a valenciasávból a vezetési sávba lyukakat hagyva maguk után, amelyek a felületi állapotokból rekombinálnának. A feszültség növelésének arányában $\Phi_B = \Phi - U$ szerint csökken a potenciálgát, ami maga után vonja az áram rohamos növekedését (22-3. ábra II. szakasza). A III. szakaszban a varistor Ohm-törvény szerinti rezisztenciát mutat. Fotovezetés és optikai abszorpció mérésekből $\Phi_B = 0,8$ eV értékre adódott. Az említett $\Phi = 3,2$ eV mellett a letörési feszültség 2,4 eV, ami jól egyezik a mérési eredményekkel.

A vázolt sávstruktúra következtében a ZnO alapanyagú nemlineáris ellenállások $U = f(I)$ karakterisztikája a 22-4. ábra szerinti mértékben tér el a túlfeszültségvédelemben már ismert SiC elemektől. Az ábrán bemutatott ZnO alapanyagú ellenállás SIEMENS 550V–S20K típusú, a SiC alapanyagú ellenállás VKI 660V-1,5 kA típusú elem, 40/150 μ -os áramimpulzussal vizsgálva [15]. A lényeges különbség azonnal szembetűnő, különösen, ha a ténylegesen mért kisáramú karakterisztikát tekintjük az előbbi mintákon (22-5. ábra).



22-5. ábra. ZnO és SiC alapanyagú ellenállások kisáramú karakterisztikája

A ZnO ellenállások nemlinearitása, amely az $I = KU^\alpha$ összefüggésből

$$\alpha = \frac{\log I_2 - \log I_1}{\log U_2 - \log U_1}$$

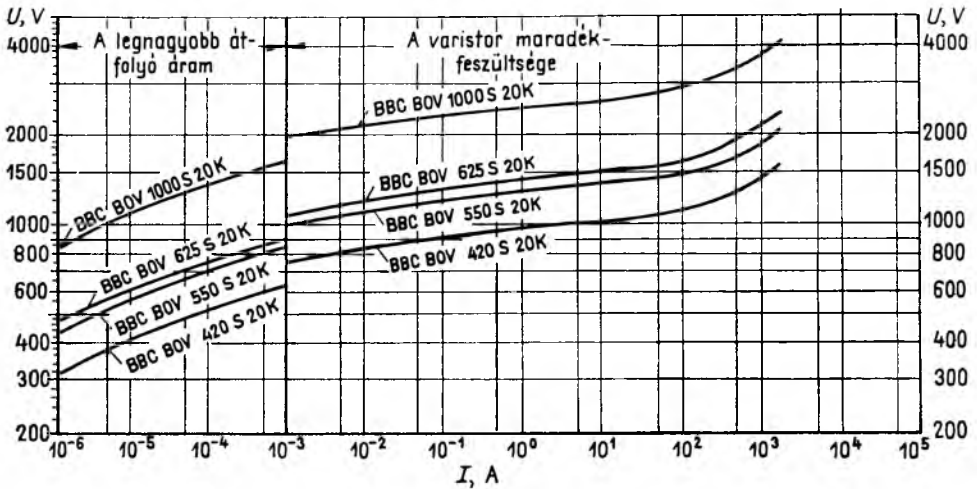
alapján számítható, 30...50 közötti értéket is elérheti. SiC alapanyagú ellenállásoknál ez maximálisan 3...6 közötti lehet.

A ZnO elemek üzemi beépítési feszültségének megfelelő választásával a szivárgó áram 10^{-5} A alatt marad. A készülék így választószikrakózt nem igényel. Biztonsági követelmények miatt azonban igen szigorú tartampróba-vizsgálatoknak kell alávetni az elemeket.

3. Külföldi ZnO alapanyagú és a hagyományos SiC varistorok karakterisztikáinak összehasonlítása

A fémoxid varistor kutatások eredményeképpen megjelent BBC, SIEMENS, PHILIPS stb. gyártmányú különböző típusú, azonos méretű ellenállások villamos paraméterei meglepően egyezők. Példaként a 22-6. ábrán mutatjuk be a BBC gyártmányú $\varnothing 20$ mm-es típusú fémoxid varistorok katalógusadat szerint $U = f(I)$ jelleg-görbéjét [12]. A beépítési feszültségtől függően a korong alakú ellenállások magassága 6,9; 8,1; 8,5 és 12 mm (22-1. táblázat).

Túlfeszültségvédelemként alkalmazott nemlineáris ellenállásokkal szemben lényeges követelmény az impulzusszilárdság. A példaként bemutatott BBC gyártmányú típusokra ez a paraméter a 22-7. ábra szerint alakul.

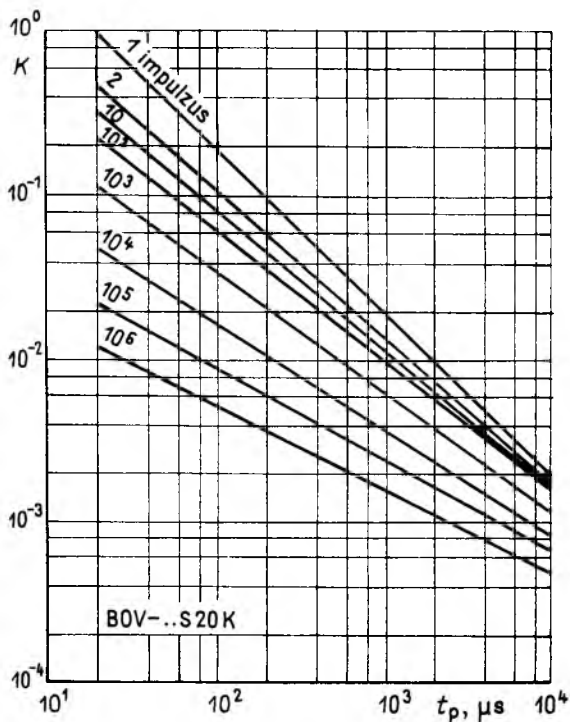


22-6. ábra. BBC gyártmányú $\varnothing 20$ mm-es fémoxid varistorok nemlineáris karakterisztikája
A mérőáram hullámalakjai: $10^{-6} \dots 10^{-3}$ A egyenáram
 $10^{-1} \dots 10^4$ A 8/20 impulzus

22-1. táblázat

BBC gyártmányú $\varnothing 20$ mm-es fémoxid varistorok villamos adatai

Típus	$U_{üz}$, V	U_{max}		Határérték		I_{max} (egyszer), A		U_C , V 1 mA-rel mérve	C, pF
		V_{eff}	V_m	U, V	I, A	8/20 μ s	2 ms		
BOV-420 S-20K	380	420	560	1120	100	6500	160	612... 748	460
BOV-550 S-20K	500	550	745	1500	100	6500	215	819... 1001	350
BOV-625 S-20K	550	625	825	1650	100	6500	230	900... 1100	320
BOV-1000 S-20K	660	1000	1465	2970	100	6500	400	1620... 1980	200



22-7. ábra. BBC gyártmányú $\varnothing 20$ mm-es fénoxid varistorok impulzusállósága

A SiC alapanyagú, VKI fejlesztésű, kísérleti gyártásban sorozatban előállított nemlineáris ellenállások impulzusszilárdsága a 22-2. táblázat szerinti értékállóan garantált adatok. A villamos paraméterek változása a tartampróbák után 10% alatti.

22-2. táblázat

VKI gyártmányú SiC varistorok villamos adatai

Typus	Határlevezető- áram (kétszer) 4/10 μ s-os, kA	Névleges levezetőáram (húszszor) 8/20 μ s-os, kA	2 m-os négyszög- hullámállóság (húszszor), A
VKI-660 V 1,5 kA	35	1,5	75
VKI 3 kV 5 kA	60	5	150
VKI 4 kV 10 kA	100	10	250
VKI 4,5 kV 10 kA	130	10	450

4. ZnO varistor mint szikraköz nélküli hálózati túlfeszültséglevezető

Nagyobb beépítési feszültségre méretezett (1 kV feletti) fémoxid alapanyagú nemlineáris ellenállásokkal először a kutatásban is élenjáró japán cégek építettek túlfeszültséglevezető készüléket (MEIDEN), majd ezt követően hamarosan megjelentek más cégek is. A 22-3. táblázatban hasonlítjuk össze felhasználás szempontjából a 6 kV névleges beépítési feszültségre méretezett készülékek jellemző villamos paramétereit a hagyományos SiC levezető értékeivel [6], [9].

22-3. táblázat

ZnO, ill. SiC alapanyagú ellenállással épített 6 kV-os túlfeszültség-levezetők összehasonlítása

Típus	Maradékfeszültség, kV			Hosszúhullámállóság (húsz impulzusra)
	2,5	5	10	
	kA _{cs} értékű 8/20 μ-os áramhullámnál			
MVR6 (BBC)	19,5	21,0	23,5	250 A/15 kV 1 ms
ZsEB6 (MEIDEN)	14,8	16,0	17,0	400 A/2 ms
VKI-6	16	18,6	22,0	450 A/10,5 kV 2 ms

Fentiekből láthatóan a ZnO túlfeszültségvédelmi eszközökkel szemben támasztott villamos követelmények alig különböznek a hagyományos levezetők paramétereitől.

A megbízható működés legfontosabb kritériumai tehát:

- névleges feszültségen hosszú ideig tartóan üzemeltethető legyen, a termikus megfűtés veszélye nélkül;
- értékálló villamos paraméterekkel rendelkezzen, különös tekintettel a védelmi jellemzőkre;
- impulzusszilárdsága a hagyományos túlfeszültségvédelmi eszközökével azonos legyen;
- működés után az üzemi feszültség mellett átfolyó szivárgási áram álljon vissza a működés előtt értékre.

A túlfeszültséglevezető készülékek terén a VKI-ban folyó több évtizedes eredményes kutató-fejlesztő munka alapján 1979-ben kezdtük meg a fémoxid varistor kutatását [14].

5. A kutatás rövid áttekintése

Az intézeti kutatás megkezdésekor hálózati túlfeszültséglevezetőként alkalmazható fémoxid varistor előállítását tűztük ki célul.

A már röviden vázolt külföldi eredmények tanulmányozása után a SiC nemlineáris ellenállások kutatás–fejlesztése során szerzett tapasztalatok alapján indított-

tuk el a munkát. Az anyagösszetétel, ill. a megfelelő technológia kutatását párhuzamosan végeztük.

Alapanyagként analitikai tisztaságú, 1 μm -nél kisebb szemcseméretű ZnO-t használtunk. Adalékként szintén analitikai tisztaságú Bi_2O_3 , MnCO_3 , CoCO_3 , Sb_2O_3 , Cr_2O_3 , SiO_2 anyagokat alkalmaztunk, különböző összetételekben, hatásuk tisztázása céljából. A villamos paraméterek javítása érdekében kísérletek folytak ZnO–SiC alapanyag összetétellel is, azonban nem a várt eredménnyel. Az impulzus-szilárdság fokozása érdekében alkalmazott $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (1623 K-on kalcinált) adalékanyaggal már biztató eredményeket értünk el. Tisztáztuk továbbá, hogy a szemcsék kötési szilárdságának biztosítása érdekében nem szükséges a SiC szemcsékhez hasonlóan ún. kötőanyagot alkalmazni.

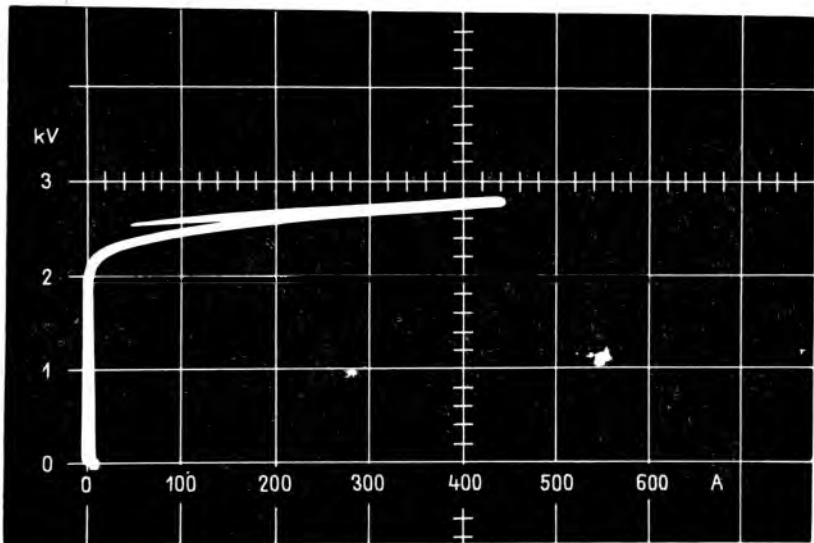
A megfelelő technológia kialakítása céljából vizsgáltuk a különböző eljárások alkalmazhatóságának hatását. Ötszámjegyes kódrendszerrel láttuk el mintáinkat, amely

- az anyagkeverékre,
- a homogenizálás módjára,
- az előégetés módjára,
- a présnyomásra és préselési módra,
- az égetési körülményekre vonatkozó információkat tartalmazta.

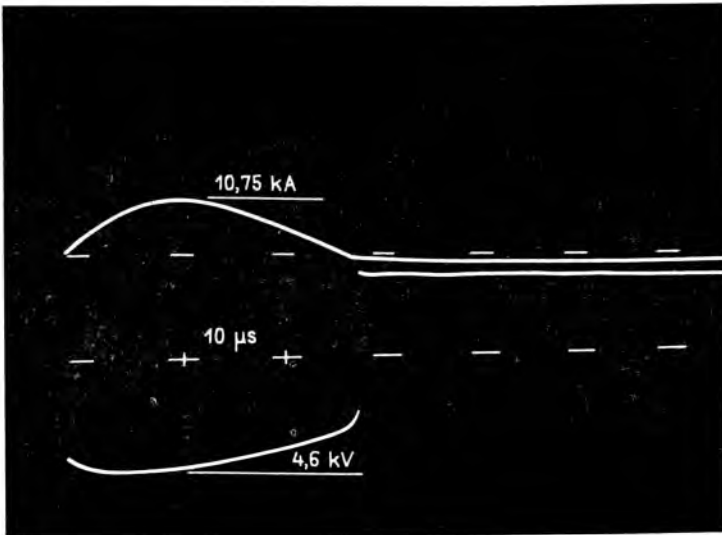
A hengeres mintadarabok homlokl felületét égetés után lecsiszoltuk. A palástfelületet villamos szigetelőréteggel, a homlokl felületet pedig villamos érintkezőréteggel láttuk el.

A minősítő villamos vizsgálatok során a következő sorrendet követtük;

- kisáramú karakterisztika felvétele egyenárammal $10^{-6}\dots 10^{-2}$ A tartományban,
- 40/150 μs alakú áramimpulzussal 10...500 A tartományban felvettük az $U = f(I)$ karakterisztikát (22-8. ábra),



22-8. ábra. VKI-ban kifejlesztett ZnO varistor nemlineáris karakterisztikája (Felvétel: 40/150 μs -os, 500 A_{cs} értékű áramimpulzussal)



22-9. ábra. VKI-ban kifejlesztett ZnO varistor $U = f(t)$ $I = f(t)$ jelleggörbéje (Felvétel: $8/20 \mu\text{s}$ -os, 10kA_{cs} értékű áramimpulzussal)

- $8/20 \mu\text{s}$ alakú áramimpulzussal $1 \dots 10 \text{kA}$ tartományban vettük fel az $U = f(t)$, $I = f(t)$ jelleggörbét (22-9. ábra),
- tartampróba-vizsgálatok során elsősorban a kapcsolási hullámállóságra vonatkozó méréseket végeztük el 1ms -os, ill. 2ms -os négyszöghullámmal.

Ezt követően gyorsított élettartam-vizsgálatot folytattunk a beépítési feszültségen az Arrhenius-függvény szerint, 358K környezeti hőmérsékleten, 100 órán keresztül [10].

A kisáramú karakterisztikát minden próba után visszamértük az értékállóság meghatározása céljából. Az 1mA mellett mérhető varistorfeszültség, ill. az α tényező változása alapján minősítettük az elemeket.

6. ZnO varistorok egyéb alkalmazási területei

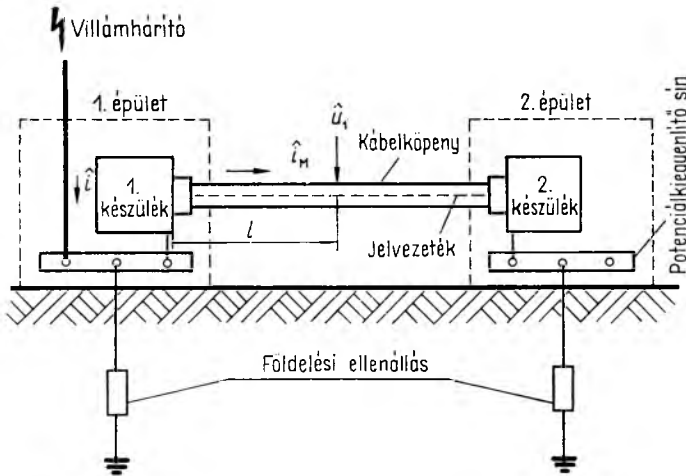
A ZnO varistorok – mint láttuk – a hagyományos SiC varistorokhoz hasonló nemlineáris $U-I$ karakterisztikával rendelkező eszközök, így kézenfekvő alkalmazási területük a SiC varistorok helyettesítése a legkülönfélébb területeken. A ZnO varistor mégsem egyszerűen egyenértékű a SiC varistorral, hanem villamos jellemzői annál jóval kedvezőbbek. Ez a tény a gyakorlati alkalmazás újabb széles területeit nyitja meg a varistorok számára.

A ZnO ellenállás elsősorban túlfeszültség ellen védő túlfeszültség-korlátozó, ill. túlfeszültség-hullám-levezető eszközként alkalmazható. Nagy α -tényezője, gyors működése (10ns -os kapcsolási idő) a beépítési feszültséghez tartozó kis árama lehetővé teszi korszerű elektronikus áramkörökben való alkalmazását is. A ZnO varistor a kisfeszültségű alkalmazástól kezdve a legnagyobb levezetőképességű túlfeszültséglevezetőig áramkörök, készülékek és hálózatok védelmére használható.

Túlfeszültségek keletkezhetnek egy adott készüléken belül (átmeneti rövidzárlat, szikraátütés, ívképződés stb.) a hálózatra kapcsolt más fogyasztóknál (induktív vagy

kapacitív fogyasztók ki-, ill. bekapcsolásánál), villámcsapások következtében kialakuló túlfeszültség-hullámok közvetlen és közvetett hatásánál is.

Az elektronika mind szélesebb körű elterjedésével megnőtt a védendő készülékek száma, ugyanakkor a készülékek túlfeszültségekkel szembeni érzékenysége is. Míg a korábbi készülékgenerációk bemeneteit több száz volttal is veszélytelenül meg lehetett terhelni, a félvezetős áramkörök esetében már kis energiájú feszültség-impulzusok is károsodásokat, üzemzavarokat okozhatnak [1]. Az utóbbi években aggasztóan megnövekedtek a villámcsapásból adódó károk, a közvetett károk jóval nagyobb mértékben, mint a közvetlenek [2]. Egy épületbe közvetlenül becsapódó villám árama által átjárt vezetők környezetében mágneseesen indulálódnak túlfeszültségek, a földelési ellenálláson fellépő túlfeszültségek pedig a kisellenállású földelővezetőkön keresztül bármely készülékhez eljuthatnak. Mindezek veszélyeztetik a háztartási készülékeket (tv, hűtő-, vízmelegítő készülékek stb.), villamos elosztóhálózatokat, épületek villamos berendezéseit, különféle ipari berendezések mérő-, vezérlő-, szabályozóelektronikáit és különösen a távadókat és jelvezetékét. Ez utób-



22-10. ábra. Túlfeszültség kialakulása jelvezetéseken

bira mutatunk be példát a 22-10. ábrán [13]. Az ábra jelöléseinek figyelembevételével a fellépő túlfeszültség a következő képlettel jellemezhető:

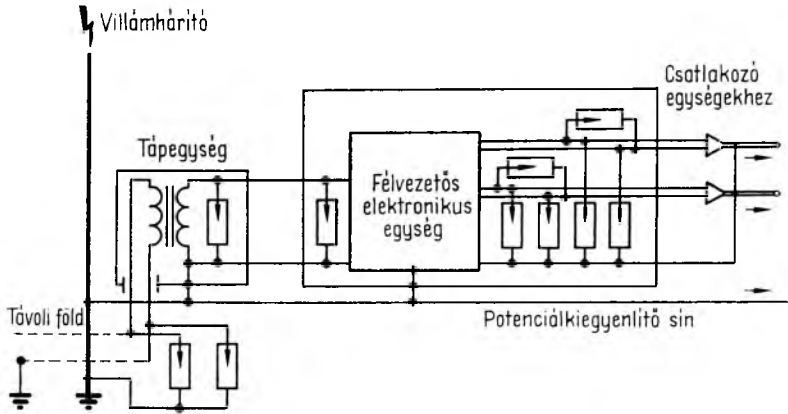
$$\hat{U}_1 = \frac{\rho}{q} \hat{i}_M, \text{ V,}$$

- ahol ρ a kábelköpeny fajlagos ellenállása, Ω ;
- q a kábelköpeny vezető keresztmetszete, m^2 ;
- l a kábelhossz, m ;
- \hat{i}_M a maximális kábelköpeny áram, A .

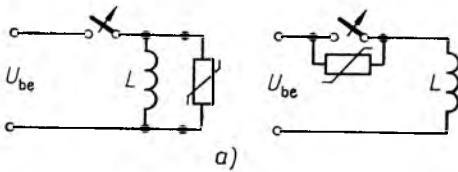
Nagy veszélyt jelent a jelvezetékbe csapó villám túlfeszültség-hullámainak letranszformált, de még így is jelentős túlfeszültséget okozó hatása.

A tűz- és robbanásveszélyes épületekben a legkisebb szikra is súlyos robbanást okozhat. Ilyen helyen az elektronikus berendezés valamelyik elemének átütése ka-

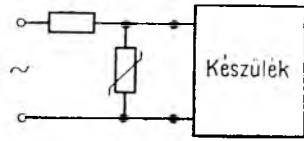
tasztrófa-hoz vezethet, ezért különleges biztonságra van szükség [3]. ZnO varistor mint szikraköz nélküli túlfeszültséglevezető alkalmazásával a veszély megszüntethető, mivel gyors működése és nagy levezetőképessége nem engedi, hogy a védett helyeken káros túlfeszültségek kialakuljanak. Egyes esetekben (pl. számítógépek, veszélyes üzemek vezérlőberendezései, tűzjelző készülékek stb.) nemcsak a berendezés épségét kell biztosítani, hanem a villámcsapás ideje alatti zavartalan működését is. Túlfeszültség-



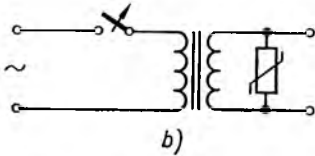
22-11. ábra. Elektronikus berendezések többlépcsős túlfeszültségvédelme



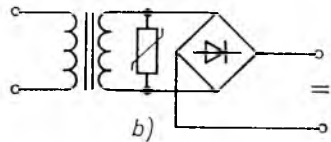
a)



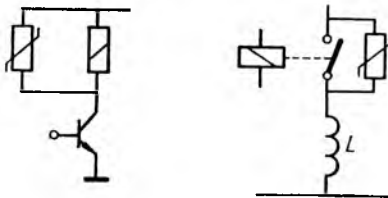
a)



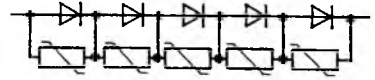
b)



b)



c)



c)

22-12. ábra. Belső túlfeszültségek elleni védelem
a) induktivitások lekapcsolása; b) transzformátorok kikapcsolása üresjárásban; c) relés kapcsolásokban, ill. reléérintkezők védelmére

22-13. ábra.
a) Védelem hálózatról vagy jelvezetékéről jövő túlfeszültség hullámok ellen; b) Teljesítmény-félvezetők védelme egyenirányító kapcsolásokban; c) Nagyfeszültségű szilícium egyenirányítók védelme

ségvédelem hiányában a közvetett károk (pl. információvesztés számítógépeknél) jóval nagyobbak lehetnek a védelem költségeinél.

Elektronikus berendezésekben az üzemszerűen használt jelek nagyon kis feszültségűek és energiájuk, ezért működésüket nagyon távoli villámcsapás másodlagos hatása is megzavarhatja. Ilyen berendezések védelme több lépcsőben oldható meg (22-11. ábra) [3]. A 22-12. és a 22-13. ábrán további példákat mutatunk be a ZnO varistorokkal megvalósított túlfeszültségvédelemre.

7. Összefoglalás

Az előzőkben röviden ismertetett eredményeink alapján a VKI-ban elsősorban hálózati túlfeszültséglevezetőkben alkalmazható ZnO varistor-típus kifejlesztésével foglalkozunk.

A témában megjelent nagyszámú szakirodalmi alkotás csupán az elvi (fizikai) kérdéseket részletezi, utalva a felhasználási területekre. A nagyfeszültségű nemlineáris ZnO ellenállás kutatását a SiC varistor kutatás során nyert tapasztalatok alapján kezdtük meg. Az élettartam és impulzusszilárdság növelését szem előtt tartva optimális gyártástechnológiai folyamat kialakításán dolgozunk a más célú túlfeszültségvédelemben alkalmazható ZnO varistorok előállítására, továbbá az elektronikus és félvezetős rendszerek többlépcsős túlfeszültségvédelmére alkalmas elemek előállítására érdekében is.

Irodalom

- [1] *Büchler, W.*: Blitzschutz elektronischer Geräte und Anlagen. Schweizerische Technische Zeitschrift 1979. marc.
- [2] *Hasse, P.*: Schutz von elektronischen Systemen vor Gewitterüberspannungen (I). Elektrotechnische Zeitschrift 1979 (23).
- [3] *Dr. Horváth T.*: Épületek villámvédelme, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1980.
- [4] *Hower, P. L. – Gupta, T. K.*: A barrier model for ZnO varistors. J. Appl. Phys. 1979. 50/7.
- [5] *Dr. Knecht, B. – Menth, A.*: Nichtlineare Widerstände auf der Basis von Zinkoxid. BBC. Mitt. 1979. 11.
- [6] *Dr. Knecht, B. – Mayer, A.*: Überspannungsableiter Typ. MVR für Betriebsspannungen 1...7,2 kV. BBC Mitt. 1980–9.
- [7] *Mahan, G. D. – Levinson, L. M. – Philipp, H. R.*: Theory of conduction in ZnO varistors. J. Appl. Phys. 1979. 50/4.
- [8] *Schwing, U. – Hoffmann, B.*: ZnO single crystals with an intermediate layer of metal oxides – A macroscopic varistor model. J. Appl. Phys. 1980. 51./8.
- [9] Technical literature for SORESTER. Gapless Surge Arrester. MEIDEN 1978. 4.
- [10] *Valkó, I. P.*: Elektroncsövek és félvezetők. Tankönyvkiadó, Budapest, 1974.
- [11] *Vanadamme, L. K. J. – Brugmann, J. C.*: Conduction mechanisms in ZnO varistors. J. Appl. Phys. 1980. 51./8.
- [12] *Wetzel, P.*: Metalloxid Varistoren – Dimensionierung, Einsatz und Anwendung. BBC Technische Mitteilung L001.
- [13] *Wiesinger, S. – Hasse, P.*: Handbuch für Blitzschutz und Erdung. Richard Pflaum Verlag K. G. München VDE – Verlag GmbH Berlin 1977.
- [14] Fémoxid varistor kutatás – VKI beszámoló jelentés 1979.
- [15] Fémoxid ellenállások alkalmazásának bevezethetősége túlfeszültséglevezetőkben – VKI kutatás-fejlesztési jelentés 1980.

SZIGETELÉSTECHNIKA

23.

Automatikus, szelektív és túlfeszültségmentes berendezés szigetelésmodellek villamos tartamszilárdságának mérésére

BOGNÁR ALAJOS—CSECSÖDY SÁNDOR—CSÖMÖRE SÁNDOR—DÁVID PÉTER—ZELENYÁNSZKY ENDRE

ÖSSZEFOGLALÁS

A közlemény vizsgáloberendezés kifejlesztéséről számol be, amely alkalmas több száz szigetelésmodell párhuzamos, egyidejű vizsgálatára és a tartós villamos szilárdság korrekt meghatározására. A berendezéssel folyamatosan mérhető és regisztrálható az egyes szigetelésmodellek élettartama.

Az átütött modellek automatikusan kiiktathatók a nagyfeszültségű áramkörből anélkül, hogy túlfeszültség lépne föl a vizsgálo áramkör nagyfeszültségű oldalán.

A tanulmány ismerteti a működés elvét, hangsúlyozva azokat az újszerű megoldásokat, amelyek az automatikus, szelektív és túlfeszültségmentes üzemmódot teszik lehetővé.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ, СЕЛЕКТИВНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ, ПОДАВЛЯЮЩАЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

А. Богнар—Ш. Чечеди—Ш. Чемере—П. Давид—Э. Зеленыански

Резюме

В статье излагается разработка испытательной установки, с помощью которой возможно одновременно испытывать сотни, параллельно включенных образцов для достоверного определения длительной электрической прочности моделей изоляции.

Пробитые образцы автоматически отключаются от цепи высокого напряжения, и при этом возникающие перенапряжения подавляются на такой уровень, что они не оказывают влияния на срок службы остальных образцов.

Статья знакомит с принципом работы установки, особо подчеркивая те новые технические решения, которые обеспечивают автоматическую, селективную работу установки без перенапряжений.

AUTOMATISCHER, SELEKTIVER UND ÜBERSPANNUNGSFREIER VERSUCHSSTAND ZUR ERMITTLUNG DER WECHSELSPANNUNGS-ZEITSTANDFESTIGKEIT VON ISOLIERSTOFFPROBEN

A. Bognár—S. Csecsödy—S. Csömöre—P. Dávid—E. Zelenyánszki

Zusammenfassung

Die Arbeit befasst sich mit der Entwicklung einer Prüfanlage, die zur korrekten Bestimmung der elektrischen Zeitstandfestigkeit von mehr als hundert parallel geschalteten Isolierstoffproben geeignet ist. Mit der Anlage kann die Lebensdauer der einzelnen Prüflinge kontinuierlich gemessen und registriert werden.

Die durchgeschlagenen Proben in dem Hochspannungsstromkreis werden automatisch ausgeschaltet. Während der Schaltvorgänge treten keine störenden Überspannungen auf.

Es wird das Funktionsprinzip dieser Anlage erläutert. Dabei werden die technischen Spezialmaßnahmen zum automatischen, selektiven und überspannungsfreien Betrieb hervorgehoben.

AUTOMATIC, SELECTIVE APPARATUS FREE OF TRANSIENT OVERVOLTAGES DEVELOPED FOR MEASURING THE ELECTRIC ENDURANCE OF INSULATION MODELS

By A. Bognár – S. Csecsödy – S. Csömöre – P. Dávid – E. Zelenyánszki

Summary

The paper describes the development of a testing equipment applicable in the parallel simultaneous testing of many hundreds of insulation models and in the correct determination of electric endurance. The equipment enables the lifetime of the individual insulation models to be measured and recorded continuously.

The breakdowned models can be switched out of the high voltage circuit automatically without the hazards of an overvoltage arising at the high-voltage side of the tester circuit.

The paper describes the principles of operation, emphasizing the new solutions enabling the automatic and selective mode free of overvoltages.

1. Bevezetés

A villamosenergia-rendszer átviteli feszültség szintjeinek emelkedése általában a szigetelőanyagok villamos igénybevételének fokozódásával jár, így ma már előfordul, hogy a villamos szigetelés élettartamát a villamos erőter hatása szabja meg, és a mechanikai, a termikus, ill. a klimatikus igénybevételek csak másodrendű szerepet játszanak.

Az ilyen berendezések megbízhatóságának meghatározásához ismerni kell a szigetelések villamos élettartamát. Mivel az anyagokra vonatkozó mai ismereteink még nem elegendők e jellemző elméleti meghatározásához, ezért szigetelésmodellek élettartammérésére van szükség.

A szigetelésmodellek ilyen vizsgálata sok műszaki problémát vet fel. Ezek egyik része a szigetelés méretezésével és technológiájával kapcsolatos, a szigetelés reális modelljeinek előállítására vonatkozik. Másik része viszont kifejezetten villamos mérés-technikai jellegű, amelyet a mérőberendezés áramköreinek tervezésénél kell figyelembe venni. A továbbiakban csak a mérés-technikai feladattal foglalkozunk, amelyre konkrét megoldást mutatunk be.

2. A villamos élettartam mérésének problémái

Tanulmányunkban a szigetelésmodellek (továbbiakban próbatestek) villamos élettartamának mérésén a következő eljárást értjük: kellően nagy számú próbatestre elegendően nagy effektív értékű, 50 Hz-es szinuszos váltakozófeszültséget kapcsolunk, és mérjük az egyes próbatestek átütéséig eltelt időt. Egyszerre több mérési sorozatot célszerű indítani, egymástól eltérő feszültség szinteken. Ezeket úgy érdemes megválasztani, hogy az egyes próbatestek élettartama 0,1–1 h...10 000–20 000 h tarto-

mányba essék. Az eredményeket a matematikai statisztika módszereivel lehet kiértékelni, meghatározva az egyes igénybevételekhez tartozó várható élettartamokat.

A kivitelezés nehézségei abból adódnak, hogy a nagyfeszültségű szigeteléseket reálisan modellező és reprodukálható próbatestek elektródtávolságai – a szigetelések szokásos gyakorlati méretei miatt – nem lehetnek 1...2 mm-nél kisebbek. Ilyen vastagságú szigetelőanyag pedig még inhomogén villamos erőtér esetén is hosszú ideig elvisel 5...30 kV effektív értékű váltakozófeszültséget. Ekkora feszültséget szabályozhatóan csak nagyfeszültségű transzformátorral állíthatunk elő. Gyakorlati okokból egy transzformátorra több próbatestet is kell kapcsolni, hiszen elviselhetetlenül költséges lenne többszáz próbatesthez ugyanannyi transzformátort igénybevenni. A próbatestek egymást követő öregítése ugyanazzal a transzformátorral szintén járhatatlan út az irreálisan nagy időszükséglet miatt. Marad tehát az a megoldás, hogy egy-egy transzformátorra sok próbatestet kapcsolunk és igénybevételüket megszakítás nélkül folytatjuk mindaddig, amíg át nem ütnek. Minden egyes átütéskor transziens folyamat alakul ki, amely az igénybevételi feszültséghez képest túlfeszültséget okozhat, még akkor is, ha az átütött, tartós rövidzárt nem jelentő próbatesteket viszonylag gyorsan leválasztjuk a nagyfeszültségről.

A még életben maradt próbatesteket megóvhatjuk ugyan az átütést követő transziens túlfeszültségek hatásától, ha a nagyfeszültségű transzformátort a lehető legrövidebb időn belül alkalmas módon feszültségmentesítjük, de ezzel még nem oldottuk meg az átütött próbatestek leválasztását. Ehhez további intézkedésekre van szükség. Mindezeket az intézkedéseket gyorsan és teljesen automatikusan kell végrehajtani, hogy az igénybevétel gyakorlatilag folyamatos legyen, tehát a próbatestek ne pihenjenek.

3. Az ideális élettartammérő módszer jellemzői

Ideálisnak tekintünk egy villamos élettartammérő módszert akkor, ha az előzőkben vázolt követelmények maradéktalanul teljesülnek, azaz automatikus, szelektív és túlfeszültségmentes. E követelmények bővebben a következőket jelentik:

- Automatikus a módszer, ha a próbatest átütésekor szükséges kapcsolási műveletek emberi beavatkozás nélkül végbemennek. Ezzel egyidőben kell rögzíteni a feszültség bekapcsolásától az átütésig eltelt időt.
- Szelektivitást biztosít a módszer, ha kizárólag az átütött próbatesteket választja le a nagyfeszültségű hálózatról és egyúttal gondoskodik a próbatestek azonosításáról is.
- Túlfeszültségmentességen azt értjük, ha a próbatestek egész életük során egyetlen egyszer sem kapnak nagyobb feszültséget, mint amekkora az előre beállított vizsgálfeszültség.

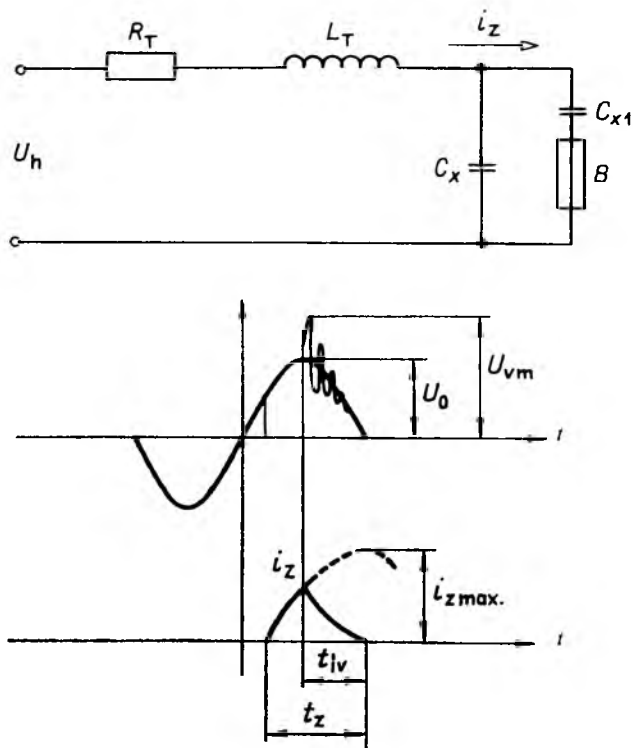
Természetesen ezeket a követelményeket csak olyan műszaki megoldásokkal érdemes kielégíteni, amelyek megvalósítási költsége arányban áll a berendezés által szolgáltatott eredmények gazdasági hasznával. A továbbiakban ezt is szem előtt tartjuk a különböző működési alapelvek rangsorolásakor.

4. A lehetséges működési alapelvek és kritikájuk

Az élettartam mérésének alapelve kétféle lehet:

- Az átütött próbatesteket a feszültség lekapcsolása nélkül választjuk le a nagyfeszültségű hálózatról.
- Az átütött próbatestek leválasztása egy közbeiktatott feszültségmentes időszakban történik.

Az első esetben célszerű az átütési áramnövekmény valamely fizikai hatását felhasználni a próbatest leválasztására, hiszen az éppen a kívánt helyen jelentkeznek. Így működnek a széles körben elterjedt, ún. biztosítószálas berendezések. Mindegyik próbatesttel sorbakapcsolódik egy kellő hosszúságú vezetőképes szál, amelyet az átütéskor zárlati áram hőhatása megolvaszt, ill. eléget. Az átütött próbatest áramköre tehát automatikusan megszakad. Az ilyen egyszerű berendezéseknek az a lényeges elvi hibája, hogy a megszakításkor általában túlfeszültség keletkezik. A terhelt transzformátor áramkörének megszakítása ugyanis meredek áramváltozást idéz elő egy lényegében induktív körben. A jelenség a 23-1. ábra szerinti helyettesítő kapcsolási vázlat alapján nyilvánvaló.



23-1. ábra. A próbatestekkel terhelt transzformátor helyettesítő kapcsolási vázlata, ahol

R_T a transzformátor ellenállása; L_T a transzformátor inuktivitása; U_h a transzformátor szekunder feszültsége; C_{x1} az átütés küszöbén levő próbatest kapacitása; C_x a maradék próbatestek összkapacitása; B a biztosítószál

A helyettesítő vázlatban az R_T és L_T a transzformátor jellemzői, C_x a próbatetek kapacitása, a C_{x1} az éppen átütött próbatestet jelképezi, a B pedig a próbatetekkel sorbakapcsolt biztosítót. A próbatest átütését követően a rá jutó feszültség közel nullára esik, és megkezdődik a zárlati áram kifejlődése. Egy adott árammértéknél megindul a biztosító kiolvadása, amely ívet kelt és túlfeszültség keletkezésével jár. Ez a túlfeszültség a vizsgálófeszültségnél nagyobb értékű és általában nagyobb frekvenciájú. A biztosító az i_z áramot szakítja meg. A megszakításkor a biztosítón, ill. a C_x próbatesteken megjelenő feszültséget az áramkör differenciálegyenletének megoldásával határozhatjuk meg. A túlfeszültség kifejezésére a túlfeszültség és a vizsgálófeszültség hányadosát használjuk, a 23-1. ábra jelöléseivel

$$K_c = \frac{U_{vm}}{U_0} = 1 + \exp\left(\frac{t_{cs}}{t_0}\right) \cos \omega_0 t_{cs}, \quad (1)$$

ahol t_{cs} rárezgési feszültség félperiódusának ideje;

$$t_0 = \frac{2L_T}{R_T} \text{ időállandó; és}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{L_T C_x} \text{ a kör sajátfrekvenciája.}$$

Látható, hogy K_c mindig nagyobb 1-nél, tehát az áram megszakítása biztosítószállal minden esetben túlfeszültséget okoz.

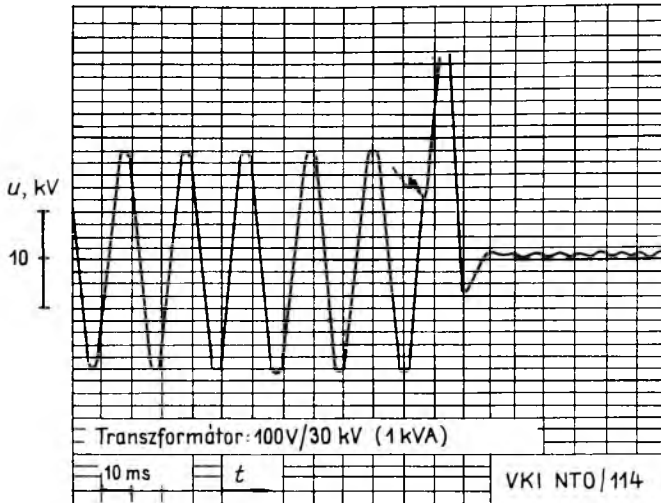
Csökkenthető a túlfeszültség a próbatetekkel párhuzamosan kapcsolt kondenzátorral vagy az $i_{z_{max}}$ -ot csökkentő soros korlátozóellenállással. Nagyfeszültségen már költséges olyan nagy puffer kapacitást alkalmazni, amely képes fedezni a próbatest átütése közben elfolyó töltés jelentős részét, korlátozóellenállást iktatni a körbe lényegesen egyszerűbb. Akár maguk a biztosítók is lehetnek nagy rezisztenciájú szálak. Az áramkorlátozás viszont csökkenti a biztosítón disszipálódó teljesítményt, tehát kis energiaigényű biztosítóra van szükség. A túlfeszültséget azonban még így is csak korlátozni tudjuk, kiküszöbölni elvi okok miatt nem lehet. Továbbra is a 4. pontban *a*)-val jelölt működési elvnel maradván, a túlfeszültség csökkentésének leghatásosabb módja az, hogy a biztosítók helyett nagyon gyors kapcsolókat használunk. Ha az áramnövekedést gyors elektronikával észleljük, az illetékes kapcsoló már akkor működésbe hozható, amikor a próbatest átütési csatornája még csak kialakulóban van. Mivel az áram ilyenkor még kicsi, megszakításkor a túlfeszültség is kicsi marad. Ez a megoldás azonban a *legköltségesebbek közé tartozik* és ezért csak ritkán valósul meg a laboratóriumi gyakorlatban.

A túlfeszültség kiküszöböléséhez kedvezőbb feltételeket teremthetünk, ha az átütött próbatest leválasztása előtt az egész transzformátort feszültségmentesítjük. Ez megfelel a 4. pontban *b*)-vel jelölt működési elvnek. Ezen belül további eseteket különböztethetünk meg aszerint, hogy miként történik a feszültségmentesítés, és ezt követően a próbatest leválasztása.

A feszültségmentesítés legegyszerűbb módja az, amikor egy adott küszöbáramra programozott áramrelé szakítja meg a transzformátor kiefeszültségű körét [1], [2]. A véletlen fázishelyzetű és lomha megszakítás miatt azonban ez esetben is nagy túlfeszültségek keletkeznek.

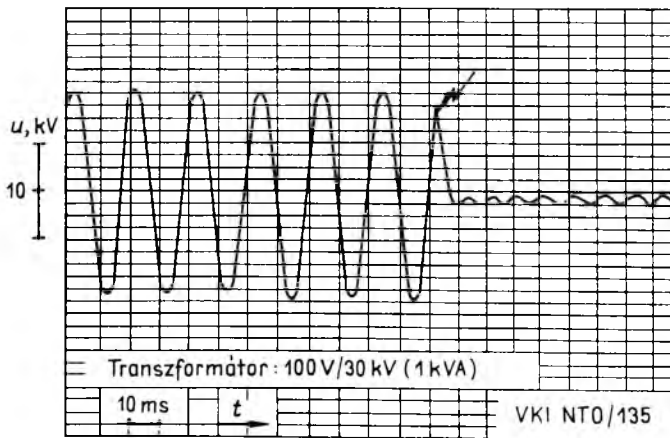
Elvileg kedvezőbb megoldásnak tűnik az elektronikus megszakítás [3], [4]. Triac kapcsolóval ugyanis elérhető, hogy a megszakítás a legközelebbi áram-nullaát-

menetben következzenek be. Ekkor nem változik meg az áramkör természetes állapota, tapasztalataink szerint mégis számottevő túlfeszültség keletkezik. Ennek magyarázata a próbatestben keresendő: az átütés és a triac-os megszakítás közti több ms-ig tartó időszokban ugyanis a próbatest nem tekinthető ideális rövidzárnak. A benne égő ív nagy csatornaellenállással kapcsolódik sorba. Az „összeomló” feszültség miatt az ív kialszik, amely azonban rögtön utána vissza is gyűjthet, hiszen a transzformátor táplálása még nem szűnt meg. Az ívmegszakadások óhatatlanul túlfeszültséget gerjesztenek a transzformátor inductívitásán.



23-2. ábra. A próbafeszültség oszcillogramja átütéskor

A transzformátor kiefeszültségű oldalán triac-os megszakító van. A próbatest átütését követően az áram megszakításakor túlfeszültség keletkezik



23-3. ábra. A próbafeszültség oszcillogramja átütéskor

A transzformátor kiefeszültségű kapcsait triac zárja rövidre. A próbatest átütése nem jár túlfeszültséggel

A 23-2. ábrán látható oszcillogramm egy 1 kVA-es transzformátor nagyfeszültségű kapcsain mérhető feszültség időbeli lefolyását illusztráljuk egy kb. 10 pF kapacitású próbatest átütésekor. A nagy túlfeszültség az átütést követően jött létre, és a triac-os megszakítás ezt nem tudta megakadályozni.

Teljesen elmarad viszont a túlfeszültség akkor, ha a próbatest átütésének pillanatában a transzformátor kisfeszültségű oldalát megszakítás helyett rövidre zárjuk [5]. Ennek hatására a feszültség az átütés fázishelyzetétől függetlenül azonnal nullára esik (23-3. ábra). Túlfeszültség nem keletkezik, mert a transzformátorban tárolt mágneses energia a rövidre zárt kör ellenállásán hővé alakul. A feszültségmentesítésre tehát ezt a módszert célszerű választani.

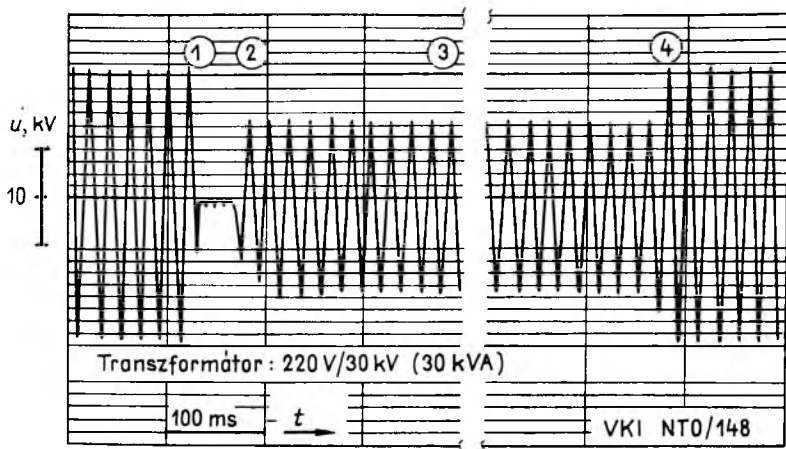
Hátra van még azonban az átütött próbatest leválasztása. Erre a célra minden próbatesttel sorba kell kapcsolni valamilyen leválasztóelemet, amely lehet szakaszoló vagy biztosító jellegű elem. A szakaszoló műszakilag jó megoldás, de költséges. A biztosító olcsó, de csak akkor működik, ha a próbatesten áram folyik keresztül, tehát ismét feszültséget kell kapcsolni a próbatestekre. De mi akadályozza akkor meg, hogy az átütött próbatest túlfeszültséget idézzen elő?

Ez a veszély most már elkerülhető. A működési feltételeket ui. a továbbiakban már magunk szabjuk meg, mégpedig a következők szerint: A biztosítóelem működésének idejére korlátozzuk a transzformátor táplálóáramát, ezáltal határt szabunk a zárlati áram nagyságának és a túlfeszültségnek is. De még számottevő túlfeszültség sem okozna zavart, mivel ebben az üzemmódban a feszültség eleve kisebb, mint a vizsgálófeszültség. Az áramkorlátozásnak további haszna is van: nem engedi meg, hogy a biztosító működése közben ív jöjjön létre, még viszonylag rövid biztosítósál esetén sem.

Az áramkorlátozásnak természetesen hátránya is van, ugyanis erősen leszűkíti az alkalmazható biztosítók körét. Fém biztosítósál pl. nem használható, mert működtetéséhez túl nagy áramra lenne szükség, amivel megnőne a túlfeszültség veszélye, továbbá a próbatest erősen roncsolódna, ami a hibahely analízist megnehezítené. Erre a célra speciális, nagy érzékenységű és nagy ellenállású biztosítószálat kellett kifejlesztenünk. Az általunk „lobbanósál”-nak elnevezett biztosítóelem működésének megindításához csekély külső energiára van szükség, amelyet már néhány ms ideig tartó 10 mA nagyságú áramlökés is létre tud hozni. Az érzékenységi küszöböt úgy választjuk meg, hogy a próbatest átütésének pillanata és a triac-os rövidzár kialakulása között a lobbanósál még ne gyulladhasson meg. A transzformátor áramkorlátozós üzeme közben viszont már semmi akadálya sincs a működésének. A lobbanósál $10^6 \Omega$ nagyságrendű rezisztenciája gyakorlatilag megakadályozza, hogy túlfeszültség jöjjön létre.

5. A követelményeket kielégítő mérési módszer alapelve

- A próbafeszültséget előállító transzformátor nagyfeszültségű áramkörében minden próbatesttel sorbakapcsolunk egy-egy lobbanószálat.
- A transzformátor kisfeszültségű körében egy áramérzékelő van, amely észleli a próbatest átütését kísérő áramnövekedés kezdetét, és parancsot ad a következőkben felsorolt kapcsolási műveletsor elindítására.
 - A transzformátor kisfeszültségű kapcsait triac kapcsoló rövidre zárja.
 - A kisfeszültségű áramkörbe soros áramkorlátozó ellenállás kapcsolódik be.
 - Megszűnik a transzformátor rövidre zárt állapota.
 - Elég az átütött próbatesthez tartozó lobbanósál.



23-4. ábra. Az élettartam-vizsgáló berendezés feszültségének oszcillogramja
 1 a próbatést átüt; a triac rövidzárt létesít; 2 a feszültség visszakapcsolása korlátozott üzemmódban;
 3 a lobbanószál elég; 4 az áramkorlátozás megszűnik

- Megszűnik az áramkorlátozás és a próbafeszültség ismét felveszi üzemi értékét.
- A berendezés rögzíti a próbatést élettartamát.

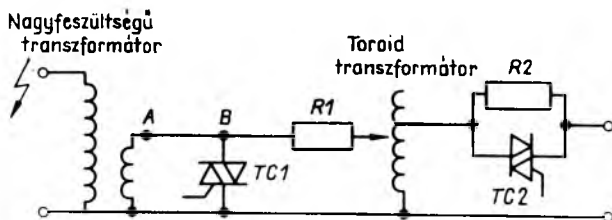
E művelet sor közben a transzformátor nagyfeszültségű kapcsain mérhető feszültség a 23-4. ábrán látható oszcillogram szerint változik. *Túlfeszültség sem a próbatést átütésekor, sem a lobbanószál elégeésekor nem észlelhető.*

6. A kidolgozott módszer alapján megvalósított első tartampróba-berendezés

Az ismertetett működési elvre alapítva létrehoztunk egy ötcsatornás tartampróba-berendezést, amellyel egyidejűleg 550 db próbatestet vizsgálhatunk.

A vizsgálófeszültséget 220 V/30 kV-os áttételű és 30 kVA-os transzformátorok szolgáltatják. A transzformátorokat tápláló gerjesztőegységek és azok vezérlőegységeit az alábbiakban ismertetjük. A nagyfeszültségű transzformátor gerjesztő áramkörének működése nyomon követhető az 23-5. ábra kapcsolási vázlatán.

Állandósult üzemi állapotban (alapállapotban) a TC2 kapcsolótriac rövidzárral, a TC1 triac pedig a szakadással egyenértékű. Egy átütést érzékelő áramkör jelére

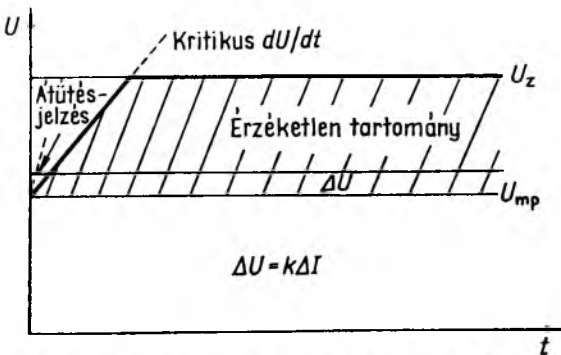


23-5. ábra. A próbatranszformátor gerjesztő áramkörének elvi kapcsolási vázlata

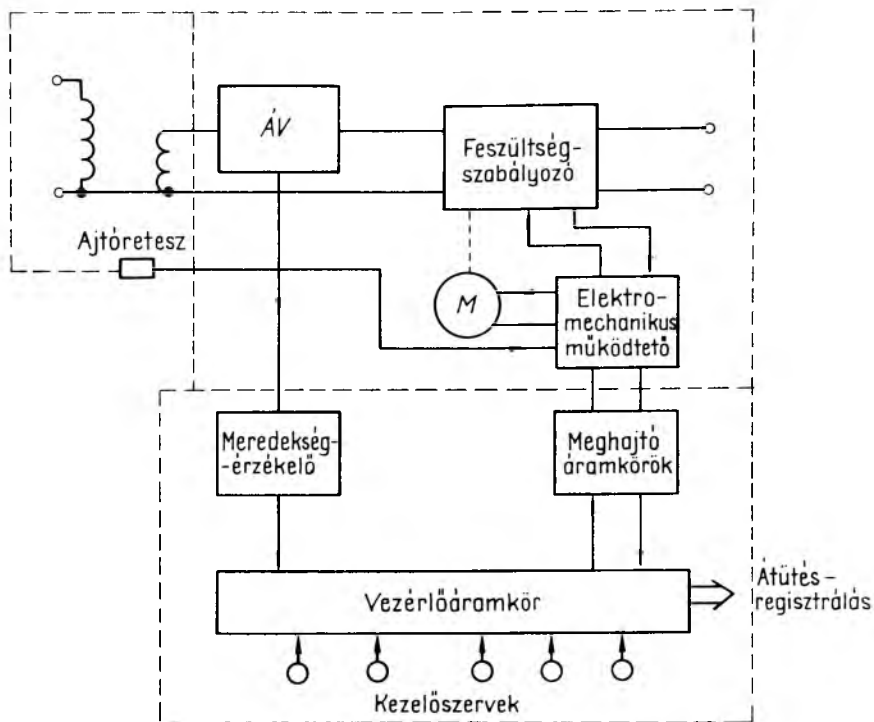
bekapcsol a $TC1$, és rövidzárja a transzformátor gerjesztőtekercsét. Hogy a toroidtranszformátor ne kerüljön rövidzárba, a csúszóérintkezővel sorba kötünk egy $R1$ ellenállást. A rövidzár néhányszor 10 ms-ig tart. A kapcsolófeszültség nullára csökken, a transzformátorban tárolt mágneses energia pedig hővé alakul. Ezzel egyidőben kikapcsol a $TC2$, és az $R2$ ellenállás a toroidtranszformátorral sorbakapcsolódik, így az áramfelvétel lecsökken. Amikor a $TC1$ kikapcsol és a rövidzár megszűnik, $R2$ továbbra is a gerjesztőkörben marad. Így a transzformátor belső rezisztenciája látványosan megnő, amelynek következtében a kialakuló nagyfeszültség értéke kisebb, mint korlátozás nélkül. Ha a lobbanószál megfelelő kialakításával elérjük azt, hogy ebben az üzemiállapotban égjen el, akkor a keletkező túlfeszültség amplitúdója nem éri el a vizsgálófeszültség amplitúdóját. Az $R2$ korlátozóellenállás értékét az határozza meg, hogy a transzformátor teljesítménye a korlátozott gerjesztésű üzemben elegendő legyen a lobbanószál elégetéséhez. A gyakorlati tapasztalatok alapján a korlátozást elegendő néhány s-ig fenntartani, azután újból bekapcsol a $TC2$ és visszaáll az alapállapot.

A túlfeszültségmentes üzem feltétele az átütés kellően gyors és üzembiztos érzékelése, alkalmazkodva a változó terhelésekhez és a mindenkori vizsgálófeszültséghez. Erre a célra egy átütésérzékelőt fejlesztettünk ki, amely tulajdonképpen egy áramérzékelő, azonban csak az áramváltozásokat dolgozza fel, azokat is csak akkor, ha meredekségük meghalad egy előre rögzített küszöbértéket.

Az érzékelőt a transzformátor kisfeszültségű körébe tettük, ahol közvetlenül a gerjesztőáram változását érzékeli, ez az elhelyezés kisebb zavarérzékenységet biztosít. Az érzékelő egy áramváltó, amelynek primer tekercsét a 23-5. ábrán látható A és B pontok közé kötöttünk be. Szekunder tekercsét egy ellenállás zárja le, a keletkező váltakozófeszültséget dióda-híd egyenirányítja. Az érzékelő másik része egy optikai elválasztóval felépített meredekségérzékelő áramkör. Az áramváltóról lüktető egyenfeszültséget kapunk, amelynek amplitúdója a gerjesztőárammal, változási meredeksége pedig az áram változási sebességével arányos. Az áramkörben levő fotodióda akkor villan fel, amikor az áramváltozás meredeksége nagyobb egy előre beállított értékénél. A meredekségérzékelő önműködően áll be a transzformátor gerjesztőáramának megfelelő munkapontba, és ehhez viszonyítja a változásokat, üzemi körülménytől függő beállítást nem igényel. A lassú változásokra (mint pl. a transzformátor le-, ill. felgerjesztése, a hálózati feszültségváltozásokból eredő áramingadozások stb.) az érzékelő nem reagál. Az optikai elválasztás a vezérlőelektronika megfelelő zavarvédeltségét is biztosítja. Az átütésérzékelő jelleggörbéje a 23-6. ábrán látható. A ger-



23-6. ábra. Az átütést érzékelő áramkör jelleggörbéje



23-7. ábra. A gerjesztőegység és a hozzá tartozó vezérlőcsatorna tömbvázlata

jesztőegységek programozott működését egy-egy vezérlőcsatorna irányítja. A 23-7. ábrán látható egy gerjesztőegység és a hozzá tartozó vezérlőcsatorna tömbvázlata.

A vezérlőegységhez csatlakozik egy nyomtató és egy ötcsatornás digitális óra. A próbatést átütésekor a nyomtató hőérzékeny papírra nyomtatja az indulás óta eltelt időt és a csatornaszámot. Az egyes csatornáknak külön-külön mérjük az időt, ami egyszerűsíti az adatfeldolgozást.

A próbatetek egyedi megkülönböztetésére egyszerű mechanikus módszert alkalmaztunk. Minden lobbanószálra egy-egy számozott gyöngyöt erősítettünk fel. A próbatesttartó állványok alatt egy-egy gyújtóponyván van, ahonnan a szál elégekor leeső gyöngyök rendre egy átlátszó csőbe gurulnak. Így a nyomtatott időadatok azonosíthatók a csőben sorakozó gyöngyökkel, vagyis a próbatetekkel.

Az ismertetett berendezés egy év óta folyamatosan, meghibásodás nélkül működik.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak dr. Laczkó Mihály műszaki vezérigazgató-helyettesnek és dr. Ligethy László osztályvezetőnek azért a támogatásért, amelyet a Magyar Kábel Művek nyújtott a kábelipari szigetelőanyagok villamos minősítő bázisának kifejlesztéséhez. A tartampróba-berendezés üzemeltetéséért és a mérési eredmények értékelésében végzett munkájáért Sztoics Lászlónét (VKI) illeti köszönet.

Irodalom

- [1] *Eckholz, K.*: Über die Kanaleinsatzzeit und den Durchschlag fester hochpolymerer Isolierstoffe bei langzeitiger Wechselspannungsbeanspruchung. *Dissertation/TU Dresden*, 1972.
- [2] *Schuster, J.*: Zum elektrischen Durchschlag von Polyäthylenisolierungen bei Langzeitbeanspruchung mit Wechselspannung. *Dissertation/TU Dresden*, 1973.
- [3] *Kandan, S. S. – Mason, J. H.*: Triac isolator for AC tests which indicates the polarity at which breakdown occurs. *J. of. Physics D. Scientific Instruments*.
- [4] *Westerholt, H.*: Ein Versuchsstand zur Ermittlung der Wechselspannungs Zeitstandfestigkeit von Polyäthylen Modellprüfkörpern unterschiedlich großen Isolierstoffvolumens. *Jahresbericht von Schering Institut für Hochspannungstechnik und Hochspannungsanlagen, TU Hannover*, 1977.
- [5] *Hinrichs, B.*: Über den Durchschlagmechanismus von Polyäthylen im homogenen elektrischen Wechselfeld *Dissertation/TU Hannover*, 1974.

24.

A nagyfeszültségű olaj—papír szigetelési rendszerek állapotellenőrzésének továbbfejlesztése

CSÉPES GUSZTÁV (MVMT OTUSZ)—KALOCSAI LÁSZLÓ—SCHMIDT JÁNOS

ÖSSZEFOGLALÁS

Az állapotellenőrzés hagyományos eljárásai nem nyújtanak általános és megbízható képet a szigetelési rendszer degradációs állapotáról és pillanatnyi nedvességtartalmáról. A nagy időállandójú polarizációs jelenségek e két jellemzővel szoros kapcsolatban állnak. Ezeknek vizsgálatára állomási körülmények között a DC vizsgálati technika alkalmas, amely magában foglalja a visszatérő feszültség paramétereinek, valamint a kisülési áram időbeni lefutásának mérését és értékelését.

A visszatérő feszültség mérése a VKI hordozható célműszert fejlesztett ki, amellyel a gyakorlatban elvégzett vizsgálatok eredményei eddig kedvezőek. A kisülési áram időbeni lefutásának mérésére és értékelésére szolgáló célműszert és számítógépes programot a VKI jelenleg fejlesztí az MVMT-OTUSZ megbízásából.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МАСЛО-БУМАЖНЫХ СИСТЕМ ИЗОЛЯЦИИ ВН

Г. Чепеш (МВМТ—ОТУС)—Л. Калочай—Й. Шмидт

Резюме

Традиционные методики контроля состояния не обеспечивают получения общей и надежной информации о состоянии деградации и мгновенной влажности систем изоляции. Поляризационные явления с большими постоянными времени жестко связаны с вышеуказанными двумя характеристиками. Для их испытания, при условиях подстанций, применима техника по посотоянному току, содержащая измерения и оценки параметров восстанавливающегося напряжения и кривой затухания разрядного тока во времени.

Для измерения восстанавливающегося напряжения в ВКИ разработан переносный прибор; результаты практически проведенных с этим прибором измерений пока положительные. Прибор для измерения и оценки кривой затухания разрядного тока во времени и необходимая программа на ЦВМ разработаются в ВКИ в настоящее время по заказу МВМТ-ОТУС.

WEITERENTWICKLUNG DER ZUSTANDSKONTROLLE VON HOCHSPANNUNGS-ÖL-PAPIER-ISOLATIONSSYSTEMEN

G. Csépes—(OTUSZ-MVMT)—L. Kalocsay—J. Schmidt

Zusammenfassung

Die konventionellen Verfahren der Zustandskontrolle bieten kein allgemeines und zuverlässiges Bild über den Degradationszustand des Isolationssystems und über seinen momentanen Feuchtigkeitsgehalt. Die Polarisationserscheinungen mit einer großen Zeitkonstante sind mit den zwei obigen Kenndaten eng verbunden. Zur

Prüfung dieser Erscheinungen ist unter Bedingungen einer Unterstation die DC-Prüftechnik geeignet, die die Meßung und Auswertung der Parameter der zurückkehrenden Spannung sowie auch des zeitlichen Ablaufs des Entladestromes beinhaltet.

Für die Messung der zurückkehrenden Spannung wurde von VKI ein tragbares Meßgerät entwickelt. Die Ergebnisse der bisher in der Praxis durchgeführten Untersuchungen fallen günstig aus. Das Gerät zur Meßung und das EDV Programm zur Auswertung des zeitlichen Ablaufes des Entladestromes werden im Auftrage von MVMT-OTUSZ zur Zeit von VKI entwickelt.

IMPROVED METHODS FOR CHECKING THE CONDITION OF HIGHVOLTAGE OIL-PAPER INSULATION SYSTEMS

By G. Csépes – (MVMT-OTUSZ) – Kalocsay – J. Schmidt

Summary

The traditional procedures of condition checks do not provide an overall and reliable picture of the degradation state and instantaneous moisture content of insulation systems. Polarisation phenomena of long time constant are closely related to the above-mentioned two parameters. Under the conditions of stations they can be checked by the DC testing technique including the measurement and evaluation of the return voltage parameters and the temporal course of the discharge current.

A portable special-purpose instrument has been developed for measuring the return voltage, which has brought favourable results of tests carried out in actual practice so far. A special-purpose instrument for measuring and evaluating the temporal course of discharge current (and a computer program pertaining to it) is being developed by VKI to comply with an order of MVMT-OTUSZ.

1. Bevezetés

A nagyfeszültségű energetikai rendszerek megbízhatóságának szempontjából döntő jelentőségű a transzformátorok, különösen a nagy egyedi értéket képviselő óriás-transzformátorok üzembiztonsága. Váratlan meghibásodásuk az egység roncsolódásán túlmenően jelentős károkat okoz a népgazdaságnak az energiaszolgáltatás bizonytalan idejű kiesése folytán is. Az állapotellenőrzés célja, hogy nyomon kövesse a transzformátorok szigetelési rendszerében az üzemeltetés során óhatatlanul létrejövő változásokat, hiszen a transzformátorok tönkremenetelének túlnyomó részét a szigetelési rendszer meghibásodása okozza. A rendszeres ellenőrzés ily módon minimálisra csökkentheti az egységek váratlan kiesésének számát.

A szigetelési rendszerek állapotváltozásának nyomon követésére alkalmas vizsgálati módszerek között igen fontos szerepet töltenek be a vizsgált objektum kapcsain mérhető villamos jellemzők értékelésén alapuló eljárások. Az olaj–papír rendszerek esetén az ilyen jellegű vizsgálatoknak elsődlegesen a szigetelési rendszer degradációs állapotának és nedvességtartalmának megállapításához kell támpontot nyújtaniuk. Erre mód is nyílik, mivel a szigetelési rendszer degradációja és nedvességtartalma lényegesen befolyásolja a benne lezajló vezetési és polarizációs folyamatokat, és ezek változásának tanulmányozását a dielektrometria eszközei lehetővé teszik. Itt szeretnénk megjegyezni, hogy bár a vezetési és polarizációs folyamatok jellemzői és a rendszer villamos szilárdsága közötti korreláció meglehetősen szoros, egzakt matematikai összefüggés ezek kapcsolatának leírására nincs.

2. Az olaj–papír szigetelési rendszer vizsgálatára alkalmazott dielektrometriai vizsgálatok és korlátaik

A vezetési és polarizációs folyamatok egyes jellemzőinek vizsgálatára egyen- és váltakozófeszültség egyaránt alkalmazható, hiszen mindkét jelenség megfigyelhető mindkét feszültségnem hatása esetén. Az általunk vizsgált szigetelési rendszer mindkét komponensében a vezetés termikusan aktivált ionvezetés jellegű. Az olajban a töltéshordozóknak csak csekély hányada saját ion, túlnyomó részét a szennyezésként és bomlástermékként jelen levő idegen anyagok ionjai alkotják. A papír vezetésében döntő szerepet játszik a benne szorpciósan kötött víz. A polarizációs folyamatot tekintve megállapítható, hogy a rendszerben gyakorlatilag minden ismert polarizációs-fajta lezajlik. A dielektrometriai vizsgálatokon alapuló állapotellenőrzés szempontjából a vizsgált objektumok egyéb tulajdonságait is figyelembe véve számunkra a legtöbb információt a nagy időállandójú polarizációs folyamatok jellemzői szolgáltatják.

A továbbiakban e jelenségeket vizsgáljuk, valamint röviden ismertetjük és jellemezzük az alkalmazott mérési és értékelési eljárásokat.

2.1 A szigetelési ellenállás mérése

Ez tulajdonképpen a legrégebben alkalmazott szigetelésdiagnosztikai eljárás. Előnye, hogy viszonylag egyszerűen elvégezhető, hátránya viszont, hogy információtartalma meglehetősen csekély. A szigetelési ellenállást a bennünket elsődlegesen érdeklő két tényezőn, a nedvességtartalmon és a degradációs állapoton kívül egy sor egyéb paraméter, így többek között a vizsgált objektum geometriai mérete is döntő mértékben befolyásolja.

A szigetelési ellenállás és az általunk vizsgált két tényező kapcsolata nem egyértelmű. A hátrányos tulajdonságok miatt a korszerű diagnosztikában játszott szerepe korlátozott, csak igen jelentős mértékű leromlások kimutatására alkalmas. A mérés korrekt elvégzéséhez, különösen ha jó állapotú szigeteléseket vizsgálunk, igen nagy stabilitású feszültségforrás szükséges. A mérés eredményeit jelentős mértékben befolyásolja a vizsgált objektum külső szigetelésének állapota is, amelynek kiküszöbölése már a mérés egyszerűségét is megkérdőjelezi.

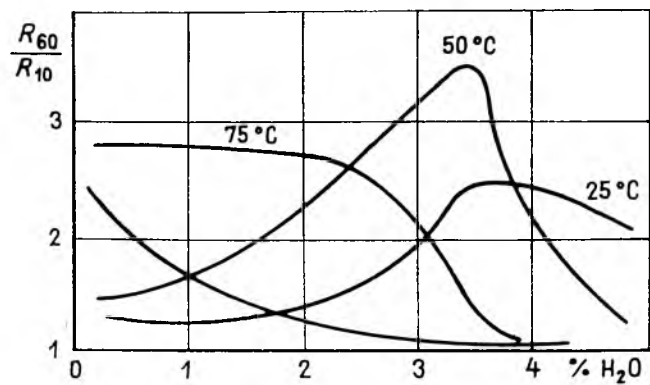
2.2 Az abszorpciós tényező meghatározása

Az abszorpciós tényezőnek mint diagnosztikai jellemzőnek a bevezetését két dolog segítette elő: egy geometriától független jellemző utáni igény, valamint az a tapasztalat, hogy a szigetelési ellenállás értéke függ a leolvasási időponttól. Ez utóbbit az okozza, hogy az egyenfeszültség hatására a vezetésen kívül polarizációs folyamatok is jelentkeznek, és az olaj–papír rendszerben előforduló, néhányszor 10^2 s időállandójú polarizációk a szigetelési ellenállás mérésénél elterjedt 1 perces leolvasási értéket még jelentősen befolyásolják. Az abszorpciós tényezőt éppen ezért korábban a szigetelési ellenállás két különböző időpontban leolvasott értékének hányadosaként definiálták:

$$K_A = \frac{R(t_2)}{R(t_1)} = \frac{I(t_1)}{I(t_2)} \quad (1)$$

Bevezetéskor igen egyszerű szabályt alkalmaztak a szigetelési állapot megítélésére: ha K_A értéke 2...2,5 közötti, akkor a szigetelési rendszer állapota jó, ha viszont

I körül van, akkor rossz. Újabb kutatások alapján azonban ma már világos, hogy az abszorpciós tényező kapcsolatát a szigetelési rendszer degradációs állapotával és nedvességtartalmával nem lehet ilyen sommásan megítélni. Jól látható ez a 24-1. ábrán, ahol az olaj–papír rendszer nedvességtartalmának függvényében ábrázoltuk az R_{60}/R_{10} hányadost (az indexben szereplő számok a leolvasás időpontját jelölik



24-1. ábra. $\frac{R_{60}}{R_{10}}$ abszorpciós tényező nedvességtartalom és hőmérséklet függvényében.

másodpercben). Tekintve, hogy az abszorpciós tényező értéke nem monoton változik a nedvességtartalom függvényében, a fenti „ököl szabály” érvényessége erősen megkérdőjelezhető. A módszer további hátránya, hogy az abszorpciós tényező megállapításához szükséges áramok a vezetési és polarizációs áramok összegei, vagyis a két jelenség szuperponálódik, ezért érzékenysége korlátozott.

2.3 A diszperziós tényező meghatározása

A diszperziós tényező, amely definíció szerint a polarizáció által lekötött és a szabad töltések mennyiségének hányadosa, tulajdonképpen a szigetelési rendszerben lejátszódó polarizációs folyamatokat követi nyomon:

$$K_D = \frac{Q_P}{Q_{Sz}} \tag{2}$$

A diszperziós tényezőt a következő módon határozzuk meg: a vizsgált objektum C_x kapacitását U_m mérőfeszültséggel a számunkra értékes polarizációs jelenség teljes kialakulásához szükséges ideig töltjük, majd a tanulmányozandó polarizáció időállandójához mérten elhanyagolható ideig rövidere zárjuk. A rövidzár időtartama alatt kiegyenlítődnek a vizsgálat szempontjából „szabadnak” minősülő töltések, de a kötött töltések kiegyenlítődése a vizsgált polarizációs időállandónak a rövidzár időtartamához viszonyított nagy értéke miatt nem zajlik le. Ezt követően a szabadon hagyott objektum kapcsain megjelenik az ún. visszatérő feszültség, amelyet az objektum C_x kapacitásával szorozva nyerjük a kötött töltések mennyiségét. A szabad töltések mennyiségét a teljes töltés ($U_m C_x$) és a kötött töltés különbségként számít-

hatjuk. Eszerint a visszatérő feszültség paramétereiből származtatva a diszperziós tényező:

$$K_D = \frac{U_v}{U_m - U_v} \quad (3)$$

Amint az a definícióból is látható, értéke C_x -től, azaz az objektum geometriájától független. A szigetelési rendszer állapotmegítélése szempontjából kedvező tulajdonsága, hogy bizonyos tartományban a diszperziós tényező hőmérséklet- és nedvességtartalom-függése monoton, amint ez a 24-2. ábrából kitűnik. A 24-2. és 24-3. ábrát összevetve azonban megfigyelhető, hogy a töltési és rövidzárási idők változtatása jelentős mértékben befolyásolja a diszperziós tényező értékét. Ennek alapján belátható, hogy diagnosztika céljaira ez a jellemző is csak bizonyos korlátok között alkalmazható.

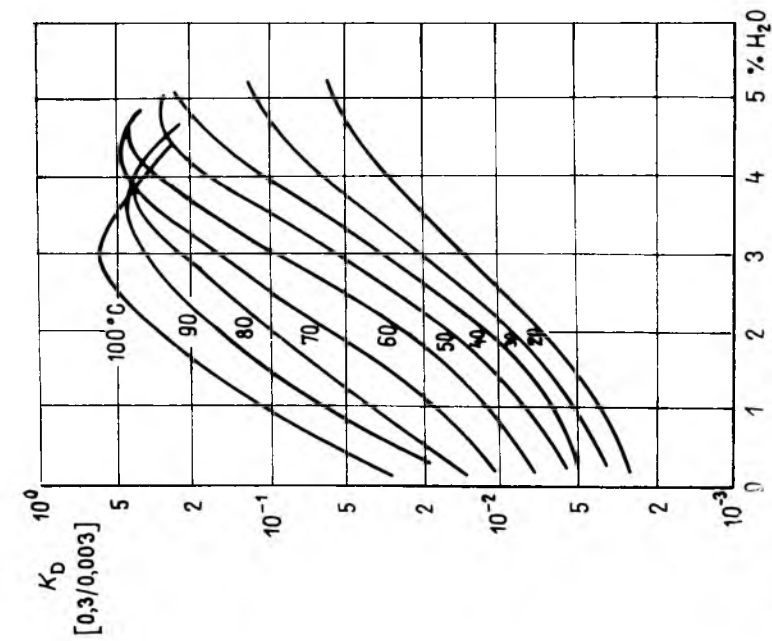
2.4 A veszteségi tényező mérése

A klasszikus szigetelésellenőrzésben nagy hagyománya van a veszteségi tényező vizsgálatának, különösen az 50 Hz-es $\tan \delta$ mérésének, ezért lényeges alkalmazhatóságát az olaj–papír szigetelési rendszer diagnosztikájában is vizsgálni. A veszteségi tényező értékét mind a vezetési, mind a polarizációs jellegű veszteségek befolyásolják. Azt, hogy a veszteségi tényező az egyes polarizációs jelenségekre milyen érzékenyen reagál, elsődlegesen a mérési frekvencia határozza meg. Mivel közismert, hogy a szigetelési rendszer öregedése során lezajló jelenségek elsődlegesen a nagy időállandójú polarizációs folyamatokat befolyásolják, nyilvánvaló, hogy az igen kis frekvencián végzett mérések a legérzékenyebbek, de terepi körülmények között ezeket még senkinek sem sikerült kielégítően végrehajtani. Alállomásokon még az érzékeny 50 Hz-es mérések elvégzése sem lehetséges az igen erős ipari frekvenciájú szórt mezők miatt.

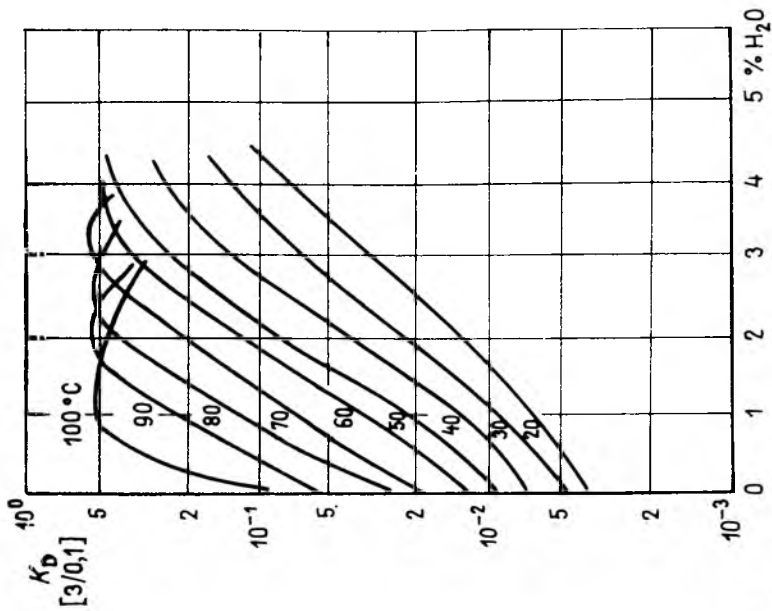
A hagyományos állapotellenőrzési módszerek értékelése kapcsán összefoglalóan közös hátrányukként megjegyezhetjük hogy egy bonyolult rendszer állapotát valamennyi eljárás egyetlen mérőszámmal kívánja jellemezni, amely nyilvánvalóan nem kielégítő. Jórészt a korszerű mérés- és számítástechnika tette lehetővé új diagnosztikai eljárások kifejlesztését, amelyek hatékonyabb eszközt adnak az állapotellenőrzéssel foglalkozó szakemberek kezébe. Ezek közül két eljárást szeretnénk megemlíteni, amelyeknek közös vonása, hogy a szigetelésben lejátszódó nagy időállandójú polarizációs folyamatok széles spektrumának vizsgálatán alapulnak.

2.5 A visszatérő feszültségek paramétereinek vizsgálata széles töltési és rövidzárési időtartományban

A módszer lényege az, hogy ha a szigetelési rendszer kapcsaira t_i ideig U_m egyenfeszültséget kapcsolunk, akkor ezen időszak alatt gyakorlatilag kialakul benne minden olyan polarizáció, amelynek időállandója kisebb, mint $t_i/3$. Az ezt követő rövidzárás alatt pedig megszűnik minden olyan polarizáció, amelynek időállandója $t_{rz}/3$ -nál kisebb. Ilyen módon a visszatérő feszültség kialakításában csak a $t_i/3$ és $t_{rz}/3$ „ablakban” szereplő időállandójú polarizációs jelenségek játszanak szerepet, azaz a visszatérő feszültség paramétereit csak ezek befolyásolják. Ha t_i és t_{rz} értékeit célszerűen változtatjuk, lehetőség nyílik a teljes nagy időállandójú polarizációs spektrum letapogatására. A visszatérő feszültség paramétereit közül a kezdeti mere-



24.2. ábra. K_D diszperziós tényező a szigetelési rendszer nedvesítartalmának függvényében ($t_i = 0,3$ s; $t_{ra} = 0,003$ s)



24.3. ábra. K_D diszperziós tényező a szigetelési rendszer nedvesítartalmának függvényében ($t_i = 3$ s; $t_{ra} = 0,1$ s)

dekség áll a polarizációs folyamatokkal a legszorosabb kapcsolatban, mivel ez egyenesen arányos a spektrumon vágott „ablakon” belüli időállandójú polarizációs jelenség intenzitására jellemző polarizációs vezetőképességgel. A kezdeti meredekség korrekciójára azonban csak a közeli múltban nyílt lehetőség, ezért a gyakorlati diagnosztikában még nem terjedt el olyan mértékben, hogy különösebb tapasztalatokról számolhatnánk be. A csúcserőtelnek a mérőfeszültségre vonatkoztatott hányada tulajdonképpen a K_D diszperziós tényezővel rokon mérőszám, és széles spektrumban felvéve jó diagnosztikai lehetőségeket kínál.

2.6 A deszorpciós áram időfüggvényének matematikai elemzése

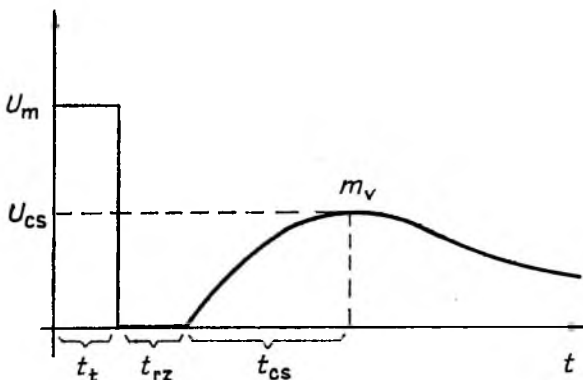
A deszorpciós áramot a valamennyi polarizáció aktiválásához elegendő ideig feltöltött, majd egy árammérőn keresztül rövidrezárt szigetelés kapcsain mérhetjük. Tekintve, hogy az áram időbeni lefutását több nagy időállandójú polarizációs folyamat befolyásolja, az áram – idő jelleggörbe felfogható több exponenciális tag összegeként. Megfelelő számítógépes program segítségével ezen exponenciális tagok intenzitása és időállandója meghatározható. Ennek előfeltétele természetesen a deszorpciós áram időbeni lefutásának nagy pontosságú, széles tartományú ismerete.

A két utóbb említett állapotellenőrzési eljáráshoz szükséges eszközök egészen a legutóbbi ideig hiányoztak, ill. hiányoznak. A visszatérő feszültség paramétereinek mérésére a Villamosipari Kutató Intézet célműszert fejlesztett ki az MVMT – OTUSZ megbízásából, és ezt az eszközt jelenleg is sikerrel alkalmazzák a transzformátorok diagnosztikájában. A deszorpciós áram mérésére szolgáló célműszer és az értékeléshez szükséges számítógépes program kifejlesztése intézetünkben jelenleg folyik.

3. A visszatérő feszültség mérésére alkalmas készülék

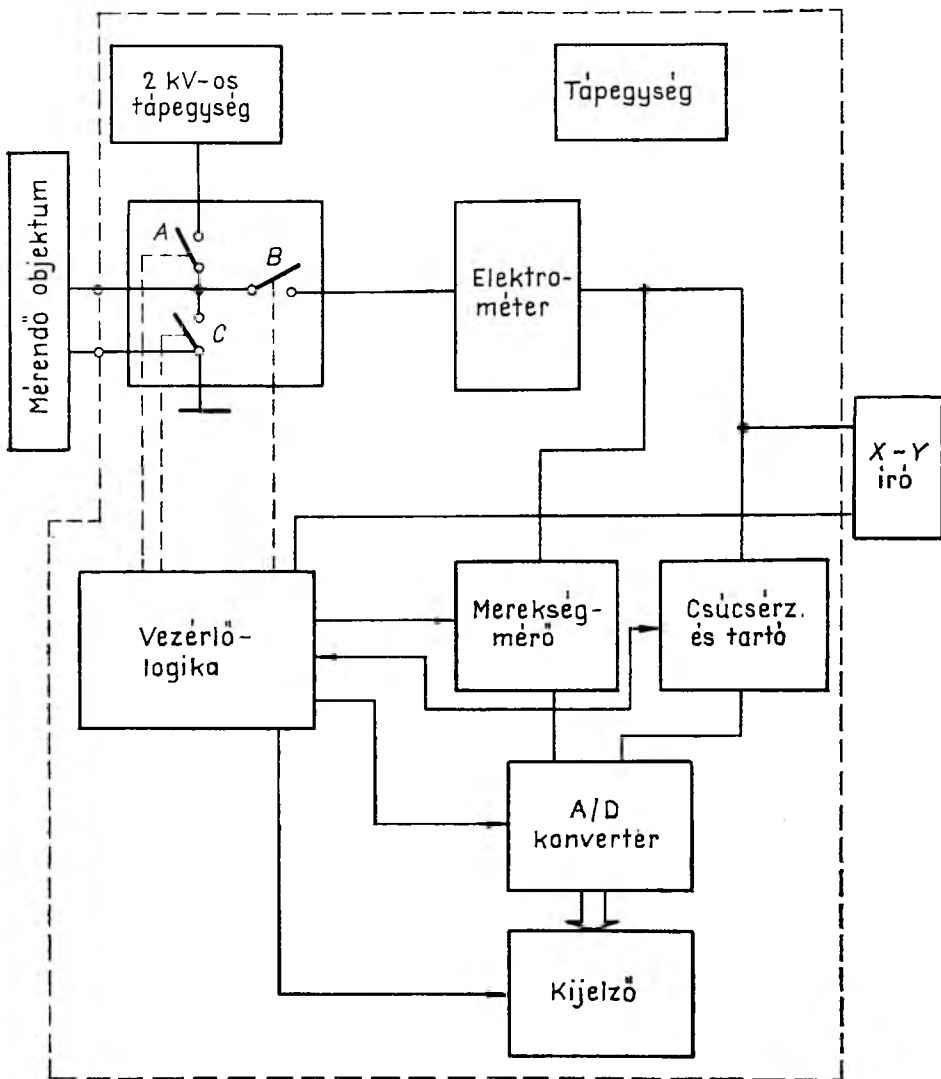
A célműszer a visszatérőfeszültség-görbe (24-4. ábra) három lényeges paraméterét

- a görbe kezdeti meredekségét,
- csúcserőtelét és
- csúcsidejét



24-4. ábra. Mért objektum kapcsolófeszültsége az idő függvényében

U_m vizsgálfeszültség; U_{cs} csúcshőfeszültség; t_t töltési idő; t_{rz} rövidzárási idő; t_{cs} csúcsidejő; m_v kezdeti feszültségmeredekség



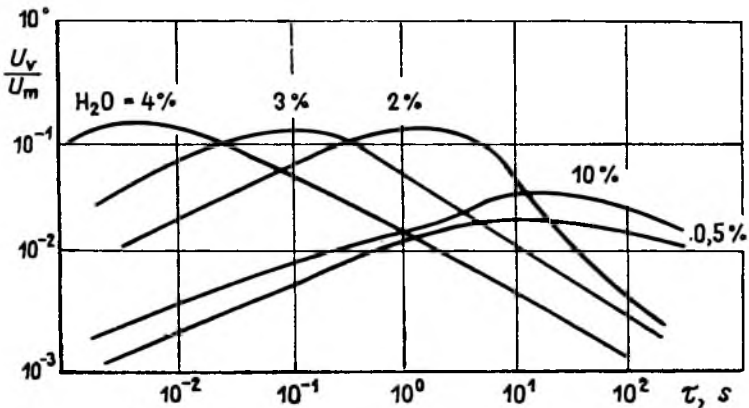
24-5. ábra. A visszatérő feszültséget mérő készülék blokkvázlata

méri. Blokkvázlata a 24-5. ábrán látható. A mérőeszköz működése a következő: Először a t_i beállítására szolgáló kezelőszervvel meghatározott ideig (16 diszkrét érték) 2 kV egyenfeszültséget kapcsol a mérendő objektumra, majd annak kapcsait a t_{rz} kezelőgomb által meghatározott időre rövidre zárja. Ezt követően a mérendő próbatárgy kapcsait felszabadítja, és egy igen nagy bemeneti ellenállású elektrométer segítségével méri a rajta kialakuló visszatérő feszültség paramétereit. Tekintve, hogy a kezdeti merekség meghatározásához mérendő feszültségértékek igen kicsik, egy külön digitális áramkör biztosítja az 50 Hz-es zavarelnyomást. Ennek jósága több, mint 60 dB. Külön áramkör figyel, hogy mikor éri el a visszatérő feszültség a csúcsertékét. Ezt az áramkört úgy alakítottuk ki, hogy képes az impulzus jellegű zavarok

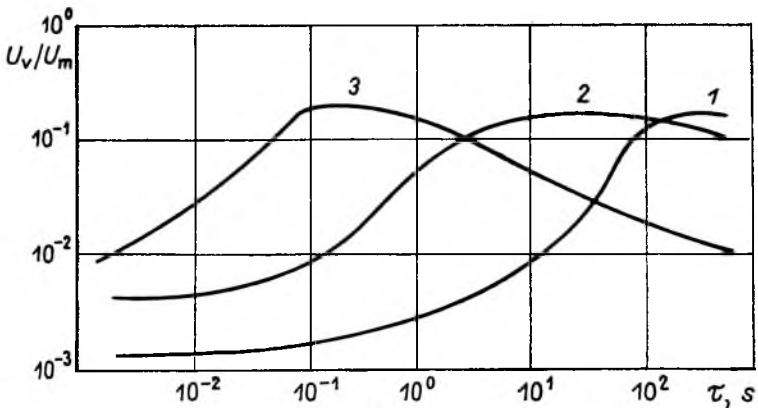
kiszűrésére, tehát a visszatérő feszültségre szuperponálódó rövid időtartamú zavarjelek nem befolyásolják a mérés pontosságát. A mérési ciklus egyes műveleteit a vezérlőlogika irányítja. Valamennyi mért paraméter értékét a 3 digités kijelzőn jelenítjük meg. A műszer analóg kimenete lehetőséget biztosít X–Y rekorder csatlakoztatására.

4. A visszatérő feszültség mérésén alapuló diagnosztikai módszer gyakorlati alkalmazása

Ismert állapotú laboratóriumi próbatárgyakon végzett mérések eredményeit mutatja be a 24-6. ábra, ahol a mérőfeszültségre vonatkoztatott visszatérő feszültség csúcstértékét ábrázoltuk a polarizációs időállandók függvényében. Az ábra alapján jól



24-6. ábra. $\frac{U_v}{U_m}$ a polarizációs időállandók függvényében, paraméter a rendszer nedvességtartalma



24-7. ábra. Transzformátoron mért $\frac{U_v}{U_m}$ a polarizációs időállandók függvényében, paraméter a szigetelési rendszer állapota

1 új transzformátor; 2 20 éves, még jó szigetelési állapotú transzformátor; 3 előregedett szigetelési rendszerű 25 éves transzformátor

látható, hogy a növekvő nedvességtartalom hatására a legnagyobb intenzitású polarizációs folyamat időállandója a kisebb értékek felé tolódik el. A transzformátorok diagnosztikájában ezt az eltolódást veszik figyelembe. Az ábrából ugyancsak jól látható, hogy állapotellenőrzés szempontjából a $10^{-2} \dots 10^2$ s-os időállandó-tartomány vizsgálata elegendő. A bomlástermékek felhalmozódásának hatására az $U_v/U_m = f(\tau)$ jelleggörbén más időállandóknál jelentkező helyi maximumok lépnek fel, ezek hatása azonban önmagában csak mintegy 1,5% nedvességtartalomig jelentkezik, ezt követően a görbén már a nedvesség és bomlástermék hatásának összege figyelhető meg.

Üzemelő transzformátorokon végzett mérések eredményeit foglalja össze a 24-7. ábra. Jól megfigyelhető rajta az üzem közbeni szigetelésdegradáció hatása. Hasonló képet mutatnak a mérőváltókon felvett jelleggörbék.

Összefoglalva az olaj–papír szigetelésű nagyfeszültségű berendezéseken eddig végzett diagnosztikai vizsgálatok eredményeit, a következők állapíthatók meg:

A nedvességtartalom erősen befolyásolja a nagy időállandójú polarizációs folyamatok jellemzőit, nevezetesen mintegy 1%-ig intenzitásukat, 1% felett pedig elsődlegesen időállandójukat.

A bomlástermékek koncentrációjának hatását 1,5% nedvességtartalomig jól külön lehet választani a polarizációs spektrum 0,005...500 s közötti tartományában a nedvességtartalom befolyásától.

A mérések gyakorlati kivitelezhetősége szempontjából megállapítható, hogy az meglehetősen időigényes, hiszen a spektrum felvétele során az előző mérés teremtette hatásokat a következő mérés előtt hosszabb idejű rövidrezárással meg kell szüntetni. Ennek alapján kedvezőbbnek tűnik a jelenleg fejlesztés alatt álló, a deszorpciós áram mérésén alapuló módszer, amely azonban számítógépes értékelést igényel, és így helyszíni, azonnali következtetések levonását nem teszi lehetővé.

Irodalom

- [1] Dr. Csenátony – Hoffer A.: Az OMF – NIM – MVMT megbízásából 1975 – 1978 között végzett „Transzformátorok korszerű állapotellenőrzési rendszerének kidolgozása” tárgyú kutatási munka zárójelentése.
- [2] Csépes G.: Transzformátorok korszerű állapotellenőrzési módszerei (jegyzet). MBE Mérnök-továbbképző Intézet, 1981 (előkészületben)
- [3] E. Németh.: Polarisation großer Zeitkonstanten in Isolierstoffen. Ermittlung der Verteilung der Zeitkonstanten aus der Messung des Absorptionsstromes. ISH TU München, 1972.
- [4] Vajda Gy.: A szigetelések romlása és romlásuk vizsgálata. Akadémiai Könyvkiadó, 1964.
- [5] Dr. Horváth T. – László T. – dr. Máthé B. – Németh E.: Villamos szigetelések vizsgálata. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

25.

Új típusú poliuretán öntőgyanták alkalmazása és új felhasználási területei a villamosiparban

PÁSZTOR MÁRIA

ÖSSZEFOGLALÁS

A poliuretán öntőgyanták egyre szélesebb körű felhasználása a villamosiparban kiváló szigeteléstechnikai és egyéb előnyös tulajdonságaiknak köszönhető.

A cikk részletezi a különféle poliuretán gyanták kémiai összetételét, előállítását és feldolgozását; kiemeli a poliuretán öntőgyanták előnyeit a hagyományos epoxi- és telítetlen poliészter gyantákhoz viszonyítva; részletesen foglalkozik a poliuretán közép feszültségű mérőtranszformátorok szigetelésében való felhasználásával, valamint ismerteti a jelentősebb külföldi és hazai villamosipari alkalmazásokat.

ПРИМЕНЕНИЕ И НОВЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЗАЛИВОЧНЫХ СМОЛ НОВОГО ТИПА В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М. Пастор

Резюме

Все возрастающее применение полиуретановых заливочных смол в электротехнической промышленности наблюдается благодаря их отличным изоляционным и другим положительным свойствам.

В статье излагаются химический состав, изготовление и обработка различных полиуретановых смол; указывается преимущество полиуретановых заливочных смол по сравнению с традиционными эпоксидными и ненасыщенными полиэфирными смолами; детально занимаются с применением полиуретана в изоляции измерительных трансформаторов среднего напряжения, а также излагаются значительные заграничные и отечественные применения этих смол в электротехнической промышленности.

ANWENDUNG UND NEUE EINSATZGEBIETE DER POLYURETHAN-GIEßHARZE VON NEUEM TYP IN DER ELEKTROINDUSTRIE

М. Пásztor

Zusammenfassung

Ein immer breitere Einsatz der Polyurethan-Gießharze in der Elektroindustrie ist ihren ausgezeichneten isolationstechnischen und sonstigen vorteilhaften Eigenschaften zu verdanken.

In dem Artikel werden die chemische Zusammensetzung, die Herstellung und die Verarbeitung verschiedener Polyurethan-Harze erörtert; es werden die Vorteile der Polyurethan-Gießharze gegenüber den herkömmlichen Epoxid- und ungesättigten Polyesterharzen betont; es wird detailliert auf den Einsatz des Polyurethans in der Isolation des Mittelspannungs-Meßtransformatoren eingegangen, es werden darüber hinaus die wichtigeren ausländischen und einheimischen Anwendungen in der Elektroindustrie bekanntgegeben.

USE OF NEW-TYPE POLYURETHANE POTTING RESINS AND THEIR NEW APPLICATIONS IN THE ELECTRICAL INDUSTRY

By Miss. M. Pásztor

Summary

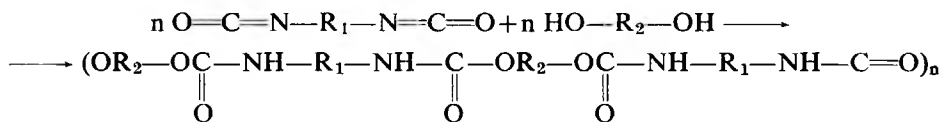
The increasingly widespread applications of polyurethane potting resins in the electrical industry are due to their outstanding insulation technical and other favourable properties.

The paper gives a detailed description of the chemical composition, manufacturing and processing of various polyurethane resins; it emphasizes the advantages of polyurethane potting resins over conventional epoxy and non-saturated polyester resins; it describes in detail the use of polyurethane as an insulant of medium-voltage measuring transformers, and describes the major applications in the electrical industry in Hungary and abroad.

1. Bevezetés

A fejlett ipari országok az utóbbi években a poliuretán öntőgyantákat egyre szélesebb körben alkalmazzák a villamosiparban az epoxigyanták és poliésztergyanták mellett. Növekvő felhasználásuk kiváló szigetelési-technikai jellemzőikén kívül a különböző követelményekhez sokoldalúan illeszthető egyéb előnyös tulajdonságaiknak is köszönhető.

A 70-es évek közepéig a poliuretánok csak mint szálképzők, lajkok, ragasztók, lágy, ill. kemény habanyagok és elasztomerek voltak ismeretesek. Általában a poliuretánok (PUR) heteroláncú polimerek, amelyek különféle di-, ill. poliizocianátokból és poliolo kból állíthatók elő poliaddíciós reakciókkal;



$$\Delta H = -66,66 \text{ KJ/gekV NCO}$$

A reakciós közegben csak nyomokban is jelenlévő víz az izocianátból CO_2 -ot szabadít fel, amely habosodást idéz elő. A 60-as években döntő változást jelentett a habosodás megakadályozása. A poliolhoz kevert vízadszorbens buborékmentes öntőgyantafomadaráb előállítását tette lehetővé. A víznek a reakciós közegből való abszolút kizárását alkáli-alumínium-szilikáttal sikerült elérni, amely ricinus-olajban szuszpenzálva Zeolith-paszta néven került forgalomba. A Zeolith-paszta vízmegkötő képessége abból adódik, hogy a szilikát kristályrács molekulaszűrőként működik, megkötve a rácsátmérőnél nagyobb méretű részecskéket. A Zeolith-paszta előnyét a többi klasszikus adszorberekhez képest egyforma pórusméretéből eredő hatékonysága is növeli. Kísérletekkel igazolták, hogy a habképződés gyakorlatilag megakadályozható, ha 5...10% mennyiségben Zeolith-pasztát adagolnak a poliolhoz [1].

2. A poliuretán öntőgyanta-kompozíció összetétele

Az öntőgyanta-kompozíció összetevői:

- alapkomponensek: di-, ill. poliizocianát és polioliol;
- vízadszorber: Zeolith-paszta;
- töltőanyagok: kvarciszit, dolomitliszt, üveggyöngy;
- adalékanyagok: gyorsító, lágyító, színezék, égéscsökkentő.

Az öntőgyanta-technológiához a lakkiparban és a habanyagokhoz használt izocianátok közül csak a felsorolt típusok alkalmasak:

MDI néven ismert difenil-metán-diizocianát, amely izomerjei közül legnagyobb mennyiségben a difenil-metán-4,4'-diizocianátot tartalmazza.

TDI néven kerül forgalomba a toluilidén-2,4-diizocianát és a toluilidén-2,6-diizocianát izomerjeinek különböző arányú keveréke.

IPDI, izoforon-diizocianát még nem terjedt el a piacon. A viszonylag új terméknek mondható cikloalifás diizocianát a poliuretán öntőgyanták alkalmazási lehetőségét szabadterre is bővíteni fogja.

Az izocianátok sárgás vagy sötétbarna színű vízszerű folyadékok, gőzteniójuk kicsi, az egészségre nem veszélyes vegyszerek közé sorolhatók. Az izocianát vegyületeket az NCO tartalommal vagy az NCO ekvivalenssel jellemzik.

A *poliol* komponens kémiaileg lehet poliéter vagy poliészter alapú, szerkezetét tekintve lineáris vagy elágazó. A polioloikat az OH-ekvivalenssel vagy az OH-tartalommal jellemzik. Színtelenek vagy enyhén sárga színűek, viszkozitásuk, gőznyomásuk szobahőmérsékleten egyaránt kicsi; az egészségre nem ártalmasak.

3. A poliuretán öntőgyanta-kompozíciók előállítás, feldolgozása

A kis viszkozitású polioloik a megfelelő mennyiségű Zeolith-paszttal, töltőanyaggal, színezékekkel vagy esetleg gyorsítóval összekeverve, kivákuumozott előkeverék formájában hosszabb ideig is tárolhatók. Ez a kedvező körülmény tette lehetővé a poliuretán öntőgyanta-kompozíció két komponensre való redukálását, amely a feldolgozási idő lényeges lerövidítését eredményezte.

Jelenleg villamosipari felhasználásra a következő három nyugati cég által gyártott és előkeverék formájában kiszertelt poliuretán gyantákról van referenciánk:

- a MICAFIL AG (Svájc) Micares...;
- a FURTENBACH CHEMIE (Ausztria) Furtopur VE...;
- a HÄGER und KÄSSNER (NSZK) IC 2K ... típusok.

A PUR gyantarendszerek már szobahőmérsékleten kézi és gépi úton egyaránt feldolgozhatók. Minthogy a PUR alapkomponensek kémiai összetételük alapján csak korlátozott mértékben keverednek egymással, szükségessé vált a gépi feldolgozás nagy fordulatszámú keverőfejek alkalmazásával. A kétkomponensű töltött gyantarendszerek feldolgozására alkalmas öntőberendezések közül a Plateco R 33 és a Hümix II. típusú célgépekkel szereztünk kedvező tapasztalatokat.

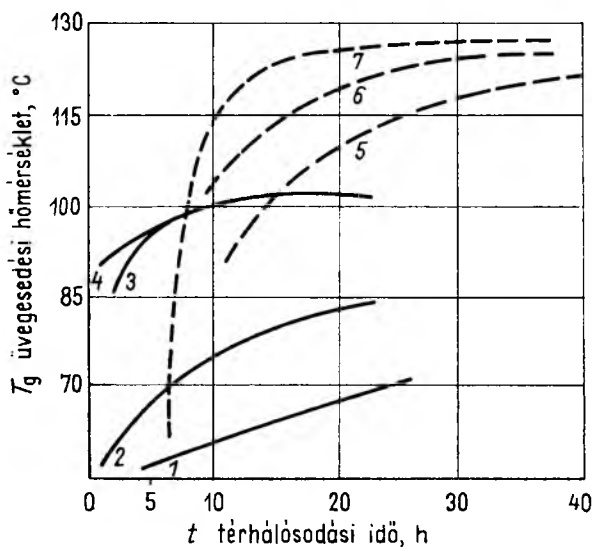
4. A poliuretán öntőgyanta-kompozíció tulajdonságai

Az (1) reakció mutatja, hogy az izocianát-csoport és a hidroxilcsoport sztöchiometriai aránya = 1 : 1. Ennek a viszonynak az eltolódásával, azaz az izocianát-csoportnak a hidroxilcsoportéhoz képest nagyobb vagy kisebb arányával befolyásolható a térháló szerkezet sűrűsége és ezáltal a térhálósodott termék jellege. A PUR öntőgyanta tulajdonsága nagymértékben függ még az alapkomponensek kémiai szerkezetétől is. Ezeknek a kombinációjával előállítható:

- lágy, gumyszerű,
- közép kemény,
- nagy hőállóságú kemény poliuretán gyanta.

Mint hogy a PUR alapkomponensei kis viszkozitásúak, különféle töltőanyagok alkalmazásával a felsorolt háromféle típusú gyanta még szélesebb skálán variálható. A 25-1. táblázatban a VKI-ban előállított PUR öntőgyanta-kompozíciók összetételét és legjellemzőbb tulajdonságait ismertetjük.

A poliuretán öntőgyanta hidegen is feldolgozható. Mint minden poliaddíciós reakcióban keletkező gyantánál, a poliuretánánál is szükség van bizonyos hőközlésre az illető típusú gyantára jellemző Martens alaktartóság vagy üvegesedési hőmérséklet (irodalomban elfogadott jelölés alapján T_g) eléréséhez. Míg a lágy, flexibilis típus szobahőmérsékleten is térhálósodik, a közép kemény és a kemény konzisztenciájú termék előállításakor nagyobb hőmérsékleten kell végezni a térhálósítást. Ez azzal magyarázható, hogy a térhálósodás előrehaladásával a kémiai reakció lelassul a reakciós partnerek térben való gátoltsága miatt. Ha a hőmérséklet olyan kicsi, hogy a polimer meghatározott ideig a kemény, üvegszerű tartományba kényszerül, a reakció befagy [2]. Ilyenkor a T_g hosszú idő után sem érhető el. Ezt az esetet mutatják a 25-1. ábra 1 és 2 görbéi. A 3 és 4 görbék a teljes térhálósodási folyamatot reprezentálják.



25-1. ábra. Poliuretán és epoxi térhálósodása különböző hőmérsékleteken

— PUR: 1 25 °C; 2 60 °C; 3 100 °C; 4 120 °C
 - - - EP: 5 110 °C; 6 120 °C; 7 130 °C

25-1. táblázat

Töltött poliuretángyanta-kompozíciók összetétele és tulajdonságai

Alapanyagok		A kompozíció összetétele tömegrészben							
		1	2	3	4	5	6	7	
Poliéterpoliol	OH- ekvivalens	105 150 350 1000 1000 650	100	50 50	100	50 50	50	50	100
Poliéterpoliol									
Poliészterpoliol									
Poliészterpoliol									
Poliéterpoliol									
Poliéterpoliol									
Zeolith-paszta			10	10	10	10	10	10	10
Töltőanyag	Kvarcliszt W 12		250	280					
	Dolomitliszt				140	140	200	200	
Diizocianát MDI	NCO-tart: 30% NCO-ekv.: 130		150	125	100	100	57	57	15
A kompozíció viszkozitása 25 °C-on Rheotest 2-vel mérve, mPas			4500	4200	3000	3400	2700	2500	1500

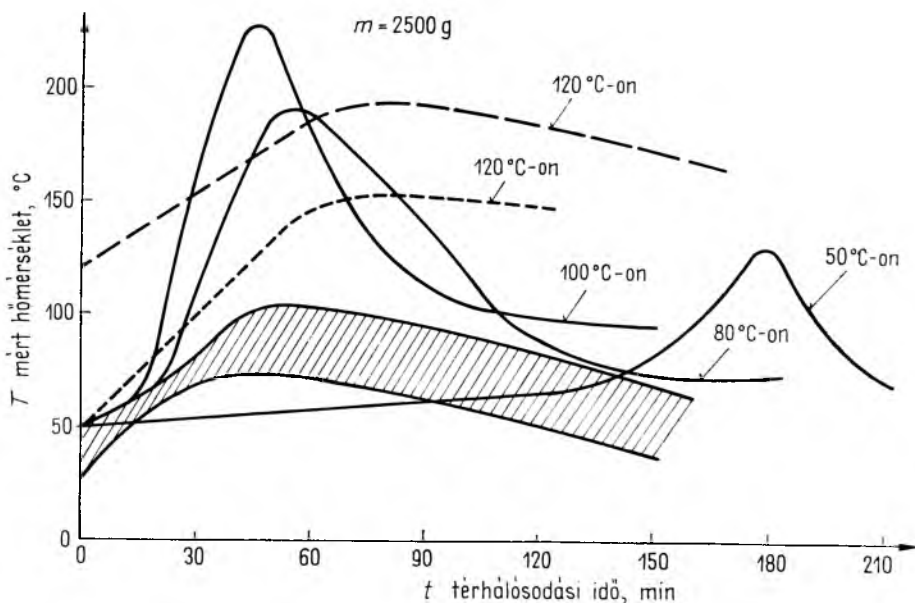
Próbatesteken mért tulajdonságok

Alaktartóság Martens szerint, °C MSZ 1426	120	105	75	58	33	–	–	
Ütő-hajlítószilárdság, kJ/m ² MSZ 7751	8	8,7	9	11	14	20	27	
Hajlítószilárdság, N/mm ² MSZ 1442	118	100	98	86	45	–	–	
Shore keménység A/D	100/91	99/90	98/89	98/89	80/60	70/50	65/40	
Felületi ellenállás	szárazon, Ω	$9,3 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{15}$	$3,7 \cdot 10^{14}$	$9 \cdot 10^{13}$	$8 \cdot 10^{13}$	$3 \cdot 10^{15}$	$6 \cdot 10^{11}$
U_{1000V} 24 órás vízben való MSZ 4854 – 72 tárolás után Ω		$7,7 \cdot 10^{14}$	$2,2 \cdot 10^{15}$	$2,2 \cdot 10^{14}$	$7,1 \cdot 10^{13}$	$7,8 \cdot 10^{13}$	$1,8 \cdot 10^{15}$	$4,8 \cdot 10^{11}$
Fajlagos térfogati ellenállás, Ω cm MSZ 4854 – 72		$2,7 \cdot 10^{15}$	$3 \cdot 10^{15}$	$8,9 \cdot 10^{14}$	$6,5 \cdot 10^{14}$	$9 \cdot 10^{14}$	$7 \cdot 10^{15}$	$5 \cdot 10^{12}$
Átütési térerősség, kV/mm MSZ 20880		31	30	30	35	40	40	25
Kúszóáram-szilárdság, KC DIN 53480		600	600	600	600	600	600	600
Dielektromos veszteségi tényező MSZ 4857 – 72		$4 \cdot 10^{-3}$	$6,4 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$
Permittivitás MSZ 4857 – 72		4,2	4	4,5	4,1	4	4	8,4

Azonos termomechanikai tulajdonságokkal rendelkező epoxi- és poliuretán öntőgyanták térhálósodási jellege eltérő (25-1. ábra). A görbékben jól látható, hogy a PUR kompozíciók sokkal rövidebb idő alatt érik el a rájuk jellemző T_g értéket, azaz sokkal gyorsabban térhálósodnak, mint az epoxigyanta-kompozíciók.

A poliuretán öntőgyanták keményítéskor a poliaddíció folyamán felszabaduló hő jelentős szerepet játszik a teljes térhálósodásban. Az exoterm hő mintegy tovább katalizálja a térhálósodási folyamatot. Ez a körülmény teszi lehetővé, hogy az epoxi öntőgyantákhoz képest egyébként is kisebb hőmérsékleten térhálósodó poliuretán öntőgyanta esetén nagyon rövid vagy semmilyen utóhőkezelés nem szükséges a jó végtérmekek tulajdonságok elérése céljából. A poliuretán képződésekor fejlődő reakcióhő azonban mind abszolút értékben, mind a hőmérséklet időbeni változásában lényegesen eltér az azonos körülmények között térhálósított epoxiétól (25-2. ábra).

A hőképződés és ezzel együtt a térhálósodás sebessége befolyásolja a térhálósodás következtében létrejövő térfogat-zsugorodást, az ún. kontrakciót. Az összes térfogat-zsugorodás a reakciózsugorodásból és a környezeti hőmérsékletre való lehüléskor keletkező, ún. lehülési zsugorodásból tevődik össze. A PUR térhálósodása 70%-ban folyékony közegben játszódik le, ezért még a gélesedés előtt jön létre a reakciózsugorodás nagyobb hányada [3]. A lehülési zsugorodás pedig a csekély exotermitás miatt ugyancsak jelentéktelen lesz. Ilyen módon az összes térfogat-zsugorodás kicsi. Irodalmi forrásmunkák is alátámasztják, hogy fémrész kiöntésekor a zsugorodásból eredő belső feszültség és az ezzel arányos zsugornyomás annál kisebb, minél kisebb a rugalmassági modulusz, a hőtágulási együttható, az összes térfogat-zsugorodás és minél kisebb hőmérsékleten megy végbe a térhálósodás [2], [6].



25-2. ábra. Poliuretán és epoxi öntőgyanták térhálósodásakor keletkező hőmérséklet

- Epikote 828 + DDM
- Araldit B + HT 903
- Tipox 400 + Härter M
- PUR

25-2. táblázat

Poliuretán-, epoxi-, poliészter-öntőgyanták összehasonlítása

	<i>Poliuretán</i> (PUR) hidegen térhálósodó	<i>Epoxi</i> (EP) hidegen térhálósodó	<i>Epoxi</i> (EP) melegen térhálósodó	<i>Telítetlen poliészter</i> (PÉ) hidegen térhálósodó
Alapkomponensek	poliéter-, ill. poliészter-poliol di-, ill. poli- izocianát	dián- epiklórhidrin bázisú epoxigyanta amin-, ill. poli- amin	dián- epiklórhidrin bázisú epoxigyanta cikloalifás epoxigyanta anhidrid	telítetlen dikarbonsav diol sztiril
Alapkomponensek halmazállapota szobahőmérsék- leten	folyékony	folyékony	szilárd vagy folyékony	folyékony
Térhálósodási reakció	poliaddíció	poliaddíció	poliaddíció	kopolimerizáció
Alapkomponensek toxicitása szoba- hőmérsékleten	igen csekély	mérsékelt-nagy	mérsékelt	nagy
Össztérfogati zsugor, %	< 1	2...4	1...2	8
Exotermitás	csekély	nagyon nagy	nagyon nagy	nagyon nagy
Térhálósodási hőmérséklet, °C	0...60	15...60	80...160	10...50
Fazékidő szoba- hőmérsékleten	1 perc...4 óra	20 perc...4 óra	24 óra	10...50 perc
A térhálósodáshoz minimálisan szükséges idő szobahőmérsék- leten	10 perc...24 óra	1 óra...3 nap	szilárd rendszer esetén 140 °C-on 3...4 óra folyékony rendszer esetén 160 °C-on 10...20 perc	1...2 óra
Minimális szer- számfoglalási idő atmoszférikus öntés esetén, ha a szerszám hőmérséklete 80 °C	5...10 perc	20...60 perc	4–50 óra	10–30 perc

	Poliuretán (PUR) hidegen térhálósodó	Epxi (EP) hidegen térhálósodó	Epxi (EP) melegen térhálósodó	Telítetlen poliészter (PÉ) hidegen térhálósodó
Térhálósodáshoz kedvező szer- számhőmérsék- let. °C	30...80	40...100	80...160	30...60
Szükséges utó- hőkezelés, h	80 °C-on 1-8	80 °C-on 1-8	100 °C-on 10-20	80 °C-on 1-8
Elérhető töltő- anyagtartalom még kedvező fel- dolgozhatóság mellett, %	60	60	66	66

Ezekből egyértelműen következik, hogy PUR öntőgyanta alkalmazásakor a belső feszültség, ill. zsgornymás kisebb, mint szilárd vagy folyékony epoxigyanta esetén. A VKI-ban az irodalomban [6], [7] ismertetett módszerrel végzett zsgornymás-mérések esetén a szobahőmérsékleten mért zsgornymás $4 \cdot 10^6$ Pa, ezzel szemben a szilárd Araldit B/HT 903 epoxigyantánál $12,1 \cdot 10^6$ Pa, míg a folyékony Tipox 400/Härter M epoxigyantánál $17,5 \cdot 10^6$ Pa értékek. Ezek a tényezők, valamint a szobahőmérsékleten is kicsiny kompozícióviszkozitás, a nagy szakadási nyúlás, a jó termomechanikai és villamos tulajdonságok együttesen igazolják azt, hogy a PUR öntőgyanták a villamosipar különböző területein jelentkező sokoldalú követelményeket is (mérőváltók, átvezető szigetelők [2], [4], [5]) kielégítik.

A villamosiparban eddig alkalmazott epoxi- és poliésztergyanták és az új típusú poliuretán öntőgyanták összehasonlítását a 25-2. táblázatban foglaltuk össze. A poliuretán öntőgyanta előbb részletezett kedvező tulajdonságai közül a következőket emeljük ki:

Műszaki előnyök:

- az alapkomponeensek kis viszkozitása;
- a reakciót kísérő csekély exothermitás;
- az epoxihoz képest is kisebb térfogatzsugorodás;
- a kiöntött erősáramú vagy elektronikus aktív részre ható kicsi zsgornymás;
- a kedvező rugalmassági tulajdonságok;
- a kis rugalmassági modulusz;
- a kis hőtágulási együttható;
- a jó termomechanikai és villamos tulajdonságok;
- a fémekhez és műanyagokhoz egyaránt jó tapadóképesség.

Gazdaságossági előnyök:

- a hidegen való feldolgozhatóság;
- az öntőforma és az aktív részek kis hőmérsékletre való felmelegítése;
- a rövid szerszámfoglalási idő következtében termelékeny technológia;
- az öntvények utóhőkezelése csak viszonylag kis hőmérsékleten rövid ideig, vagy egyáltalán nem szükséges.

5. A poliuretán öntőgyanta alkalmazása a villamosiparban

A különféle típusú poliuretán öntőgyanták az előzőekben részletezett előnyös tulajdonságaik alapján a villamosipar számos területén nyertek alkalmazást. Legnagyobb mennyiséget szigetelőegységek kiöntéséhez, ill. tokozásához használják, ezek kábelvédelzők, akkumulátorfedelek, mérőváltók, kisméretű transzformátorok, belső-égésű motorok gyújtótranszformátorai, vibrátorok, telefontekercsek, kondenzátorok, elektronikus elemek, fojtótekercsek, kapcsolóberendezések alkatrészei.

A 25-1. táblázatban feltüntetett különféle konzisztenciájú poliuretángyanta-kompozíciókkal növeltük a közép feszültségű szintig alkalmazható kiöntőanyagok (tokozóanyagok) választékát. A hidegen feldolgozható PUR öntőgyanta-családdal most már az erősáramú gyárak konstruktőrei által korábban megfogalmazott, szigetelőtechnikai szempontból is megfelelő konkrét ipari igények kielégítésére vagyunk képesek. A VKI-ban 1980-ig kidolgozott PUR öntőgyanta kompozíciók a következő vállalatoknál nyertek ipari bevezetést:

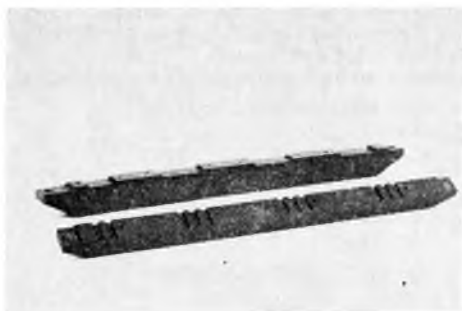
- Az Egyesült Izzóban évi 15–20 000 db-os sorozatra tervezett impulzus-transzformátorok termelékeny tokozásánál, gépi feldolgozási technológiával (25-3. ábra);
- A VBKM Anód Gyárában fojtótekercs tokozásánál, gépi feldolgozási technológiával (25-4. ábra);



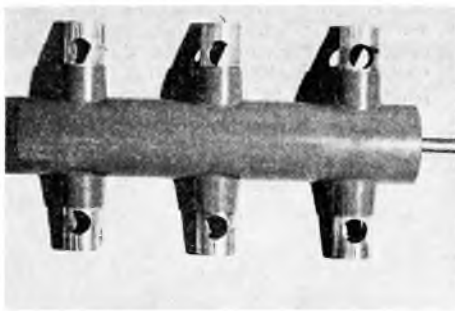
25-3. ábra. Poliuretán öntőgyantával tokozott impulzus-transzformátorok



25-4. ábra. Fojtótekercs Plateco R 33 típusú célgéppel való kiöntése

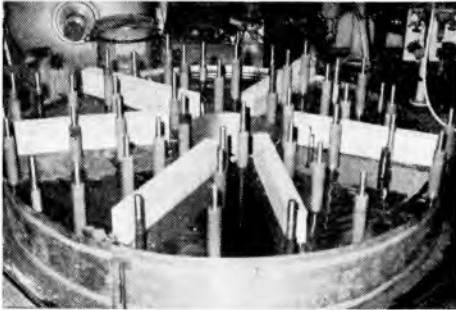


25-5. ábra. 400 V-os sántartó szigetelők



25-6. ábra. Szakaszozó alkatrész közép feszültségű kapcsolóberendezésekhez

- A VBKM VÁV megbízásából kétféle típusú 400 V-os sintonizáló szigetelőt fejlesztettük ki a nagy szilárdságú poliuretán gyantakompozícióból, amelyből évi 3000...5000 db-ot építenek be közepesfeszültségű tokozott berendezésekbe (25-5. ábra);
- Hasonlóképpen a VÁV részére dolgoztuk ki a 25-6. ábrán látható közepesfeszültségű szakaszoló alkatrészét is;



25-7. ábra. 140 kg poliuretán öntőgyanta felhasználásával kiöntött fojtótekerccs

- A VEIKI zárlati laboratóriumának fejlesztési programjában a 25-7. ábrán bemutatott nagy dinamikus igénybevételnek kitett fojtótekerccs tokozásánál;
- a GOV-nál nagynyomású szénhidrogéncső-hálózatok katódvédelmi közdarabjainak szigetelő töltetként kézi technológiával üzemzerű alkalmazásban.

Irodalom

- [1] Erhard, F.: Polyurethangießharze, chemischer Aufbau und Eigenschaften. Technische Akademie Esslingen, 1978.
- [2] Lottanti, G. – Schiegg, K.: Anwendung von Polyurethan in der Elektrotechnik, Kunststoffe-Plastics, 23, 2/76 18–29. (1976).
- [3] Bookmann, G.: Betrachtungen zu Struktur und Eigenschaften von Reaktionsharzen für die Elektrotechnik. Beck Isoliertechnik, 43, 12. (1969).
- [4] Martinkat, E. – Zeymer, Th. – Vallée, R.: Vergußmassen aus Polyurethan in der Elektrotechnik. Technische Akademie Esslingen, 1978.
- [5] Moeller, I.: Gießharz-Wandler- und Kopplungstransformatoren. Referat zum Lehrgang Nr. 3313/40.63. Epoxydharze in der Elektrotechnik, Technische Akademie Esslingen, 1977.
- [6] Jellinek, K.: Schwindungsspannungen in Gießharzformstoffen und Schwindungsdrücke auf eingebettete Fremdwerkstoffe. Kunststoffe, Bd. 56, Heft 7, 458–463. (1966).
- [7] Isteifson, R. E., – Swanson, F. D.: Embedment stresses – an inexpensive and direct test method. Mod. Plastics, 43, 11, 123. (1965).

Új üvegszál-aszalt prepregszalag-típusok, feldolgozási eljárások és késztermékek kifejlesztése és ipari bevezetése

DR. FROJIMOVICS GÁBOR—SZAPLONCZAY PÁL

ÖSSZEFOGLALÁS

Az üvegroving-epoxi prepregszalag korábbiakban gyártott típusát elsősorban a továbbfeldolgozási lehetőségek kiszélesítése céljából új, fejlettebb, egymástól eltérő tulajdonságú típusokkal váltottuk fel. A cikk foglalkozik a prepregszalag-család mint félkésztermék termelékeny előállítási problémáival, ezen belül a szálvezetéssel, impregnálással, hőkezeléssel és keresztcsévéléssel.

Az így előállított szalag jó továbbfeldolgozhatósággal rendelkezik, és kiugró mechanikai tulajdonságú késztermék nyerhető belőle előfeszítéssel kombinált száraztekercselés útján. Ez az eljárás 1981. évben szabadalmi védeltséget kapott.

Befejezőként néhány jelentősebb megvalósított ipari alkalmazást ismertetünk (pl. GVM, GOV, TAURUS).

РАЗРАБОТКА И ВВЕДЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВО НОВЫХ ТИПОВ СТЕКЛОВОЛОКОННЫХ ПРЕПРЕГННЫХ ЛЕНТ, А ТАКЖЕ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ МЕТОДОВ И ГОТОВЫХ ПРОДУКЦИЙ

Д-р. Г. Фройимович—П. Саплонцаи

Резюме

Ранее разработанный и произведенный тип препрегных лент из стеклоровницы и эпоксида заменен новыми и усовершенствованными и отличающимися друг от друга типами — в первой очереди для обеспечения расширяющихся возможностей их дальнейшей обработки. Статья занимается проблемами продуктивного изготовления ряда препрегных лент в качестве полуфабрикатов, в том числе подводом волокна, теплообработкой и поперечной намоткой.

Лента, изготовленная таким путем, обладает хорошей обрабатывающей способностью, а полученные путем сухой намотки с комбинированием предварительного напряжения готовые продукции обладают отличными механическими свойствами. Методика в 1981г получила патент на изобретение.

В заключение излагаются некоторые значительные применения в производстве (напр. ГВМ, ГОВ, ТАУРУС).

ENTWICKLUNG UND INDUSTRIELLE EINFÜHRUNG VON NEUEN GLASFASER-PREPREGBANDTYPEN, VERARBEITUNGSVERFAHREN UND FERTIGPRODUKTE

Dr. G. Frojmovics — P. Szaplenczay

Zusammenfassung

Der früher gefertigte Glasroving-Epoxyd-Prepregbandtyp wurde in erster Linie zum Zwecke der Ausnutzung der sich immer erweiternden Weiterverarbeitungsmöglichkeiten durch neue, weiterentwickelte Typen, die voneinander abweichende Eigen-

schaften haben, abgelöst. In dem Artikel werden die Probleme einer produktiven Herstellung der Prepregband-Familie als Halbprodukt behandelt. Dabei wird auf die Faserführung, Imprägnierung, Wärmebehandlung und Kreuzspulerei eingegangen.

Das so hergestellte Band verfügt über eine gute Weiterverarbeitbarkeit. Es kann aus ihm durch eine mit Vorspannung kombinierte Trockenwicklung ein Fertig-Produkt mit herausragenden mechanischen Eigenschaften gewonnen werden. Dieses Verfahren wurde im Jahre 1981 unter Patentschutz gestellt.

Zum Schluß werden einige wichtigere, verwirklichte industrielle Anwendungen erörtert (z. B. GVM, GOV, TAURUS).

DEVELOPMENT AND INDUSTRIAL APPLICATIONS OF NEW TYPES OF GLASS-FIBRE PREPREGS, PROCESSING TECHNIQUES AND FINISHED PRODUCTS

By Dr. G. Frojmovics – P. Szaplanczay

Summary

The glass-rovings epoxy prepreg tape manufactured earlier has been replaced with new, more advanced models of different properties; this is mainly due to the necessity of satisfying the expanding further processing facilities. The paper discusses the problems of producing the family of prepreg tapes as semi-finished products with a high productivity, including fibre guiding, impregnation, heat treatment and crossed reeling.

The tape produced in this way can be readily processed further, yielding a finished product of outstanding mechanical properties as a result of dry reeling combined with pre-tensioning. This procedure was patented in 1981.

In conclusion, a few major industrial applications are described (e. g. GVM, GOV, TAURUS).

1. Bevezetés

A villamosipar állandóan élenjár az újszerű, különleges igénybevételekre alkalmas szerkezeti anyagok kutatásában és fejlesztésében. Ez fokozottan érvényes a szigetelőanyagok területén, ahol a villamos térerősség mellett más igénybevételek is jelentkeznek, ilyenek pl. a magasabb üzemi hőmérsékletek és jelentékeny mechanikai terhelések. Az utóbbi igények kielégítésének egyik lehetősége a száltekerceselt szerkezetek alkalmazása.

Üvegrovíngból epoxigyantával előállított előimpregnátumok tekerceseléses technológiával történő feldolgozásával nagyon jó mechanikai szilárdsági értékek nyerhetők. A gyakorlatban adódó igénybevételeknek jól megfelel a Villamosipari Kutató Intézetben eredetileg villamos motorok forgórésztekerces-fejeinek rögzítésére kifejlesztett és EPOBAND néven – folyamatos profilhúzás útján – gyártott, epoxigyantával előimpregnált üvegrovíng szalag. Ebben a társított rendszerben a 13 μm átmérőjű elemi üvegszálakból felépülő rovingok egyenletesen feszített állapotban, párhuzamosan helyezkednek el, ezeket kb. 35 térfogat%-nyi modifikált novolak epoxigyanta itatja át. A szalagban levő gyantát hőhatással előlétesítjük (B fázis), majd 200 m hosszúságú tekercesek formájában kiszerezljük. Az így elkészült prepregszalagok több hónapos tárolást követően is feldolgozhatók és a bennük lévő gyanta újabb hőhatásra teljesen térhálósodik (C fázis). Az anyag szálirányú szakítószilárdsága eléri az 1100 MPa-t, így összemérhető az acélokkal, hajlító rugalmassági modulusának értéke 40...50 ezer MPa, tehát az acél hasonló jellemzőjének kb. 1/4 része. A prepreg-

szalagból száraz tekerceselés útján különféle szigetelőelemek – elsősorban forgástestek – alakíthatók ki, de mód van egyéb formák, pl. sajtolt idomok vagy húzott profiltermékek előállítására is.

2. A prepregszalagok előállítása

2.1 Impregnálási eljárások ismertetése

a) Impregnálás nedves tekerceselésnél

A tekerceselt testek döntő többsége nedves tekerceselés (wet winding) útján készül. Ez esetben egy lépésben történik az impregnálás és a tekerceselés. A magra csévélődés előtt vezetik át a rovingokat az impregnálóegységen. Az impregnálótálban lévő gyantában terelőelemeken keresztül bemerülő párhuzamosan vezetett szálakat a tekerceselőmag forgó mozgása közben áthúzza a gyantán. A tál végén az optimális üvegyantaarányt beállító kaliber lehúzza a fölösleges gyantamennyiséget [1]. Az impregnálás javítására különböző terelőelemeket fejlesztettek ki. Igen fontos szempont, hogy a terelőelemek ne okozzanak a szálak sűrűlődséből és erős hajlítgatásából eredő száltördelődéseket.

b) Impregnálás száraztekerceselésnél

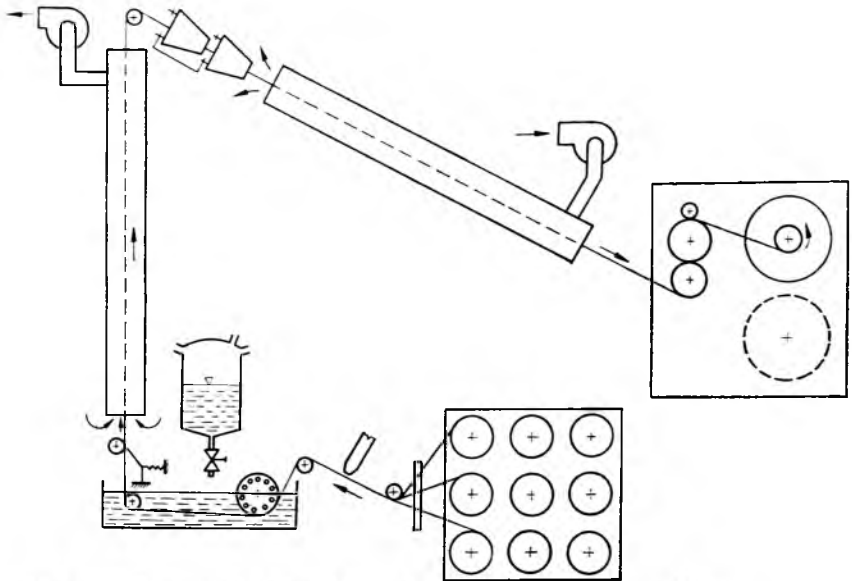
Száraztekerceselés (dry winding) esetén időben különválasztják az impregnálást és a tekerceselést. Az erősítőszálat általában a nedves tekerceselésnél leírtakhoz hasonló módon impregnálják, de attól eltérően, nem a tekerceselőmagra csévélik a rovingokat, hanem előgélesedésig hőkezelik, lehűtik és orsózzák. Az így nyert prepregszalagban levő gyanta hosszabb idő után is továbbfeldolgozható és tekerceseléskor újabb hőkezeléssel térhálósítható.

2.2 A VKI-ban kifejlesztett prepregyártó berendezés ismertetése

A prepregszalagok előállítására használatos gépi berendezések a kenőgépek családjához tartoznak. Elrendezésük lehet vízszintes vagy függőleges [2], [3], [4]. Általában a függőleges fűtő–hűtő zónás berendezések terjedtek el, minthogy ezeknél kicsi a fűtőfelületek szennyeződési veszélye, ill. a szalag leragadása, emellett a berendezések alaprajzi helyigénye jelentősen csökkenthető.

Az általunk ismert prepregszalagok üveg–cérna vázanyagra épülnek, viszont a VKI-ban kifejlesztett eljárás és berendezés az üveg–cérnánál kb. 25%-kal olcsóbb üvegrovíng vázanyagot is képes feldolgozni, ez a lehetőség biztosítja a technológia gazdaságosságát.

Az intézetünkben üzemelő, 26-1. ábra szerinti berendezésben alkalmazott prepregszalag vázanyaga 2400 tex vastagságú, külső lehúzású, száltekerceselésre is alkalmas aminoszilán finishelésű roving. A berendezés max. 18 roving lecsévélésére alkalmas. Mindegyik roving külön-külön beszabályozható rugós feszítésű lecsévéelővel van fékezve. Az egyenlően feszített rovingokat párhuzamosba vezetjük, majd hőlégfúvóval előmelegítve kerülnek az impregnálóegységbe. Itt egy pálcás henger és terelőgörgők biztosítják az impregnálódást. A gyantában töltött kb. 70 cm út után egy rugó-feszítésű billenőkaros lehúzóké állítja be a szükséges gyantatartalmat. Az impregnálásra speciális epoxigyanta szükséges, amelyhez a megfelelő viszkozitás beállítása céljából metiletilketon oldószert kell keverni kb. 25 súly%-ban.



26-1. ábra. Prepregszalag-készítő berendezés technológiai folyamatábrája

A leírt módon impregnált szalag egy függőleges elrendezésű hőkezelő alagútba kerül, ahol az oldószer teljesen elpárolog és az epoxigyanta előgéllesztett, ún. „B” fázisba kerül. Az alagút 190 és 230 °C közötti hőmérsékleten működik.

A hőzóna végére érő szalag terelőgörgőkön való átfordulás után a cérnázóegységen halad át, amely nagyszilárdságú hőálló polimerszállal spirálisan körülcséveli a még meleg pászmákat oly módon, hogy azok egymás mellett rendezetten, szalag formájában futnak. A prepregszalag összeresztmetszetéhez képest az összefogó nagyszilárdságú polimer szál elhanyagolhatóan kis mennyiségben (max. 2%) van jelen. A cérnázás eredményeképpen a szalag szélén elhelyezkedő szálak tördelődés esetén csak rövid szakaszon maradhatnak vissza. A cérnázóegység után a szalag 4 m hosszú ellenáramú léghűtőzónába kerül, ahol szobahőmérsékletre hűl vissza. A lehűtött prepregszalagot az elhúzó folyamatosan a felszévlőre vezeti, amely a kész szalagot váltakozva két orsóra cséveli.

Az előzőekben ismertetett berendezés egyes megoldásaira, ill. az általunk kifejlesztett prepregtechnikai eljárásokra 1981-ben a VKI szabadalmi védettséget kapott.

2.3 Az új szalagtípusok ismertetése

A felhasználói igények műszaki és gazdasági szempontból történő differenciált kielégítésére 1981. jan. 1-től 26-1. táblázat szerinti Epoband üvegroving-epoxi előimpregnált szalagtípusokkal rendelkezünk.

26-1. táblázat

A VKI-ban gyártott Epoband üvegroving-epoxi előimpregnált szalagtípusok jellemző

Típus		CF 120	CF 140	CB 140
Jellemző adatok szállítási állapotban	epoxigyanta	novolak	novolak	dián
	szélesség, mm		15, 20, 25, 30 ± 1,5	
	vastagság, mm		0,30...0,35	
	gyantatartalom, s %		kb. 17	
	oldószertartalom, s %		kb. 0,5	
	ajánlott előfeszítéshatárok 10 mm széles szalagra, N		100...550	
térhálósítás	12 h/120 °C	12 h/140 °C	12 h/140 °C	
Jellemző adatok térhálósítás után	szakítószilárdság, N/mm ²		600...1200	
	rugalmassági modulus (hajlító), kN/mm ²			
	23 °C		32	
	130 °C		16	
tartós hőállóság, °C	155	155	130	

3. A pregregtechnika összehasonlítása a közvetlen impregnációs technikával

A prepregzalagok feldolgozástechnológiai általában megegyeznek a nem előimpregnált rovingok feldolgozásával, természetesen azzal a lényegbevágó különbséggel, hogy elmaradhat az impregnálás fázisa. A rovingok szalagszerű beépítése elsősorban tekercseléssel, emellett profilhúzással és speciális formatestek kialakítására szolgáló rovingfeszítési technológiákkal történhet. Az általunk továbbfejlesztett prepregtechnika alkalmazása a következő előnyöket nyújtja a közvetlen impregnálással szemben [5]:

- a) jelentősen megnövelhető a tekercselés sebessége;
- b) egyszerűsödik a tekercselőgépezet az impregnálóegység elhagyásával;
- c) a rovingok optimális feszítése és fektetése a tekercselőmagon megvalósítható, nem okoz impregnálási problémát a szálak tömör elrendeződése;
- d) kedvezően nagy lehet az üvegtartalom;
- e) gyanta eloszlása a szálak felületén egyenletesebb, jobban szabályozható;
- f) az elemi szálak felülete jobban nedvesíthető, mivel oldószerezellel csökkentett viszkozitású gyantarendszer is alkalmazható a prepreggyártás során, így jobb az üvegszál és a gyanta közötti kötődés és csökken a levegő bennmaradásának veszélye az anyagban;
- g) a nagy viszkozitású szilárd gyanták is feldolgozhatók;
- h) speciális (pl. fenol, szilikon) gyanták is feldolgozhatók;
- i) a gyantarendszer a tekercselést megelőzően már B fázisba került, ezért

exotermitása kisebb, ebből eredően a falvastagság szükség szerint növelhető a belső feszültségek veszélye nélkül;

j) üzemzavar esetén nem megy tönkre az impregnálógyanta;

k) tiszta a technológia, ahol nincs gyantavesztés, ill. leálláskor elmaradhat a gép gyantás részeinek tisztítása;

l) nem jelentkeznek dermatikus problémák.

A felsorolt előnyök ellenére viszonylag kevésbé terjedt el a prepregszalagok alkalmazása. Ennek egyik fő oka, hogy a roving prepregok ára kb. 30...50%-kal nagyobb, mint a roving és gyanta alapanyagok ára. Emellett általában a prepreg-technika a poliésztergyantánál önmagában is drágább epoxigyantákra fejlődött ki, ami az elterjedt roving erősítésű poliészter anyagokkal szemben további árnövekedést jelent. További hátrányos tényező az előimpregnátumok korlátozott tárolhatósága. Az erősített műanyagok döntően nagy részénél az igénybevételek nem igénylik az előimpregnátumok alkalmazásából eredő kiugró mechanikai és hőállósági tulajdonságokat.

Ezek alapján minden esetben alapos műszaki – gazdasági elemzés után dönthető el a prepregszalagok alkalmazásának lehetősége.

4. A száraztekerceseléses technológia eredményessége

4.1 A technológia lényege

Az optimális eredményt a következő jellemzők helyes meghatározása és betartása biztosítja:

- előfeszítési feszültség,
- szalag- és szerszámhőmérséklet,
- csévélési (tekerceselési) sebesség,
- térhálósítási körülmények (hőciklus),
- szerszámkonstrukció.

Az üvegtartalom elméleti határa esetünkben – amikor a párhuzamosan elhelyezkedő elemi szálak alkotóikkal érintkeznek – 90,7 térfogat%. Ez az érték a gyakorlatban nem valósítható meg a szálak elrendezésének problémája miatt. Ugyanakkor nem is célszerű, minthogy azok érintkező alkotóin nem volna a szálakat összekötő gyanta. Ha a szálakat egymáshoz kötő film vastagságát 3 µm-re választjuk, a szálak által kitöltött tér 73 térfogat%-ra csökken. Az optimális üvegszál–gyanta arányt, ill. a teljes keresztmetszetre annak egyenletes eloszlását a tekerceselés közben szabályozott előfeszítéssel lehet biztosítani [6], ezért az előfeszítés elméletével részletesebben szükséges foglalkozni.

4.2 Az előfeszítési feszültség elméleti határai

A felső határt a térhálósítás előtti prepregszalag szakítóvizsgálatából határoztuk meg. A szalagot az arányossági határ felett terhelve a szálak részlegesen ronccsolódnak, ezért biztonsági tényezővel a megengedhető legmagasabb előfeszítési feszültség 310 MPa-nak adódik. Ezt az értéket tapasztalataink szerint tovább kell csökkenteni, ugyanis a túlzott feszítés hatására kedvezőtlenül megemelkedik a gyanta kifolyása a rétegek közül.

Önálló gyűrűk tekercselésekor nem cél a szerkezetben maradó feszültség létrehozása, mivel annak eléréséhez olyan nagy előfeszítési feszültség volna szükséges, amely túlzott gyantakifolyást és ezzel együtt alacsony interlamináris nyírószilárdságot eredményezne, emellett megnehezítené a szerszám bontását. A tekercselést befejező külső réteg előfeszítését az határozza meg, hogy a teljes falszerkezetben a gyantakifolyás eredményeként létrejött átmérőcsökkenés ellenére még rendezetten és egyenesen (hullámosság nélkül) helyezkedjenek el a szálak.

4.3 A tekercselt üvegszálrétegek egymásrahatása

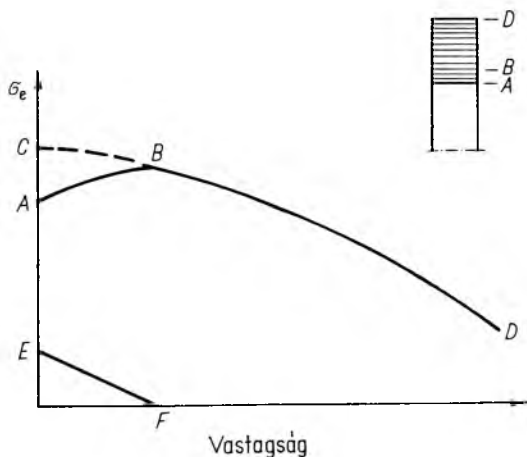
Az egyes szálrétegekben az előfeszítési feszültség hatására jelentkező rugalmas nyúlás mintegy szorítógyűrűként radiális irányú nyomófeszültséget ad át a gyantarétegen keresztül az előző tekercselt rétegeknek. Ott ez a nyomás körkörösén hatva átmérőcsökkenést okoz és a szálakban levő előfeszítési nyúlást csökkenti. Ez a jelenség a tekercselés kezdő rétegeiben a legerősebb, majd a gyűrű keresztmetszetében kifelé haladva csökken.

4.4 Tekercselő magsterszám hatása

Tekercselés közben a szálak megnyúlnak az előfeszítés hatására, majd térhálósításkor ehhez adódik a szerszám hőtágulása, amely acélszerszám esetében kétszerese az üvegszálak lineáris hőtágulásának. Ez utóbbi jelenség – főként a tekercselés kezdő rétegeiben – megnöveli a szálak húzó igénybevételét, vagyis hozzáadódik az előfeszítési feszültséghez.

4.5 Gyantatartalom változása a keresztmetszet mentén

Az előzőkben ismertetett jelenségek befolyásoló hatását módosítja a gyanta kinyomódása a rétegek közül, amely megindulhat már tekercseléskor is, de főként a térhálósítás hőmérsékletén jelentkezik. Ennek eredményeként az üvegszálak helyezkedni tudnak, ill. a bennük levő rugalmas nyúlás csökken. Az előfeszítési feszültséget ezek



26-2. ábra. Előfeszítési feszültség a vastagság függvényében

alapján a tekercselés folyamán úgy célszerű meghatározni – a termék geometriáját figyelembe véve –, hogy a legkülső üvegszálrétegben a térhálósítás után éppen nullára csökkenjen az előfeszítésből eredő feszültség.

A 26-2. ábrán a javasolt előfeszítési feszültség jellemző lefutása látható, ahol a D pont a legkülső rétegre meghatározandó $\sigma_{e \min}$ érték, ebből indulunk ki az előfeszítés meghatározásánál. Ahhoz, hogy a fal belső rétegeiben ne jelentkezzenek szálgyűrődések, rétegenként emelkedő előfeszítési feszültség szükséges, ezt ábrázolja a $C-B-D$ szakasz. A görbét nem tanácsos lineárisan növekvőre választani, mint-hogy a belső kezdő rétegek közül már a tekercselés közben a nagyobb előfeszítésből és külső nyomásból adódóan gyantakifolyás van, tehát a rétegek tömörebben helyezkednek el. A túlzott gyantakifolyás miatt indokolatlan a feszültség további emelése. A tekercselőszerszám hőtágulásából eredő járulékos hatás miatt, amit az $E-F$ görbe mutat, javasoljuk az előfeszítés lefutását $A-B-D$ görbe szerint meghatározni. Az ezen elmélet szerint kialakított tekercselés közben előfeszítési görbe – $A-B-D$ – alapján a térhálósítás végére a szerkezetben minimális előfeszítés marad meg. σ_e effektív értékeit a következő tényezőktől függően határozhatjuk meg:

- a gyűrű átmérője,
- a gyűrű falvastagsága,
- a prepregszalag üvegtartalma,
- a prepregszalag húzó rugalmassági modulusza,
- a tekercselés hőmérséklete (szalag, szerszám),
- a térhálósítás hőmérséklete,
- a szerszám anyaga.

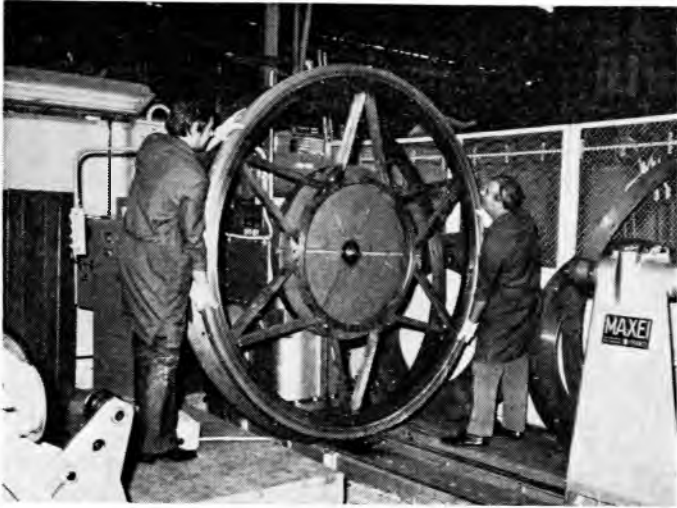
Az előfeszítéssel kapcsolatos okfejtés eredményeként konkrét gyűrűk tekercseléséhez meghatároztuk az előfeszítési sémát, és annak – ill. egyéb technológiai paramétereknek – a betartásával számos gyűrűt ($\varnothing 50 \dots \varnothing 2000$ mm) tekercseltünk.

5. Prepregszalagok korszerű alkalmazási lehetőségei

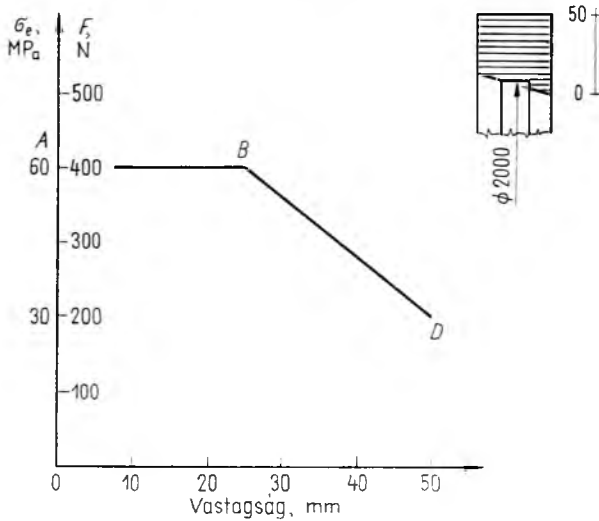
A roving-prepreg szerkezeteket főként a járműipar, villamosipar és hadiipar alkalmazza.

A legjellegzetesebb roving-prepreg tekercselt szerkezetek a gyűrűk, amelyeknek gyártási lehetőségei méretek szempontjából különösen tágak, lényegében csak szerszámozástól függően. A Ganz Villamossági Művek a Paksi Atomerőmű részére 220 MW-os teljesítményű turbogenerátorokat épít, ezek állórészeinek támasztására 2000 mm átmérőjű tekercselt gyűrűk gyártását valósítottuk meg és vezettük be ipari szinten (26-3. ábra). A Ganz Villamossági Művek korábban a hasonló célú gyűrűket sajtolt üvegszövet erősítésű epoxilemezekből szegmensek kivágása, össze- ragasztása és esztergálása útján állította elő. A nagy anyagvesztéssel járó és szilikózisveszélyes hagyományos technológiával összehasonlítva a jelenlegi gyártás költségei 60...70%-kal kisebbek. A 2000 mm átmérőjű gyűrű tekercseléséhez kidolgozott előfeszítési sémát a 26-4. ábra mutatja.

A Gáz- és Olajipari Vállalat megbízásából nagynyomású szénhidrogén vezetékek katódvédelmi szigetelő közdarabjai szigetelőelemeit (26-5. ábra) fejlesztettük ki. A karimafeleket elválasztó szigetelőtárcsa kettős mechanikai igénybevételnek van kitéve (homlokfelületek nyomása, ill. a csőben szállított közeg nyomására húzó- feszültség). Ezek a gyűrűk 50...800 mm átmérőhatárok közt készülnek sorozatban,



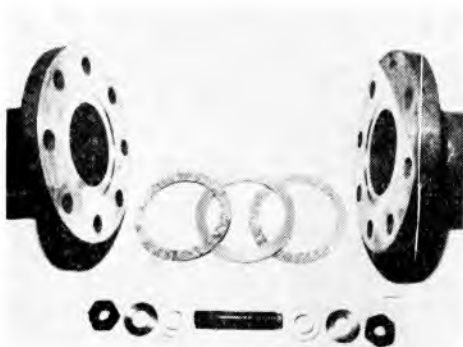
26-3. ábra. Generátor állórész-támasztógyűrű gyártásának ipari bevezetése



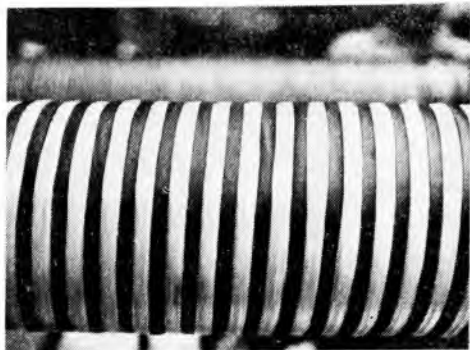
26-4. ábra. Előfeszítési séma 2000 mm átmérőjű gyűrűk tekereléséhez

jelentős költségmegtakarítással a korábban textilbakelit lemezből forgácsolás útján előállított gyűrűkhöz képest.

A TAURUS Gumiipari Vállalat nagynyomású tengeri olajfúró gumitömlőibe kívánja beépíteni a prepregszalagot spirális tekerelés formájában. Az így elhelyezett spirálrugószerű erősítés (26-6. ábra) a flexibilis tömlőt külső nyomásra merevíti. A TAURUS nagy mennyiségi igényeinek kielégítésére komplett szalaggyártó üzem építése kezdődött meg licencszerződés formájában az Intézet Ipari Bevezetési Osztályával közösen évi 5 millió méter szalag gyártására. Intézeti társfőosztályok megbízása alapján több, előfeszítéssel tekerelt gyűrűtípust fejlesztettünk ki az



26-5. ábra. NA 150 méretű tekercselt gyűrű katódvédelmi célra



26-6. ábra. TAURUS gyári nagynyomású gumitömlők merevítése prepregszalagból kialakított rugóval

autóbuszok számára készülő, sűrített levegő hűtésű motor prototípusához. Jelenleg folyamatban van több különféle nagyszilárdságú gyűrű és burkolat fejlesztése a lendkerekes busz energiatárolójához.

Biztosak vagyunk abban, hogy az előzőkben ismertetett anyag és eljárás még igen sok alkalmazási területen fog megfelelni, amit a jól gépesíthető és viszonylag egyszerű feldolgozási technológia és a termék kiváló mechanikai értékei alapoznak meg.

Irodalom

- [1] Grüniger, G. – Schelling, H.: *Kunststoffe*. 57 (1967) 6, 447.
- [2] Paterson, J. F.: *Plastics-Polymers* 1973. április, 89.
- [3] Rüssenberg, K.: *Plastverarbeiter*. 24, (1973) 9, 535.
- [4] Dr. Fazekas G.-né – Koronczy L.: *VKI Közlemények*. Budapest, 1969.
- [5] Rosato, D. V. – Grove, C. S.: *Filament Winding*. Interscience Publ., New York, 1964.
- [6] Dr. Frojmovics Gábor: Száraz száltekercselésű, üvegroving erősítésű epoxi testek előállítása és vizsgálata. Műszaki doktori értekezés. Budapest, 1978.

27.

Műanyag villamos szerelési anyagok gyártástechnológiájának racionalizálása a hazai gyártóiparban

DR. BARDÓCZ LÁSZLÓ – DR. FAZEKAS GÁBORNÉ – DR. KELEMEN ANDORNÉ (MŰKI) – DR. SZABADOS TAMÁS (KONTAKTA) – TALPAI JÓZSEF

ÖSSZEFOGLALÁS

A Villamosipari Kutató Intézet és a Műanyagipari Kutató Intézet a műanyag villamos szerelési anyagok gyártásában a Kontakta Alkatrészgyárral közösen olyan fejlesztő és ellenőrző rendszert dolgozott ki, amely az alapanyagok kihasználásával, a meglévő gépi berendezések tartalékainak feltárásával a minőséget is javítja és a termelékenységet is növeli.

Ennek érdekében az alapanyagok tulajdonságait összehasonlító vizsgálatokkal elemeztük. A reológiai jellemzők feltárása után technológiai variánsokat határoztunk meg különböző, nagy sorozatokban gyártott alkatrészek esetében. A késztermékek komplex vizsgálatával kiválasztottuk a legjobb termékminőséget biztosító racionalizált gyártástechnológiát.

A kidolgozott termelékenyebb technológiai eljárások alkalmazhatóságát több műanyag termék üzemi sorozatgyártásával igazoltuk.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТМАССОВЫХ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Л. Бардоц — Д-р. Э. Фазекаш — Д-р. К. Келемен (МЫКИ) — Д-р. Т. Сабадош (КОНТАКТА) — Й. Талпай

Резюме

В ВКИ и НИИ пластмассовой промышленности (МЫКИ) совместно с Законом КОНТАКТА разработана система усовершенствования и контроля производства пластмассовых электромонтажных изделий для улучшения производительности и качества, с использованием ресурсов исходных материалов и существующих машинных оборудований.

Для этого проведен анализ свойств исходных материалов методом сравнительных исследований. После нахождения реологических характеристик определены технологические разновидности для случая различных крупносерийных изделий. Комплексным испытанием готовых изделий выбрана рационализирующая технология производства, обеспечивающая наилучшее качество изделий.

Применимость разработанных более продуктивных технологических методов оправдана заводским серийным производством многих пластмассовых изделий.

RATIONALISIERUNG DER KUNSTSTOFFTECHNOLOGIE DER ELEKTRISCHEN INSTALLATIONSTOFFE IN DER HEIMISCHEN FERTIGUNGSINDUSTRIE

L. Bardócz – Dr. G. Fazekas – Dr. K. Kelemen (MÜKI) – Dr. T. Szabados – (KONTAKTA) – J. Talpai

Zusammenfassung

In der Fertigung der elektrischen Installationskunststoffe wurde von dem Forschungsinstitut der Elektroindustrie und dem Forschungsinstitut der Kunststoffindustrie zusammen mit der Kontakta ein solches Entwicklungs- und Kontrollsystem ausgearbeitet, das durch Ausnutzung der Grundstoffe, durch Aufdecken der Reserven der bestehenden maschinellen Einrichtungen sowohl die Qualität verbessert, als auch die Produktivität steigert.

Dazu wurden die Eigenschaften der Grundstoffe durch Vergleichsuntersuchungen analysiert. Nach dem Aufdecken der rheologischen Kenndaten wurden im Falle von verschiedenen, in großer Serie gefertigten Teilen technologische Varianten bestimmt. Durch eine komplexe Untersuchung der Fertigprodukte wurde jene rationalisierte Fertigungstechnologie ausgewählt, durch die die beste Produktqualität garantiert war.

Die Anwendbarkeit von produktiveren technologischen Verfahren wurde durch betriebsmäßige Serienfertigung von mehreren Kunststoffprodukten nachgewiesen.

RATIONALISING THE PLASTIC TECHNOLOGY OF ELECTRICAL FITTING MATERIALS IN HUNGARY'S MANUFACTURING INDUSTRY

By L. Bardócz – Mrs. Dr. Fazekas – Mrs. Dr. Kelemen (MÜKI) – Dr. T. Szabados (KONTAKTA) – J. Talpai

Summary

In co-operation with the Kontakta Components Factory, the Research Institute of the Electrical Industry and the Research Institute of the Plastics Industry have developed a developer and check system for the manufacture of electrical fitting plastics that will improve the quality and increase the productivity by utilizing the basic materials and exploiting the reserves of the existing machinery.

With this objective in mind, the properties of basic materials have been analysed in comparative tests. The establishment of rheological characteristics was followed by the determination of technological variants for different components manufactured in large series. The finished products were put to complex tests, and a rationalised production technology has been picked, that ensures the optimum quality of products.

The applicability of elaborated technological procedures of higher productivity has been conformed with the actual series manufacture of several different plastic products.

1. Bevezetés

A műanyagok választéka világszerte folyamatosan bővül; ezzel párhuzamosan fejlődnek a feldolgozó eljárások és berendezések is. A villamos szerelési anyagok műanyag alkatrészei igényes műszaki termékek, amelyeknek előállítása során az említett fejlődéssel feltétlenül lépést kell tartani. A feladat sokoldalú, ezért csak a megfelelő szintű kutatói kapacitás igénybevételével, az érdekelt vállalatokkal szoros együttműködve oldható meg. Ezen a területen úttörő tevékenységet jelent a VKI – MÜKI – KONTAKTA ALKATRÉSZGYÁR közös munkája.

A jelenlegi gazdasági helyzet parancsolóan megköveteli, hogy *első feladatként* az alkalmazott alapanyagokban, feldolgozási módokban és gépi berendezésekben rejlő tartalékokat tárjuk fel. Anélkül, hogy lemondanánk az új anyagok és feldolgozó gépek beszerzéséről, elsősorban beruházást nem igénylő megoldásokra törekedtünk.

Második feladatként meg kell teremteni a permanens műszaki fejlesztés hátterét jelentő komplex vizsgálobázist.

Harmadik feladat az elért eredmények folyamatos beillesztése a vállalat szervezeti rendszerébe és ezzel a termelési folyamatban való érvényesítése. Munkánkat elősegítette, hogy a **KONTAKTA ALKATRÉSZGYÁR** a gyártmányaihoz szükséges műanyagok kiválasztásában komoly hagyományokkal rendelkezik, és műanyagfeldolgozása magas műszaki színvonalat ért el. Ezért azokat az anyagtulajdonságokat elemeztük részletesebben, amelyek közvetlenül befolyásolják a feldolgozástechnológiát. Célunk, hogy az anyagban rejlő lehetőségek feltárásával és maximális kihasználásával optimális tulajdonságú készterméket lehessen előállítani. Munkánkat a nagy volumenben felhasznált, ill. az igényes termékeknél alkalmazott műanyagokra koncentráltuk.

2. A műanyagok feldolgozhatóságát befolyásoló tényezők vizsgálata, tekintettel az automata feldolgozási technológiára

Különösen az automata feldolgozási módoknál elengedhetetlen az alapanyagok egyenletes minősége. A zavartalan termelés feltétele, hogy a minőségi paramétereket már az anyag megrendelésekor rögzítsük, feldolgozás előtt pedig megvizsgáljuk.

A feldolgozhatóságot befolyásoló tényezőket röviden az alábbiakban ismertetjük.

Az alapanyag *nedvességtartalma* nemcsak a feldolgozási technológiát, hanem a késztermék tulajdonságait is befolyásolja, ezért felső és alsó határértékeinek betartása elengedhetetlen.

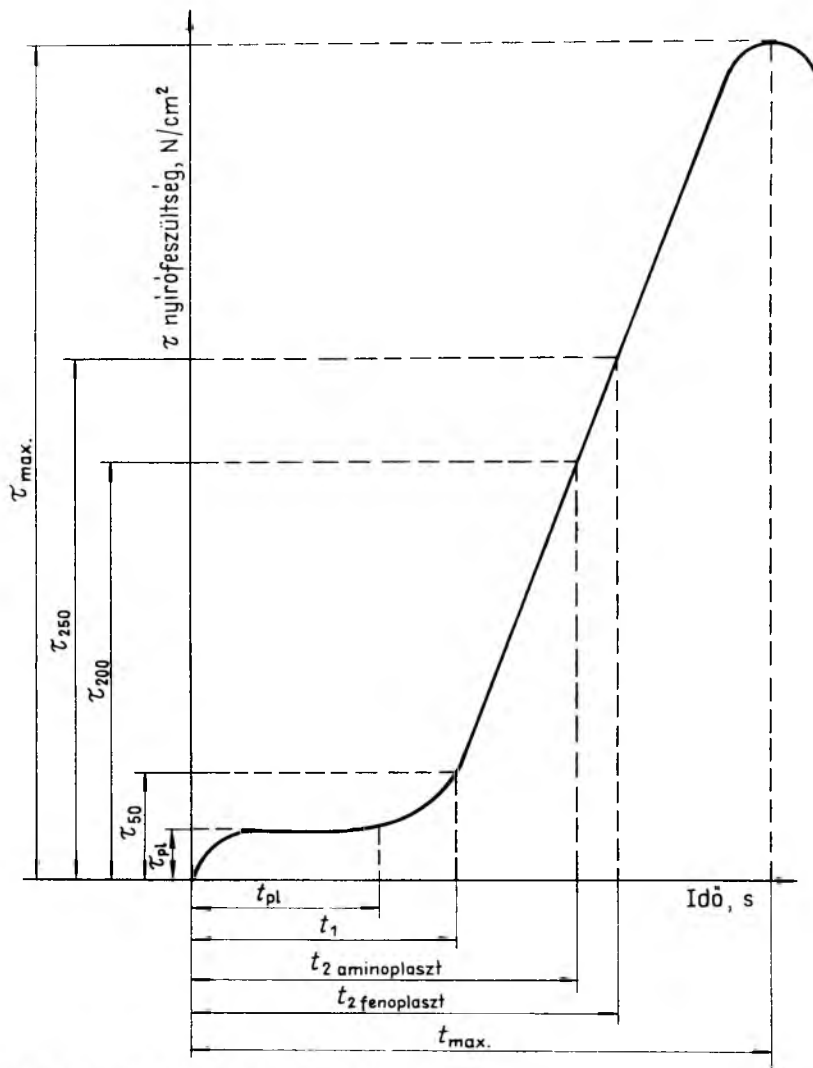
A *látszólagos sűrűség* ingadozása az automata gépeknél a helyes adattömeg beállítását gátolja.

A kedvezőtlen *szemcseméret-eloszlás* a por alakú, hőre lágyuló anyagoknál és a hőre keményedő sajtolóanyagoknál egyaránt adagolási, esetleg „beboltozódási” problémát okoz.

A műanyagokat viszkózusan folyós állapotban, a nem-newtoni folyástartományban dolgozzuk fel. Ebben a tartományban a *reológiai viselkedés* meghatározása nem könnyű feladat.

A hőre lágyuló műanyagok reológiai jellemzésére a folyási mutatószámot (MFI), valamint a nagynyomású kapillárviszkoziméterrel meghatározott összefüggéseket alkalmazzuk. Az előbbi tapasztalatilag meghatározott érték, amely az anyagok összehasonlítására, gyors minőségellenőrzésére használható. A nagy nyomású kapillárviszkoziméterrel a feldolgozáskor fellépő körülmények között a hőmérséklet, ill. nyírófeszültség és a térfogatáram, ill. látszólagos viszkozitás összefüggéseit határozzuk meg. Ezek a reológiai adatok közvetlenül átvihetők a feldolgozó gépekre.

A hőre keményedő műanyagoknál a reológiai tulajdonságok változását alapvetően a hő hatására meginduló térhálósodás lefutása határozza meg. Mérésére a Kanavec-plasztométert és a Brabender-plasztográfot alkalmazzuk. A 27-1. ábrán mutatunk be egy tipikus Kanavec-plasztogramot. A jellegző görbe értelmezését, a



27-1. ábra. A Kanavec-plasztogram kiértékelése

jelöléseket és a mértékegységeket a 27-1. táblázatban foglaltuk össze. A Brabender-plasztogram kiértékelési módját a 27-2. ábra tartalmazza.

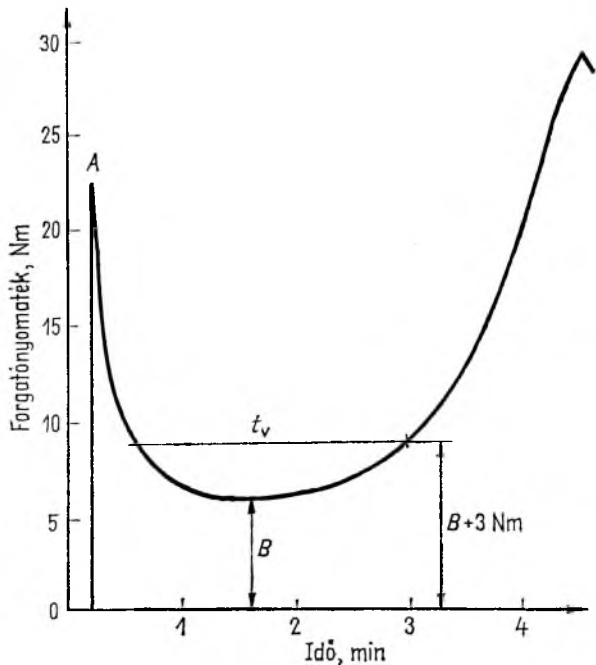
3. A vizsgálóbázis megteremtése

A vizsgálóbázis kialakítása során arra törekedtünk, hogy olyan alapvető berendezések álljanak rendelkezésre, amelyek egyrészt a beérkezett alapanyagok minőségi ellenőrzésére, másrészt az alapvető feldolgozástechnológiai jellemzők előzetes meghatározására alkalmasak.

27-1. táblázat

A Kanavec-plasztogram kiértékelése

Megnevezés	Jelölés	Mérték-egység
Nyírófeszültség	τ	N/cm ²
A plasztikus állapothoz tartozó idő	t_{p1}	s
Plasztikus állapot, ahol a nyírófeszültség 50 N/cm ²	τ_{50}	N/cm ²
Az 50 N/cm ² nyírófeszültséghez szükséges idő	t_1	s
Minimális hálósodási fokhoz tartozó nyírófeszültség az <i>aminoplasztok</i> nál	τ_{200}	N/cm ²
Minimális hálósodási fokhoz tartozó nyírófeszültség a <i>fenoplasztok</i> nál	τ_{250}	N/cm ²
Minimális hálósodási fok eléréséhez szükséges idő	t_2	s
A méréskor fellépő maximális nyírófeszültség	τ_{max}	N/cm ²
Maximális nyírófeszültség eléréséhez szükséges idő	t_{max}	s



27-2. ábra. A Brabender-plasztogram kiértékelése

A plasztikus állapot kezdőpontja, Nm;
 B minimális forgatónyomaték, Nm;
 C maximális forgatónyomaték, Nm;
 t_v plasztikus állapot, s

Ebben az esetben is az volt a célunk, hogy a *meglévő műanyagfeldolgozó gépekhez* készítsünk vizsgálószerszámokat, és hogy csak a legszükségesebb és sokoldalúan használható vizsgálóberendezéseket szerezzük be. A vizsgálószerszámok konstruálása során figyelembe vettük a vonatkozó szabványokat és az alapanyag-szállítók előírásait is. Az eddig üzembe helyezett szerszámok közül a fröccsöntő szerszámok konstrukciója jelentett nagyobb problémát. A hazai tapasztalatok szerint a különböző formájú próbatestek egy szerszámban történő előállításuk nem vált be. Ezért a fröccsöntő szerszámok két-két egyforma fészekkel készültek. A beömlőnyílásokat úgy képeztük ki, hogy a próbatest végén a szerszámüregbe beáramló anyag a lehető legrövidebb út után a szerszámfalnak ütközzék. Ezzel el lehet kerülni a próbatest minőségét rontó „szabad sugár” kialakulását.

A vizsgálóberendezések beszerzése előtt a két kutató intézet saját eszközeivel már megkezdte az összehasonlító anyagvizsgálatokat. A mérési eredmények alapján pontosítottuk az alapanyagoknak azokat az alapvető minőségi követelményeit, amelyek feldolgozástechnológiai szempontból a legfontosabbak. A vizsgálati eredmények alapján választottuk ki azokat a legszükségesebb berendezéseket, amelyeknek alkalmazása a felhasznált alapanyagok jobb jellemzését teszi lehetővé.

4. A feldolgozási technológiák optimalizálása és a késztermékek komplex vizsgálata

Az alapanyagok jellemző tulajdonságainak ismeretében feldolgozástechnológiai programunkat a reológiai adatokra építve állítottuk össze.

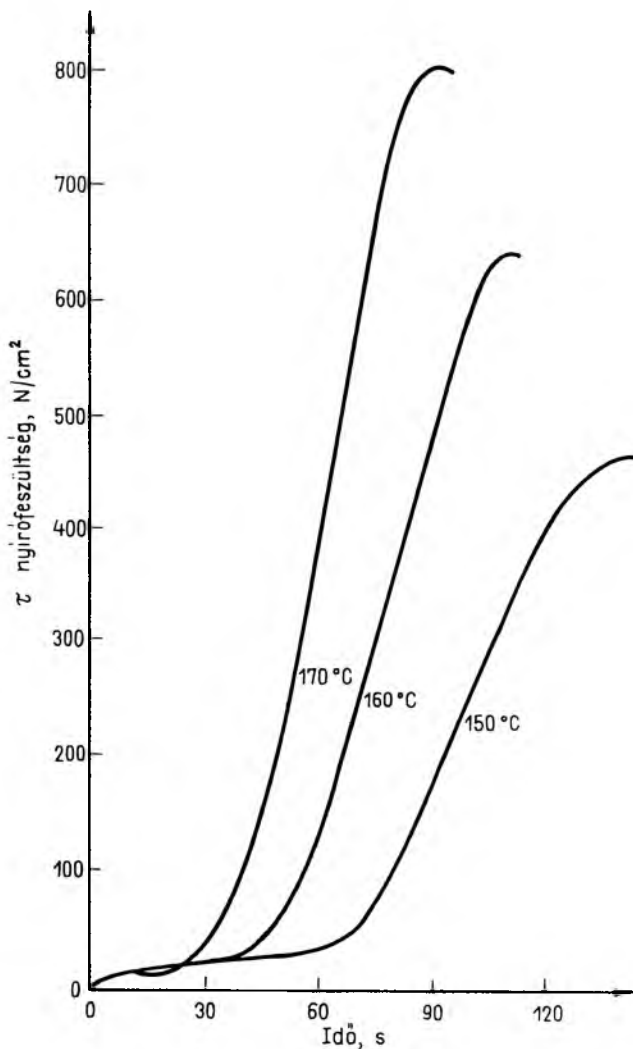
Szisztematikusan változtattuk a technológiai paramétereiket, így a *szerszám hőmérsékletét* és a *tartózkodási időt* olyan határok között, amely az adott esetben az üzemi technológia alapja lehet.

Ilyen jellegű komplex vizsgálatokat eddig legjobb tudomásunk szerint még nem végeztek. Az irodalmi utalások is hiányosak, és nem adtak kellő általános érvényű eligazítást arra nézve, hogy milyen összefüggések állnak fenn a *termék műszaki jellemzői és a változtatott technológiai paraméterek között*. Ezért indokoltnak tartottuk az első vizsgálatok esetében nagyszámú technológiai kísérlet elvégzését. A kísérleteket cellulózvázas karbamid (Skanopal 131,5), cellulózvázas melamin (Meladur 152), falisztvázás fenoplaszt (Ostravit, Plastadur), ásványi töltőanyagot tartalmazó melamin (Bakelite) és üvegszál-erősítésű diallitalát (DAP) sajtolóanyagokkal végeztük.

Feldolgozó gépek: Bucher KA 100 típusú automata sajtológép, Tavannes gyártmányú körforgó sajtolóautomata és Arburg 221 E/221 típusú fröccsöntőgép.

A *késztermék komplex vizsgálati módszerének* menetét egy alkatrész (3.302.0116 rajzszámú sülyesztett fedél) és egy sajtolóanyag (Meladur 152 D1-152-1g, ch: 3581) esetében az alábbiakban mutatjuk be.

- a) Alapanyagok vizsgálata: nedvességtartalom, látszólagos sűrűség, szemcseméret, alapvető mechanikai és hőállósági vizsgálatok a préselt próbatesteken.
- b) Folyási és hálósodási sebességre jellemző értékek meghatározása különböző hőmérsékleten. A 27-3. ábra a Meladur D1-152-1g cellulózvázas aminoplaszt sajtolóanyag különböző hőmérsékleten mért Kanavex-reológiai jelleggörbéit, a 27-4. ábra ugyanezen anyag Brabender-plasztogramjait ábrázolja. A jellemző hőmérséklet–idő értékpárokat a 27-5. ábrán mutatjuk be.
- c) A reológiai adatok alapján készült program szerint feldolgozási hőmérséklet és tartózkodási idő változtatása az alkatrészek előállításánál.

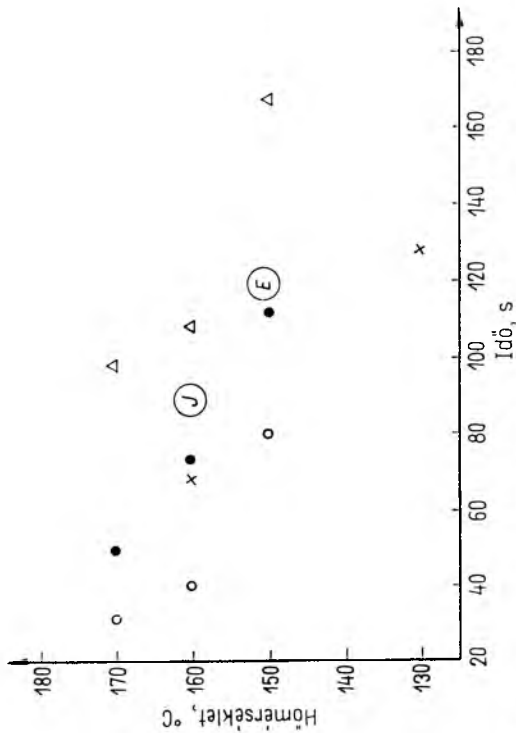
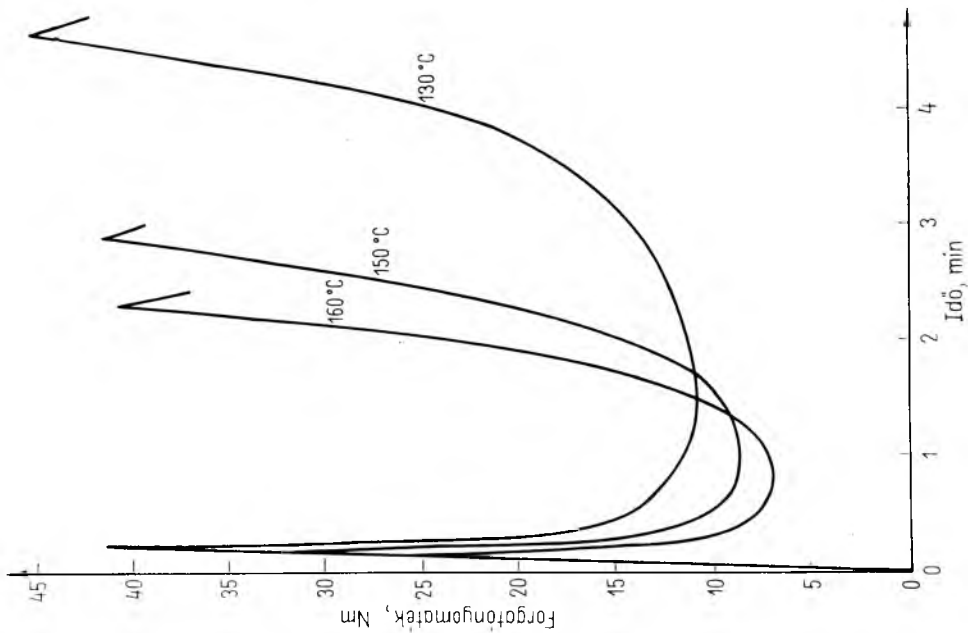


27-3. ábra. A Meladur D1-152-1g sajtolóanyag Kanavec-plasztogramja különböző hőmérsékleteken

d) A kísérleti gyártásból kivett alkatrészek műszaki jellemzői:

- a darab tömegének meghatározása alapállapotban és különböző idejű hőkezelés után,
- a méretek meghatározása alapállapotban és különböző idejű hőkezelések után,
- a mechanikai tulajdonságok (ebben az esetben törőerő) meghatározása,
- esztétikai küllem,
- a térhálósági fokra jellemző Rhodamin B főzési próba.

27-4. ábra. A Meladur DI-152-lg sajtóolanyag Brabender-plasztogramja különböző hőmérsékleteken



27-5. ábra. A Meladur DI-152-lg sajtóolanyag Kanavec- (K) és Brabender- (B) plastográfákkal mért reológiai jellemzői

- t_1 plaztikus állapot ideje (K)
- t_2 min hálósodási fok ideje (K)
- △ t_m max. nyírófeszültség eléréséhez szükséges idő (K)
- ×
- ⊙ t_2 plaztikus állapot ideje (B)
- (E) előírt technológia
- (J) javasolt technológia

- e) Az eredmények feldolgozása. Az adottságok miatt nem a klasszikus kísérlettervezés módszereit alkalmaztuk. Így a Box–Wilson-módszer a munkadarabokon elvégzendő mérések sokfélesége és időigénye miatt nem jöhetett számításba. Ugyanakkor az első lépésben az ismeretanyag hiánya és a műszaki feltételek nem tették lehetővé az ortogonális kísérlettervezést.

A nagyszámú feldolgozási paraméter változtatása azt eredményezte, hogy a munkadarabokon meghatározott műszaki jellemzők száma több tízezerre rúgott, ezért a feldolgozásuk csak számítógéppel volt lehetséges. A sajtolt alkatrész (süllyesztett fedél) műszaki jellemzői közül a törőerő alapján úgy határoztuk meg az optimális feldolgozási technológia valószínű helyét, vagyis a műszaki szempontból legelőnyösebb területet, hogy az értékeket a hőmérséklet és tartózkodási idő függvényében szintvonalak segítségével ábrázoltuk (27-6. ábra). A tényleges kísérleti paramétereket a * jelzi.

A nagy területet átfogó, de viszonylag kevés mérési pont indokoltá tette egy megfelelő bonyolultságú polinom illesztését, amellyel egyúttal a mechanikai mérések eredményeinek szórását is simítottuk.

$$y = k_0 + k_1 H + k_2 I + k_3 H I + k_4 H^2 + k_5 I^2 + k_6 H^2 I + k_7 H I^2 + k_8 H^2 I^2 + k_9 H^3 + k_{10} I^3, \quad (1)$$

ahol y a törőerő,
 H a szerszám-hőmérséklet,
 I a tartózkodási idő.

A polinom fokszámának megválasztása oly módon történt, hogy az (1) egyenlet magasabb indexű együtthatóiból (k_i) egyre többet elhagyva megvizsgáltuk a reziduális szórásnégyzet alakulását, és azt a legegyszerűbb (esetünkben 6 tagot tartalmazó) polinomot használtuk, ahol az illeszkedés még nem romlott számottevő mértékben.

A térhálósodási fokot és a mikrorepedésre való hajlamot, vagy a már meglévő mikrorepedéseket kimutató vizsgálat a Rhodamin B oldatban való főzési próba. A 27-7. ábrán mutatjuk be a kísérleti darabok jóságai sorrendjét a kifőzési vizsgálat alapján. A hőmérséklet–idő paraméterek megegyeztek az előző kísérlet paramétereivel.

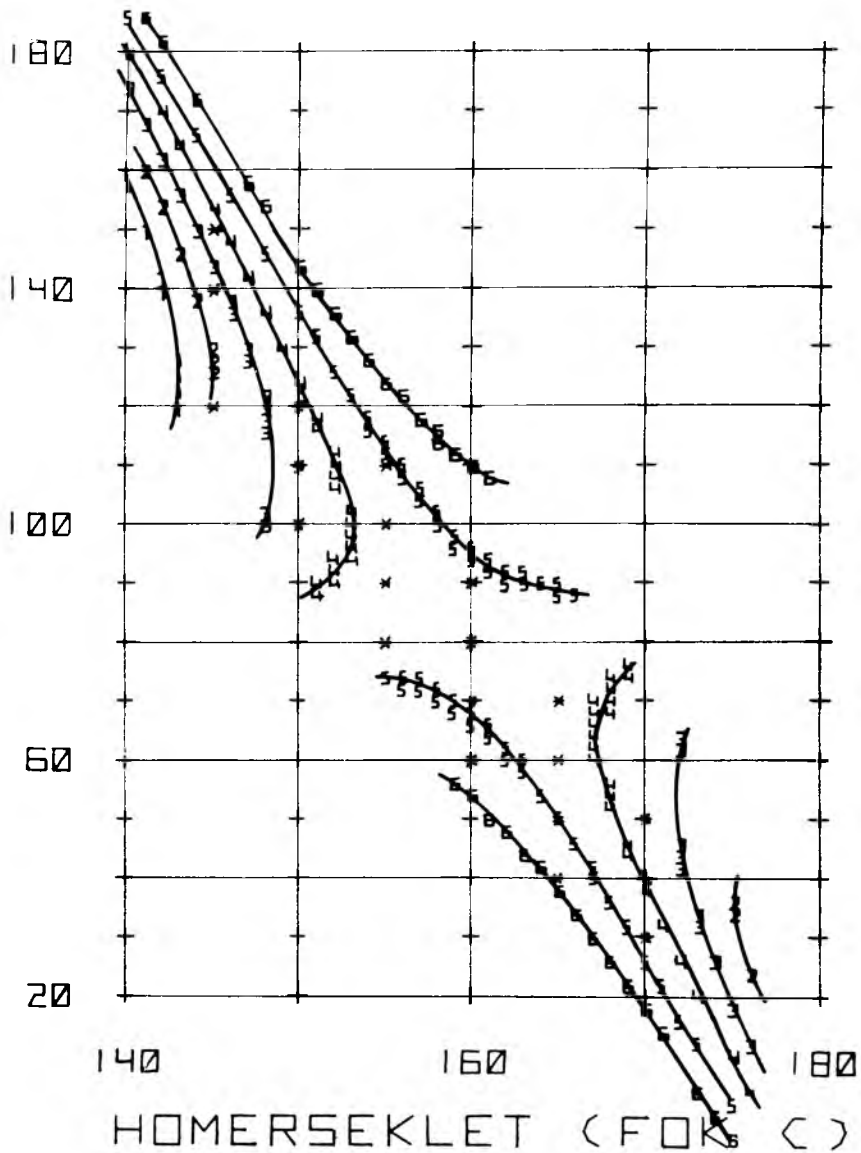
Látható, hogy az optimum igen jó egyezést mutat a 27-6. ábrán bemutatott szintvonalas ábrázolással kapott szilárdsági optimummal. Ha ezek után összehasonlítjuk az eredményt a 27-5. ábrán jelzett, reológiai adatokból kapott értékekkel, akkor az is megállapítható, hogy ezek ugyanabban a tartományban jelzik az anyag feldolgozási optimumát.

A 27-5. és a 27-7. ábrán bejelöltük az eddig előírt gyártási technológia hőmérséklet–idő értékét és a komplex vizsgálatok alapján javasolt technológiai paramétereket.

Az eredmények gyakorlati alkalmazásának jelentőségét egy konkrét példával szemléltetjük. A 3.302.0116 rajzszámú fedél gyártásánál a javasolt új paraméterek alkalmazásával évente megtakarítható 2600 óra gépidő. Ez azt jelenti, hogy a módosított paraméterekkel végzett gyártás 0,5 sajtológép éves gyártókapacitását szabadítja fel, ami a ciklusidő 15%-os csökkenéséből adódik.

Összefoglalva megállapítható, hogy az alapanyagok alapvető tulajdonságainak ismerete mellett lehetőség van arra, hogy kis számú méréssel az optimális feldolgozási paramétereket viszonylag nagy biztonsággal adjuk meg. Munkánkban a

TARTOZKODÁSI IDŐ (SEC)



27-6. ábra. A törőő (N) szintvonalai a 3.302.0116 rajzszámú süllyesztett fedél vizsgálatánál

SÜLYEZTETT FEDEL RSZ: 3.302.0116

MELAPUR D1-152-1 G CH: 3581

KONTAKTA, SZENTES

KISERLETI GYARTAS 1981.02.09

GEP: BUCHER KA 100 13 NR 7243 B.1977

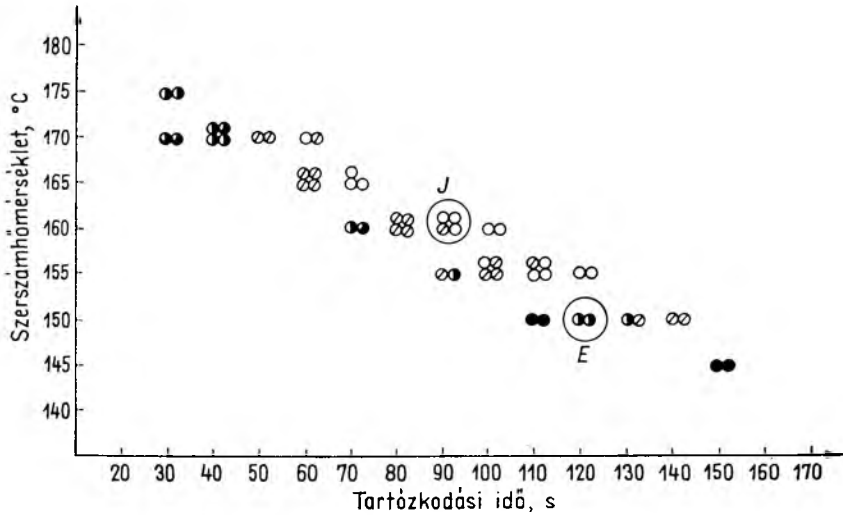
SZERSZAM: 303020 115-SI 2.FESZEK

INSTRON 1195 TIP. SZAKITOGEP

NYOMOFUJ: D=10MM GEPSEBESSEG= 10 MM/PERC

SZINTVONALAK (N): 1:900 2:1000 3:1100 4:1200 5:1300

6:1400 7:1500 8:1600 9:1700



27-7. ábra. Rhodaminos próba kiértékelése a 3.302.0116 rajzszámú süllyesztett fedél vizsgálatánál

Besorolás:

1. ○ legjobb
2. ⊙
3. ⊖
4. ⊗
5. ●

E előírt technológia
J javasolt technológia

műszaki és gazdasági optimum elérésére törekedtünk. Tapasztalatunk az volt, hogy a termelékenységet a minőség romlása nélkül növelhető. Megfelelő tapasztalatok alapján a jelenlegi módszer új anyagok, új alkatrészek technológiai előírásánál is alkalmazható lesz.

A közös munka alapján 1981 szeptemberében elkezdtük az üzemi sorozatgyártást a programozott kísérletek során kialakított technológiával.

Irodalom

- [1] Kelemenné – Baranovics: Hőre keményedő műanyagok sajtólása, fröccsajtólása és fröccsöntése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [2] Kiss, A.: Hőre lágyuló műanyagok fröccsöntése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [3] Mandler, H.: Fertigung Thermoplast – Prototypen zur Erprobung von Konstruktionsteilen. Zechner und Hüthig Verlag GmbH, Speyer am Rhein, 1974.
- [4] Schaaf – Hahnemann: Verarbeitung von Plasten. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1968.

MÉRÉSTECHNIKA

28.

Sokmérőhelyes, galvanikus kapcsolat nélküli távhőmérő-rendszer és a mért adatok feldolgozási lehetőségei

DINA SÁNDOR

ÖSSZEFOGLALÁS

A galvanikus kapcsolat nélküli távhőmérő üzemi tapasztalatai igazolták a mérőrendszer széleskörű ipari használhatóságát.

A cikk ismerteti a mérőrendszer felépítését és azt az általános igény kielégítésére kidolgozott megoldást, amely a távhőmérő rendszert összeköti a PTK-1096 típusú kalkulátorral, ill. a hozzá tartozó sornyomatatóval. Ismertetjük a nyerhető mérési adatok továbbfeldolgozási lehetőségét. A mérési adatok rugalmas értékelési lehetősége lehetővé teszi a mérőrendszer sokcélú felhasználását, valamint számos fizikai paraméter mérési lehetőségét.

МНОГОКАНАЛЬНАЯ ДИСТАНЦИОННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БЕЗ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕННЫХ ДАННЫХ

Ш. Дина

Резюме

Опыты эксплуатации дистанционной системы измерения температуры без гальванических связей подтверждают широкую применимость данной измерительной системы в производстве.

В статье излагаются построение измерительной системы и решение, направленное на обеспечение общей потребности в присоединении дистанционной системы измерения температуры с калькулятором типа ПТК-1096 и печатающим устройством. Описывается возможность дальнейшей обработки получаемых измерительных данных. Гибкая возможность оценки измерительных данных обеспечит многоцелевое использование измерительной системы, а также измерение многих физических параметров.

MEHRSTELLEN-FERNTEMPERATURMEßSYSTEM OHNE GALVANISCHE VERBINDUNG UND DIE VERARBEITUNGSMÖGLICHKEITEN DER GEMESSENEN DATEN

S. Dina

Zusammenfassung

Die Betriebserfahrungen mit dem Fernthermometer ohne galvanische Verbindung haben die breite industrielle Anwendbarkeit bewiesen.

In dem Artikel wird der Aufbau des Meßsystems und diejenige Lösung erörtert, die zur Befriedigung desjenigen allgemeinen Bedarfs erarbeitet worden ist, bei dem das Ferntemperaturmeßsystem mit dem Kalkulator vom Typ PTK-1096 bzw. mit dem dazugehörigen Zeilendrucker verbunden wird. Es wird auch die Möglichkeit der Weiterverarbeitung der erhaltenen Meßdaten behandelt. Durch die Möglichkeit einer elastischen Auswertung der Meßdaten wird ein vielfältiger Einsatz des Meßsystems ermöglicht. Dadurch ergibt sich auch die Meßmöglichkeit für zahlreiche physikalische Parameter.

MULTI-CHANNEL TELE-THERMOMETER SYSTEM WITH GALVANICALLY ISOLATED LINK, POSSIBILITIES OF PROCESSING THE MEASUREMENT DATA

By S. Dina

Summary

The operational experiences obtained with the tele-thermometer with galvanically isolated link have confirmed the extensive industrial applicability of the measurement system.

The paper describes the design of the measurement system and the solution developed for the satisfaction of a universal demand, that connects the tele-thermometer system with a PTK-1096 calculator and with a line printer pertaining to the calculator. Facilities of further processing of the measurement data to be obtained are described. Facilities of a flexible evaluation of the measurement data enable the versatile applications of the measurement system as well as the potential measurements of a number of physical parameters.

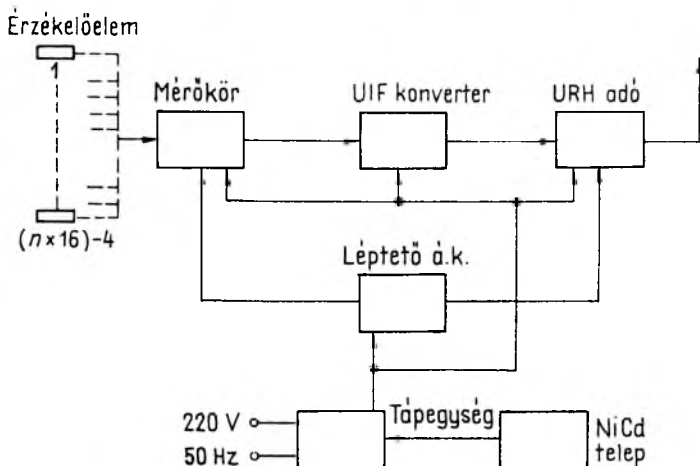
1. Bevezetés

A galvanikus kapcsolat nélküli távhőmérő-rendszer kifejlesztését elsősorban a közvetlenül mérés céljából nem elérhető egységek, objektumok meghatározott pontjain üzemszerű állapotban kialakuló és változó hőmérsékletének a mérése tette szükségessé [1]. A feladat kitűzésekor egy olyan mérőrendszer kifejlesztése volt a cél, amely lehetővé tesz egy zárt objektumon belül – pl. villamos és egyéb gépek forgórészei, haladó és mozgó gépalkatrészek stb. – 60 mérési ponton $+20\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +150\text{ }^{\circ}\text{C}$ tartományon belüli hőmérsékletmérést. A rendszer alkalmassá tehető a hőmérséklet mérése mellett egyéb fizikai paraméterek, pl. nyomás, nedvesség, feszültség, áram stb. egyidejű mérésére és a mért adatok galvanikus kapcsolat nélküli átvitelére. A mérés elve azon alapul, hogy a hőmérséklet érzékelése és a mért érték feldolgozása között galvanikus kapcsolat nincs. Ezt a kapcsolatot URH frekvenciasávon üzemelő rádióadó, és az adás vételére alkalmas vevőkészülék teremti meg. Megjegyzendő, hogy ez a kapcsolatteremtés történhet egyéb formában, pl. ultrahang-frekvenciás, optoelektronikus stb. módon is. A mérőrendszer funkcionálisan két fő egységből áll: adóoldali, valamint vevőoldali egységből.

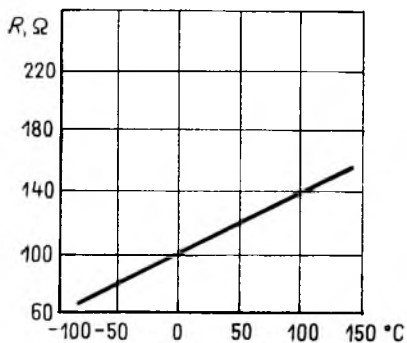
2. Adóoldali egység felépítése

Az adóoldali egységben (28-1. ábra) levő érzékelőelem (elemek) kiválasztása alapvetően meghatározza a hőmérséklet mérésének módszerét [2]. A lehetőségek közül a Pt 100 típusú platina ellenállás-hőmérőt választottuk. Az ellenálláshőmérő előnye, hogy állandó átfolyó áram esetén az eszközön mért feszültség lineárisan függ a hőmérséklettől (28-2a ábra). Hasonló jó eredményeket kapunk a Si kristály alapú PTC elem alkalmazásával is, amelynek ellenállása egy nagyságrenddel nagyobb a platináénál, ugyanakkor geometriai méretei kedvezően kisebbek, ami egyes alkalmazási területeken előnyös. A karakterisztika jellegéből adódóan linearizálásról kell gondoskodni [3], [4].

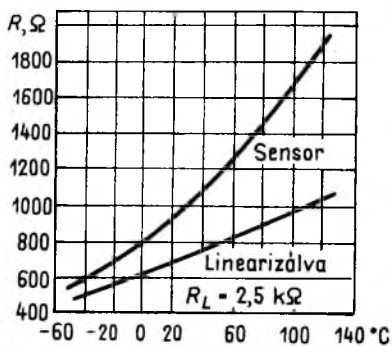
A mérőkör feladata az érzékelőelemeken fellépő feszültség megfelelő jelszintre való felerősítése. Az áramkör kialakításánál (28-1. ábra) elsődleges szempont a



28-1. ábra. Az adóoldali egység felépítése



a)



b)

28-2. ábra. A vevőoldali egység felépítése

nagy hőmérsékletstabilitás, megbízható működés, minimális alkatrész-darabszám volt.

A hidágak mérőáramáról egy-egy nagy pontosságú áramgenerátor gondoskodik, amelynek áramértéke nem haladhatja meg a Pt 100 típusú ellenállás-hőmérőre engedélyezett $I_{\max} = 10$ mA-t, mert ezen érték fölött az eszköz saját disszipációja csökkenti a mérés pontosságát.

A hidág kimeneti pontján fellépő mindenkor feszültség 0...20 kHz frekvencia közötti jelsorozattá való nagy pontosságú átalakítását feszültség-frekvencia konverter végzi. Ennek a jelsorozatnak a frekvenciája már lineárisan arányos az adott mérőpont hőmérsékletével, és közvetlenül °C-ban külső frekvenciamérővel is mérhető. Az U/F konverter kimenő jelével segédáramkörökön keresztül frekvenciában moduláljuk az ultrarövid frekvencián működő adó vivőfrekvenciáját.

A léptetőrendszer $n \times 16$ állapotú, CMOS integrált áramkörökből felépített funkcionális egység. Vezérléséről egy szabadon futó billenőkar gondoskodik, amelynek kimenő jele az egész rendszer alapórajele. Ez a frekvencia határozza meg az

egy-egy mérőpontokra eső mérési időt, így a teljes mérési ciklusidőt is. Az egyes mérőpontokra eső idő tetszőlegesen választható, célszerűségi szempontból 1 s-ra állítottuk be.

A léptetőrendszer hármas feladatot lát el:

- elvégzi az $n \times 16$ mérőpont egymás utáni bekapcsolását,
- minden mérőpont átkapcsolásakor ún. léptetőjelet szolgáltat (10 ms),
- az $(n \times 16) - 1$ állapotban 1 s-os ciklusszinkron jelet szolgáltat.

A mérés lényegéhez hozzátartozik, hogy mindig egyértelmű legyen, a vevőoldalon hányadik mérőhelyről érkezett az információ, tehát biztosítani kell a teljes szinkronizáltságot az adó- és vevőoldal között. Ennek a feladatnak tesz eleget az a kidolgozott rendszer, hogy minden $(n \times 16) - 1$ állapotban a léptetőrendszer egy teljes mérési ütemre – vagyis 1 s-ra – letiltja az adó moduláló frekvenciáját. Ezt a szünetjelet érzékelve és a később tárgyalásra kerülő mérőhelyszámálót nullára állítva bizonyosak lehetünk abban, hogy az ezután érkező első léptetőjel és frekvenciasorozat az 1. sorszámú megjelölt mérőponton levő érzékelőelem pillanatnyi hőmérsékletét szolgáltatja. Az áramkör előnye, hogy minden esetleg előforduló szinkronhiba esetén az adóoldal a ciklus végén automatikusan nullára állítja a vevőoldali mérőhelyszámálót, így hibás mérés csak egy cikluson belül jelenhet meg, és a következő ciklusban ismét létrejön a szinkronkapcsolat az adó- és vevőoldal között.

A már említett léptetőjel az egyes mérőpontokra történő átlépéskor egy rövid időre – 10 ms-ra – tiltja le az adó moduláló frekvenciát. A vevőoldalon érzékelve ezeket a 10 ms-os jeleket és megszámlalva őket, megkapjuk a mérőhelyek sorszámát.

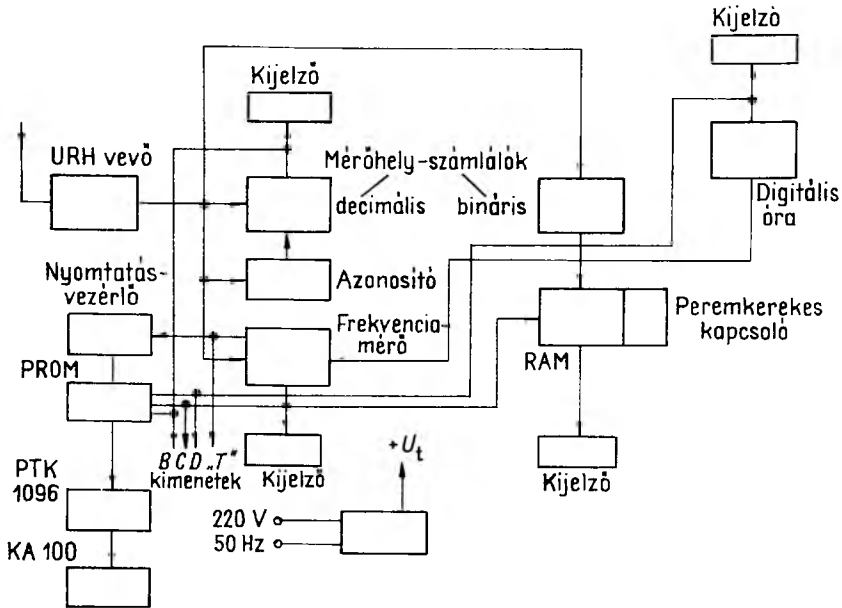
A mérés pontosságának ellenőrzése érdekében a mérhető mérőpontok száma összesen $(n \times 16) - 4$ pontra redukálódik azért, mert négy léptetett állapot közül az $(n \times 16) - 1$ állapot a már tárgyalt szinkronizálást végzi, az $(n \times 16) - 2$ állapot egy szakadást reprezentál és jelzi a legmagasabb átvihető frekvenciát (hőmérsékletet), az $(n \times 16) - 3$ állapot egy fix ellenállással kalibrált, és általunk előre meghatározott frekvenciát (hőmérsékletet) szolgáltat, pl. fix 50 °C-t. Az $(n \times 16) - 4$ állapot egy fix rövidzárási frekvenciát biztosít. E három, általunk előre meghatározott értékkel mindenkor, minden ciklusban ellenőrizni tudjuk az adóoldali egység helyes működését.

Az URH rádióadó műszaki adatai a Posta előírásainak felelnek meg. A vivőfrekvencia kvarcvezetett 110 MHz, a moduláció FM rendszerű. Csak a kimeneti teljesítmény határozza meg azt a hatótávolságát, amelyet a távmérés konkrét igényei megkövetelnek. A hatótávolság növelése adott esetben megkövetelheti, hogy a 110 MHz helyett más vivőfrekvenciára kell átállni, de ez nem okoz különösebb nehézséget, mert csak a rádióadó és a rádióvevőt kell kicserélni, a rendszer mérés-technikailag változatlan marad.

A helyes működés feltétele a megfelelő pontosságú, stabilizált tápfeszültség-ellátás. A követelményekhez igazodva az energiaellátás történhet hálózatról – amennyiben rendelkezésre áll – vagy beépített NiCd telepekről, esetleg egyéb energiaforrásról, töltéssel, ill. szünetmentes átkapcsolással. Telepes üzem esetén a működési idő min. 10 óra, de az üzemidő adott esetben növelhető.

2. A mérőrendszer vevőoldali felépítése

A 110 MHz fix frekvenciára hangolt kristályvezetett rádió-vevőkészülék érzékenysége fokozza a vétel hatótávolságát, a megbízható kapcsolatot az adóoldali egységgel. Az erősítő és jelformáló áramkörök a digitális áramkörök számára megfelelő jel-szintre erősítik és szétválasztják a már tárgyalt három alapinformációt (28-3. ábra).



28-3. ábra. Ellenálláshőmérők karakterisztikája
a) PT 100; b) TSF 102

Az $(n \times 16) - 1$ állapotban érkező 1 s-os szinkronizáló jel kiválasztása digitális elven történik. Az áramkör kimenetén való megjelenése a mérőhelyszámlálót automatikusan nullára állítja, megteremtve ezzel az adó- és vevőoldal közötti teljes szinkronállapotot.

A mérőhelyszámláló áramkör a folyamatosan, 1 s-onként érkező 10 ms-os léptetőjeleket szintén digitálisan érzékeli, és két párhuzamos számláló bemenetére kapcsolja. Az egyik számláló decimális, és az előlapon elhelyezett hétszegmentes kijelzőn folyamatosan mutatja a mérőhelyek sorszámát, a másik számláló bináris, és a később tárgyalásra kerülő RAM számára állítja elő a beíró címkódokat. Ez a mérőhelyszámláló részére előállított léptetőjel az egy-egy mérőponthoz tartozó mérési ütem alap órajele. A jel megjelenése indítja el az adott mérőhelyhez tartozó frekvencia mérésének kapuidejét.

A frekvenciamérő hagyományos felépítésű, négydígyes kialakítású, közvetlenül °C-ban kalibrálva. A pontos mérést növeli a termosztátba épített kvarcoszcillátor. A mérés mintavételezésen alapul, az egy-egy mérőpontról folyamatosan érkező frekvenciasorozatba úgy mérünk bele, hogy a tárgyalt léptetőjel megjelenése egy késleltető áramkört indít. A megoldás azt teszi lehetővé, hogy mintegy kváziszacionáris (transziensektől mentes) frekvenciasorozatot kapcsolunk a frekvenciamérő bemenetére.

Beépítésre került egy 256×4 bites RAM, amely egy teljes cikluson keresztül tárolja a mért adatokat. Ezen adatok tetszőlegesen visszahívhatók a szintén négydígitos memória kijelzőjére, elősegítve a részletesebb információ kiértékelést. A tárgyalt 10 ms-os léptetőjel bináris számlálójának BCD kimenetei a beírási címkódokat folyamatosan szolgáltatják, míg a cím olvasókódot az előlapon elhelyezett ún. peremkerek kódolókapcsoló segítségével lehet tetszőlegesen beállítani ($n \times 16$)-ig, a kijelezni kívánt mérőhely sorszáma szerint. Mindaddig ezt a mérőpontot olvassa ki az olvasás szervező áramköre, amíg a peremkerek kapcsolóval másik olvasócímet nem állítunk be. Az ismertetett frekvenciamérő áramköre a léptetőjelre elvégzi a beérkező hőmérséklettel arányos frekvencia mérését, és a következő léptetőjelig az információt a kijelző tárolójában tartja. Ez a BCD kód egy párhuzamos – soros átalakító hálózaton és egy TRI-STATE kapun keresztül csatlakozik a RAM I/O bemenetébe. Az írás – olvasás ütemét szervező áramkör biztosítja a mindenkor mért helysorszámhoz tartozó hőmérsékletérték beírását, ill. a peremkerek kapcsolón beállított mérőhelysorszámhoz tartozó hőmérséklet kiolvasását.

Beépítésre került egy hatszámjegyes digitális óra a mért értékek időbeni rögzítése érdekében.

A vevőoldali áramkörök működéséhez szükséges tápfeszültrég ellátását nagypon-tosságú, stabilizált tápegység biztosítja 220 V 50 Hz-es hálózatról.

3. A mért adatok feldolgozási lehetőségei

Az adatok feldolgozásának egyik lehetősége, hogy kivezetésre került a

- mérőhelysorszám (2×4 bit),
- a mért érték (4×4 bit),
- a digitális óra (4×4 bit) BCD kódja, TTL szinten. Ezeket a kódokat a továbbiakban tetszőlegesen lehet felhasználni.

Kidolgozásra került a távhőmérő rendszer illesztése a PTK 1096 típusú kalkulátorhoz és a hozzátartozó KA. 100 típusú sornyomtatóhoz. A választás azért esett erre a típusra, mert

- a kalkulátor hazai gyártású,
- 10 számjegy írható be a kijelzőbe,
- közvetlen sornyomtatóval rendelkezik,
- nagybonyolultságú programok futtathatók le,
- a programok mágneskártyán rögzíthetők.

Ezeknek az előnyöknek a kihasználásához minimális átalakítást kellett elvégezni a kalkulátoron ahhoz, hogy a tasztaturával párhuzamosan adatokat és szükség esetén programlépéseket tudjunk bevinni. A gép oldalán elhelyezett 16 lábás dual-in-line szalagkábelhez használható csatlakozóaljzaton hozzáférhetővé vált a teljes billentyűzet, amelyet egy mátrixhálózat segítségével működtetünk. E megoldással a kalkulátor párhuzamos üzemre alkalmas, a szalagkábel kihúzása után a mérőrendszerből függetlenül egyéb feladatok elvégzésére is használható. Ahhoz, hogy a mért adatok nyomtathatók legyenek, három feladatot kell elvégezni:

- a mért adatokat egy BUS-ra kell rávinni a nyomtatni kívánt sorrendben,
- a kalkulátor számára alkalmas kódkonverziót kell végrehajtani egy PROM segítségével,
- a nyomtatás elvégzésére programot kell írni.

A kalkulátor részletesebb ismertetése nélkül a nyomtatás vezérlő áramkörei a következőket biztosítják: vezérlési művelettel írásjegyeket (számokat és betűket) nyomtatunk úgy, hogy minden sorba 20 írásjel kerül, ötös csoportosítással, külön nyomtatótárolóban tárolva.

A papíron a négy szektor elhelyezkedése:

0 1 2 3 4	5 6 7 8 9	10 11 12 13 14	15 16 17 18 19
Op. 01	Op. 02	Op. 03	Op. 04

Minden kinyomtatott írásjegyet egy kétjegyű kód jellemez, amelyet a sor – oszlop címből származtatunk. Ennek a feladatnak az elvégzését hajtja végre a PROM, amelyet előre be kell programozni az alábbiak szerint.

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	1	2	3	4	5	6	7
1	7	8	9	A	B	C	D	E
2	—	F	G	H	I	J	K	L
3	M	N	O	P	Q	R	S	T
4	.	U	V	W	X	Y	Z	+
5	x	*	√	π	e	/	/	,
6	↑	%	≥	/	=	'	x	X
7	²	?	÷	!		Δ	Π	Σ

Pl. egy mérőhelyre vonatkoztatva a nyomtatott sor megjelenési formája a hozzátartozó kódokkal:

3 7	1 2 9 , 6	°C	1 4 2 8 ' ,
0410000 00203125707 0 0005115 000205031151			
m.hely sorsz.	mért érték	para- méter	napi idő óra-perc

A nyomtatási sebesség lehetővé teszi — figyelembe véve az 1 s-os léptetési időt —, hogy minden mérőhely nyomtatásra kerüljön. Amennyiben lassan változó hőmérsékletek mérése a feladat, akkor nem szükséges minden ciklust nyomtatni, meghatározott időprogram is beállítható, pl. 10 percenként, félóránként stb.

4. A sokmérőhelyes, galvanikus kapcsolat nélküli mérőrendszer kibővítése

A mérőrendszer lehetővé teszi, hogy a hőmérsékleten kívül más fizikai paraméter is mérhető legyen. Ilyen paraméter pl. a feszültség, az áram, a nyomás, a nedvesség stb. A bővítés feltétele, hogy a mérni kívánt fizikai paraméter érzékelőeleme valamilyen formában illeszthető legyen az áramgenerátoros bemenetbe. Az eltérő fizikai paraméterek egy rendszeren belüli mérése is megoldható, ezzel bővíthető a mérőrendszer felhasználási köre.

5. A továbbfejlesztés iránya

A fejlesztést két irányban lehet folytatni. Mindkét irány támaszkodik az eddigi eredményekre, de minőségileg mégis új elemeket tartalmaz.

a) A többmérőhelyes galvanikus kapcsolat nélküli mérés olyan műszaki megoldása, amikor több, egymástól független mérőkört saját adóegységgel egyetlen vevőoldal működtet, vagyis bekapcsolja az egyes mérőköröket és feldolgozza a beérkező információt.

b) A továbbfejlesztés iránya egy olyan komplett megoldás, amelyben a passzív mérésen túlmenően már – az oda-vissza kommunikációt figyelembe véve – szabályozási köröket lehet megvalósítani, az egyes mérőpontokon, egymástól függetlenül. Ez természetesen az adóoldali és vevőoldali rendszer olyan átalakítását feltételezi, amelyben az adatok értékelését mikroprocesszorok végzik.

6. Összefoglalás

A kifejlesztett galvanikus kapcsolat nélküli mérőrendszer, műszaki paraméterei alapján alkalmas általában alkalmazható nagybonyolultságú rendszerekben való komplett mérési feladatok elvégzésére, ahol a közvetlen mérés megvalósítása csak rendkívül költséges módon oldható meg [1].

A mérőrendszer főbb paraméterei:

1. Mérőhelyek száma:	$(n \times 16) - 4$
2. Mérési tartomány:	$+20\text{ °C} - +150\text{ °C}$
3. Mérési pontosság:	$\pm 2\% \pm 1\text{ digit}$
4. Mérési ciklusidő:	1 s/mérőhely
5. URH adó vivőfrekvenciája:	110 MHz
6. Moduláció:	FM
7. Működési hőmérséklet-tartomány:	0...50 °C
8. Adóoldali üzem:	NiCd telepről
9. Kijelzés:	digitális
10. Kijmenet:	paralel BCD; TTL szinten

A mérőrendszer alkalmazási területe a hőmérsékletmérésen túl több fizikai paraméter értékelésére bővíthető. A megoldás rugalmassága lehetővé teszi az adatok rögzítését, ill. számítógéphez való csatlakoztatását.

Irodalom

- [1] Philips: Equipment for elektronik measurement of mechanical quantities. Catalogue, 1979/80.
- [2] Hargittay Emil: A hőmérséklet mérése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1980.
- [3] Beitner, M. – Tomasi, G.: Mikroelektronischer Spreading-Widerstand Temperatursensor-Siemens. Forsch.- u. Entwickl. Ber. 1981. Nr. 2.
- [4] Texas Instruments Deutschland GmbH: SA 100 Sensor a. Systems, Applikationsbericht 1980.
- [5] Sztrókey I. – Dina S.: Galvanikus kapcsolat nélküli távhőmérő villamos gépekhez. KKVMF VI. Tudományos Ülésszak 1981.
- [6] Texas: Analóg és illesztő integrált áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

29.

Számítógép alkalmazása nagyteljesítményű zárlati vizsgálatok mérés technikájában

DR. CSÁTHY KÁROLY – RÁTKAI ZSOLT

ÖSSZEFOGLALÁS

Áttekintjük a zárlati vizsgálatok iránt támasztott minőségi és pontossági követelményeket és ezek megvalósításának lehetőségeit.

Tárgyaljuk a nagyteljesítményű zárlati laboratóriumnak egy kisszámítógépre alapozott mérési adatgyűjtő és feldolgozó rendszerének felépítését és az ezzel összefüggő műszerezési megfontolásokat, amelyekkel e követelmények kielégíthetők.

A mérőrendszer egy megvalósított alkalmazási példaként ismertetjük a független zárlati áram paraméterei meghatározásának módjait.

Összefoglaljuk a mérőrendszer alkalmazási lehetőségeit, és a közeljövőben végrehajtandó továbbfejlesztési munkákat.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦВМ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МОЩНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Д-р. К. Чату—Ж. Раткаи

Резюме

Дается обзор потребностей по качеству и точности испытаний короткого замыкания и возможностей их реализации.

Излагаются построение системы сбора и обработки измерительных данных в мощной лаборатории коротких замыканий, основанной на применении мини-ЦВМ, а также связанные с этими соображения по составлению приборов для удовлетворения вышеуказанных требований.

Излагаются методики определения параметров независимого тока короткого замыкания, в качестве реализованного примера использования измерительной системы.

Обобщаются возможности использования измерительной системы мырарюотб, выполняемые в области дальнейшего усовершенствования системы в ближайшем будущем.

EDV-EINSATZ IN DER MEßTECHNIK DER HOCHLEISTUNGS-KURZSCHLUßPRÜFUNGEN

Dr. Ing. K. Csáthy—Zs. Rátkay

Zusammenfassung

Es wird eine Übersicht über die Qualitäts- und Genauigkeitsanforderungen, die gegenüber den Kurzschlußprüfungen gestellt werden, und über deren Realisierungsmöglichkeiten gegeben.

Es wird der Aufbau des, auf einen Kleinrechner basierten, Meßdatenerfassungs- und Verarbeitungssystems für ein Hochleistungs-Kurzschlußlaboratorium behandelt. Es wird dabei auf die damit zusammenhängenden Überlegungen bezüglich

der Instrumentenausrüstung eingegangen, mit deren Hilfe die obigen Anforderungen erfüllbar sind.

Es werden die Ermittlungsarten der Parameter des unbeeinflussten Kurzschlußstromes als ein realisiertes Anwendungsbeispiel des Meßsystems erörtert.

Es werden schließlich die Einsatzmöglichkeiten des Meßsystems, sowie die in der nahen Zukunft durchzuführenden Weiterentwicklungsarbeiten zusammengefaßt.

APPLICATIONS OF A COMPUTER IN THE MEASUREMENTS OF HIGH-POWER SHORT-CIRCUIT TESTS

By Dr. K. Csáthy—Zs. Rátkay

Summary

The paper reviews the quality and accuracy requirements to be met by short-circuit tests and the potentials of their realisation.

The paper discusses the design of a measuring data acquisition and processing system (based on a small computer) of the high-power short-circuit laboratory, and the related considerations of instrumentation by which the above requirements can be met.

Ways of determining the parameters of the prospective current are described as an actual application example of the measuring system.

The potential applications of the measuring system and further improvement projects to be carried out in the near future are summarized.

1. Bevezetés

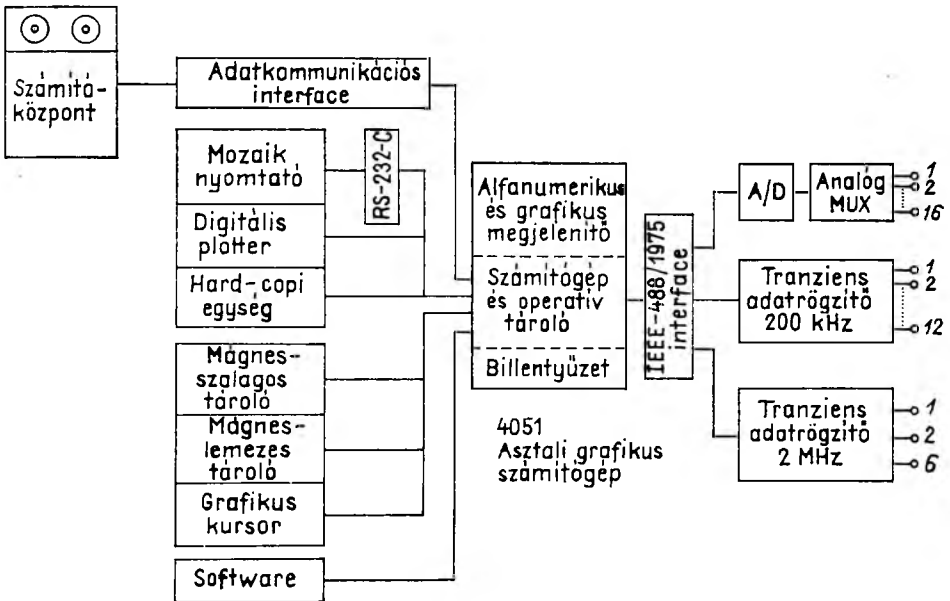
A villamosenergia-ellátás készülékeinek helyes működése, megbízhatósága és az ezek elérését elősegítő, ill. igazoló fejlesztési és típusvizsgálatok jelentősége állandóan növekszik. Az energiaellátás biztonsága érdekében mind több és több információ szolgáltatását kívánják meg ezektől a vizsgálatoktól, amelyek szakszerű végrehajtása közismerten a zárlati laboratóriumok feladata. Ugyanakkor a zárlati laboratóriumok mérés technikája a 70-es évek közepéig alig fejlődött, és gyakorlatilag a hurkos oszcillográfok és katódsugár-oszcilloszkópok alkalmazásából állott.

Az oszcillográfos mérések pontossága ma már nem kielégítő. A regisztrátumok különféle metszékeinek leolvasásával történő hagyományos kiértékelő mód rendkívül időigényes, nagy gyakorlatot kíván a kiértékelést végző próbatermi mérnöktől, és amellet nagy hibalehetőségeket is rejt magában. Nemzetközi felmérések szerint csak a metszékek leolvasásából származó szubjektív hiba több, mint 5%! Nem megfelelő a kiértékelés gyorsasága sem, de rendkívül nehézkes a kapott adatokból megállapítandó további értékek meghatározása is. Csak egy példával illusztrálva: a mért áram értékekből az i^2t adott határok közötti megállapítása planimetrálással vagy más kezdetleges eljárással, csigalassúsággal történik. Az ívjelenségek, megszakítási folyamatok vizsgálatánál és általában a megbízhatósági vizsgálatoknál mindinkább előtérbe kerül azok statisztikus jellege, nagyszámú mérési adat statisztikus módszerekkel való kiértékelése. Ilyen esetekben a hagyományos oszcillográfos mérési módszerek végképp alkalmatlanoknak bizonyulnak.

A vázolt nehézségeken a digitális technika és a számítógép alkalmazásával lehet úrrá lenni. Ezt támasztják alá a szakirodalmi utalásokon kívül a fejlett ipari országok zárlati laboratóriumaiban már megvalósított vagy megvalósítás, ill. továbbfejlesztés alatt álló mérőberendezések is. A mérési módszerek több változata megtalálható, de lassan kezd kikristályosodni a mérési rendszer olyan felépítése, amelyet a VKI is megvalósított, és folyamatosan tökéletesít.

A mérési rendszer lényege: a beérkező analóg jeleket megfelelő számú bemenettel és átviteli tulajdonságokkal rendelkező egységek, pl. tranziens rekorderek fogadják, digitális jellé alakítják és memóriájukban tárolják. A rendszer egy alfanumerikus és grafikus display-vel ellátott kissetítőgép köré van telepítve. A számítógép perifériái: háttérmemória, hard-copy unit, sornyomatató, csatlakozás távoli nagyszámítógéphez. A számítógép egy sor alapvető feladatot képes elvégezni, pl. megfelelő lekérőprogram segítségével a tranziens rekorderben tárolt adatokat a saját memóriájába átvizsgálja, és rajzolóprogrammal a képernyőn megjeleníti. A kapott kép azonos a hagyományos oszcillogrammal, így az oszcillogramok hagyományos regisztrálóeszközökkel való készítése feleslegessé válik. További jelentős előny, hogy a felvett görbék — adott határon belül — mindkét irányban tetszőleges felbontással jeleníthetők meg, ezzel az érdekesnek mutató részletek külön is tanulmányozhatók. Ezen értékeken túl megfelelő programmal a gép elkészíti a komplett mérési jegyzőkönyvet, ami magában véve is jelentős gyakorlati eredménynek számít. Az összes adatoknak a háttérmemóriában való tárolása megoldja a műszaki dokumentumok helyigényes archiválási feladatát.

Az itt tárgyalt igényeket kielégítő rendszer tömbvázlata a 29-1. ábrán látható.



29-1. ábra. Egy számítógépes mérési adatgyűjtő és -feldolgozó rendszer tömbvázlata

2. A zárlati vizsgálatok számítógépes mérési adatgyűjtő és feldolgozó rendszere

A VKI nagyteljesítményű laboratóriumában létrehozandó számítógépes adatgyűjtő és feldolgozó rendszer a jelenlegi szinten egy EMG 666 típusú Programozható Asztali számítógép köré épül. Alapkivitelben a felhasználó rendelkezésére álló memóriakapacitás 1 Kbyte volt, amit 8 Kbyte-ra, majd 24 Kbyte-ra bővítettünk. A gép ún. gépi

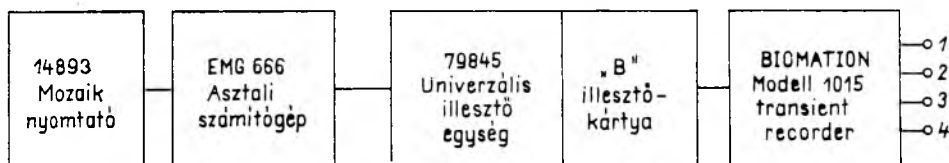
kódban programozható. Az EMG 666 beépített kazettás magnetofonszalagos egységgel rendelkezik, egy kazettán kb. 20 000 utasítás tárolható. A szalag indítása, gyors tekerceslés oda-vissza, a felvétel és lejátszás programozható.

A katódsugárcsöves megjelenítőn kijelezhető sorok száma 4, és a soronként kijelezhető karakterek száma 16. Az input/output csatornára 15 adó és 15 vevő típusú periféria csatlakoztatható. Az adatátvitel bit párhuzamos, byte soros rendszerű. Az EMG 666-hoz közvetlenül csatlakoztatható a 14893 típusú Mozaik nyomtató, aminek főbb jellemzői a következők: nyomtatási sebesség 16 karakter/s; nyomtatási szélesség 16 karakter/sor.

A zárlati vizsgálatoknál regisztrálandó jelenségek rögzítésére egy *BIOMATION 1015 Tranziens Adatrögzítő* szolgál, aminek főbb jellemzői a következők:

Bemeneti csatornák száma: 4 független csatorna
 Sávszélesség: 0...25 kHz
 A/D átalakítók felbontása: 10 bit (1 rész az 1024-ben)
 Mintavételi frekvencia: 0,01 Hz...100 kHz (1 – 2 – 5) lépésekben és ms/s kapcsolóval állítható.
 Memóriakapacitás: 4 kszó

A BIOMATION 1015 és általában a tranziens rekorderek jellegzetes tulajdonsága, hogy az ún. „pretrig” üzemmódban lehetővé teszik a regisztrálni kívánt jelenség előtti történéseket. „Pretrig” üzemmódban ugyanis a regisztrálás a tár törlésével indul, és a késleltetett indítójel állítja le.



29-2. ábra. A zárlati laboratórium jelenlegi mérési adatgyűjtő és -feldolgozó rendszerének tömbvázlata



29-3. ábra. A mérési adatgyűjtő és -feldolgozó rendszer

A BIOMATION 1015 által regisztrált adatok átvitelét az EMG 666 számítógépbe egy 79845 típusú Univerzális Illesztő Egységben kialakított interface biztosítja. Az így kialakított mérési adatgyűjtő és feldolgozó rendszer tömbvázlata a 29-2. ábrán, fényképe a 29-3. ábrán látható.

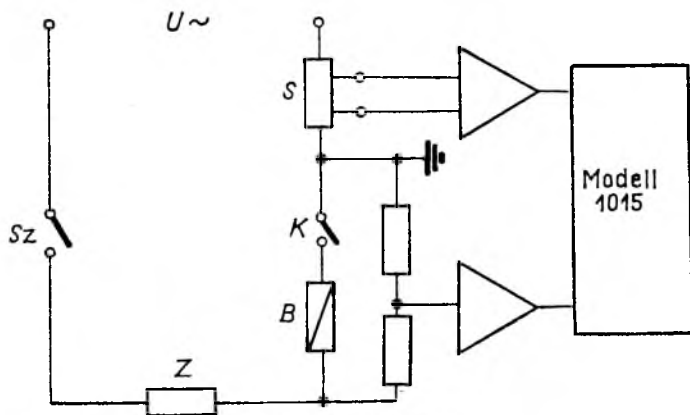
A vázolt mérési adatgyűjtő és feldolgozó rendszerünket különböző vizsgálati feladatok megoldására alkalmaztuk, nevezetesen:

- olvadóbiztosítók megszakítóképességének vizsgálata és Joule-integráljának meghatározása;
- áramváltók dinamikus és termikus zárlati vizsgálata;
- áramváltók pontossági határtényezőjének meghatározása a túláramtartományban;
- vasmagos fojtótekercek induktivitásának mérése a gerjesztőáram függvényében.

A zárlati vizsgálatok számítógépes kiértékelése természetesen lényegesen eltér a hagyományos oszcillografikus eljárásoktól, ezért a számítógépi kiértékelőprogramok kialakítása céljából szükség van a jelenségek pontosabb matematikai vizsgálatára. Ennek illusztrálására tárgyaljuk a független zárlati áram paramétereinek meghatározásának lehetséges, számítógépre alkalmazható módszereit.

3. A független zárlati áram paramétereinek meghatározása

A zárlati vizsgálat során a független zárlati áramot és az áramkör kapocsfeszültségét a 29-4. ábrán látható kapcsolásban regisztráljuk 0,02 ms-os mintavételezési idővel, így a regisztrátum időtartama kb. 40 ms. A független zárlati áram és a kapocsfeszültség egy oszcillogramja a 29-5. ábrán látható.



29-4. ábra. A független zárlati áram regisztrálása

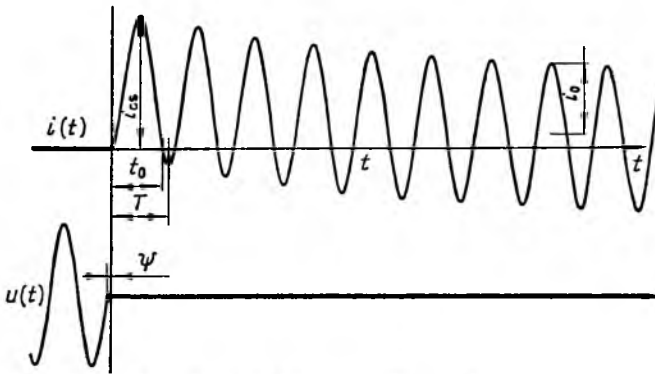
Mint ismeretes a zárlati áramot az

$$i(i_0, \omega, \psi, \varphi, t) = i_0 \left[\sin(\omega t + \psi - \varphi) - e^{-\frac{t}{\tau}} \sin(\psi - \varphi) \right] \quad (1)$$

időfüggvény írja le, ahol

i_0 az állandósult áram amplitúdója;

ω a körfrekvencia;
 t az idő;
 ψ a rákapsolási szög villamos fokokban;
 φ a fázisszög;
 τ az áramkör időállandója.



29-5. ábra. A független zárlati áram oszcillogramja

Ezen időfüggvény analízisére több lehetséges módszert találtunk. A továbbiakban, a regisztrált kapcsolási feszültségből meghatározhatóan (l. a 29-4. ábrát) ismertnek tételezzük fel a rákapsolási szöget és a hálózat frekvenciájának pontos értékét, így a feladat az időállandó, ill. a fázisszög és az amplitúdó meghatározására egyszerűsödik.

Közvetlen eljárás

Állapítsuk meg a független zárlati áram értékét a $t = T/2$ és $t = T$ időpontokban. Ekkor az (1) egyenlet szerint:

$$A = \frac{i\left(\frac{T}{2}\right)}{i(T)} = \frac{1 + e^{-\frac{T}{2\tau}}}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}} = \frac{1}{1 - e^{-\frac{T}{2\tau}}},$$

ahol T a periódusidő, így

$$\tau = \frac{T}{2 \ln \frac{A}{1+A}}.$$

Iterációs eljárás

Az áram nullaátmenetére az (1) egyenlet szerint érvényes a

$$\sin(\omega t_0 + \psi - \varphi) = e^{-\frac{t_0}{\tau}} \sin(\psi - \varphi)$$

összefüggés, ahol t_0 a nullátmenet időpontja. Ebből a

$$\tau = \frac{t_0}{\ln \frac{\sin(\psi - \varphi)}{\sin(\omega t_0 + \psi - \varphi)}}$$

képlet alapján az áramkör időállandója iterációval meghatározható.

Approximációs eljárás

Ha a független zárlati áram nem folyik az előző eljárásokhoz szükséges ideig, akkor az áram bármely két mintavételezett értéke alapján az

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{\sin(\omega t_2 + \psi - \varphi) - e^{-\frac{t_2}{\tau}} \sin(\psi - \varphi)}{\sin(\omega t_1 + \psi - \varphi) - e^{-\frac{t_1}{\tau}} \sin(\psi - \varphi)}$$

formula segítségével τ értéke szukszcsevív approximációval határozható meg.

Az e módszerekkel meghatározott τ ismeretében a zárlati áram mintavételezett értékei alapján az i_0 amplitúdó meghatározható.

Hátránya e módszereknek, hogy alkalmazásukhoz szükség van a periódusidő és a rákapcsolási szög ismeretére, tehát a kapcsolásfeszültség regisztrálására.

Gyors Fourier-analízis [5]

Mivel az eljárás lényege egy gyors Fourier-analízis, a számításnál felhasznált mintavételezett pontok száma a frekvencia és a mintavételi gyakoriság szoros függvénye

$$N_p = k \text{ INT} [f_m / f + 0,5],$$

ahol N_p a felhasznált pontok száma;

f_m a mintavételi gyakoriság;

f a frekvencia;

k nullától különböző tetszőleges pozitív egész szám.

Bevezetve a $\psi - \varphi = \alpha$ és $t/\tau = x$ jelöléseket, az (1) formula a

$$i(t) = i_0 [\sin(\omega t + \alpha) - e^{-x} \sin \alpha] \quad (2)$$

alakban írható. Ha az exponenciális tag nem szerepelne, Fourier-analízissel i_0 és α pontosan meghatározhatók volnának, ugyanis a k -adik tagot kivéve az összes Fourier-együttható zérus lenne, és

$$\alpha = \arctg(a_k/b_k) \quad (3)$$

$$i_0 = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}, \quad (4)$$

ahol a_k és b_k a Fourier-együtthatók.

Az első Fourier-analízis alapján, az exponenciális tag miatt, α és i_0 csak közelítőleg határozhatók meg.

A következő lépésben az exponenciális tagot határozzuk meg, ahol x -et tekintjük ismeretlennek. Ez a numerikus és analitikai integrálok összevetésével lehetséges, mert

$$\int_0^{kT} \sin(\omega t + \alpha) dt = 0,$$

vagyis

$$\int_0^{kT} i dt = -i_0 \sin \alpha \int_0^{kT} e^{-\omega t/x_1} dt$$

ahol $x_1 = [\operatorname{tg} \varphi]$.

A bal oldali integrál a mintavételezett pontokkal adott függvény integrálja és SUM-mal jelölve:

$$\text{SUM} = \frac{x_1}{\omega} i_0 (e^{-\omega kT/x_1} - 1) \sin \alpha. \quad (5)$$

Ez a transzcendens egyenlet pl. a Newton-módszerrel (érintőmódszer) x_1 -re megoldható. Az eredmény nem pontos, mivel i_0 és $\sin \alpha$ értékei sem pontosak, de alkalmas arra, hogy az exponenciális tag közelítő értékét

$$\exp = i_0 e^{-\omega t/x_1} \sin \quad (6)$$

pontonként kiszámítsuk és az eredeti függvényből kivonjuk. Az így kapott:

$$i(t) - \exp \approx i_0 \sin(\omega t + \alpha)$$

függvény alapján a Fourier-analízis egy, az előbbinél pontosabb közelítést ad az i_0 és α paraméterekre. Az eljárást ismételve tetszőleges pontosság érhető el. A módszer lehetőséget ad a frekvencia meghatározására is azon az alapon, hogy a szinuszos jel $A_k = a_k + b_k$ elvben egyetlen vonalból álló vonalas spektruma annál jobban kiemelkedik az exponenciális jel spektrumából, minél jobban megközelíti a mintavételi frekvencia k -szorososa, és a figyelembe vett mérési pontok számának hányadosa a tényleges frekvenciát. Ha tehát első közelítésben feltételezzük, hogy a frekvencia 50 Hz és a $k f_m / f = N_p$ képletből kapott számát eggyel-eggyel növeljük, hamarosan elérjük az $\frac{A_k - (A_{k+1} + A_{k-1})}{2}$ maximumot, ami megadja a valóságos frekvenciát.

Az utóbb említett kiegészítéssel lehetőségünk nyílik arra, hogy a független zárlati áram paramétereit csupán az áramgörbéből határozzuk meg, amikor nincs mód a kapocsfeszültség regisztrálására.

4. Tapasztalatok és további feladatok

A számítógép alkalmazása a nagyteljesítményű zárlati laboratóriumban különleges figyelmet igényel a nagyteljesítményű áramköröktől való leválasztását illetően. A korábbi tapasztalatok azt mutatják, hogy a nagyteljesítményű áramkörökben fellépő nagy áramlökések 500 V nagyságrendű potenciálugrásokat okozhatnak a vizsgáló-állomás földelése és a vezénylőterem földpontja között. Szélső esetekben ez a feszült-

ségugrás elérheti a 2 kV-ot is. Ezenkívül, a nagy áramok és feszültségek szélessávú elektromágneses zavarokat okoznak, amik közös módusu feszültségeket szuperponálnak a jelvezetékre.

Az ilyen nem kívánt feszültségek kiküszöbölésére a számítógép és a különféle bemeneti eszközei közé az összes adat- és jelvezetékbe optikai csatolók iktathatók. Az optikai leválasztás mellett a számítógép és perifériáinak védelmét szolgálja, ha tápfeszültség-ellátásukat 2,5 kV szigetelési feszültségű, kettős árnyékolású leválasztó-transzformátorok segítségével oldjuk meg, aminek szekunder és primer tekercselése közötti kapacitás igen kis értékű (pl. 0,005 nF) lehet. A transzformátor árnyékolását a helyi földhöz kapcsolva a kis csatolási kapacitás nagy rezisztenciájú utat jelent az ipari frekvenciájú hálózatban előforduló mindennemű zavar számára.

Az elmondottak alapján nyilvánvaló, hogy a számítógép eredményesen használható a nagyteljesítményű zárlati laboratórium vizsgálati feladatainak újszerű, hatékonyabb megoldására. Lehetőségeink bővítésére már rendelkezésünkre áll egy DATA-LAB 2008 típusú csatornás Tranziens Adatrögzítő, ami lehetővé teszi háromfázisú nagyteljesítményű vizsgálatok számítógépes végrehajtását is.

A bevezetőben vázolt grafikus számítógéprendszer és a jelenleg rendelkezésünkre álló EMG 666 Asztali Kalkulátor összevetése is mutatja, hogy törekednünk kell a felvázolt rendszer minél teljesebb megvalósítására, ezért az EMG 666 típusú gépünket egy nagyteljesítményű grafikus számítógéppel (TEKTRONIX 4051) tervezzük felváltani.

Irodalom

- [1] Vallo D., – Thuot M. E.: High power laboratory testing with a real-time computer; a new generation of testing methods. Westinghouse Electric Co.
- [2] Nagyteljesítményű kis- és középfeszültségű zárlati laboratórium továbbfejlesztése. Kutatási jelentés, 1980.
- [3] Type 666. Programozható Számológép. Felhasználói Kézikönyv.
- [4] BIOMATION Model 1015. Waveform recorder. Operating and Service Manual.
- [5] Dr. Tóth Gy. István: Bekapcsolási áram – idő függvény paramétereinek meghatározása. Kutatási jelentés. Autóipari Kutató Intézet, 1981.

Műszerek a villamosenergia-átviteli hálózatok tervszerű vizsgálatára

BOHUSS AURÉL—BUZÁS PÉTER—HARGITAI ISTVÁN—NÉMETH ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a villamosenergia-ellátás minőségi jellemzőinek mérésével, megbízhatóságának fokozásával kapcsolatos VKI-beli legújabb fejlesztési eredményeket foglalja össze. A műszerek egyik csoportja adott ellátási körzetbe kihelyezve felügyelet nélkül adatgyűjtést, feldolgozást végez. (A TAR 3/1 áramregisztráló transzformátorok és fogyasztói körzetek terhelésvizsgálatát, az LR 3×12 a feszültségletörések regisztrálását végzi.) A műszerek másik csoportja az üzemszerű vizsgálatok gyors elvégzését, beállítások meggyorsítását biztosítja. (KNF-100 kisfrekvenciás nagysebességű frekvenciámérő, AFG 1 kisfrekvenciás hanggenerátor frekvenciarelék beállítására.)

ПРИБОРЫ ДЛЯ РЕГУЛЯРНОГО ИСПЫТАНИЯ СЕТЕЙ ЭНЕРГОПЕРЕДАЧИ

А. Бохуш—П. Бузаш—И. Харгитаи—И. Немет

Резюме

В статье обобщаются новейшие результаты исследований, проведенных в ВКИ в области измерения качественных характеристик и увеличения надежности передачи электроэнергии. Одна группа приборов, находящаяся в заданной области энергоснабжения, выполняет сбор и обработку данных — без человеческого надзора (Испытание нагрузки областей потребителей и трансформаторов с помощью токорегистрирующих приборов типа TAR 3/1 и запись затухания напряжений с помощью прибора типа ЛР-3×12). Другая группа приборов обеспечивает быстрое проведение и ускорение установления режимных испытаний. (Низкочастотный измеритель частоты типа КНФ-100, низкочастотный звуковой генератор для установки частотных релей типа АФГ 1).

INSTRUMENTE ZUR PLANMÄSSIGEN UNTERSUCHUNG VON ENERGIEÜBERTRAGUNGSNETZEN

A. Bohuss—P. Buzás—I. Hargitai—I. Németh

Zusammenfassung

In dem Artikel werden die neuesten VKI-Entwicklungsergebnisse auf dem Gebiet der Messung der Qualitätskenndaten, und Erhöhung der Zuverlässigkeit der elektrischen Energieversorgung zusammengefaßt. Von einer Gruppe der Instrumente werden in dem Versorgungsbereich Datenerfassungs- und Verarbeitungsaufgaben wahrgenommen. (Von TAR 3/1 wird die Belastungsuntersuchung der Stromregistriertransformatoren und der Verbraucherbereiche, von LR 3×12 die Registrierung der Spannungsdurchbrüche durchgeführt). Durch eine andere Gruppe der Instrumente wird eine schnelle Durchführung der betriebsmäßigen Untersuchungen, die Beschleunigung der Einstellungen gewährleistet. (KNF-100 Hochgeschwindigkeits-Niederfrequenz-Frequenzmesser, AFG 1 Niederfrequenz-Tongenerator zur Einstellung von Frequenzrelais).

INSTRUMENTS FOR THE PLANFUL TESTING OF ENERGY TRANSMISSION NETWORKS

By A. Bohuss—P. Buzás—I. Hargitai—I. Németh

Summary

The paper summarises the recent development achievements of VKI in the measurement of the quality parameters of electric energy supply, and increasing the reliability thereof. One group of the instruments can be set up in the given supply district to perform unattended data acquisition and processing. (TAR 3/1 current recorder will test transformers and consumer districts for loads; the LR 3×12 will record voltage breakdowns.) The other group of instruments will enable the rapid performance of normal operational tests and accelerate the adjustments. (KNF-100 low-frequency high-speed frequency meter, AFG 1 low-frequency audio-generator for the adjustment of frequency relays.)

1. Bevezetés

Hazai villamosenergia-ellátásunk a felszabadulás utáni óriási mennyiségi fejlődést követően az elmúlt évtizedre a minőségi fejlődés szakaszába érkezett. Egyre inkább előtérbe kerül a hálózat üzemi viszonyainak pontos ismeretén alapuló rekonstrukció és az ésszerű, takarékos, tervszerű fejlesztés. Ezzel egyidőben jelentkezik a szakemberhiány, amely a hagyományos mérési eljárásokkal történő felméréseket szinte lehetlenné teszi. A jelenlegi helyzetben a hálózat üzemi viszonyainak kellő mélységű, pontos megismerését csak a hosszú időre magára hagyható, kis felszerelési munkaidényű, automatikus működésű, a mérési eredményeket feldolgozó és rendszerezve tároló, mérőben újszerű mérőberendezések segítségével lehet elérni.

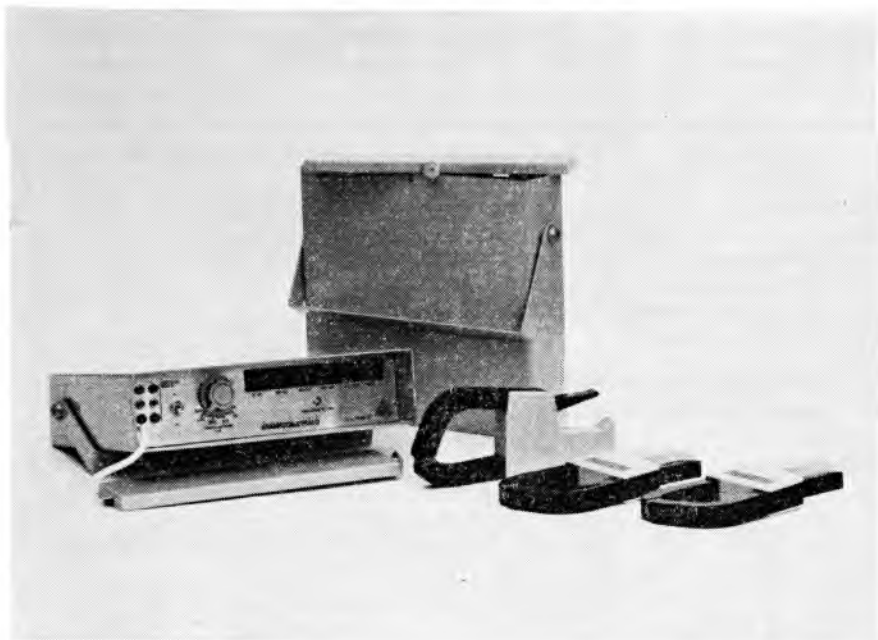
A VKI kutató-fejlesztő tevékenységét ennek az alapkoncepciónak a figyelembevételével az MVMT irányítása alapján folytatja e tématerületen. Ennek a munkának néhány eredményét kívánjuk e cikk keretében röviden ismertetni.

2. A TAR 3/1 típusú áramregisztráló

A mérőberendezés közép/kisfeszültségű transzformátorok szekunder oldali terhelőáramának folyamatos mérésére készült, de a gyakorlatban jól bevált fogyasztói körzetek, egyes háztömbök terhelésvizsgálatára is (30-1. ábra). Alkalmassá naptári hét időtartamú mérések elvégzésére, amelynek során a vizsgált hálózat terhelési állapotát percnkénti mintavételezéssel 20%-os kategóriákba sorolva feljegyzi, így az olvasható le a készülékről, hogy a vizsgálat ideje alatt hány percen volt a terhelés 0...20%; 20...40% stb. tartományban.

Ezzel az adatokkal terhelési valószínűségi görbék vehetők fel (30-2. ábra).

A vizsgált hálózathoz 10 000/1-es osztási arányú bontható áramváltókon (lakatfogókon) keresztül csatlakozó készülékben az áramváltókat átkapcsolható ellenállások zárják le. Ezek biztosítják a különböző teljesítményszintnek megfelelő illesztést. A lezáró ellenállásokon fellépő váltakozófeszültség a beállított teljesítménynek megfelelő áramok esetén 1—1 V. Ezek az áramokkal arányos váltakozófeszültségek egy-egy műveleti erősítőtől és diódás hídéből álló kapcsolásra mint egyenirányító csatlakoznak, majd összegezve kerülnek egy komparátor kapcsolású műveleti erősítő



30-1. ábra. TAR 3/1 típusú áramregisztráló

sor bemenetére, ahol megtörténik az alapjellel való összemérés. A komparátorok kimenete logikai áramkörön keresztül (a névleges terhelésnek megfelelő áramot 100%-nak tekintve) 20%-os osztályozásban adja a mindenkori terhelőáramot, amelyet a készülék előlapján elhelyezett világítódioda-sor fénymutatóként jelez. A jelzett értéket a készülék percenként feljegyzi oly módon, hogy a mért érték 20%-os tartományához hozzárendelt számláló jelfogó a perc végén lép egyet. A feljegyzett eredmények hálózatkimaradás esetén sem vesznek el, mert a számlálás elektromechanikus. Ugyanez a tulajdonság ad lehetőséget arra, hogy a fel- és leszerelést végző személynek egyáltalán ne kelljen semmit leolvasni vagy számolni, hiszen a vizsgálat végén a telephelyen ezt egy gyakorlott személy végezheti el.

A készülék továbbfejlesztés alatt áll; az újabb típus tápfeszültségmentes állapotban sem felejtő villamos memóriája és diagramíróhoz csatlakozó kimenete az emberi tevékenységet a felszerelésre és leszerelésre fogja korlátozni.

3. LR 3×12 típusú feszültségletörés-regisztráló

Az erőátviteli hálózatok folyamatos energiaátvitelének feltétele a feszültség állandó értéken tartása. Ezt a folyamatot részben üzemviteli, részben hibaelhárítási okokból hosszabb-rövidebb ideig tartó feszültségletörések zavarják meg. Ezeknek a letöréseknek a mélysége, időtartama és gyakorisága az üzemvitel és a fogyasztók szempontjából igen lényeges jellemzője a hálózat adott pontjának. Ezen értékek felvételére készült a feszültségletörés-regisztráló berendezés. A készülék alkalmas három egymástól független csatorna vagy háromfázisú hálózat fázisainak egyidejű vizsgálatára folyamatos üzemben.

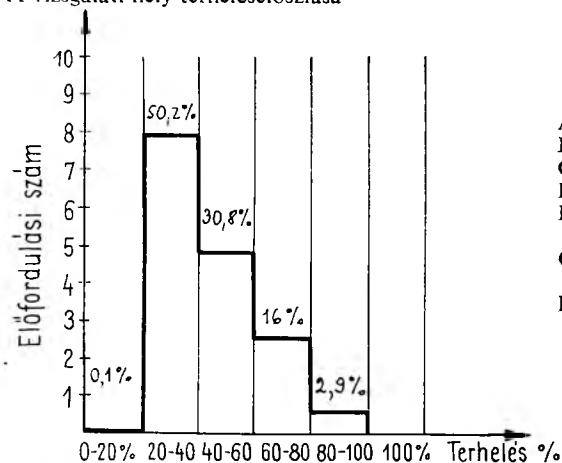
A vizsgálat kezdete
A vizsgálat befejezése

1980. IV. hó 3 n 12 óra 45 perc
1980. IV. hó 14 n 11 óra 49 perc

TR: 125 kVA

A számlálók állása	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	100% <
A mérés kezdetén	77	7386	8186	3557	874	91
A mérés befejezésekor	101	15345	13066	6095	1332	91
Előfordulási szám, befejezési számból kivonva a kezdeti szám	24	7959	4880	2538	458	0

A vizsgálati hely terheléseloszlása



A vizsgálati idő számítása

Napok száma:

Órák száma:

Percek száma:

Napok száma

× 1440:

Órák száma

× 60:

Percek száma: _____

15.859 -

TITÁSZ V. Szolnoki
Üzemigazgatósága

MÉRÉSI LAP ÁRAMREGISZTRÁLÓHOZ

TÓSZEG

(Város, község neve)

VÖRÖSMÁRTY II.

(Körszék neve)

30-2. ábra.

Mintavételezés

A vizsgált feszültség kétutas egyenirányítás és leosztás után amplitúdókomparátorokra csatlakozik. A komparátorok a feszültségamplitúdó-csúcsérték 20, 40, 60, 80%-ának megfelelően vannak beállítva. Ha a vizsgált feszültség pillanatértéke eléri vagy meghaladja a komparálási szintet, a komparátor kimenetén „H” logikai szint jön létre. A mintavételezési impulzus pillanatában a komparátorok (mely impulzus mindig a vizsgált feszültség félhullámainak csúcsértékén jelenik meg) kódolva megadják a letörés mértékét a 20%-os lépcsőfokok figyelembevételével. A mintavételező jelet a hálózattal szinkronozott oszcillátor állítja elő. Ez az oszcillátor önmagában is

a hálózati frekvenciára van hangolva, ezért a teljes letörés (szinkron jelek kimaradnak) esetén is biztosítja, hogy a mintavételi időpontja a csúcserték közelében legyen.

A letörés mértékét a készülék félhullámonként érzékeli, így a letöréses félhullámok számából annak idejét is meg tudja határozni.

A feszültségletörésre jellemző adatok feldolgozása

Az adatok feldolgozását mikroprocesszoros rendszer végzi. Minden mintavételezési impulzus utasítja a mikroprocesszort az észlelt adatok feldolgozására szolgáló alprogram végrehajtására. Az adatok feldolgozására a memóriában minden egyes csatornához egy ún. időcella, és egy amplitúdócella áll rendelkezésre. Bekapcsolás után mindkét cella zérus értékét tartalmaz. Az időcellába a letörés idejét, az amplitúdócellába a letörés nagyságát jegyzi fel a rendszer.

A letörések könyvelése az ún. halmozott statisztikának megfelelően történik.

Az adattár csatornánként 12, összesen 36 db egymástól független négyjegyű szám tárolására alkalmas. Ezek a számok mindig azt jelzik, hogy a vizsgálat kezdetétől az adott pillanatig egy amplitúdó- és egy időtartam-értékpárral meghatározottnál nagyobb letörés hányszor fordult elő. Minden egyes újabb letörés előfordulása után megtörténik a kiértékelés és ez előbbi számok közül mindazt egy-egy jeggyel növeli az elektronika, amelyekhez rendelt amplitúdó- és időtartam-értékeket az újabb letörés kiértékelte adatai meghaladták. Ezek a határadatok a jelenlegi készüléknél amplitúdóra 20, 40, 60, 80% időtartamra 20, 200, 600 ms.

A mérési eredmények nyomtatása

A berendezés három üzemmódban tud működni:

- Külső nyomógomb megnyomásra az egyes csatornához tartozó adattár területet a készülék hőnyomtatója kinyomtatja.
- Belső nyomógomb megnyomásra az egyes csatornához tartozó adattár területet a hőnyomtató kinyomtatja, de utána az adattár törlődik is.
- Egy kapcsoló bekapcsolásával a készülék minden egyes letörés után kinyomtatja az adattárát.

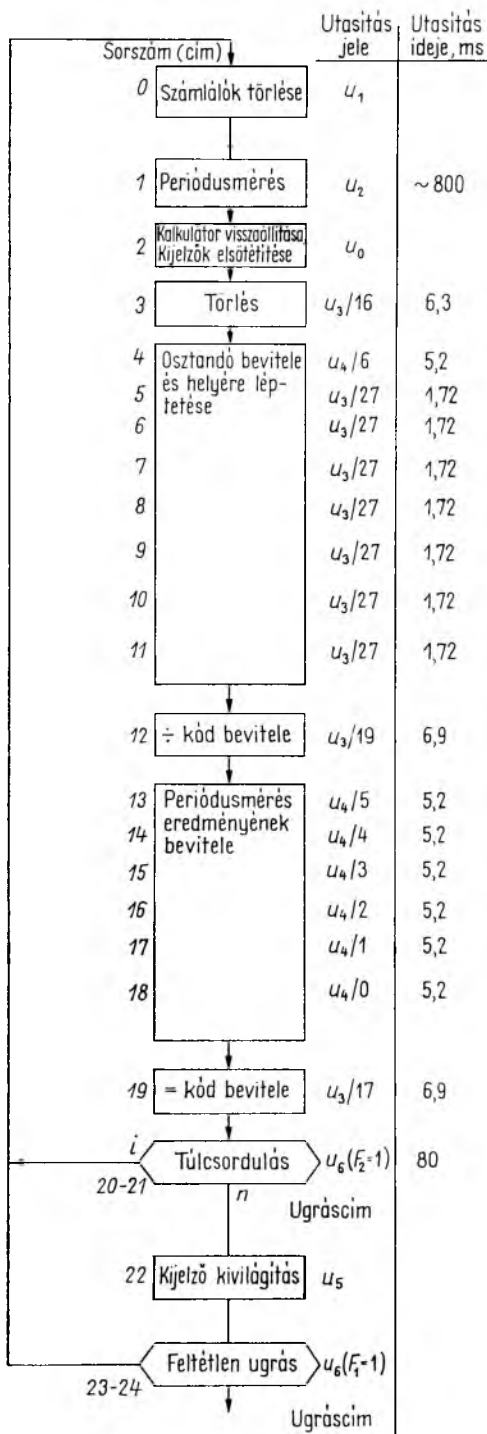
A két utóbbi üzemmódot csak a készülék felnyitása után lehet megvalósítani, hogy a halmozott statisztika induló időpontját önkényesen ne lehessen átállítani.

A készülék egyenfeszültségű, szünetmentes táphálózatról működhet. A működéshez szükséges tápfeszültségeket DC/DC átalakító állítja elő.

4. Hálózati frekvencia ellenőrzésére szolgáló műszerek

A hálózati frekvencia a terhelések nagymérvű növekedésével csökken, ezért az energiarendszer stabilitási határa közelében bizonyos fogyasztói csoportokat meghatározott sorrend szerint a hálózatról lekapcsolnak. A frekvencia csökkenését frekvenciarelékkel érzékelik.

Elsősorban e relék pontos beállítására és ellenőrzésére szolgál az általunk kifejlesztett KNF 100 típusú kisfrekvenciás nagysebességű frekvenciamérő és az AFG-1 típusú kisfrekvenciás szinuszgenerátor. Méréskor a KNF 100 nagy pontossággal méri az AFG-1 által szolgáltatott jel frekvenciáját, amely előre beállított program szerint változva a nagyobb értékről kisebb érték felé áthalad a vizsgált relé névleges frekven-



ciáján. A frekvencia csökkentésével megszólalási értékén a relé meghúz, a KNF 100 típusú készülék pedig, mivel START-STOP bemenete a vizsgált relé munkaérintkezőjére csatlakozik, leáll és kijelzi a meghúzási frekvenciát. A következőkben ezt a két műszert ismer-tetjük.

4.1 Kisfrekvenciás nagysebességű frekvenciamérő KNF 100

A mérőkészülék alkalmas kis frekven-ciák (40...99 Hz) gyors és 0,02% pon-tos mérésére. A készülék áramköri megoldása olyan, hogy kívánságra mind a pontosság, mind a mérési tar-tomány egyszerűen kiterjeszhető.

A készülék alkalmas 2–240 V effektív feszültségű váltakozó jelek frekvenciájának mérésére.

A gyorsaság és pontosság érde-kében közvetlen frekvenciamérés he-lyett időt mérünk. Az $f = 1/T$ osztást kalkulátor műveletvégző egysége végzi.

A stabilizált hőmérsékletű 1 MHz-es kvarcoszcillátor jelét a négyszöge-sített mérendő jel kapuzza. A számlá-lólánc 6 számjegy pontossággal meg-számolja a mérendő jel 10, 20 vagy 40 periódusa alatt átengedett 1 MHz-es jeleket. Ezt követően egy multiplexer számjegyenként kiolvassa a számláló-lánc értékét, valamint azt, hogy hány periódus idejéig történt a mérés.

Az aritmetika legfontosabb egy-sége a TMS 0117-es kalkulátormorzsa, amely megfelelő vezérlés esetén a mért periódusidő reciprokát képezi, így köz-vetlenül frekvenciát lehet kijelyezni.

A kalkulátor billentyűzetét mik-roprogramozott vezérlőegység helyet-tesíti. A vezérlőegység feladata, hogy a folyamatábrának megfelelően olvas-sa ki a mikroprogramot a PROM-ból, és így állítsa elő a szükséges parancso-kat és utasításokat a periódusmérés számára.

30-3. ábra.

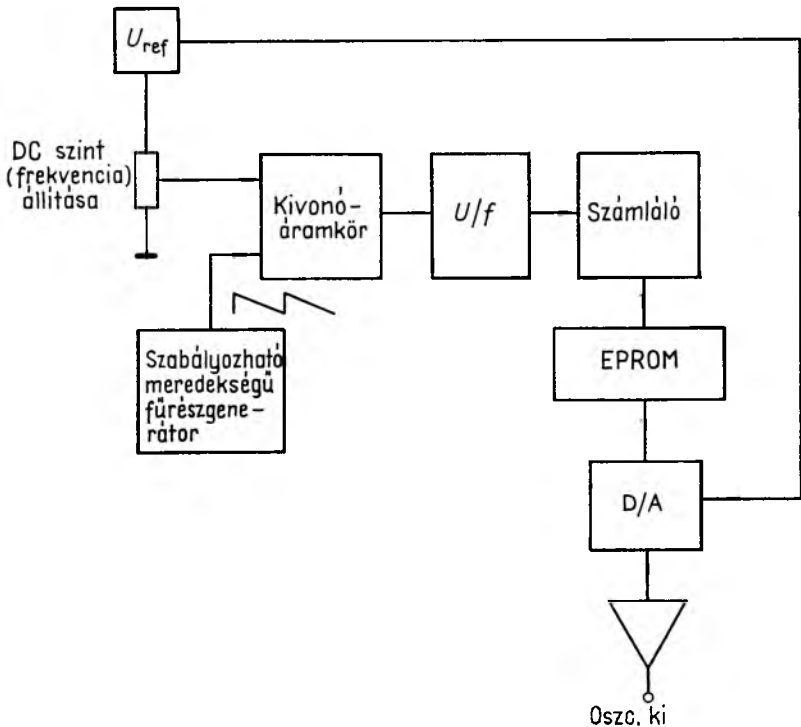
Egy mérési ciklus ideje tehát összeadódik a periódusmérésből és a reciprok-képzéshez szükséges programlépések idejéből. A folyamatábrából (30-3. ábra) láthatók az egyes lépésekhez szükséges maximális idők is. Ezek szerint a periódusmérés idején kívül 150 ms feldolgozási időre van szükség. 40 periódus mérésekor 50 Hz esetén egy ciklusidő 950 ms.

Látható, hogy 50 Hz-es frekvenciát 1 s alatt meg tudunk mérni, ami négy számjegyes kijelzés (KNF 100) esetén 100-szor (pontossága jobb mint $\pm 0,02\%$), ötszámjegyes kijelzés esetén 1000-szer (pontossága $\pm 0,002\%$) gyorsabb a hagyományos mérési módszernél.

4.2 Kisfrekvenciás szinuszgenerátor AFG 1

A készülék alkalmas kisfrekvenciás (40...100 Hz) szinuszfeszültség előállítására és 10...120 V_{eff} kimeneti feszültség tartományban min. 30 VA kimeneti teljesítményt biztosít. A torzítás a frekvencia, valamint a kimeneti feszültség folyamatos állítása mellett is kisebb, mint 1% és hálózati összetevőt nem tartalmaz. Tervezéskor e követelmények miatt hagyományos RC oszcillátorok nem jöhettek szóba, ezért más megoldást kellett találni.

A megvalósított oszcillátor lényege az, hogy egy EPROM-ban binárisan tároljuk a szinusz hullám adott fokónként vett értékét. A tárolót periodikusan címezve annak 8 bites kimenő jelét digitális-analóg átalakítóval visszaállítva kapjuk a kívánt szinuszjelet. A címzés frekvenciája függ a kívánt kimeneti frekvenciától és a szinusz hullám

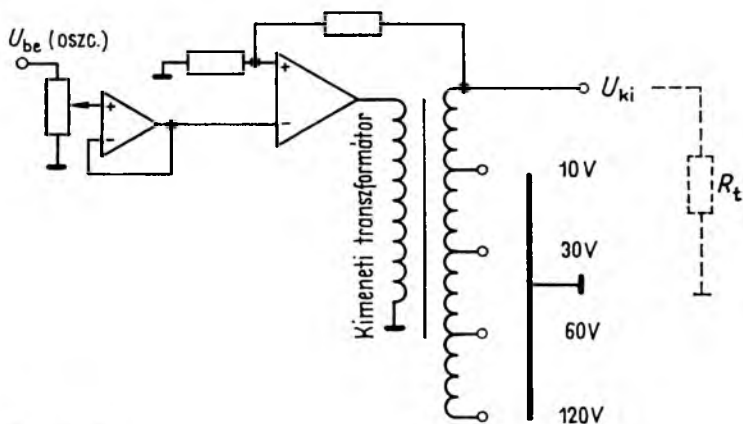


30-4. ábra.

(360 fok) felbontásától. Jelen esetben a teljes szinuszhullámot 256 részre osztottuk fel. Az 1,412 fokonként vett kerekített szinuszcímértékeket 8 bites felbontásban 256×8 bit kapacitású EPROM-ban tároltuk. 50 Hz-es frekvenciához szükséges címzési frekvencia = $256 \cdot 50 = 12,8$ kHz.

A blokkismából látható (30-4. ábra) hogy ezt a frekvenciát feszültség – frekvencia átalakító állítja elő. Az átalakító bemeneti egyenfeszültségét nagy stabilitású referenciafeszültségről táplált helipotól állítjuk be, ami az átalakító kimenetén a frekvencia beállítását jelenti. A frekvenciának az automatikus változtatását úgy érjük el, hogy az átalakítót az előbbi egyenfeszültségnek és egy nagy linearitású fűrészfeszültségnek a különbségével vezéreljük. Ez lehetővé teszi a frekvencia automatikus csökkentését előre beállítható komparálási szintig. KÉZI üzemmódban START jel hatására egy lefutás történik, AUTO üzemmódban pedig a fűrészelj elállóan újra indul. A fűrészfeszültség meredeksége 0,01...0,1 Hz/s közötti szélességekkel változtatható.

A 120 V, 30 VA és a 10 V, 30 VA közötti szélességek miatt az erősítőt kimeneti transzformátorral illesztettük a terheléshez. A transzformátoros csatolás hátrányait a kimenethez illesztett negatív feszültségvisszacsatolás hozza helyre. Így biztosítható az állandó erősítés a kis kimeneti impedancia és a jó frekvenciamenet. A szekunderről való visszacsatolás lényegesen megnehezítette az erősítő stabilitásához szükséges feltételek teljesítését. Ismeretes, hogy a stabilitáshoz szükséges fázistartalékokat csak akkor lehet biztosítani, ha a két legkisebb, domináns törésponti frekvenciától a többi töréspont elég messze van. A kimeneti transzformátor beville a hurokba (az egyik domináns töréspont) azt jelentette, hogy az erősítőnek már csak egy lényeges töréspontja lehet. Bonyolította a helyzetet, hogy a transzformátor időállandója változik a mérés határokkal és a terheléssel. Számításokkal és mérésekkel végül sikerült a két töréspont helyzetét úgy megválasztani (kompenzálni), hogy terhelt és terheletlen kimenet esetén is bármely mérés határban az erősítő legalább 45° fázistartalékkal rendelkezik.



30-5. ábra.

A 30-5. ábrából látható, hogy a szekunder tekercsek változó földelésével 10, 30, 60 és 120 V-os maximális feszültségek vehetők ki a végerősítőből. Minden mérés határban a feszültség nullától folyamatosan szabályozható a névleges értékig.

Tartalom

Erősáramú elektronika és irányítástechnika

1. Frekvenciaátalakítós hajtások fejlesztése (Bencze János – Bogosi György – László János – Sebestyén László) 7
2. 20 kHz frekvenciájú egyenáramú tápegységek (Füzesi Endre – Kondor Tibor – Szlovik Gusztáv) 19
3. Komplex áramellátó rendszer vasúti biztosítóberendezések táplálására (Füzesi Endre – Lencsés József) 29
4. Követő szabályozással ellátott inverterek üzemtani tulajdonságai (Dr. Nagy László – Soós László) 39
5. A villamosenergia-ipar telemechanikai rendszereinek szünetmentes energiaellátása (Prágai György – Szilágyi András ERŐTERV – Füzesi Endre) 49
6. Szünetmentes áramellátó rendszer üzemmódjainak és hibajelzéseinek vezérlése logikai processzorral (Dr. Poniczky Károly – Pál Katalin) 59
7. Feltételesreflex-kondicionáló berendezés mikroszámítógépes vezérlése (Glofák F. Péter – Biró Lajos) 69
8. Nehézgépjármű hátsóhíd-próbapadjának szabályozott hajtásrendszere és mikroszámítógépes irányítása (Weiner György – Biró Lajos) 77
9. μ MS 80 általánosan használható mikroprocesszoros modul rendszer (Buzás Péter – Sarkadi Ferenc) 89
10. Villamos hajtású szobai toloaszék fejlesztése (Kósa József – Kerényi István – Pálffy Miklós) 101

Villamos energia közvetlen előállítása

11. A potenciáeloszlás vizsgálata kémiai áramforrások elektródjaiban (Horváth Pál – dr. Kulcsár Sándor) 113
12. Nagy terhelhetőségű, műanyag kötésű nikkell – kadmium akkumulátorok (Dr. Kulcsár Sándor – Csath Géza – Major András – dr. Batiz Gézáné) 125
13. Műanyagszövetáskás akkumulátorok fejlesztési eredményei (Horváth Pál – Benedek Miklós – dr. Jedlovsky Pálné – dr. Fazekas Sándorné) 133

Félvezető-, villamos és hőtechnológiák

14. Új típusú aktív és passzív szivőkötések alkalmazása korrózióvédelmi készülékekben (Sztrókay István – Vecsey Zoltán) 143
15. Nagy celziántartalmú kerámiai anyagok kidolgozása villamosipari célra (Olchváry Gézáné) 151

16. Műanyagok alkalmazása a kémiai áramforrások gyártásában (<i>Dr. Sors László–Horváth Pál–Talpai József–dr. Kulcsár Sándor</i>)	161
17. Nemesfém-takarékos érintkezőanyagok előállítása robbantásos plattírozással (<i>Szalay András–Puskás József</i>)	171

Villamos készülékek

18. Korszerű, kisfeszültségű, kis veszteségű, nagy megszakítóképességű áramkorlátozó biztosítók (<i>Dr. Mocsáry József</i>)	183
19. Áramló plazmák tulajdonságainak mérése (<i>Pilinyi András–Tanos Ervin</i>)	197
20. Kisfeszültségű elektromechanikus gyorsátkapcsoló (<i>Csányi István</i>)	207
21. A plazmatechnika kohászati alkalmazása (<i>Bóday Ottó–Pitka Imre–Pócsy Ferenc</i>)	217
22. ZnO ellenállással épített, szikraköz nélküli hálózati és egyéb célú túlfeszültséglevezetők (<i>Gyimóthy Kálmánné–Cséfalvay Miklós</i>)	227

Szigeteléstechika

23. Automatikus, szelektív és túlfeszültségmentes berendezés szigetelésmodellek villamos tartamszilárdságának mérése (<i>Bognár Alajos–Csecsödy Sándor–Csömöre Sándor–Dávid Péter–Zelenyánszky Endre</i>)	243
24. A nagyfeszültségű olaj–papír szigetelési rendszerek állapotellenőrzésének továbbfejlesztése (<i>Csépes Gusztáv MVM-OTUSZ–Kalocsay László–Schmidt János</i>)	255
25. Új típusú poliuretán öntőgyanták alkalmazása és új felhasználási területei a villamosiparban (<i>Pásztor Mária</i>)	265
26. Új üvegszálal prepregszalag-típusok, feldolgozási eljárások, késztermékek kifejlesztése és ipari bevezetése (<i>Dr. Frojmovics Gábor–Szaplóczay Pál</i>)	275
27. Műanyag villamos szerelési anyagok gyártástechnológiájának racionalizálása a hazai gyártóiparban (<i>Dr. Bardócz László–dr. Fazekas Gáborné–dr. Kelemen Andorné MŰKI–Talpai József–dr. Szabados Tamás KONTAKTA</i>)	285

Méréstechnika

28. Sokmérőhelyes, galvanikus kapcsolat nélküli távhőmérő-rendszer és a mért adatok feldolgozási lehetőségei (<i>Dina Sándor</i>)	299
29. Számítógép alkalmazása nagyteljesítményű zárlati vizsgálatok mérés technikájában (<i>Dr. Csáthy Károly–Rátkay Zsolt</i>)	307
30. Műszerek a villamosenergia-átviteli hálózatok tervszerű vizsgálatára (<i>Bohuss Aurél–Buzás Péter–Hargitai István–Németh István</i>)	317

Содержание

Силовая электроника и техника управления

1. Усовершенствование приводов с частотным преобразованием (*Я. Бенце—Д. Богоши—Я. Ласло—Л. Шебештен*) 7
2. Источники питания постоянного тока с преобразованием на частоте 20 кГц (*Э. Фюзеш—Т. Кондор—Г. Словик*) 19
3. Комплексная система токоснабжения для питания железнодорожных систем безопасности (*Э. Фюзеш—Й. Ленчеш*) 29
4. Эксплуатационные свойства инверторов со следящим регулированием (*Д-р Л. Надь—Л. Шоош*) 39
5. Беспереывное энергоснабжение телемеханических систем электроэнергетической промышленности (*Д. Прагаи—А. Силади ЭРОТЕРВ—Э. Фюзеш*) 49
6. Управление режимом и сигналами неисправностей системы беспереывного токоснабжения с применением логического процессора (*Д-р К. Поницки—К. Пал*) 59
7. Управление оборудованием для кондиционирования условного рефлекса с применением микро-ЦВМ (*Ф. П. Глофак—Л. Биро*) 69
8. Система управляемого привода испытательского стенда заднего моста тяжелых транспортных средств с применением микро-ЦВМ (*Д. Веинер—Л. Биро*) 77
9. μ MS-80 микропроцессорная модульная система общей применимости (*П. Бузаш—Ф. Шаркади*) 89
10. Разработка комнатной тележки с электроприводом (*Й. Коша—И. Керени—М. Палфи*) 101

Непосредственная выработка электрической энергии

11. Изучение распределения потенциала в электродах источников тока (*П. Хорват—Д-р. Ш. Кулчар*) 113
12. Никел-кадмиевые аккумуляторы большой нагрузаемости с пластмассовыми связующими (*Д-р. Ш. Кулчар—Г. Чат—А. Майор—Д-р. Г. Батиз*) 125
13. Результаты разработки и совершенствования карманных типов аккумуляторов (*П. Хорват—М. Бенедек—Д-р. П. Едловски—Д-р. Ш. Фазекаш*) 133

Полупроводниковые, электрические и тепловые технологии

14. Применение активной и пассивной отсасывающих защит в аппаратах для защиты от коррозии (*З. Вечеш—И. Строкаи*) 143
15. Результаты исследований в области изготовления керамических материалов с содержанием целзиана (*Г. Олчвари*) 151

16. Применение пластмасс в производстве химических источников тока (Д-р. Л. Шорш — П. Хорват—Й. Талтаи—Д-р. Ш. Кулчар) 161
17. Изготовление контактных материалов с экономией благородных металлов методом взрывной платировки (А. Салаи—Й. Пушкаш) 171

Электрические приборы

18. Современные плавкие предохранители — ограничители тока малых напряжения и потери, с увеличенной разрывной способностью (Д-р. Й. Мочари) 183
19. Измерение свойств движущихся плазм (А. Пилини—Э. Танош) 197
20. Быстродействующий электромеханический переключатель малого напряжения (И. Чани) 207
21. Металлургическое применение плазменной техники (О. Бодаи—И. Пика—Ф. Почи) .. 217
22. Разрядники сетевые и другого назначения, построенные резистором из окиса цинка без применения искровых промежутков (К. Димоти—М. Чефалвай) 227

Изоляционная техника

23. Автоматическая, селективная установка для измерения длительной электрической прочности электроизоляционных моделей, подавляющая перенапряжений (А. Богнар—Ш. Чечеди—Ш. Чемере—П. Давид—Э. Зеленьски) 243
24. Усовершенствование контроля состояния масло-бумажных систем изоляции ВН (Г. Чепеш МВМТ—ОГУС—Л. Калочаи—Й. Шмидт) 255
25. Применение и новые области применения полиуретановых заливочных смол нового типа в электротехнической промышленности (М. Пастор) 265
26. Разработка и введение в производство новых типов стекловолоконных препрегных лент, а также обрабатывающих методов и готовых изделий (Д-р. Г. Фройимович—П. Саплонцаи) 275
27. Усовершенствование технологии производства пластмассовых электромонтажных изделий в отечественной промышленности (Л. Бардоц—Д-р. Э. Фазекаш—Д-р. К. Келемен МЫКМ—Д-р. Т. Сабадош КОНТАКТА—Й. Талтаи) 285

Измерительная техника

28. Многоканальная дистанционная система измерения температуры без гальванических связей и возможности обработки измеренных данных (Ш. Дина) 299
29. Применение ЦВМ в измерительной технике для испытания мощных коротких замыканий (Д-р. К. Чати—Ж. Раткаи) 307
30. Приборы для регулярного испытания сетей энергопередачи (А. Бохуш—П. Бузаи—И. Харгитаи—И. Немет) 317

Inhalt

Leistungselektronik und Regelungstechnik

1. Entwicklung von Antrieben mit Frequenzumformer (*J. Bencze–Gy. Bogosi–J. László–L. Sebestyén*) 7
2. DC/DC Wandler mit 20 kHz Zwischenfrequenz (*E. Füzési–T. Kondor–G. Szlovik*) .. 19
3. Komplexes Stromversorgungssystem zur Speisung von Sicherungseinrichtungen bei der Eisenbahn (*E. Füzési–J. Lencsés*) 29
4. Betriebseigenschaften von Wechselrichtern, die mit Folgeregelung ausgerüstet sind (*Dr. L. Nagy–L. Soós*) 39
5. Unterbrechungsfreie Energieversorgung der telemechanischen Systeme der Elektroenergie-Industrie (*Gy. Prágai–E. Füzési–A. Szilágyi*) (ERÓTERV) 49
6. Steuerung der Betriebsarten und Fehleranzeigen des unterbrechungsfreien Stromversorgungssystems mit Hilfe eines Logik-Prozessors (*Dr. K. Poniczky–K. Pál*) 60
7. Mikrorechnersteuerung einer Konditionierungseinrichtung für bedingte Reflexe (*F. P. Glofák–L. Bíró*) 69
8. Geregeltes Antriebssystem und Mikrorechnersteuerung eines Prüfstandes für Schwerkraftfahrzeug-Hinterachsgetriebepfprüfstandes (*Gy. Weiner–L. Bíró*) 77
9. Generell einsetzbares Mikroprozessor-Modulsystem μ MS 80 (*P. Buzás–F. Sarkadi*) 89
10. Entwicklung eines Zimmerrollstuhles mit elektrischem Antrieb (*J. Kósa–I. Kerényi–M. Pálffy*) 101

Direkte elektrische Energieumwandlung

11. Untersuchung der Potentialverteilung in den Elektroden der Stromquellen (*P. Horváth–Dr. S. Kulcsár*) 113
12. Hoch belastbare Nickel-Cadmium Akkumulatoren mit Kunststoffbindung (*Dr. S. Kulcsár–G. Csath–A. Major–Dr. G. Batiz*) 126
13. Entwicklungsergebnisse bei Panzerplatten Akkumulatoren (*P. Horváth–M. Benedek–Dr. P. Jedlovsky–Dr. S. Fazekas*) 133

Halbleiter-, Elektro- und Wärmetechnologien

14. Anwendung von aktiven und passiven Drainageverbindungen neueren Typs in Korrosionsschutzgeräten (*Z. Vecsey–I. Sztrókay*) 143
15. Ausarbeitung von celsianhaltigen keramischen Materialien für die Elektroindustrie (*G. Olchváry*) 151

16. Anwendung der Kunststoffe in der Fertigung der chemischen Stromquellen (*Dr. L. Sors – P. Horváth – J. Talpai – Dr. S. Kulcsár*) 161
17. Herstellung von edelmetallarmen Kontaktmaterialien mit Hilfe von Explosionsplattierung (*A. Szalay – J. Puskás*) 171

Schaltgeräte

18. Verlustarme strombegrenzende Niederspannungs-Hochleistungs (HS)-Sicherungen (*Dr. J. Mocsáry*) 183
19. Messung der Eigenschaften von strömenden Plasmen (*A. Pilinyi – E. Tanos*) 197
20. Elektromechanischer Niederspannungs-Schnellumschalter (*I. Csányi*) 207
21. Anwendung der Plasmatechnik in der Metallurgie (*O. Bóday – I. Pika – F. Pócsy*) 217
22. Mit ZnO-Widerstand gebaute, ohne Funkenabstand arbeitende Überspannungsableiter für Netz- und sonstige Anwendungen (*K. Gyimóthy – M. Cséfalvay*) 227

Isolationstechnik

23. Automatischer, selektiver und überspannungsfreier Versuchsstand zur Ermittlung der Wechselspannungs-Zeitstandfestigkeit von Isolierstoffproben (*A. Bognár – S. Csecsödy – S. Csömöri – P. Dávid – E. Zelenyánszki*) 243
24. Weiterentwicklung der Zustandskontrolle von Hochspannungs-Öl-Papier-Isolationssystemen (*G. Csépes – (OTUSz-MVMT) – L. Kalocsay – J. Schmidt*) 255
25. Anwendung und neue Einsatzgebiete der Polyurethan-Gießharze von neuem Typ in der Elektroindustrie (*M. Pásztor*) 265
26. Entwicklung und industrielle Einführung von neuen Glasfaser-Prepregbandtypen, Verarbeitungsverfahren und Fertigprodukten (*Dr. G. Frojimovics – P. Szaplanczay*) 275
27. Rationalisierung der Kunststofftechnologie der elektrischen Installationsstoffe in der heimischen Fertigungsindustrie (*L. Bardócz – Dr. G. Fazekas – Dr. K. Kelemen (MÜKI) – Dr. T. Szabados (KONTAKTA) – J. Talpai*) 286

Meßtechnik

28. Mehrstellen-Ferntemperaturmeßsystem ohne galvanische Verbindung und die Verarbeitungsmöglichkeiten der gemessenen Daten (*S. Dina*) 299
29. EDV-Einsatz in der Meßtechnik der Hochleistungs-Kurzschlußprüfungen (*Dr. Jung. K. Csáthy – Zs. Rátkay*) 307
30. Instrumente zur planmäßigen Untersuchung von Energieübertragungsnetzen (*A. Bohuss – P. Buzás – I. Hargitai – I. Németh*) 317

Contents

Power electronics and control engineering

1. Development of frequency controlled A. C. Drives (by J. Bencze—Gy. Bogosi—J. László—L. Sebestyén) 8
2. DC Power supplies of 20 kHz (by E. Füzési—T. Kondor—G. Szlovik) 20
3. Complex power supply for railway safety system (by E. Füzési—J. Lencsés) 30
4. Operational characteristics of inverters with Bang-Bang control (by Dr. L. Nagy—L. Soós) 40
5. Uninterruptible power supply of telemechanical systems in the electric power industry (by Gy. Prágai—E. Füzési—A. Szilágyi) (ERŐTERV) 50
6. Controlling the modes and fault signals of an uninterruptible power supply system by a logic processor (by Dr. K. Poniczky—Mrs. K. Pál) 60
7. Microcomputer control of a conditional reflex conditioning equipment (by F. P. Glofák—L. Biró) 70
8. Regulated drive system and microcomputer control of a rear-axle gear test stand for heavy motor-vehicles (by Gy. Weiner—L. Biró) 78
9. Type μ MS 80 Microprocessor module system of universal applications (by P. Buzás—F. Sarkadi) 90
10. Development of indoor wheelchair of electric drive (by J. Kósa—I. Kerényi—M. Pálffy) 102

Direct energy conversion

11. Investigation of potential distribution in the electrodes of power sources (by P. Horváth—Dr. S. Kulcsár) 114
12. Plastic-bonded nickel-cadmium batteries for high discharge rate (by Dr. S. Kulcsár—G. Csáth—A. Major—Mrs. Dr. G. Batiz) 126
13. Achievements in the development of ironclad traction batteries (by P. Horváth—M. Benedek—Mrs. Dr. P. Jedlowszky—Mrs. Dr. S. Fazekas) 134

Semiconductor, electrical and heat technologies

14. Application of novel active and passive electric drainage in corrosion protection apparatus (by Z. Vecsey—I. Sztrókay) 144
15. Elaboration of ceramic materials containing celsian for the electrical industry (by Mrs. G. Olchváry) 152
16. Application of plastics in the manufacture of chemical power sources (by Dr. L. Sors—P. Horváth—J. Talpai—Dr. S. Kulcsár) 162
17. Producing of precious-metal saving contacts by explosion plating (by A. Szalay—J. Puskás) 172

Switchgears

18. Up-to-date low-voltage high breaking-capacity current limiting fuses with low power loss
(*by Dr. J. Mocsáry*) 184
19. Measuring the characteristics of plasma in flow (*by A. Pilinyi–E. Tanos*) 198
20. Low-voltage electromechanical high-speed change-over switch (*by I. Csányi*) 208
21. Application of plasma technique in metallurgy (*by O. Bóday–I. Pika–F. Pócsy*) 218
22. Mains and other lightning arresters without spark gap (employing ZnO resistors) (*by Mrs. K. Gyimóthy–M. Cséfalvay*) 228

Insulation technique

23. Automatic, selective apparatus free of transient overvoltages developed for measuring the electric endurance of insulation models (*by A. Bognár–S. Csecsődy–S. Csömöre–P. Dávid–E. Zelenyánszki*) 244
24. Improved methods for checking the condition of high-voltage oil-paper insulation systems (*by G. Csépes–(MVMT-OTUSz) L. Kalocsay–J. Schmidt*) 256
25. Use of new-type polyurethane potting resins and their new applications in the electrical industry (*by Miss. M. Pásztor*) 266
26. Development and industrial applications of new types of glass-fibre prepregs, processing techniques and finished products (*by Dr. G. Frojmovics–P. Szaplóczay*) 276
27. Rationalising the plastic technology of electrical fitting materials in Hungary's manufacturing industry (*by L. Bardócz–Mrs. Dr. T. Fazekas–Mrs. Dr. A. Kelemen (MÜKI)–Dr. T. Szabados (KONTAKTA)–J. Talpai*) 286

Measurement technique

28. Multi-channel tele-thermometer system with galvanically isolated link, possibilities of processing the measurement data (*by S. Dina*) 300
29. Applications of a computer in the measurements of high-power short-circuit tests (*by Dr. K. Csáthy–Zs. Rátkay*) 308
30. Instruments for the planful testing of energy transmission networks (*by A. Bohuss–P. Buzás–I. Hargitai–I. Németh*) 318

