

Vízhűtéses ciklokonverteres hajtás

A félvezető technika fejlődésének eredményeképpen egyre nagyobb egységteljesítményű áramirányítók építhetők egyre kevesebb darabszámú félvezetőből. Ez azonban azt is jelenti, hogy az egységnyi köbtartalomba beépített teljesítmény, és így a veszteségi teljesítmény is egyre nagyobb lesz. Ennek az a következménye, hogy egységnyi felületről több hőt kell elvinni. A nagy teljesítményű áramirányítók tervezésénél éppen ennek a problémának a megoldása az alapvető kérdés.

Jelen cikkben egy tirisztoros ciklokonverterről üzemelő bányafelvonó hajtás példáján ismertetjük a veszteségek meghatározását és a hűtés kialakítását. Ciklokonverter esetén a félvezetők mértékadó vesztesége nemcsak az áramtól, hanem a kimeneti frekvenciától is függ. Alacsony fordulatszámon nagyobb a félvezetők hőterhelése.

A cikkben számítási eljárást ismertetünk a veszteségek meghatározására. Vízhűtést alkalmazva olyan hűtő elrendezési konstrukciót mutatunk, amely alacsony és magas kimeneti frekvenciák esetén is biztosítja a félvezetők megfelelő hűtését. Végezetül ismertetjük a megvalósított berendezés konstrukciós kialakítását.

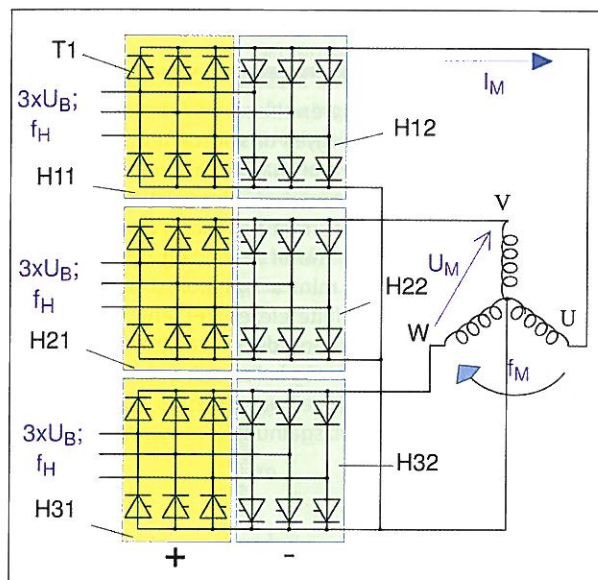
With the development in semiconductors, converters of ever higher power are produced with fewer and fewer number of semiconductor devices. Of course, higher power densities ultimately lead to larger losses per unit volume, necessitating a more efficient way of heat dissipation. In fact, heat dissipation has become a major issue in designing a converter capable of working at high powers.

Here we shall examine losses related problems and their solutions through the example of a recently built cycloconverter-fed mill winder drive. In case of a cycloconverter, losses in semiconductors depend significantly not only on the current, but also on the output frequency. At low speed the load of semiconductors is greater than at high speed.

In this paper we present a computational method to determine the losses. We then describe the actual constructed equipment, in which water-cooling is used to achieve a layout that provides more intensive cooling at low output frequencies than at high output frequencies, thus allowing better utilization of semiconductors.

MŰKÖDÉSI ELV

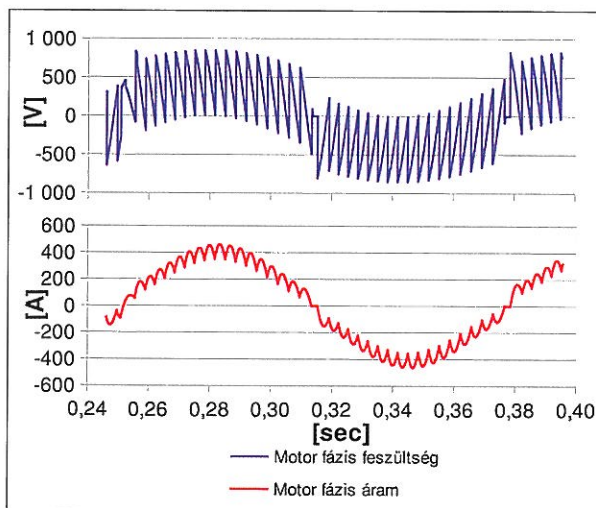
A ciklokonverter a közvetlen – közbenső egyenáramú kör nélküli – frekvenciaátalakítók családjába tartozik. A hálózati frekvenciát egy lépésben alakítja át kisebb frekvenciává. A működés alapelve a reverzáló hídkapcsolású áramirányítóról táplált egyenáramú hajtás működésére vezethető vissza, ugyanis ha reverzáló egyenáramú hajtás esetében az áramirányítók gyújtásszögét periodikusan – a táphálózat frekvenciájánál lényegesen kisebb frekvenciával – változtatjuk, akkor a motort tápláló feszültség alapharmonikusa a periodikusan változó gyújtásszög frekvenciájával megegyező frekvenciájú váltakozó feszültség lesz. A ciklokonverter többnyire háromfázisú 50 vagy 60 Hz frekvenciájú váltakozó feszültséget alakít át kisebb frekvenciájú feszültséggé. A megvalósítható



1. ábra Ciklokonverter elvi kapcsolás

kimeneti f_M frekvencia az áramirányítók tápláló f_H hálózati frekvenciától és az áramirányítók p ütemszámától függ.

Elméletileg $0 \leq f_M \leq pf_H/12$. Ez pl. 50 Hz hálózati frekvencia és $p=6$ ütemű áramirányító esetén $f_M = 25$ Hz maximális kimeneti frekvenciát jelent. [1], [2]. A kimeneti frekvencia növelésével a kimeneti feszültség egyre jobban eltér a szinusz alaktól és emiatt a gyakorlatban az elméletileg lehetséges tartomány felét-harmadát szokás kihasználni. A ciklokonvertert a hajtástechnikában nagy teljesítményű, kis fordulatszámu váltakozó áramú gépek táplálására használják. A ciklokonverter elvi kialakítása az 1. ábrán látható.



2. ábra Motor fázis-feszültsége és árama

A szinkron motor három fázisát, három ellenpárhuzamos kapcsolású – az egyenáramú hajtások köréből jól ismert körárammentes 4/4-es tirisztoros áramirányító táplálja. Az áramirányítók leválasztó transzformátoron keresztül csatlakoznak a hálózathoz. A 4/4-es áramirányítókat úgy kell vezérelni, hogy a motor árama alacsony frekvencián szinusz hullámot közelítsen meg, és a három fázis kimeneti feszültségének alapharmonikusa egymástól 120° -ra legyen eltolva. A 2. ábrán egy fázis kimeneti feszültségének és áramának alakját tüntettük fel. A pozitív irányú áramot a H11, H21, H31 áramirányító, a negatív irányú áramot pedig a H12, H22, H32 áramirányító szolgáltatja.

A TIRISZTOROK VESZTESÉGEINEK MEGHATÁROZÁSA

A tirisztorok igénybevételének pontos meghatározása bonyolult feladat, mert az egyes tirisztorok terhelése különböző. A gyakorlatban azonban hatütemű áramirányítókból felépített ciklokonverterek esetében, ha a f_H hálózati frekvencia legalább ötször nagyobb, mint a f_M motor feszültségének a frekvenciája, illetve a T_M motor feszültség periódus ideje legalább ötször nagyobb, mint a T_H hálózati periódus idő, akkor a következő közelítő feltételezéseket tehetjük [1];

– minden egyes tirisztor azonos ideig vezet és minden egyes tirisztorban azonos veszteség keletkezik a motoráram ideális szinuszos alakú és a fedés elhanyagolható

A veszteséget külön kell vizsgálnunk a motor forgó és álló állapotában.

$f_M > 0$ Forgó állapot

Az 1. ábra szerinti H11 áramirányító a motor „U” fázisának pozitív félperiódusában $T_M/2$ ideig vezeti az áramot. Az áramirányítóban az áram mindig két tirisztoron folyik át, így a H11 áramirányítóban keletkező veszteségi teljesítmény átlaga szinuszos motoráramot feltételezve egy félperiódusban

$$\overline{P_A} = 2(v_{T0}I_{MAV} + r_T I_{MRMS}^2) \quad (1)$$

v_{T0} a tirisztor küszöbfeszültsége,
 r_T tirisztor dinamikus ellenállása,
 I_{MAV} a motor fázis áramának közép értéke, ill.
 I_{MRMS} az effektív értéke.

$$I_{MAV} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \hat{I}_M \sin(\alpha) d\alpha = \frac{2\hat{I}_M}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}I_{MRMS}}{\pi} \quad (2)$$

A motor „U” fázisának pozitív félperiódusában a H11 áramirányítóban, negatív félperiódusában pedig a H12 áramirányítóban keletkezik veszteség. Hasonló a helyzet a többi fázisban is. Így összesen egy félperiódus alatt a három fázisban az átlagos veszteségi teljesítmény

$$\overline{P_V} = \sum \overline{P_A} = 6(v_{T0}I_{MAV} + r_T I_{MRMS}^2) \quad (3)$$

(A később ismertetésre kerülő 2x3 fázisú berendezés esetében a veszteség értelemszerűen kétszer ekkora.)

$f_M \approx 0$ Álló vagy álló közeli állapot

Álló állapot esetén a veszteségi teljesítmény attól függ, hogy milyen pozícióban állt meg a motor. A legnagyobb veszteségi teljesítmény akkor keletkezik, ha valamelyik fázisban $\hat{I}_M$ csúcsértékű, a másik két fázisban pedig ennek megfelelően $\hat{I}_{M/2}$ csúcsértékű állandó áram folyik. Ekkor a legjobban igénybe vett áramirányítóban keletkező veszteségi teljesítmény

$$P_{A0} = 2(v_{T0}\sqrt{2}I_{MRMS} + r_T 2I_{MRMS}^2) \quad (4)$$

lényegesen nagyobb lesz, mint a (1) alapján számított. Így általában az álló állapotban megengedhető maximális áramot, vagy annak időtartamát korlátozni kell.

A három fázisban keletkező összes veszteség esetén azonban kedvezőbb a helyzet, mivel ilyenkor a másik két fázisban csak a csúcsáram fele folyik. Így a három fázisban összesen keletkező átlagos veszteségi teljesítmény

$$\overline{P_{V0}} = \sum \overline{P_{A0}} = 6 \left(v_{T0} \frac{2\sqrt{2}}{3} I_{MRMS} + r_T I_{MRMS}^2 \right) \quad (5)$$

A fenti képletek segítségével meghatározható, hogy a ciklokonverter tirisztoraiiban összesen mekkora átlagos veszteségi teljesítmény keletkezik a motor áramának függvényében. Ez az a mértékadó veszteségi teljesítmény, amire a tirisztorok hűtőkörét méretezni kell.

VÍZHÜTÉS

A nagyteljesítményű berendezéseket régebben párhuzamosan kapcsolt félvezetőket használtak. A félvezetőtechnika fejlődésének eredményeképpen azonban ma már a legtöbb esetben a több párhuzamosan kapcsolt félvezető helyett egy darab nagyobb áramú eszközt alkalmazhatunk. A kevesebb elem egyszerűbb és megbízhatóbb konstrukciót eredményez. Így azonban egységnyi felületről több hőt kell elvinni. Vízhűtés alkalmazásával ez a probléma könnyebben megoldható és a legtöbb esetben a vízhűtés még további előnyöket is eredményez. A következő táblázatban összehasonlítottuk egy 80 mm átmérőjű tárcsa tirisztor hűtésére alkalmas léghűtő és vízhűtő adatait.

Típus	YAP 8-02	LKC
Gyártó	ABB	WESTCODE
R _{th}	40 °C/kW 300 liter/sec 60 °C/kW 150 liter/sec	7,5 °C/kW 20 liter/sec 12 °C/kW 10 liter/sec
hűtőközeg	levegő	víz
kőbortalom méret	9,13 dm ³ 209 mm x 160 mm x 273 mm	0,3 dm ³ 90 mm x 80 mm x 40 mm
súly	8,2 kg	2,6 kg

A vízhűtés előnyei

a) Egységnyi felületről nagyobb hőmennyiség vihető el

A példaként szereplő esetben a vízhűtő hőellenállása ~5-ször kisebb, mint a léghűtőé. Így az adott félvezető maximális paraméterei lényegesen jobban kihasználhatók.

b) Kisebb méretek

Mivel a vízhűtő lényegesen kisebb és könnyebb, mint a léghűtő, lehetőséget ad speciális, a villamos kapcsoláshoz illeszkedő konstrukciós megoldásokra. Erre példát mutatunk a következőkben.

c) Poros meleg környezetben is alkalmazható

Poros-meleg környezetben egy teljesen zárt szekrény hűtését léghűtés esetén lényegesen nehezebb megoldani.

d) Csendes

A vízhűtés a léghűtéshez képest teljesen csendes. Egy olyan gépteremben, ahol kezelő személyzet is tartózkodik ez igen lényeges szempont.

Vízhűtés méretezése

P_V veszteségi teljesítmény elviteléhez szükséges vízmennyiség

$$V_V = \frac{60P_V}{\Delta\vartheta \cdot c_V} \quad (6)$$

V_V a hűtőn átáramló vízmennyiség liter/percben

P_V a veszteségi teljesítmény wattban

$\Delta\vartheta$ a víz melegeése °C-ban

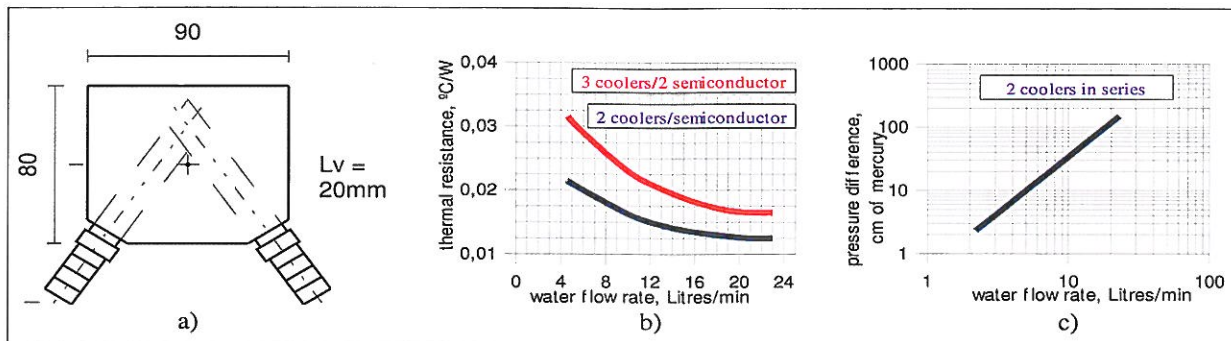
c_V 4180 Joule/liter °C a víz fajhője

A fenti képlet szerint például 1000 W veszteségi teljesítmény

elviteléhez $\Delta\vartheta = 10^\circ\text{C}$ vízmelegedést megengedve 1,44 liter/perc vízáramra van szükség.

A vízáramlás szempontjából a hűtőtölköket sorba, vagy párhuzamosan lehet kötni.

Soros kötés esetében az egyes hűtők egyre melegebb belépő vizet kapnak, és így a tirisztorok melegedése sem lesz egyforma. Ahhoz, hogy ez a hőmérséklet különbség ne legyen jelentős, viszonylag nagy vízáramlásra van szükség.



3. ábra LKC típusú vízhűtő mechanikai kialakítása (a), hőellenállása (b) és nyomás esése (c)

Párhuzamos kötés esetén az egyes hűtők azonos hőmérsékletű belépő vizet kapnak, de a sok párhuzamos ág miatt nehéz megoldani a vízáramlás ellenőrzését. Emiatt a megvalósított berendezéseinkben az egy mechanikai egységhez tartozó hűtőtölkök sorba kötését alkalmaztuk. A 3. ábrán egy Westcode gyártmányú LKC típusú vízhűtő mechanikai kialakítása, hőellenállása és nyomás esése látható.

A kis méretek miatt több tirisztor és hűtőtölk is egy közös mechanikai egységbe építhető. Az alkalmazott konstrukció függ a villamos kapcsolástól. Erre példákat a [3] irodalomban találhatunk. Vízhűtés esetén a háromfázisú 4/4-es hídkapcsolású áramirányítót célszerű 3 darab a 4. ábrán látható egységből felépíteni.

A félvezetőket és a hűtőtölköket, mint egy több emeletes szendvicset építjük egy egységbe. A félvezetőket a jó hő- és villamos érintkezés elérése érdekében a katalógusban megadott 20...70kN erővel a hűtőtölkökhöz kell szorítani. Amennyiben egy egységben n darab félvezetőt ($n > 2$) és $n+1$ hűtőt alkalmazunk és a félvezetőkben azonos veszteségi teljesítmény keletkezik, akkor az utolsó hűtő melegedése az első hűtőtölk belépő víz hőmérsékletéhez képest

$$\Delta\vartheta_{c-w(n+1)} = R_{th(c-w)} \bar{P}_V + \frac{14,35 \bar{P}_V \cdot (2n - 3)}{2 \cdot V_V} \quad (7)$$

$\Delta\vartheta_{c-w(n+1)}$ a hűtőtölk melegedése $^\circ\text{C}$ -ban
 $\bar{P}_V$ az átlagos veszteségi teljesítmény kilowattban

V_V a hűtőn átáramló vízmennyiség liter/percben

n a félvezetők száma

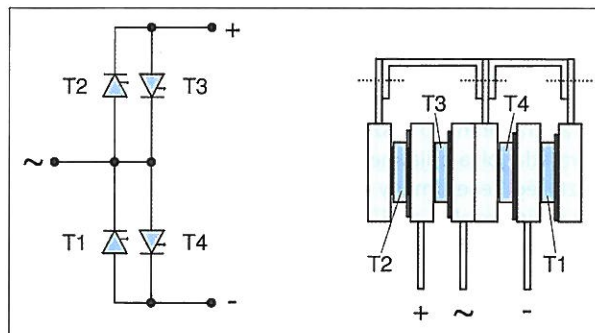
$R_{th(c-w)}$ a hűtőtölk hőimpedanciája a víz és a felület között (ld. 3. ábra)

A tirisztorok melegedését a terhelésen kívül jelentősen befolyásolja a kimeneti frekvencia.

Pozitív kimeneti áram esetén a T1, T2 tirisztorpár, negatív kimeneti áram esetén pedig a T3, T4 tirisztorpár vezet. A hűtőtölkök melegedését magasabb kimeneti frekvencia esetén a periódus időre átlagolt veszteségből számíthatjuk. Alacsony frekvenciák esetén azonban a tirisztorok már fél

periódus alatt is túlmelegedhetnek. Ilyenkor a melegedést a pillanatnyi veszteségek alapján kell számítani.

A fenti okok miatt célszerű a hűtést úgy kialakítani, hogy amikor gyakorlatilag csak az egyik tirisztorpár van terhelve, akkor a hűtés intenzívebb legyen, mint amikor a két tirisztorpár felváltva van terhelve. Ennek a célnak a megvalósítását szolgálja a 4. ábra szerinti elrendezés. Ebben a kialakításban nagyobb terhelés esetén 2 db tirisztorhoz 4 db vízhűtő (1 db tirisztor 2 vízhűtő) tartozik, míg amikor a két-két



4. ábra Egy áramirányító egység tirisztorainak kapcsolása, és a vízhűtők elrendezése

tirisztorpár felváltva van terhelve, akkor 4 db tirisztorhoz 6db vízhűtő (2db tirisztorhoz 3 db vízhűtő) tartozik. Ez alacsony frekvencián gyakorlatilag 33%-kal intenzívebb hűtést jelent. Ha azt akarjuk, hogy alacsony frekvencián ugyanúgy melegedjen a hűtőtölk, mint magasabb kimeneti frekvencián, akkor ilyenkor kisebb veszteséget és így kisebb áramot engedhetünk meg.

Az, hogy hűtés szempontjából mi számít alacsony, ill. magas kimeneti frekvenciának, azt a hűtő tranziens hőimpedanciája határozza meg. Magasabb frekvencia figyelembevételével számolhatunk, ha néhány Celsius fokos eltéréssel teljesül a következő összefüggés;

$$\bar{P} \cdot Z_{(c-w)}(T_M/2) \approx \frac{\bar{P} \cdot Z_{(c-w)}(T_M)}{2} \quad (8)$$

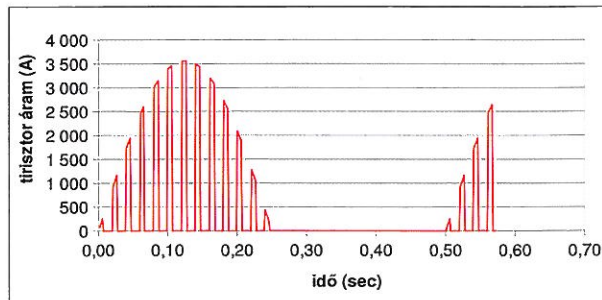
ahol $\bar{P}$ a félperiódusra átlagolt veszteségi teljesítmény

T_M a kimeneti feszültség periódus ideje

$Z_{(c-w)}$ a hűtő tranziens hőimpedanciája

A vízhűtéses hűtők tranziens hőidőállandói sokkal kisebbek, mint a léghűtéseseké. A 3. ábra szerinti hűtőnél a (8) feltétel 0,5 Hz-nél nagyobb kimeneti frekvencia esetén mindig teljesül. Így gyakorlatilag csak az álló, illetve a kúszó állapotban kell korlátoznunk a megengedhető áramot. A hűtők tranziens hőidőállandói általában lényegesen nagyobbak,

mint a tirisztoroké, így első közelítésben feltételezhetjük, hogy magasabb kimeneti frekvenciák esetén a hűtők hőmérséklete közel állandó és a periodikus terhelés hatására csak a tirisztoroknak ingadozik a hőmérséklete. Ha ez a hőingadozás jelentős, akkor a hőtágulás miatt bekövetkező dilatációs mozgások károsan hatnak a tirisztorok élettartamára. Ezt a hőingadozást megfelelő terhelhetőségű tirisztor megválasztásával néhány fokra lehet korlátozni.



5. ábra Tirisztoráram

Az 5. ábra az 1. ábra szerinti kapcsolás egyik tirisztorának az áramát mutatja. A példakénti ábrán a tirisztor a motoráram pozitív félperiódusában vezet. Az áramvezetés kb. 6,6 msec időtartamú szinuszosan változó amplitúdójú áramimpulzusokból áll, amelyek 20 msec-onként ismétlődnek.

A tirisztor átlagos melegedését az áramirányító átlagos veszteségi teljesítménye alapján számíthatjuk. A (1) összefüggés az áramirányító veszteségi teljesítményét egy félperiódus időre átlagolva adja meg. A teljes periódusidőre az átlagos veszteségi teljesítmény ennek a fele. Feltételezésünk szerint egy periódus alatt a „H” áramirányító 6 db tirisztorában azonos veszteség keletkezik, így egy tirisztor átlagos veszteségi teljesítménye

$$\overline{P_T} = \frac{\overline{P_A}}{2 \times 6} = \frac{v_{TO} I_{MAV} + r_T I_{MRMS}^2}{6} \quad (9)$$

és a pn réteg átlagos melegedése állandósult állapotban a házhoz képest

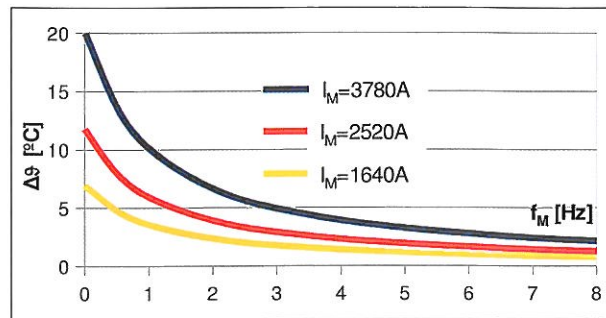
$$\Delta\vartheta_{(j-c)} = R_{th(j-c)} \overline{P_T} \quad (10)$$

ahol $R_{th(j-c)}$ a tirisztor hőellenállása a pn réteg és a ház között.

Átmeneti állapotban a tirisztor melegedését a hőmodellje alapján számíthatjuk (4). A katalógusok azonban nem a hőmodell paramétereit, hanem a tirisztor tranzienst hőimpedanciáját adják meg. A Z tranzienst hőimpedancia megadja, hogy egységugrás alakú egységnyi veszteségi teljesítmény hatására t idő múlva hány Celsius fokkal melegszik a pn réteg. Ciklokonverter esetén azonban nem egységugrás alakú a veszteségi teljesítmény. Ilyenkor a szuperpozíció elvét alkalmazhatjuk, és a $P_T(t)$ veszteségi teljesítmény időfüggvényét felbontjuk egységugrás alakú, különböző hosszúságú veszteségfüggvényekre [4]. A felbontást finomítva határátmenetként a következő konvolúciós integrált kapjuk.

$$\Delta\vartheta_{(j-c)} = \int_0^{\frac{T_M}{4}} \frac{d(P_T(t))}{dt} \cdot Z \left(2 \left(\frac{T_M}{4} - t \right) \right) dt \quad (11)$$

A 6. ábrán a megvalósított berendezésben alkalmazott Westcode gyártmányú N4400TC2800 típusú tirisztor pn rétegének periódusidőn belüli hőingadozását ábrázoltuk a frekvencia függvényében különböző áramterhelések esetén.

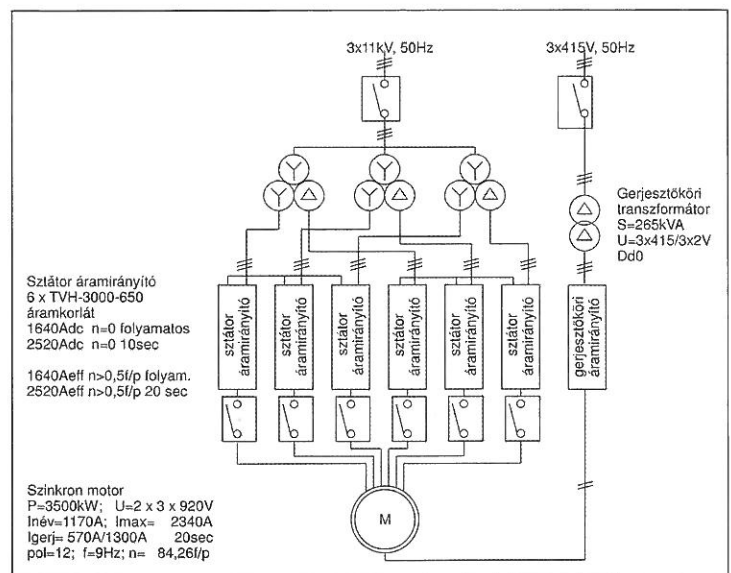


6. ábra A pn réteg hőingadozása

MEGVALÓSÍTOTT BERENDEZÉS

A 7. ábrán egy, a PowerQuattro Zrt.-vel egyesült VJH Kft. által kifejlesztett ciklokonverteres hajtás elvi kapcsolási rajza látható. 6 db háromfázisú híd kapcsolású 4/4-es tirisztoros, ún. „sztátor áramirányító” táplálja a szinkron motor 2x3 fázisú állórész tekercselését, és egy darab háromfázisú hídkapcsolású 2/4-es tirisztoros ún. „gerjesztő áramirányító” pedig a gerjesztő tekercsét. Zárlat esetén gyorskapcsolók biztosítják az állórésztekercsek és az áramirányítók közti kapcsolat bontását. A főbb adatok leolvashatók az ábrából.

A megrendelő ragaszkodott ahhoz, hogy a berendezés zajszintje 75 dBA-nál kisebb legyen. Így csak a vízhűtéses megoldás jöhetett szóba.

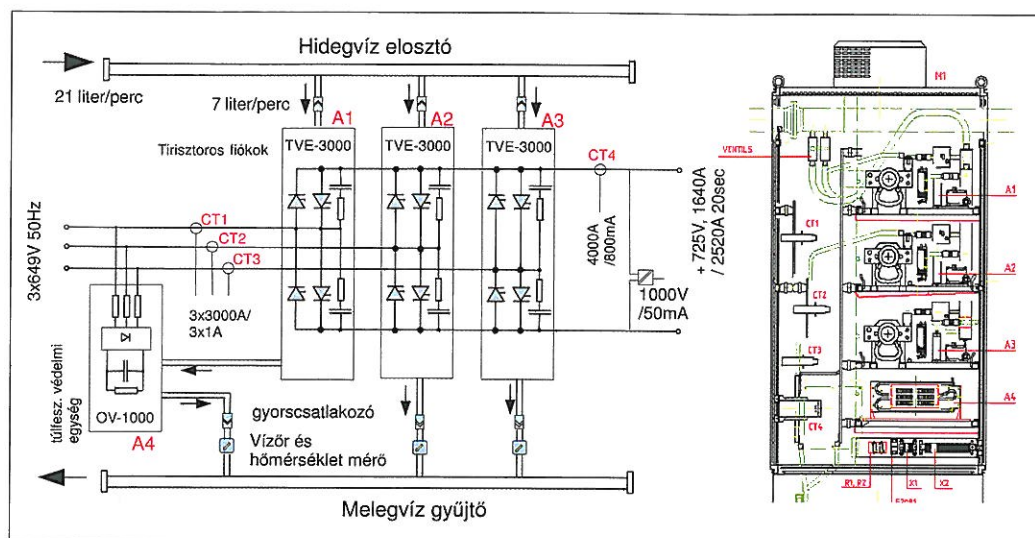


7. ábra Ciklokonverteres hajtás

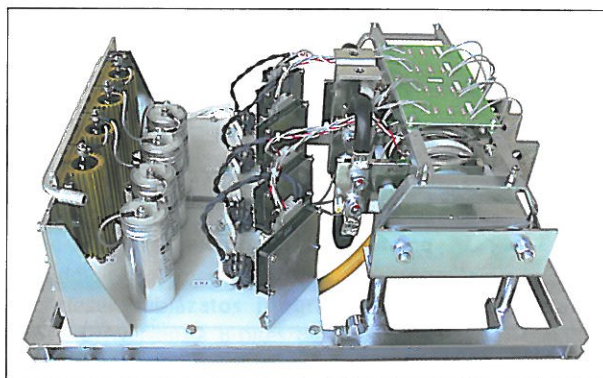
Egy sztátor áramirányító főkörének villamos és mechanikai felépítése a 8. ábrán látható.

A 4/4-es áramirányító 3 db kihúzható, könnyen cserélhető TVE-3000 típusú tirisztoros fiókból (A1, A2, A3) épül fel. A tirisztoros fiók fényképe a 9. ábrán látható. Külön szerkezeti egységet képez még a hálózattaloldali túlfeszültség védelmi egység (A4). Egy tirisztoros fiókban belül a vízhűtők sorba, a három tirisztoros fiók pedig a hűtővíz szempontjából párhuzamosan van kapcsolva.

Az egyes fiókok flexibilis csövön gyorscsatlakozóval csatlakoznak a rozsdamentes acélból készült hidegvízelosztóhoz, ill. a melegvízgyűjtőhöz. A vízkör állapotát a melegvízgyűjtőnél elhelyezett vízőrök és vízhőmérséklet-mérők figyelik. A szekrényen belül a vízrendszer hőszigeteléssel van ellátva a páralecsapódás csökkentése érdekében.



8. ábra Sztátor áramirányító kialakítása és mechanikai felépítése



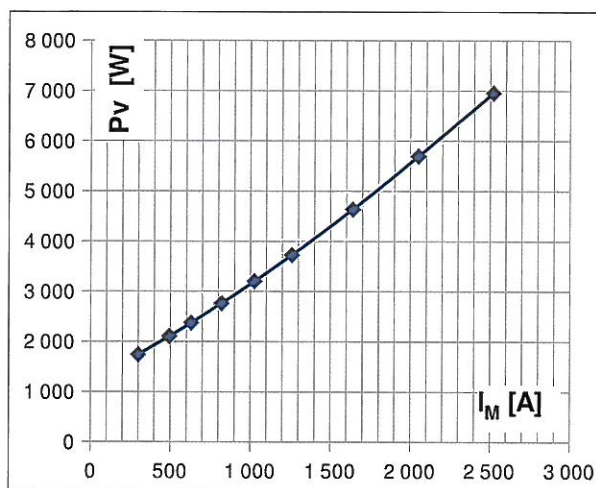
9. ábra TVE-3000 típusú, tirisztoros fiók

A védelmek kialakítása lényegében megegyezik az egyenáramú hajtásoknál alkalmazottakkal. A tirisztorok cellavédelmeinek és a túlfeszültség-védelmi egységeknek az ellenállási vízűtésük. Így a vízűtőkörnek a tirisztorok veszteségein felül, még a védelmi egységek veszteségét is el kell szállítania.



10. ábra A ciklokonverteres hajtás mérése a VHJ Kft. laboratóriumában

A 11. ábrán egy sztátor áramirányítóban keletkező, a víz által elszállítandó veszteségi teljesítményt ábrázoltuk a motoráram függvényében. Minden hőt azonban nem tud elszállítani a vízűtés. Nagy áramok esetén jelentős veszteségek keletkeznek a szekrényen belüli sínekben és kábelekben. Ezt a járulékos hőt egy igen csendes járású (40 dB!) ventilátor szállítja el.

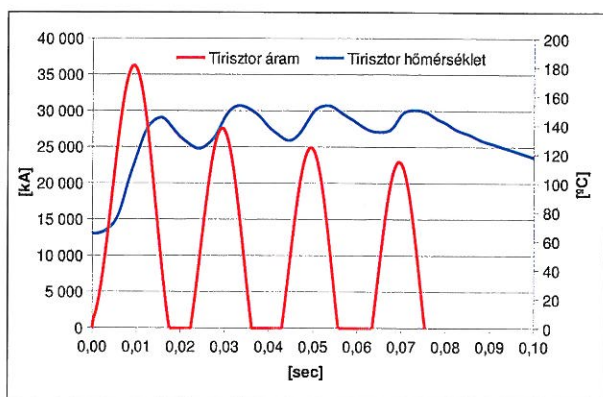


11. ábra Sztátor áramirányító vesztesége

sztátor áramirányító mindig inverter üzemben működik. Ez veszélyes üzem, mert hálózati feszültség kimaradása, vagy hálózati feszültség betörése esetén az inverter üzemben működő áramirányító vezető tirisztorát a soron következő fázis tirisztorra nem tudja kioltani, és így ilyenkor a szinkron gép feszültsége és a hálózati feszültség összege nagy zárati áramot tud létrehozni. Ezen kívül 4/4-es áramirányító esetén mindig előfordulhat, hogy hibás gyűjtás, vagy egyéb okból a működés szempontjából letiltott áramirányító mégis begyűjt, és záratot okoz. Ilyen abnormalis üzemi viszonyok közt kialakuló zárati áramokkal részletesen foglalkozik a [5], [6], [7] irodalom.

A megrendelő előírása szerint az áramirányítóknak meghibásodás nélkül túl kell élnie a vezérlés hibás működését. A kialakuló zárati áramokat a motor felé a beépített gyorskapcsolók kb. 5000 A-ra korlátozzák, de a váltakozó oldali megszakító túláramra, vagy kikapcsolási parancsra csak kb. 80 msec késleltetéssel kapcsol ki. Így az áramirányítóknak a hálózati áram túláramát kb. négy perióduson keresztül kell elviselniük. A nagy áram hatására a tirisztorok túlmelegednek és átmenetileg elveszthetik nyitóirányú záróképességüket, és lényegében diódként viselkednek.

A 12. ábrán annak a tirisztornak az áramát és pn réteg hőmérsékletét ábrázoltuk, amelyiknél a fenti feltételek esetén a legnagyobb áram alakul ki. A pn réteg hőmérsékletét a tirisztor gyártója számította ki a megadott áramalak alapján.



12. ábra Tirisztor árama és hőmérséklete zárlat esetén

A maximális csúcsáram 36 kA. A sínezés zárlati erőhatásra és zárlati melegedésre történő méretezésénél ezt az áramértéket kellett figyelembe venni.

A meghibásodás kezdetekor a tirisztorok a maximális üzem meleg állapotban kb. 65 °C-on dolgoznak. A zárlati áram hatására a tirisztorok pn rétege 154 °C-ra melegszik. A gyártó tájékoztatása szerint ezt a hőmérsékletet üzembiztosan elviseli a tirisztor és visszanyeri nyitóirányú záróképességét, amennyiben elegendő idő áll rendelkezésre a következő terhelési állapotig a lehűlésre.

A cikkben ismertetett ciklokonverteres hajtás Ausztrália egyik rézbányájában 400 m szállítási mélységű bányafelvontót hajt. A berendezés 2013 januárjában lett üzembe helyezve. Az üzembe helyezést és a vezérlésszabályozás szállítását a az angliai GE Converteam cég végezte.

Irodalomjegyzék

- [1] R. Lappe: Thyristor -Stromrichter für Antriebsregelungen. VEB Verlag Technik, Berlin, 1975. S. 281.
- [2] Heumann-Stumpe: Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1974. 127-129 o.
- [3] Weiner Gy.: Nagyáramú áramirányítók hűtése. Magyar Elektronika 1990. VII/3 10., 16. o.
- [4] Molnár K.: Tárcsadiódák felépített egyenirányítók elemzése és vizsgálata. <http://www.powerquattro.hu/hun/art/Tarcsadioda.pdf> 42. o.
- [5] J. Pontt, J. Rodríguez, K. Tischler, N. Becker, J. Rebolledo: Operation of High Power Cycloconverter-Fed Gearless Drives under Abnormal Conditions. 0-7803-8487-3/04/\$20.00 © 004 IEEE
- [6] Luis Nieto C., Markus Ahrens: Gearless Mill Drive Protection Improvements and Its Behavior at Minera Escondida Ltda. 0197-2618/07/\$25.00 © 2007 IEEE
- [7] K. Tischler: The behavior of the cycloconverter fed gearless drive under abnormal electrical conditions. Workshop SAG 2003 October 8-10, Vina del Mar Chile.



Weiner György

Fejlesztési igazgató helyettes

PowerQuattro Egyesült

Teljesítményelektronikai Zrt.

MEE-tag.

pqinfo@powerquattro.hu



Mlinkó Tamás

Irányítástechnikai szakmérnök,

igazságügyi szakértő

PowerQuattro Egyesült

Teljesítményelektronikai Zrt.

MEE-tag.

pqinfo@powerquattro.hu

Schneider Electric

Kétszámjegyű növekedéssel zárta üzleti évét a Schneider Electric hazai leányvállalata

A Schneider Electric, az energiamenedzsment nemzetközi szakértőjének magyarországi leányvállalata 2013-ban is sikeres üzleti évet könyvelt el. Az előzetes eredmények alapján a társaság belföldi kereskedelme **18,6%-os növekedést** teljesített 2012-es eredményeihez képest, mellyel az értékesítés volume **több mint 38 millió euró**, míg a teljes hazai tevékenysége **20,8%-os növekedéssel** meghaladta a **730 millió eurós** értéket. Az elmúlt év során a vállalat üzletáganként is stabil eredményeket produkált: az **Ipar** és az **IT** egyaránt **23%-os**, a **Partner Business** **19%-os**, míg az **Energia** **4%-os bővülést** ért el. A már installált berendezésekkel foglalkozó, értékesítés utáni tevékenységet is végző **Field Services** terület **36%-os növekedéssel** járult hozzá a vállalat teljesítményéhez. Számos sikeres projekt mellett a Schneider Electric stratégiai megállapodást kötött a magyar kormányval, mellyel célja, hogy megerősítse aktív szerepét a magyar gazdaság fenntartható és versenyképes növekedése érdekében.

Az egyes üzletágak tekintetében a **Partner Business** látványos fejlődésen ment át 2013-ban. Ennek egyik oka, hogy a vállalat növelte a disztribúcióban működő, szerződött kiskereskedelmi partnereinek számát, valamint kiemelt hangsúlyt fektetett arra, hogy a fejlesztési projektekből már a tervezési fázisnál jelen legyen szakértelmével és megoldásaival. Mindez hozzájárult a vállalat által sikeresen elnyert projektekhez. Emellett a beruházók körének bővülése - távol-keleti és skandináv cégek hazai megjelenése - is fokozta a társaság üzleti lehetőségeit.

Az építőipar 2013 februárja óta tartó fellendülését is demonstrálja a Partner Business üzletág részeként funkcionáló **Épületek** divízió, mely **42%-kal** növelte bevételét tavaly.

A Schneider Electric **Energia** üzletága a középfelesztésű energiaellátás szegmensében meghatározó hazai tevékenységével **4%-os növekedést** mutatott fel, annak ellenére, hogy a legmeghatározóbb partnerek költségcsökkentésre, a beruházásaik visszaszorítására kényszerültek. A hazai kapcsolóberendezésgyártás két bázisra, a zalaegerszegi és a kunszentmiklósi egységekre koncentrál, továbbá a szigetszentmiklósi logisztikai központban zajlik a kapcsolóberendezések megrendelői igényekre történő tesztelés szabása.

A hazai leányvállalat **Ipar** üzletágának **23%-os** növekedését elsősorban a viszonteladó partnerekkel való hatékonyabb együttműködésnek, valamint a gépgyártói tevékenység fokozatos erősödésének és a komplex kínálat bevezetésének köszönheti.

Hasonló volumenben, **23%-kal** emelkedett az **IT** üzletág értékesítése is, melyet a kiskereskedelmi partnerekkel kialakított szoros együttműködés, valamint a rendszerintegrátor partnerek projektekből nyújtott kiemelkedő teljesítménye eredményezett. Mindezt az okoskiszülékek térhódítása által okozott piacmértéscsökkenés ellenére sikerült elérnie a vállalatnak.

„2014-es terveink közt elsősorban továbbra is a hatékony üzletmenet biztosítása és az értékesítés serkentése szerepel. Várakozásaink szerint idén fokozott figyelemben részesítjük az intelligens épületfelügyeleti rendszereket, továbbá hangsúlyosabb szerepet kap a hűtési rendszerek új portfóliója, az energiamenedzsmenttel kapcsolatos, az energiahatékonyságot támogató készülékek, rendszerek mellett” – mondta Spilkó József, a Schneider Electric magyarországi leányvállalatának vezérigazgatója.

(X)