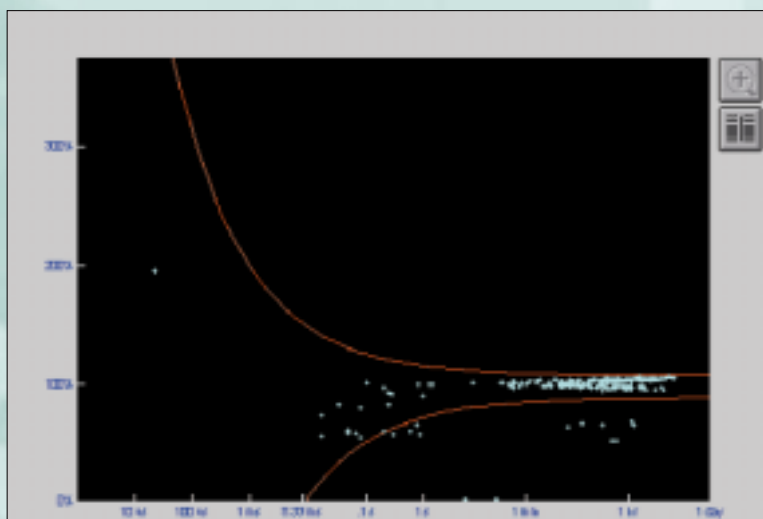


Feszültségletörések *Feszültségletörés kompenzálása*

5.3.2



Feszültségletörések

Feszültségletörés kompenzálása

Derek Maule
Claude Lyons Ltd.
2001. November

Magyar Rézpiaci Központ Hungarian Copper Promotion Centre (HCPC)

A Magyar Rézpiaci Központ a réztermelők és feldolgozók által támogatott non-profit szervezet, amelynek célja a réz és a rézötvözetek használatának, valamint helyes és hatékony alkalmazásának elősegítése. A szolgáltatások, beleértve a műszaki tanácsadást és információs adatközlést, mindazok rendelkezésére állnak, akik bármilyen vonatkozásban érdekeltek a réz felhasználásában. Az egyesülés összeköttetést teremt a kutatás és a felhasználó ipar között, és szoros kapcsolatot tart fenn a világ többi – a rézpiac fejlesztésén tevékenykedő – szervezetével.

Európai Réz Intézet European Copper Institute (ECI)

Az Európai Réz Intézet az ICA (International Copper Association) és az IWCC (International Wrought Copper Council) támogató tagjai által létrehozott szervezet. Tagjain keresztül az ECI a világ legnagyobb réztermelői és Európa vezető réztermék gyártói nevében dolgozik a réztermékek európai piacfejlesztésén. Az 1996 januárjában megalakult ECI-t tíz Rézpiaci Fejlesztési Egyesület (CDA-k) hálózata támogatja a Benelux államokban, Franciaországban, Németországban, Görögországban, Magyarországon, Olaszországban, Lengyelországban, Skandináviában, Spanyolországban és az Egyesült Királyságban. Ezen tevékenység folytatása azon erőfeszítéseknek, amelyeket az 1959-ben alakult Copper Products Development Association (CPDA) és az 1961-ben alakult International Copper Research Association (INCRA) kezdeményezett.

Figyelmeztetés

A Magyar Rézpiaci Központ és az Európai Réz Intézet elhárítja a felelősséget bármilyen közvetlen, közvetett, okozati, vagy véletlenszerű meghibásodásért, amely az ebben a kiadványban közölt információk felhasználásából, vagy az információk illetve a közölt adatok fel nem használhatóságából eredhetnek.

Szerzői jog©: Copper Development Association (CDA)

Magyar fordítás: Magyar Rézpiaci Központ

A kiadvány anyagának másolása, terjesztése engedélyezett, feltéve, hogy az teljes terjedelemben, a forrás megjelölésével történik.



**HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE**

Magyar Rézpiaci Központ
H-1053 Budapest
Képiró u. 9.
Magyarország
Tel: (+36 1) 266 48 10
Fax: (+36 1) 266 48 04
E-mail: info@hcpcinfo.org
Web: www.hcpcinfo.org



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium
Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org

Feszültségletörés kompenzálása

A feszültség letörések általában nem járnak a feszültség nullára csökkenésével, ennek következtében a hálózat nem energiamentes, ugyanakkor azonban a feszültség már nem alkalmas a fogyasztó táplálására. Ebben a fejezetben ilyen típusú feszültség letöréseket kompenzáló berendezéseket ismertetünk. Nem szükséges energia tárolás; a berendezések a maradék feszültséget névlegesre növelik a rendelkezésre álló energiát felhasználva a feszültség letörés idején. Az ilyen berendezéseket összefoglalóan automatikus feszültség stabilizátornak nevezik. Vannak olyan berendezések is, amelyek feszültségkiesés esetén is biztosítják a névleges feszültséget, ezekkel most nem foglalkozunk.

A továbbiakban röviden ismertetjük az automatikus feszültség stabilizátorok alaptípusait. Ismertetésre kerülnek az egyes változatok előnyei és hátrányai, ami megkönnyítheti egy adott célú felhasználásra a legalkalmasabb típus kiválasztását.

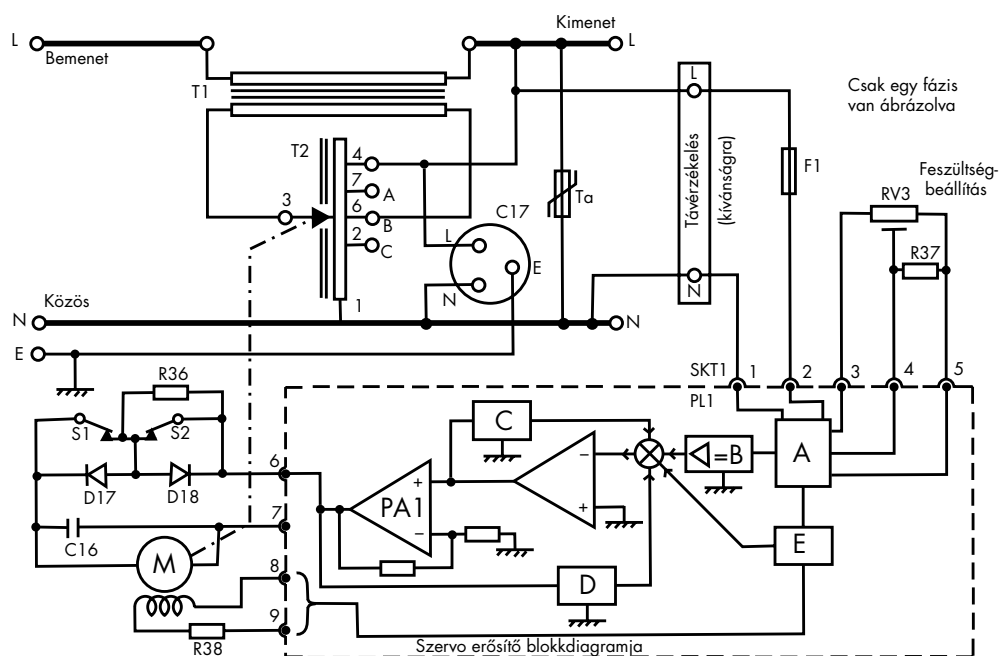
A főbb típusok az alábbiak:

- ♦ Elektromechanikus
- ♦ Ferrorezonáns
- ♦ Elektronikus fokozatkapcsolós
- ♦ Telítődő fojtós (transzduktoros)
- ♦ Elektronikus feszültségszabályozós

Fontos szempont a kiválasztásnál, hogy a megoldás úgy legyen hatékony, hogy közben ne okozzon egyéb problémát. Például, egy nem stabil fordulatszámú járó Diesel-generátor egység feszültségváltozásait ferrorezonáns feszültség stabilizátorral próbáljuk meg kiküszöbölni. A végeredmény az lenne, hogy a generátor 1% frekvencia változása a stabilnak gondolt kimenő feszültségben 1.5% változást okozna.

Elektromechanikus feszültség stabilizátor

A megoldás elve az, hogy az ingadozó bemenő feszültséget egy változtatható áttételű transzformátoron keresztül táplált, a terheléssel sorosan kapcsolt transzformátorral automatikusan szabályozzuk, úgy, hogy a kimenő feszültség megfelelő legyen. A megoldás blokkvázlatát mutatja az 1. ábra.

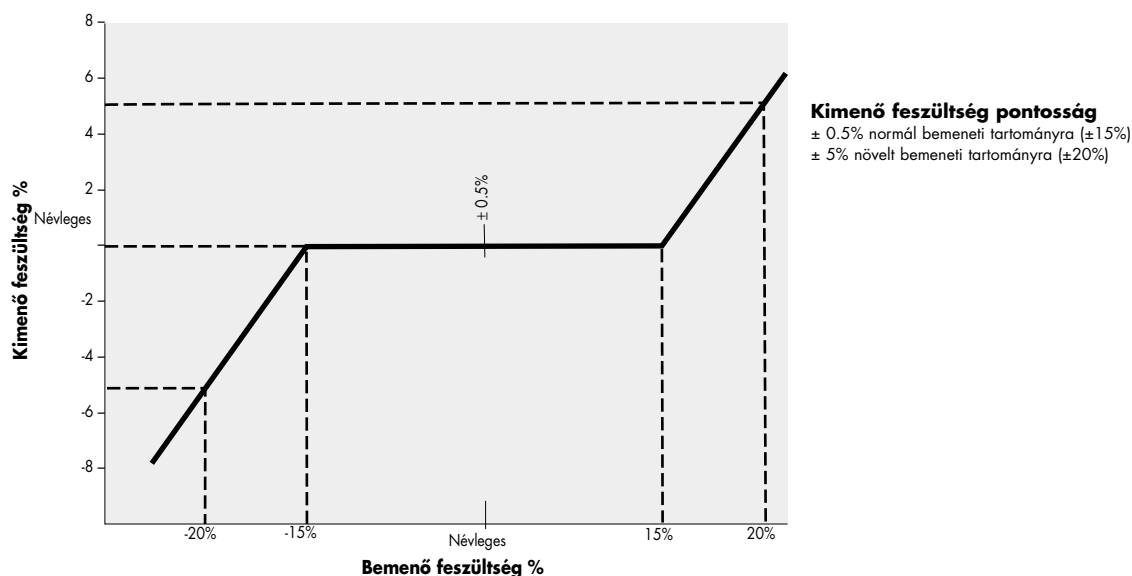


1. ábra Elektromechanikus feszültségszabályozó blokkvázlatja

Feszültségletörés kompenzálása

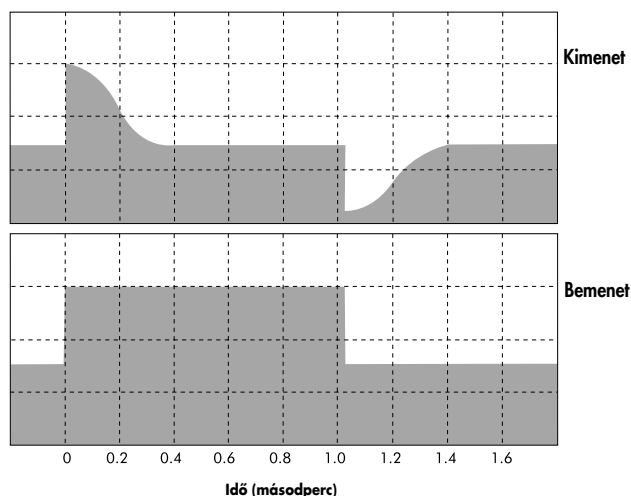
Az ilyen jellegű megoldás egyik nagy előnye, hogy a szabályozott teljesítmény csak kis része a teljes terhelésnek. Például egy 100kVA teljesítményű terhelés tápfeszültségének 10%-on belüli stabilizálásához elegendő 10kVA teljesítményű elektromechanikus szabályozó. A berendezés hatásfoka teljes terhelésnél 98%, de még 10%-os terhelésnél sem csökken 95% alá.

A működés elve a következő. Az elektromechanikus stabilizátor kimenő feszültségét szervoerősítő figyeli. Ha a szabályozott feszültség eltér a beállított értéktől (a terhelés, vagy a tápfeszültség változás miatt) a szervoerősítő motorja a változtatható áttételű transzformátor áttételét olyan irányban és mértékben módosítja, hogy a feszültség az előírt értéknek megfeleljen. A módszer nem kelt harmonikusokat, így nem torzítja a tápfeszültséget. A 2. ábra mutatja, hogy a bemeneti feszültségváltozás addig növekedhet, amíg a kimeneten elfogadható mértékű a feszültségváltozás.



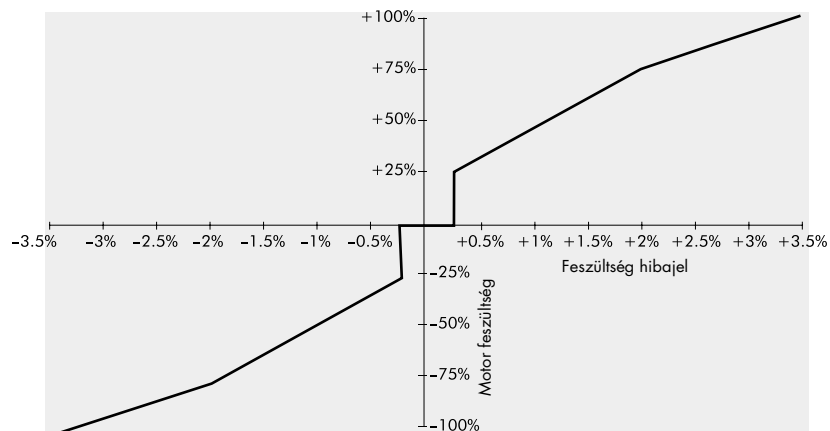
2. ábra 15%-os stabilizátor bemeneti/kimeneti karakterisztikája

A szervorendszer a 3, 4, 5 ábrákon követhetően gyorsan és túllövés nélkül szabályoz.

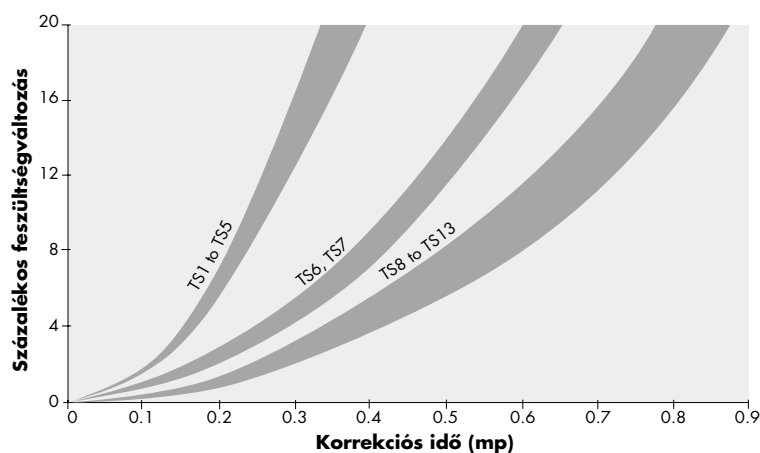


3. ábra Szabályozási idődiagram (40V változás kiszabályozása)

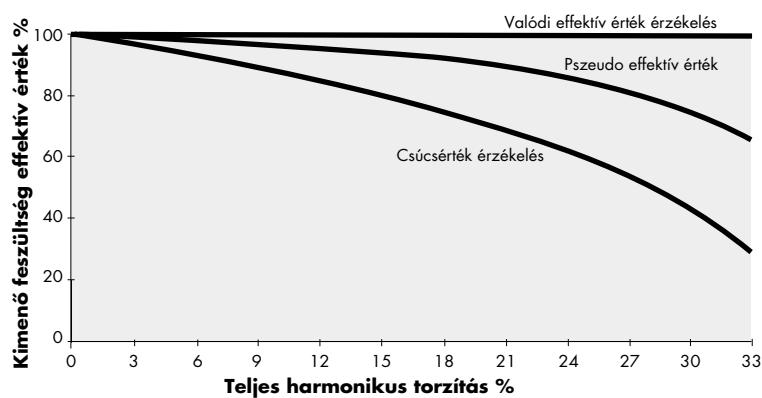
Feszültségletörés kompenzálása



4. ábra A feszültség hibajel és a motorfeszültség kapcsolata – szervoerősítő karakterisztika



5. ábra A százalékos feszültségváltozás a korrekciós idő függvényében - szervoerősítő karakterisztika



6. ábra A kimenő feszültség effektív értéke a teljes harmonikus torzítás függvényében – szervo erősítő karakterisztika

Feszültségletörés kompenzálása

Az elektromechanikus feszültségstabilizátor fő előnyei az alábbiak:

- ♦ Egyszerű szerkezeti felépítés
- ♦ A kimenő feszültség nem érzékeny a terhelés teljesítmény tényezőjére
- ♦ Nagyon kis kimenő impedancia
- ♦ Nagy pontosságú stabilizálás (0.5%)
- ♦ Érzéketlen a hálózati frekvencia változásra
- ♦ Viszonylag kis méret és ár
- ♦ Folyamatos szabályozás
- ♦ A kimenet érzéketlen a feszültségtorzulásra (ld. a 6. ábrát valódi effektív érték érzékelés esetén)
- ♦ Kis szórt mágneses tér

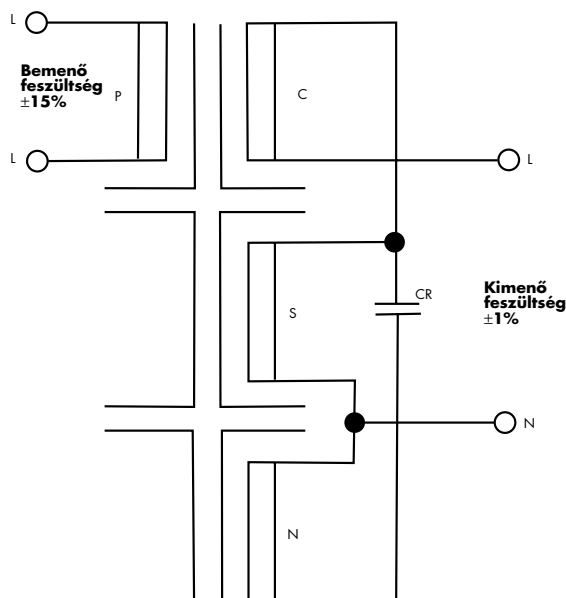
Az elektromechanikus feszültségstabilizátor fő hátrányai az alábbiak:

- ♦ Mozdó alkatrészeket tartalmaz
- ♦ A szabályozási idő 40V feszültségváltozásra tipikusan 15 periódus (300ms) nagyobb, mint egy elektronikus, elektronikus fokozatkapcsolós vagy ferromagnétikus feszültségstabilizátoré.

Ferromagnétikus feszültségszabályozó

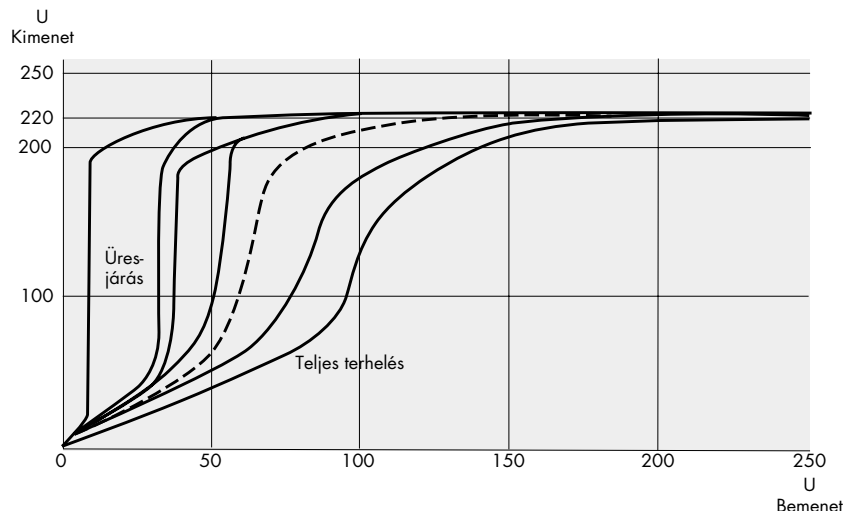
A ferromagnétikus feszültségszabályozó főáramkörét a 7. ábra mutatja. A főáramkör egyfázisú primer tekercsből és söntkondenzátort is tartalmazó három szekunder tekercsből áll. A kiegyenlítő tekercs (N) és a szekunder tekercs (S) a primer tekercstől mágneses sönttel van elválasztva. Ezeknek a söntöknek a mágneses ellenállása nagyon nagy viszonyítva a transzformátor mag középső részének mágneses ellenállásához. A söntök szórási induktivitása a kapacitással (CR) rezonáns kört alkot.

Ha a kimenő feszültség nő, a transzformátor vasmag középső részében nő a fluxus egészen addig, amíg a szekunder tekercs induktív reaktanciája egyenlő nem lesz a kapacitás reaktanciájával. Ebben a pontban a kimenő feszültség nagy a rezonancia következtében akkor is, ha a bemenő feszültség kicsi (8. ábra). A kiegyenlítő tekercs a kimeneti feszültség torzítását csökkenti (kb. 20 %-ról 3 % alá).



7. ábra A ferromagnétikus feszültségszabályozó főáramköre

Feszültségletörés kompenzálása



8. ábra A ferreazonáns feszültségstabilizáló bemeneti/kimeneti karakterisztikái

A teljes szekunder áramkör a 3. harmonikusra rezonál. Ezért a kimenő feszültségben jelentősen csökken a vasmag telítés miatt keletkező 3. harmonikus torzítás.

A kimenő feszültség stabilitását a transzformátor vasmag fluxusa és a kompenzáló tekercs (C) feszültsége határozza meg. Ez azt jelenti, hogy a kimenő feszültség csak akkor változtatható, ha a transzformátoron megcsapolások vannak.

A ferreazonáns feszültségstabilizátor fő előnyei az alábbiak:

- Kis terhelések esetén igen széles bemeneti feszültség tartományban működőképes. 25 %-os terhelésnél a kimeneti feszültség 5 %-on belül marad még akkor is, ha a bemeneti feszültség a névleges feszültségnek csak 35 %-a (8. ábra).
- A kimenet túlterhelés esetén automatikusan áramszabályozott.

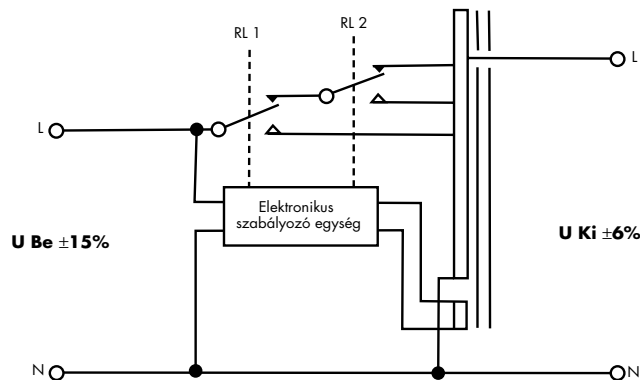
A ferreazonáns feszültségstabilizátor fő hátrányai:

- A kimenő áram automatikus korlátozása nagy áramfelvétellel induló terhelések bekapcsolását megakadályozhatja, hacsak nincs túlméretezve a ferreazonáns feszültségstabilizátor vagy nincs ilyen speciális célra tervezve. Tipikusan ilyen terhelések a motorok és kapcsolóüzemű tápegységek.
- A stabilizátor rezonancián alapul, ezért 1 %-os frekvenciaváltozásra a kimenő feszültség 1.5%-ot változik.
- Szabályozási pontosság jellemzően 3 %.
- A transzformátor vasmagnak telítésbe kell mennie ahhoz, hogy a kimenő feszültséget stabilizálja. A transzformátor körül ilyenkor nagy szórt mágneses tér alakul ki, amely zavarhatja a közeli érzékeny elektronikus berendezéseket.
- Azonos névleges teljesítmény esetén súlya és mérete többszöröse lehet az elektromechanikus feszültségstabilizátorénak.

Elektronikus fokozatkapcsolós feszültségstabilizátor

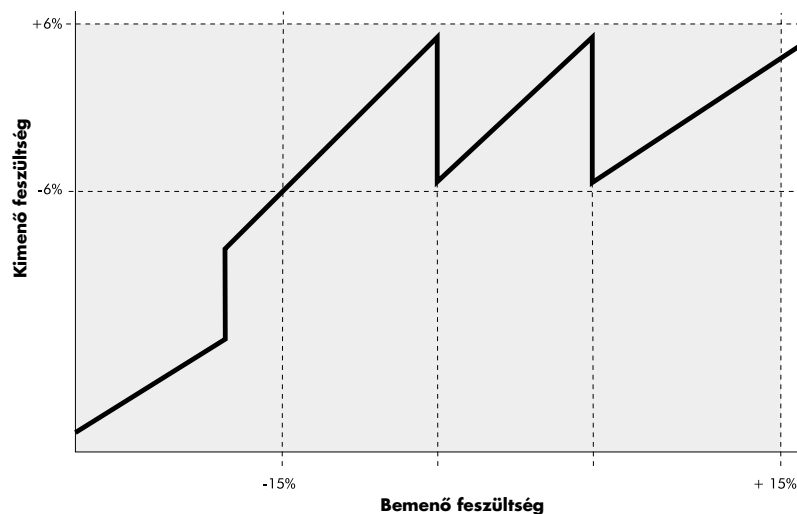
Az elektronikus fokozatkapcsolós feszültségstabilizátorok közös jellemzője, hogy transzformátor vagy takaréktaszformátor bemenetén vagy kimenetén megcsapolás átkapcsolással szabályoznak (9 ábra). A megfelelő megcsapolást kapcsolhatja relé, vagy valamilyen erre alkalmas félvezető elem, például tirisztor. A megcsapolás átkapcsoláskor biztosítani kell, hogy a két megcsapolás között ne keletkezhessen rövidzár.

A bemenő feszültség vagy a kimenő feszültség változását elektronikus érzékelő figyeli, és kiválasztva a megfelelő megcsapolást biztosítja a kimenő feszültség állandóságát.



9. ábra Az elektronikus fokozatkapcsolós feszültszabályozó főáramköre

A megcsapolás átkapcsolás pillanatát az elektronikus szabályozó egység felügyeli, és úgy állítja be, hogy minimális kapcsolási tranzienszt okozzon, ezáltal minimalizálja az elektromágneses kölcsönhatást is. A kimenő feszültség fokozatokban változik, amint a 10. ábrán látható. Ezért ez a típusú stabilizátor csak olyan terheléseknél alkalmazható, amelyeknek megfelel a nem folyamatos feszültszabályozás is.



10. ábra Az elektronikus fokozatkapcsolós feszültszabályozó bemeneti/kimeneti karakterisztikája

Az elektronikus fokozatkapcsolós feszültszabályozó fő előnyei az alábbiak:

- ♦ Jó hatásfok
- ♦ Frekvenciaváltozással szembeni érzéketlenség
- ♦ Kis méret és súly
- ♦ Nem érzékeny a terhelés teljesítménytényezőjére
- ♦ Nem érzékeny a terhelésváltozásra
- ♦ Gyors szabályozás, 1-1.5 periódus
- ♦ Viszonylag olcsó

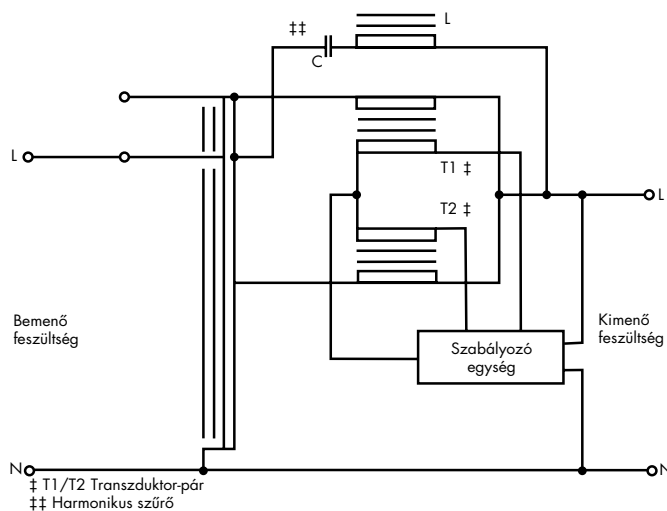
Az elektronikus fokozatkapcsolós feszültszabályozó fő hátrányai az alábbiak:

- ♦ A feszültszabályozás lépésekben történik
- ♦ A kimenő feszültség tartás általában nem jobb 3%-nál
- ♦ A félvezetős megoldás nagyobb megbízhatóságú, de drágább, mint a relés kivitel

Telítődő fojtós (transzduktoros) feszültségstabilizátor

A telítődő fojtós feszültségstabilizátor mágneses szabályozással állítja a transzformátor megcsapolás feszültségét a fogyasztói kimeneten. A mágneses szabályozást transzduktor-pár végzi (T1 és T2 a 11. ábrán). Az elektronikus szabályozó egység ellenőrzi a kimeneti feszültséget és a T1, T2 transzduktorok gerjesztésének szabályozásával stabilizálja a kimeneti feszültséget. A transzduktorok mágneses telítődése következtében keletkező harmonikusokat az ábrán jelölt szűrővel szűrve biztosítható a szinuszos kimenő feszültség.

Annak ellenére, hogy a telítődő fojtós stabilizátor nem tartalmaz mozgó alkatrészt, szabályozása a transzduktor nagy induktivitása miatt viszonylag lassú (400 ms). Ez több, mint egy azonos célú



11 ábra A telítődő fojtós feszültségstabilizátor főáramköre

elektromechanikus stabilizátoré.

A telítődő fojtós feszültségstabilizátor fő előnyei az alábbiak:

- ♦ Mozgó elemet nem tartalmaz
- ♦ Folyamatos a kimenő feszültség szabályozhatósága

A telítődő fojtós feszültségstabilizátor fő hátrányai az alábbiak:

- ♦ Nagy méret és súly
- ♦ Hosszú szabályozási idő
- ♦ Nagy szórt mágneses tér
- ♦ Nagy a belső impedancia, ami befolyásolhatja a nagy indítóáramú terheléseket
- ♦ A kimenő feszültség torzítása függ a frekvenciától
- ♦ A kimenő feszültség szabályozási pontossága függ a hálózati frekvenciától és a terhelés teljesítménytervezőjétől

Elektronikus feszültségstabilizátor

Az elektronikus feszültségszabályozó nagyon gyors, jól szabályozható, mozgó alkatrészt nem tartalmaz és nem igényel transzformátor megcsapolást.

Az elektronikus feszültségszabályozó fő eleme a teljesítményszabályozó. A megoldástól függően, a teljesítményszabályozó egy buck/boost transzformátor primer tekercsét táplálja, fázisban vagy ellenfázisban a tápfeszültséggel. A buck/boost transzformátor szekunder tekercse a tápfeszültség és a

Feszültségletörés kompenzálása

terhelés közé sorosan van kötve. A teljesítményszabályozó növeli vagy csökkenti a tápfeszültséget, oly módon, hogy a terhelésre jutó kimenő feszültség állandó maradjon.

Az elektronikus teljesítmény szabályozó egységet két IGBT (insulated gate bipolar transistor) biztosítja, amely impulzusszélességmodulációs üzemben működik maximum 20 kHz kapcsolási frekvenciával. A kétirányú kapcsolásra alkalmas egység a kimenő feszültség stabilizálását a referencia és a mért feszültség különbségéből képzett hibajel nagyságától és irányától függően az impulzusok szélességének változtatásával végzi. A nagyfrekvenciával (20kHz) kapcsolt impulzusszélesség modulált feszültséget megfelelő szűrés után a tápfeszültség és a fogyasztói feszültség közé kell iktatni. Ez történhet közvetlenül takarékos transzformátoron keresztül, vagy buck/boost transzformátoron keresztül. A beiktatott feszültség irányát és nagyságát változtatva, a szabályozó hozzáadja a bemenő feszültséghez, biztosítva ezáltal a fogyasztói feszültség stabilitását.

A fogyasztói oldali túlterhelések és zárlatok idejére az IGBT elemek védelmét meg kell oldani. Általában sőtölik a szabályozót, így a túlterhelés-és zárlatvédelmet ellátó olvadó biztosító kioldási idejét nem befolyásolja a feszültségstabilizátor, ezáltal a fogyasztói oldali védelmi elvek nem sérülnek.

Az elektronikus feszültségszabályozók fő előnyei az alábbiak:

- Nagy szabályozási pontosság
- Nagyon gyors szabályozás (fél periodus)
- Megcsapolás átkapcsolás nélkül is széles szabályozási tartomány
- Érzéketlen a tápoldali frekvencia változásra
- Kis méret és súly

Az elektronikus feszültségszabályozók fő hátránya:

- Jelenleg még drágább a többi megoldásnál

Megoldás	Szabályozás tartomány	Folyamatosság	Gyorsaság	Pontosság	Terhelés szabályozás	Méret/ kVA	Ár/kVA	Pontszám összeg	Normált (%)
Elektromechanikus	10	10	6	10	10	9	9	64	91
Ferrorezonáns	8	8 (B)	9 (B)	5	8 (D)	3	7	48	69
Elektronikus megcsapolás átkapcsoló	8 (A)	6 (A)	10	5 (A)	6 (C)	10	10	55	79
Telítődő fojtó	8	10	5	8	8 (D)	4 (E)	6	49	70
Elektronikus	10	10	10	10	10	10	8	68	97

Megjegyzés:

Értékelés: 1-rossz, 10-kiváló

(A) - a megcsapolások számától függ. (B) - a terheléstől függ, kis terhelésnél túllövés előfordulhat. (C) - a megcsapolások számától és a torzítási tényezőtől függ. (D) - a teljesítménytényezőtől függ. A szabályozás instabillá válhat, ha a terhelés időállandója megegyezik a szabályozás időállandójával. (E) - a kimenő feszültség torzítási tényezője frekvenciafüggő.

1. táblázat A feszültségstabilizátor megoldások összehasonlítása

Az 1. táblázat a feszültségstabilizátor megoldások összehasonlítását tartalmazza. Látható, hogy az elektronikus feszültségstabilizátor a leghatékonyabb az érzékeny elektronikus berendezések tápfeszültségének szabályozására. A feszültségletörések szabályozására alkalmas különböző megoldások költséghatékonysága nagy mértékben függ a stabil feszültséget kívánó terhelés érzékenységtől és nagyságától és a stabilizálás által előidézett járulékos problémákkal szembeni tűrőképességtől. Igaz, hogy jelenleg az elektronikus feszültségstabilizátor jóval költségesebb, mint a többi megoldás, a jövőben azonban várható az egyre nagyobb teljesítményű IGBT vagy egyéb kétirányú kapcsolásra alkalmas gyors félvezető eszközök továbbfejlesztése. Ez az irányzat minden valószínűség szerint nagy mértékben csökkenti az elektronikus feszültségszabályozók árát, így azok a közeljövőben széles körben alkalmazásra kerülnek a tápfeszültség stabilitására érzékeny elektronikus eszközök feszültségstabilizátoraként.

Network Partners

Copper Benelux

168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 7090
Fax: 00 32 2 777 7099
Email: mail@copperbenelux.org
Web: www.copperbenelux.org

Contact: Mr B Dôme

Copper Development Association

Verulam Industrial Estate
224 London Road
St Albans
Hertfordshire AL1 1AQ
England

Tel: 00 44 1727 731205
Fax: 00 44 1727 731216
Email: copperdev@compuserve.com
Webs: www.cda.org.uk & www.brass.org

Contact: Mrs A Vessey

Deutsches Kupferinstitut e.V

Am Bonneshof 5
D-40474 Duesseldorf
Germany

Tel: 00 49 211 4796 323
Fax: 00 49 211 4796 310
Email: sfassbinder@kupferinstitut.de
Web: www.kupferinstitut.de

Contact: Mr S Fassbinder

ECD Services

Via Cardinal Maffi 21
I-27100 Pavia
Italy

Tel: 00 39 0382 538934
Fax: 00 39 0382 308028
Email: info@ecd.it
Web: www.ecd.it

Contact: Dr A Baggini

European Copper Institute

168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Web: www.eurocopper.org

Contact: Mr H De Keulenaer

Hevrox

Schoebroekstraat 62
B-3583 Beringen
Belgium

Tel: 00 32 11 454 420
Fax: 00 32 11 454 423
Email: info@hevrox.be

Contact: Mr I Hendrikx

HTW

Goebenstrasse 40
D-66117 Saarbruecken
Germany

Tel: 00 49 681 5867 279
Fax: 00 49 681 5867 302
Email: wlang@htw-saarland.de

Contact: Prof Dr W Langguth

Istituto Italiano del Rame

Via Corradino d'Ascanio 4
I-20142 Milano
Italy

Tel: 00 39 02 89301330
Fax: 00 39 02 89301513
Email: ist-rame@wirednet.it
Web: www.iir.it

Contact: Mr V Loconsolo

KU Leuven

Kasteelpark Arenberg 10
B-3001 Leuven-Heverlee
Belgium

Tel: 00 32 16 32 10 20
Fax: 00 32 16 32 19 85
Email: ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be

Contact: Prof Dr R Belmans

Polish Copper Promotion Centre SA

Pl.1 Maja 1-2
PL-50-136 Wroclaw
Poland

Tel: 00 48 71 78 12 502
Fax: 00 48 71 78 12 504
Email: copperpl@wroclaw.top.pl

Contact: Mr P Jurasz

TU Bergamo

Viale G Marconi 5
I-24044 Dalmine (BG)
Italy

Tel: 00 39 035 27 73 07
Fax: 00 39 035 56 27 79
Email: graziana@unibg.it

Contact: Prof R Colombi

TU Wroclaw

Wybrzeze Wyspianskiego 27
PL-50-370 Wroclaw
Poland

Tel: 00 48 71 32 80 192
Fax: 00 48 71 32 03 596
Email: i8@elektryk.ie.pwr.wroc.pl

Contact: Prof Dr H Markiewicz



Derek Maule



Claude Lyons Ltd
Brook Road
Waltham Cross
Herts EN8 7LR

Tel: 01992 768888
Fax: 01992 788000
Email: pqm@claudelyons.co.uk
Website: www.claudelyons.co.uk



**HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE**

Magyar Rézpiaci Központ
H-1053 Budapest
Képiró u. 9.
Magyarország

Tel: (+36 1) 266 48 10
Fax: (+36 1) 266 48 04
E-mail: info@hcpcinfo.org
Web: www.hcpcinfo.org



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org