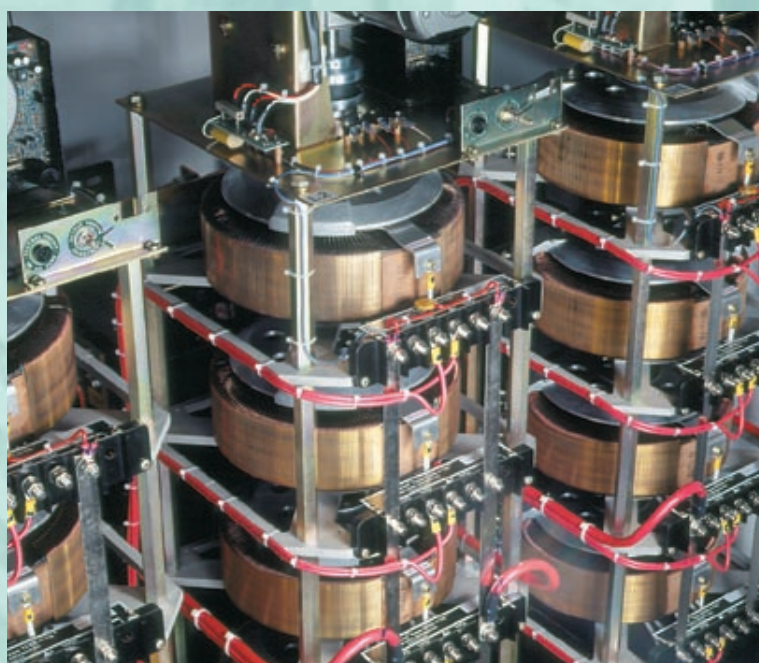
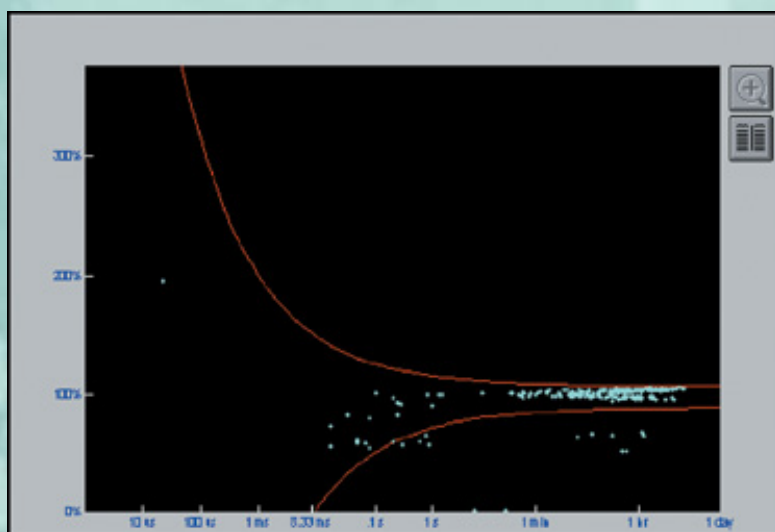


# Kvalita elektrické energie - průvodce



## *Poklesy napětí* *Zmírnění poklesu napětí*

5.3.2.



HUNGARIAN COPPER  
PROMOTION CENTRE

HUNGARIAN  
**COPPER**  
PROMOTION CENTRE

*Poklesy napětí*

# Poklesy napětí

## Zmírnění poklesu napětí

Derek Maule, Claude Lyons Ltd., Anglie

Překlad: Josef Gavlas, Miloslav Kužela, Pavel Santarius, FEI Technická univerzita Ostrava,  
červen 2003

### Hungarian Copper Promotion Centre (HCPC)

HCPC je nezisková organizace financovaná producenty mědi a výrobci zpracovávajícími měď. Jejím cílem je podporovat používání mědi a měděných slitin a napomáhat jejich správné a účinné aplikaci. Služby HCPC, mezi něž patří i poskytování informací a technického poradenství, jsou dostupné zájemcům o využití mědi ve všech oborech. Sdružení rovněž slouží jako prostředník mezi výzkumnými organizacemi a průmyslovými uživateli a udržuje těsné styky s obdobnými střediskami mědi ve světě.

### Fakulta elektrotechniky a informatiky VŠB Technická univerzita Ostrava (FEI - TUO)

Fakulta elektrotechniky a informatiky zahájila svou činnost na VŠB Technické univerzitě v Ostravě od 1. ledna 1991. Fakulta zajišťuje všechny formy vysokoškolského studia (tj. bakalářské, magisterské a doktorské) ve studijním programu Elektrotechnika a informatika s ucelenou strukturou elektrotechnických oborů a inženýrské informatiky. Nedílnou součástí činností pedagogů na fakultě je i vědecko-výzkumná činnost, kde jedním z nosných programů je kvalita elektrické energie s hlavním zaměřením na problematiku monitorování parametrů kvality a na problematiku harmonických v elektrických sítích.

### European Copper Institute (ECI)

European Copper Institute je organizací založenou podporujícími členy ICA (International Copper Association) a IWCC (International Wrought Copper Council). ECI zastupuje největší světové producenty mědi a přední evropské výrobce při propagaci mědi v Evropě. ECI, který byl založen v roce 1996, se opírá o síť deseti národních organizací mědi (Copper Development Associations - 'CDAs') v Beneluxu, Francii, Německu, Řecku, Maďarsku, Itálii, Polsku, Skandinávii, Španělsku a Spojeném království. Navazuje na činnost sdružení Copper Products Development Association založeného v roce 1959 a INCRA (International Copper Research Association) založeného v roce 1961.

### Upozornění

Obsah tohoto materiálu nemusí nutně vyjadřovat názor Evropského společenství a není pro něj ani závazný.

European Copper Institute a Hungarian Copper Promotion Centre odmítají odpovědnost za jakékoliv přímé, nepřímé či vedlejší škody, které mohou být způsobeny nesprávným využitím informací v této publikaci.

Copyright© European Copper Institute a Copper Development Association.

Česká verze byla připravena ve spolupráci HCPC a Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB - Technické Univerzity Ostrava.

Reprodukce je možná za předpokladu, že materiál bude otištěn v nezkrácené podobě a s uvedením zdroje.



**HUNGARIAN COPPER  
PROMOTION CENTRE**

Hungarian Copper  
Promotion Centre  
Képiró u. 9  
H - 1053 Budapest  
Maďarsko  
Tel.: 00 361 266 4810  
Tel.: 00 361 266 4804  
E-mail: hcpc@euroweb.hu  
Website: www.hcpcinfo.org



VŠB-TU Ostrava  
Fakulta elektrotechniky  
a informatiky  
Katedra elektroenergetiky  
17. listopadu 15  
CZ 708 33 Ostrava-Poruba  
Tel.: +420 597324279  
Tel.: +420 596919597  
E-mail: pavel.santarius@vsb.cz  
Website: homen.vsb.cz/san50/



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

## Zmírnění poklesu napětí

Většina poklesů napětí v napájecím systému má významné zbytkové napětí, takže energie je stále dostupná, ale při příliš nízkém napětí, které by bylo užitečné pro zátěž. Tato část Průvodce pojednává o zařízeních pro zmírnění poklesu napětí. Nemí vyžadován žádný mechanismus akumulování energie; tato zařízení generují plné napětí z energie stále dostupné při sníženém napětí (a zvýšeném proudu) během poklesu. Zařízení se všeobecně nazývají automatické stabilizátory napětí. Jsou k dispozici i jiné typy zařízení, které ošetřují poklesy, kde zbytkové napětí je nulové. Tyto jsou popsány v jiné části tohoto Průvodce.

Tato část podává základní popis každého typu automatického stabilizátoru napětí. Jsou uvedeny jejich výhody a nevýhody, aby se umožnil vhodný výběr stabilizátoru napětí pro konkrétní aplikaci.

Hlavní typy automatických stabilizátorů napětí jsou následující:

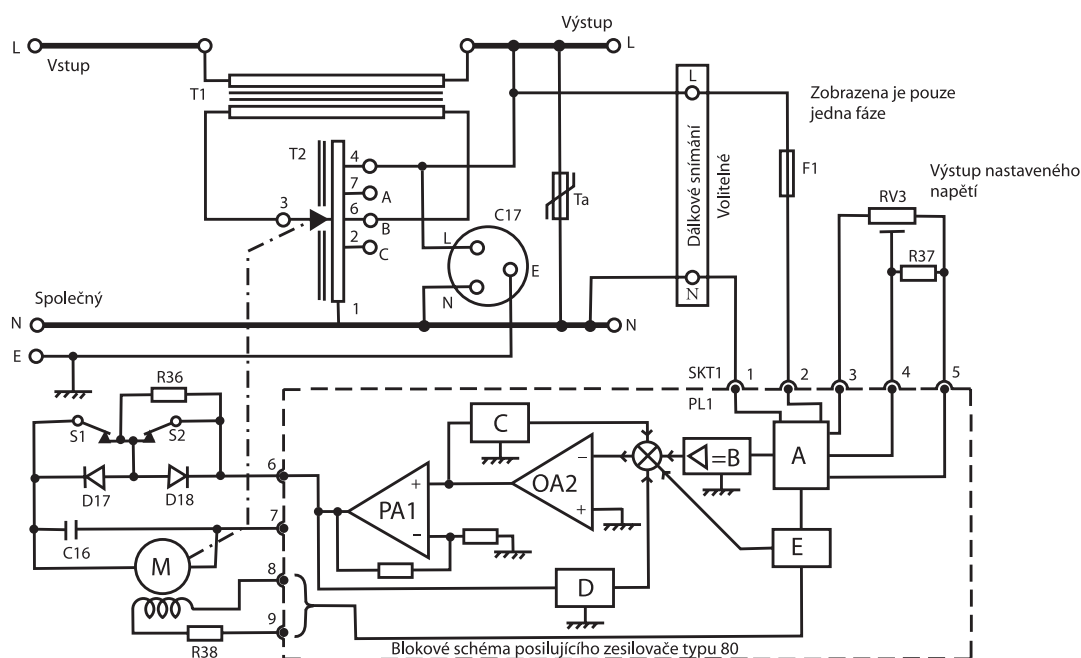
1. Elektromechanický
2. Ferorezonanční nebo konstantní transformátor napětí ( CVT )
3. Elektronické krokové regulátory
4. Nasycené reaktory ( transduktory )
5. Elektronický stabilizátor napětí ( EVS ).

Při výběru automatického stabilizátoru napětí je důležité, aby vybrané řešení řešilo konkrétní problém, aniž by se vytvářely další problémy. Jedním z příkladů by bylo připojení ferorezonančního stabilizátoru k výstupu generátoru horší jakosti, aby se snížily změny napětí. Výsledný efekt by byl nepříznivě ovlivněn změnami frekvence generátoru horší jakosti, který by generoval 1,5% změnu střídavého napětí pro každou 1% změnu frekvence.

Dále následuje podrobnější popis každého z typů automatických stabilizátorů napětí:

## Elektromechanický

Princip tohoto typu stabilizátoru je automatické řízení vnitřního regulačního transformátoru tak, aby se kompenzovala odchylka vstupního napětí ze střídavé napájecí sítě. Výstup regulačního transformátoru napájí primární vinutí snížovacího transformátoru pro zvýšení výkonu, jehož sekundární vinutí je spojeno do série mezi napájením a zátěží tak, aby se injektovalo kladné nebo záporné korekční napětí do napájecího vedení, jak je uvedeno na Obr. 1.

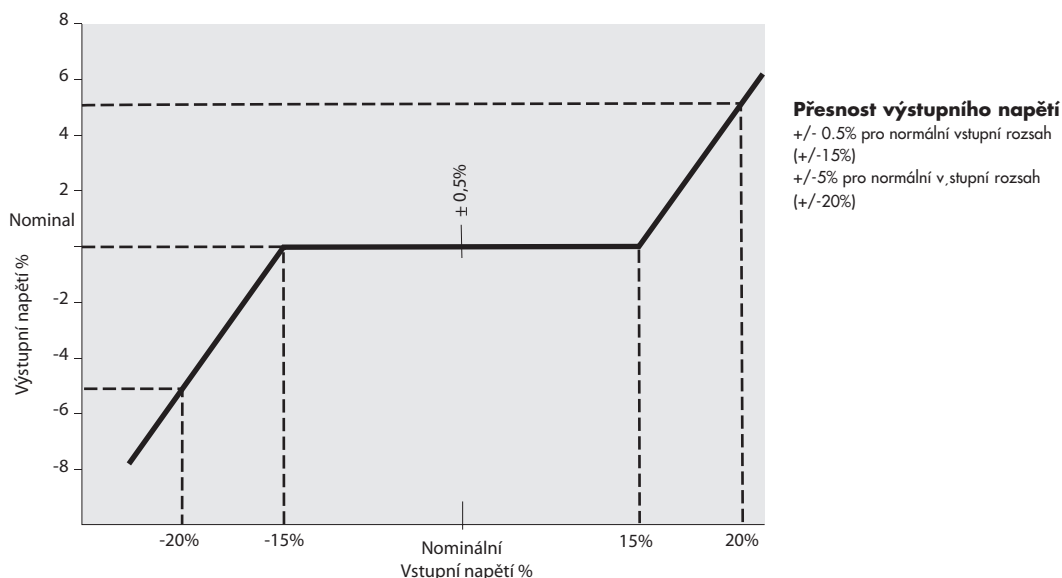


Obr. 1 - Základní obvodový diagram elektromechanického regulátoru napětí

# Zmírnění poklesu napětí

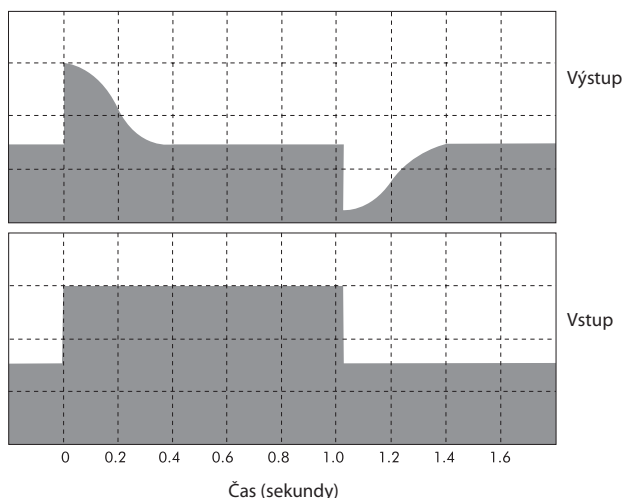
Jednou z hlavních výhod tohoto typu stabilizátoru je, že skutečně řízená energie je pouze malá část celkové energie zátěže. Např. pro řízení zátěže 100kVA pro napájecí napětí v rozpětí  $\pm 10\%$ , elektromechanický stabilizátor napětí by potřeboval pouze max. 10kVA. Elektrická povaha cesty energie předurčuje, že účinnost je obvykle 98% při plné zátěži. Dokonce při malých zátěžích, řekněme 10% maximální zátěže, je účinnost stále větší než 95%.

Výstupní napětí elektromechanického stabilizátoru je monitorováno servozsilovačem. Jestliže se stabilizované výstupní napětí odchyluje od předem nastavené hodnoty vlivem změny v napájecím napětí nebo zátěžovém proudu, servozsilovač bude pohánět motor, který pak otáčí kartáčovou kotvu proměnného transformátoru v požadovaném směru, aby se zvýšilo nebo snížilo přídavné napětí tak, až je přesná, předem nastavená hodnota výstupního napětí obnovena. Tato metoda stabilizace napětí neprodukuje harmonické, a tím pádem nezvyšuje zkreslení napájecího napětí. Obr. 2 ukazuje, že vstupní rozsah může být překročen, za předpokladu akceptování zvýšení odchylky napětí.



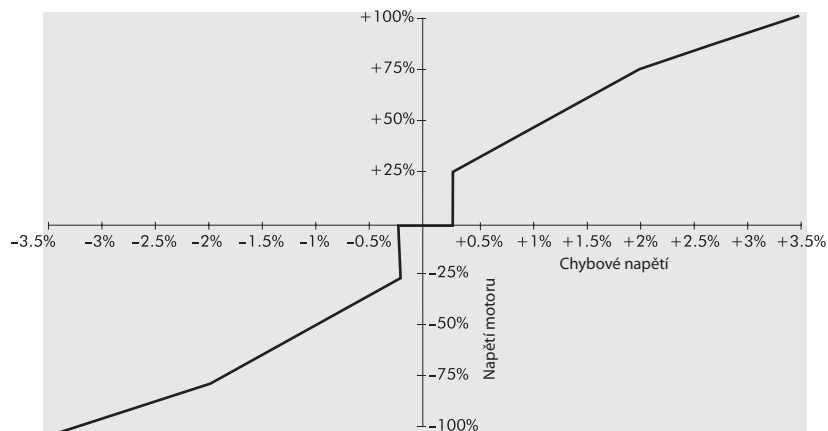
Obr. 2 - Vstupně/výstupní charakteristika pro  $\pm 15\%$  stabilizátor

Činnost servosystému je výjimečně rychlá s řízeným zpomalováním, výsledkem čehož je nulový překmit, viz. Obr. 3, 4 a 5. Snímání výstupního napětí automaticky kompenzuje jakoukoli změnu zátěžového proudu. Dálkové snímače umožňují, aby se zjistilo napětí u externího bodu, což dovoluje korekci poklesů napětí v kabelech, když je zátěž v určité vzdálenosti od stabilizátoru.

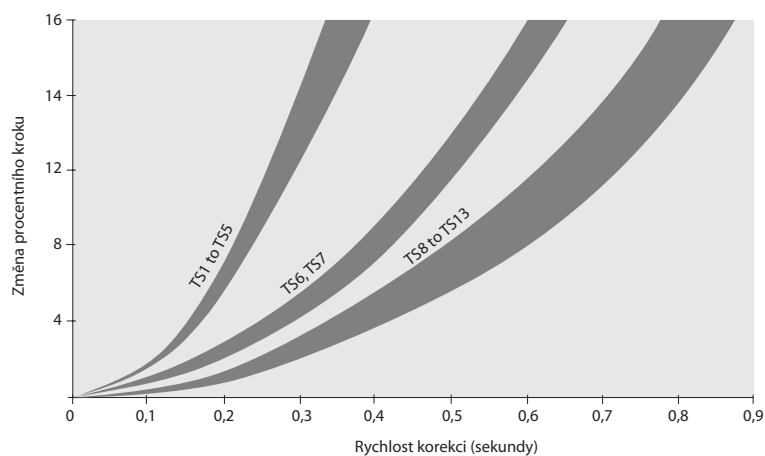


Obr.3 - Oscilogram znázorňující typické opravné časy stabilizátoru napětí pro 40 voltový krok

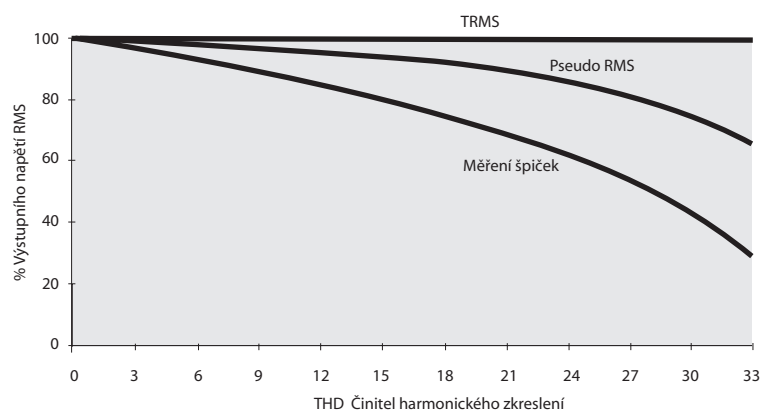
# Zmírnění poklesu napětí



Obr. 4 - Vztah mezi chybovým napětím a motorovým napětím - servozesilovač typ 80



Obr.5 - Typické korekční časy vzhledem ke změně procentuálního kroku - servozesilovač typ 80



Obr. 6 - Efektivní hodnota výstupního napětí vzhledem k činiteli harmonického zkreslení - servozesilovač typ 80

# Zmírnění poklesu napětí

Hlavní výhody elektromechanického stabilizátoru napětí jsou následující:

- Jednoduchý návrh
- Výstupní napětí je necitlivé k účinníku zátěže
- Výstupní napětí automaticky kompenzuje změny zátěže
- Velmi nízká výstupní impedance
- Vysoká přesnost stabilizace, typicky  $\pm 0,5\%$
- Zcela necitlivý na napájecí frekvenci
- Relativně nízké náklady a velikost
- Hladké plynulé řízení
- Výstup je necitlivý na zkreslení napájecího napětí (skutečné efektivní hodnoty TRMS - viz Obr. 6)
- Velmi nízká externí magnetická pole (žádné magnetické proudy v saturaci)

Hlavní nevýhody elektromechanického stabilizátoru napětí jsou:

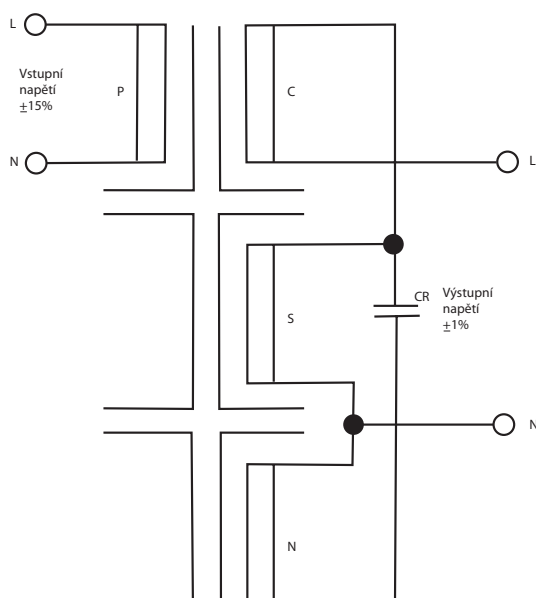
- Stabilizátor má pohyblivé části
- Doba odezvy je obvykle 15 cyklů (300 ms) pro změnu 40 V. Je pomalejší než elektronický krokový regulátor nebo statický ferorezonanční stabilizátor (CVT).

## 2. Ferorezonanční regulátor neboli Transformátor konstantního napětí (CVT)

Základní obvod transformátoru konstantního napětí (CVT) je ukázán na Obr. 7 a skládá se z transformátoru s jednoduchým základním vinutím a tří sekundárních vinutí spolu s jednoduchým paralelním kondenzátorem.

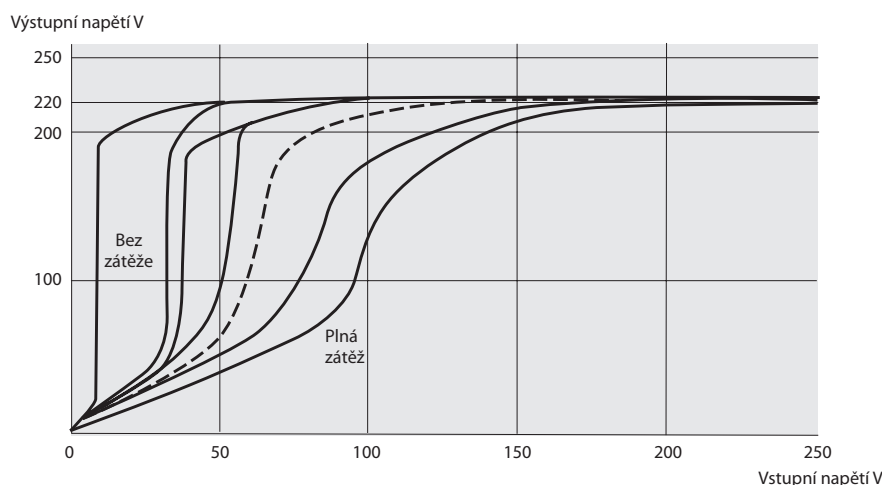
Neutralizační vinutí (N) a sekundární vinutí (S) jsou oddělená od primárního vinutí magnetickými bočnickými. Magnetický odpor těchto bočníků je velmi vysoký ve srovnání s magnetickým odporem centrální části transformátorového jádra. Rozptylová indukčnost vyrobená těmito bočnickými spolu s kondenzátorem (CR) vytváří rezonanční obvod.

Když je zvýšeno vstupní napětí, tok v centrální části transformátorového jádra se také zvyšuje, dokud induktivní reaktance sekundárního vinutí není stejná jako reaktance kondenzátoru. V tomto bodě je výstupní napětí vysoké vlivem rezonance obvodu, ačkoli vstupní napětí je docela malé (Obr. 8). Neutralizační vinutí snižuje zkreslení výstupního napětí z okolo 20% na méně než 3%.



Obr. 7 - Základní obvod CVT

# Zmírnění poklesu napětí



Obr. 8 - Vstupně/výstupní charakteristika CVT

Celkový sekundární obvod má rezonanci na třetí harmonické. Toto neutralizuje většinu harmonických generovaných saturací jádra a produkuje poměrně dokonalou sinusovou křivku.

Stabilita výstupu je předurčena tokem v transformátorovém jádru a napětím generovaným kompenzačním vinutím ( C ). To znamená, že výstupní napětí může být změněno pouze pomocí odboček na transformátoru.

Hlavní výhody ferorezonančního stabilizátoru ( CVT ) jsou následující:

- Schopnost mít výjimečně široký vstupní rozsah při nízkých zátěžích. Při 25% zátěži je výstup udržován na  $\pm 5\%$ , dokonce když je vstupní napětí pouze 35% nominálního napětí ( Obr. 8 ).
- Výstup CVT bude automaticky proudově limitován při přetížení.

Hlavní nevýhody ferorezonančního stabilizátoru ( CVT ) jsou následující:

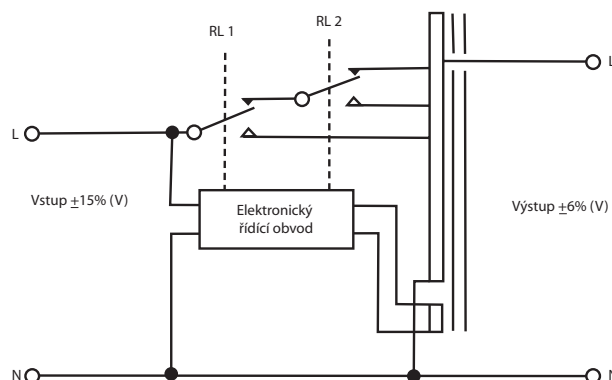
- Prvek, který automaticky limituje výstupní proud ( viz výše ), může zabránit zátěžím, které vyžadují spouštěcí rázové proudy, aby se správně spouštěly. CVT pak musí být předimenzováno, nebo konkrétně navrženo pro danou aplikaci. Typické příklady jsou motorové zátěže a spínané zdroje .
- Transformátor je závislý na rezonanci, a tím pádem výstupní napětí se změní o 1,5% pro každou 1% změnu napájecí frekvence.
- CVT má omezenou přesnost stabilizace, obvykle  $\pm 3\%$ .
- Transformátorové jádro pracuje se saturací, aby se dosáhlo konstantního výstupního napětí. To také vytváří velmi vysoká magnetická pole kolem transformátoru, který může způsobit problémy u citlivého zařízení, které je umístěno blízko CVT.
- Velikost a hmotnost pro daný jmenovitý výkon může být mnohokrát větší než stejně zatížitelný elektromechanický automatický stabilizátor napětí.

## Elektronické krokové regulátory ( přepínače odboček )

Elektronické krokové regulátory pracují tak, že volí oddělené odbočky na vstupu nebo výstupu autotransformátoru ( Obr. 9 ). Tento výběr odboček může provést relé nebo polovodičové zařízení jako je tyristor. Pokud použijeme relé, jsou v provozu pouze v okamžiku změny odbočky. Avšak pokud použijeme tyristor, bude v provozu 50krát za sekundu, jestliže je vybrán, tj. vypne a zapne se v každém cyklu 50Hz napájení. V této aplikaci se relé osvědčila jako spolehlivější.

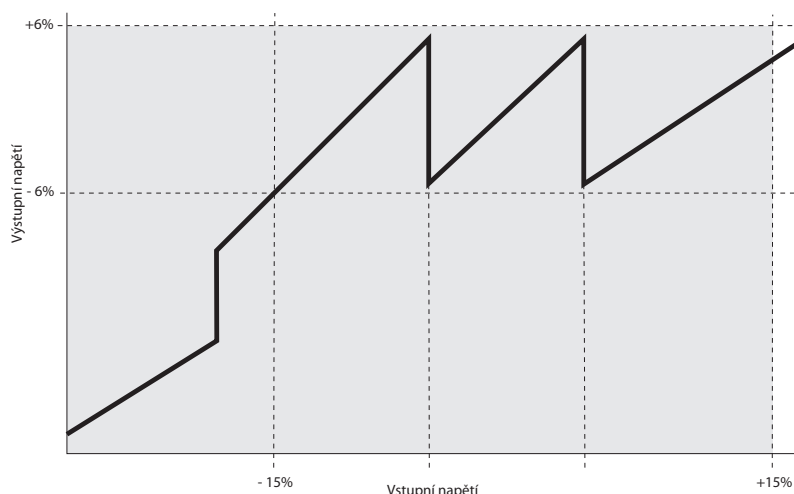
Odchytky vstupního napájecího napětí jsou monitorovány elektronickým snímačem, který automaticky spíná vhodnou odbočku na transformátoru pomocí relé a tím udržuje požadované výstupní napětí.

# Zmírnění poklesu napětí



Obr. 9 - Základní obvod pro krokový regulátor

Okamžik přepínání odboček transformátoru je fázován elektronickými obvody tak, aby se vyskytoval velmi blízko okamžiku průchodu nulou napájecího napětí, čímž se zajišťuje, že jakákoli radiová interference nebo spínací přechodové jevy jsou sníženy na minimum. Výstupní napětí se mění "po krocích" (stupňovitě), viz Obr. 10. Proto by se tento typ stabilizace napětí neměl použít pro osvětlení nebo při jiných zátěžích, které nemohou připustit krokové změny ve vstupním napájecím napětí.



Obr. 10 - Vstupně/výstupní charakteristika pro krokový regulátor

Hlavní výhody elektronického krokového regulátoru jsou následující:

- Velmi vysoká účinnost
- Žádná citlivost na změny frekvence
- Malá velikost a váha
- Necitlivý na účiník zátěže
- Necitlivý na změny zátěže
- Rychlá odezva, obvykle 1-1,5 cyklů ( 20-30 ms )
- Relativně nízké náklady

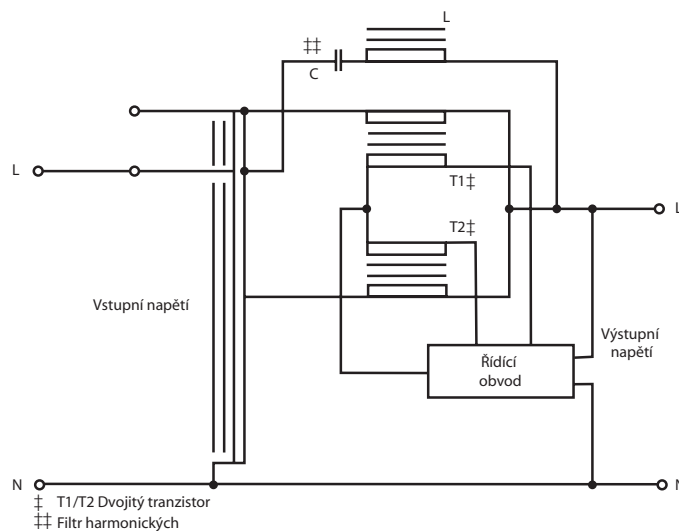
Hlavní nevýhody elektronického krokového regulátoru jsou následující:

- Regulace ( stabilizace ) napětí je prováděná skokově
- Tolerance výstupního napětí je normálně nad +/-3%
- Spolehlivost může být omezena, pokud jsou použity polovodičové součástky ke spínání zátěžového proudu

## 4. Nasycený reaktor ( transduktor )

Nasycený reaktor jako stabilizátor funguje tak, že generuje magneticky řízenou pohyblivou odbočku vyrobenou dvojitou transduktorovou sestavou ( montážním celkem T1-T2 na Obr. 11). Elektronicky řízený obvod detekuje výstupní napětí a nastavuje řídicí vinutí T1 a T2 tak, aby se opravila jakákoli chyba. Sycení transduktorů způsobuje zkreslení napětí, které musí být odstraněno filtry, aby se zajistil dobrý sinusový průběh.

I když sycený reaktor nemá žádné pohyblivé části, jeho doba reakce může být pomalá, asi 20 cyklů ( 400 ms ) kvůli indukanci transduktorů. Toto je mnohem pomalejší než srovnatelný elektromechanický stabilizátor.



Obr. 11 - Obvod regulátoru satureovatelného reaktoru

Hlavní výhody syceného reaktoru jsou následující:

- Žádné pohyblivé části
- Hladké, plynulé řízení

Hlavní nevýhody syceného reaktoru jsou následující:

- Velké rozměry a váha
- Doba odezvy je pomalejší než u elektromechanického automatického stabilizátoru napětí s podobnou kapacitou
- Mohou být generována velká magnetická pole
- Rozsah napětí je závislý na účinnku zátěže
- Velká vnitřní impedance může ovlivnit některé vysoké proudové zátěže
- Zkreslení výstupního napětí je závislé na napájecí frekvenci
- Přesnost výstupu je závislá na napájecí frekvenci a účinnku zátěže

## Elektronický stabilizátor napětí

Automatický elektronický stabilizátor napětí je velmi rychlý a odolný stabilizátor, který nemá žádné pohyblivé části a nevyžaduje změny odboček.

Hlavní složkou elektronického stabilizátoru napětí je elektronický výkonový regulátor. Podle typu výkonový regulátor dodává napětí do primárního snižovacího/zvyšovacího transformátoru, který je buď ve fázi nebo v protifázi. Sekundární vinutí snižovacího/zvyšovacího transformátoru je zapojeno mezi vstupní napájecí napětí a zátěž. Výkonový regulátor tak může přidat ( přičíst ) nebo odebrat ( odečíst ) napětí k napájecímu napětí nebo bude řídit zátěž přímo prostřednictvím autotransformátoru.

# Zmírnění poklesu napětí

Funkce elektronické regulace výkonu je zajištěna pomocí dvou obousměrných přepínačů založených na IGBT technologii (bipolární transistor s izolovanou bránou), které se používají k oříznutí vstupního napětí na frekvenci 20 kHz s šířkou pulsu závislou na požadovaném výstupním napětí. Regulátor výkonu porovnává 50 Hz-ové stabilizační výstupní napětí se stabilním referenčním napětím a výsledná odchylka je použita k řízení dvou obousměrných přepínačů. Vysokofrekvenční, pulsně-šířkově modulovaný průběh (PWM), je pak filtrován a dodáván buď do primární části transformátoru pro zvyšování/snižování napětí, kde se přičítá nebo odčítá sekundární napětí potřebné velikosti k zajištění stabilního výstupního napětí, nebo je dodáván přímo zátěži přes autotransformátor.

Při přetížení nebo zkratu se používá paralelní přemostovací obvod k odklonění proudu z IGBT komponentů. Tím je zajištěna jejich ochrana a poruchový proud tam může být chráněn pojistkou.

Hlavní výhody elektronického stabilizátoru napětí jsou následující:

- Vysoká přesnost stabilizace
- Rychlá odezva, obvykle 0,5 cyklu (10 ms)
- Velký rozptyl vstupního napětí bez nutnosti použít transformátorové přepínače
- Necitlivost vůči výkyvům vstupní frekvence
- Malá velikost a hmotnost

Hlavní nevýhodou elektronického stabilizátoru napětí je:

- Vyšší cena než u jiných, stejně hodnocených, elektromechanických stabilizátorů napětí

Metoda	Vstupní rozsah	Jemnost řízení	Rychlost odezvy	Přesnost stabilizace	Regulace zátěže	velikost na kVA	Cena za kVA	Celkem ze 70	Normalizováno (%)
Elektromechanický TS	10	10	6	10	10	9	9	64	91
Statický ferorezonanční regulátor konstat. napětí VRT	8	8 (B)	9 (B)	5	8 (D)	3	7	48	69
Elektronický krokový regulátor MVC	8 (A)	6 (A)	10	5 (A)	6 (C)	10	10	55	79
Nasycený regulátor	8	10	5	8	8 (D)	4 (E)	6	49	70
Elektronický napěťový stabilizátor EVS	10	10	10	10	10	10	8	68	97

## Poznámky:

Stupnice: 1 - špatné, 10 - vynikající

(A) Závisí na počtu odboček. (B) Závisí na náběhu. Při malých zátěžích může dojít k "překmitnutí zátěže". (C) Závisí na zkruslení průběhu a počtu odboček. (D) Závisí na účinnosti a typu zátěže (odporová, kapacitní, induktivní). Tato technika se může stát nestabilní pokud je časová konstanta zátěže blízká časové konstantě stabilizátoru. (E) Zkruslení výstupního průběhu je závislé na frekvenci.

## Tabulka 1 - Porovnání technik pro stabilizaci napětí.

Tabulka 1 ukazuje porovnání technik používaných v napěťových stabilizátorech. Můžeme vidět, že elektronický stabilizátor napětí je neefektivnější pro regulování vstupního napětí pro citlivá elektronická zařízení. Elektromechanický automatický napěťový stabilizátor se stal v průmyslu dobře ověřeným "standardem". Horní hranice pro rychlost a velikost zátěže jsou u elektromechanického napěťového stabilizátoru omezeny pouze rychlostí mechanických pohonů různých transformátorů použitých během procesu napěťové regulace. Cenová výhodnost různých řešení je velmi vázaná na hodnotu a citlivost zátěží, vyžadujících dodávku stabilního napětí a na potřebě zamezit dodatečným problémům vzniklým použitím některého z procesů pro stabilizaci výkonu. Ačkoliv je cena za kVA u elektronického stabilizátoru napětí větší než u elektromechanického stabilizátoru nebo elektronického krokového regulátoru, budoucí vývoj a dostupnost výkonnějších IGBT prvků a jejich nevyhnutelné zlevnění věští světlou budoucnost pro elektronický stabilizátor napětí, jako pro nejrychlejší, neefektivnější a cenově nejvýhodnější metodu pro stabilizaci vstupního napětí pro citlivá elektronická zařízení.

# Evropská střediska promoce mědi

---

## Země Beneluxu

Copper Benelux  
Avenue de Tervueren 168  
B - 1150 Brussels  
Belgium  
Tel: 00 32 2 777 7090  
Fax: 00 32 2 777 7099  
Email: mail@copperbenelux.org  
Website: www.copperbenelux.org

Kontakt: Mr B D#me - Ředitel

## Francie

Centre d' Information du Cuivre et Lations  
30 Avenue de Messine  
F - 75008 Paris  
Tel: 00 33 1 42 25 25 67  
Fax: 00 33 1 49 53 03 82  
Email: centre@cuivre.org  
Website: www.cuivre.org  
Kontakt: Mr P Blazy - Ředitel

## Německo

Deutsches Kupfer- Institut e.V  
Am Bonneshof 5  
D - 40474 Dusseldorf  
  
Tel: 00 49 211 4796 300  
Fax: 00 49 211 4796 310  
Email: info@kupferinstitut.de  
Website: www.kupferinstitut.de  
Kontakt: Dr W Seitz - Ředitel  
Ředitelka

## Řecko

Hellinic Copper Development Institute  
74 L Riankour Str  
GR - 115 23 Athens  
Tel: 00 30 1 690 4406-7  
Fax: 00 30 1 690 4463  
Email: info@copper.org.gr  
Kontakt: Mr D Simopoulos - Ředitel

## Česká Republika, Maďarsko, Slovensko

Hungarian Copper Promotion Centre  
Képiró u. 9.  
H - 1053 Budapest  
Maďarsko  
Hertfordshire AL1 1AQ  
Tel: 00 36 1 266 4810  
Fax: 00 36 1 266 4804  
Email: hcpc.bp@euroweb.hu  
Kontakt: Mr R Pintér - Ředitel

## Itálie

Istituto Italiano del Rame  
Via Corradino D'Ascaino 1  
I - 20142 Milano  
  
Tel: 00 39 02 89301330  
Fax: 00 39 02 89301513  
Email: ist-rame@wirenet.it  
Website: www.iir.it

Kontakt: Mr V Loconsolo - Ředitel

## Polsko

Polish Copper Promotion Centre Sa  
Pl. 1 Maja 1-2  
Pl - 50 - 136 Wroclaw  
Tel: 00 48 71 78 12 502, 78 12 383  
Fax: 00 48 71 78 12 504  
Email: copperpl@wroclaw.top.pl

Kontakt: Mr P Jurasz - Ředitel

## Skandinávie

Scandinavian Copper  
Development Association  
Kopparbergsvägen 28  
S - 72188 Västeras  
Sweden  
Tel: 00 46 21 19 86 20  
Fax: 00 46 21 19 80 35  
Email: scda.info@outokumpu.fi  
Website: www.scda.com  
Kontakt: Mrs M Sundberg -

## Španělsko

Centro Espanol de Informacion del Cobre  
Princesa 79  
E - 28008 Madrid  
Tel: 00 34 91 544 8451  
Fax: 00 34 91 544 8884  
Email: cedic@pasanet.es  
Kontakt: Mr. J.R. Morales - Ředitel

## Velká Británie

Copper Development Association  
Verulam Industrial Estate  
224 London Road  
St Albans  
  
Tel: 00 44 1727 731200  
Fax: 00 44 1727 731216  
Email: copperdev@compuserve.com  
Websites: www.cda.org.uk & www.brass.org  
Kontakt: Mrs A Vessey - Manažerka



*Derek Maule*



Claude Lyons Ltd  
Brook Road  
Waltham Cross  
Herts EN8 7LR  
United Kingdom

Tel.: 00 44 1992 768888  
Fax: 00 44 1992 788000  
Email: [pqm@claudelyons.co.uk](mailto:pqm@claudelyons.co.uk)  
Website: [www.claudelyons.co.uk](http://www.claudelyons.co.uk)



HUNGARIAN COPPER  
PROMOTION CENTRE

Hungarian Copper  
Promotion Centre  
Képiró u. 9  
H - 1053 Budapest  
Maďarsko  
Tel.: 00 361 266 4810  
Tel.: 00 361 266 4804  
E-mail: [hpcp@euroweb.hu](mailto:hpcp@euroweb.hu)  
Website: [www.hpcpinfo.org](http://www.hpcpinfo.org)



VŠB-TU Ostrava  
Fakulta elektrotechniky  
a informatiky  
Katedra elektroenergetiky  
17. listopadu 15  
CZ 708 33 Ostrava-Poruba  
Tel.: +420 597324279  
Tel.: +420 596919597  
E-mail: [pavel.santarius@vsb.cz](mailto:pavel.santarius@vsb.cz)  
Website: [homen.vsb.cz/san50/](http://homen.vsb.cz/san50/)



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](mailto:eci@eurocopper.org)  
Website: [www.eurocopper.org](http://www.eurocopper.org)