

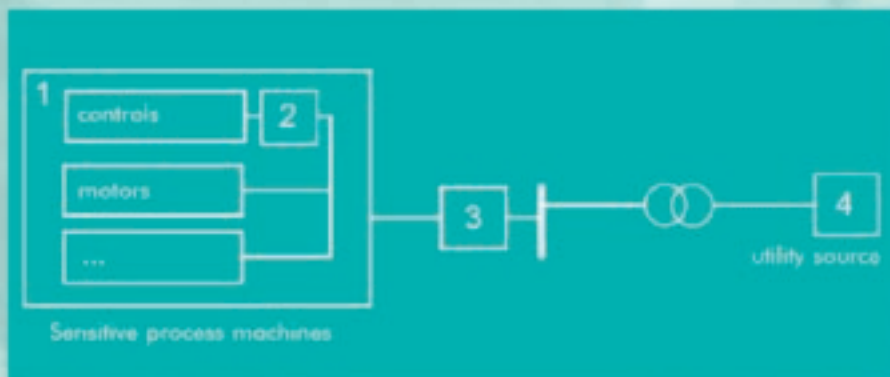
Kvalita elektrické energie - průvodce



Poklesy napětí

5.3.4

Doporučení pro výběr vhodného zařízení zmírňujícího poklesy napětí



HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE

HUNGARIAN
COPPER
PROMOTION CENTRE

Poklesy napětí

Poklesy napětí

Část 5.3.4. Poruchy napětí - Doporučení pro výběr vhodného zařízení zmírňujícího poklesy napětí

Autor: Dr ir Marcel Didden, Laborelec April 2005

Autoři překladu: Josef Gavlas, Pavel Santarius, Petr Krejčí

FEI Technická univerzita Ostrava, Prosinec 2005



Tento Průvodce byl vytvořen v rámci programu Leonardo Power Quality Initiative (LPQI), což je evropský vzdělávací program podporovaný Evropskou komisí (v rámci programu Leonardo da Vinci) a Mezinárodní asociací mědi (International Copper Association). Více informací naleznete na www.lpqi.org.

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 středisky 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 el. měření
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/

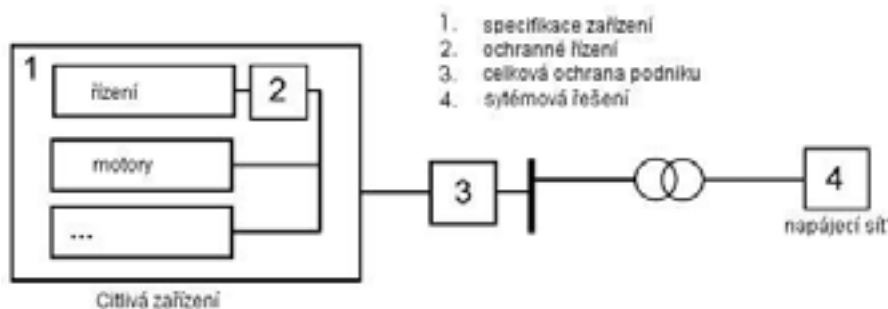


European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B - 1150 Brussels
Belgium
Tel.: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org

Úvod

Tento článek porovnává různé systémy ochranných průmyslových zařízení proti poklesům napětí (setrvačnick, statický zdroj UPS, dynamický obnovovač napětí, statický kompenzátor, paralelně připojený synchronní motor a sériový injektor bez transformátoru). Tyto systémy jsou porovnávány s ohledem na schopnost odolávat poklesům a několik dalších technických a ekonomických parametrů.

Pokles napětí, jak je definován v EN 50160, je pokles napájecího napětí mezi 10 až 99% pro krátký čas (<1 minuta) [1]. Poklesy jsou známy tím, že patří k nejnákladnějším jevům kvality elektrické energie v průmyslu. Existují různá řešení pro snížení nákladů způsobených poklesy napětí: Jsou často rozdělovány do čtyř kategorií uvedených na obrázku 1 [2].



Obrázek 1 – Možné metody zmírňování

Modifikace vybavení zařízení samotného (č. 1 a č. 2 na obrázku 1) vede k nejlevnější realizaci, ale není to vždy možné, protože výrobci nevyrábějí vhodná zařízení snadno dostupná na trhu. Pro regulované pohony jsou tyto možnosti probrány v části 5.3.3). Modifikování napájecí sítě (č. 4 na obrázku 1), ačkoliv zajímavá možnost (probrána v části 5.5.1), není vždy možné a je pravděpodobně velmi drahé. Pouze postupy, které mohou být obvykle aplikovány, jsou ochranná opatření instalovaná mezi citlivá zařízení a síť (č. 3 na obrázku 1), a o těchto je pojednáno v této části.

Teoreticky, nainstalovaný nepřerušitelný zdroj napájení (UPS) je nejjednodušší cestou k ochraně citlivých zařízení proti všem poklesům. Díky jeho značným pořizovacím nákladům a nákladům na údržbu, je zařízení UPS instalováno do strukturálních bází pouze na místa, kde jsou velmi vysoké škody v důsledku problémů s napájením elektrickou energií, jako jsou nemocnice, počítačová zařízení a finanční instituce. V ostatních případech, zahrnující především průmyslová zařízení, musí být instalace ochranných zařízení předmětem analýzy finančního přínosu, které často ukazují, že instalování UPS je příliš drahé [7].

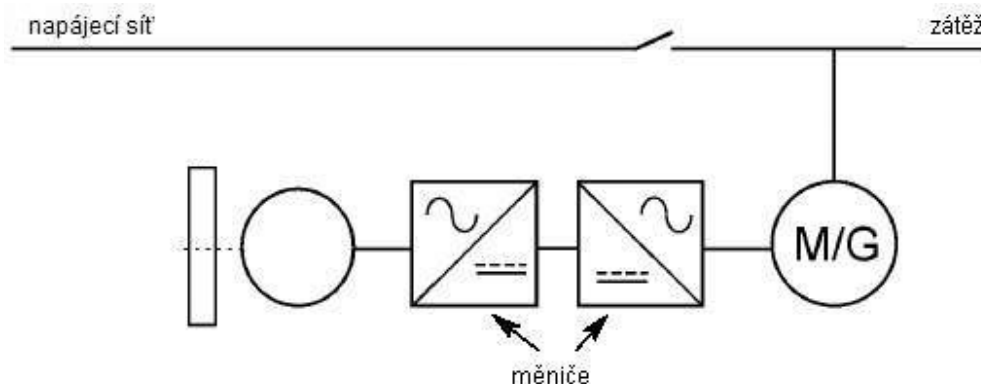
Značné rozšíření problémů poklesů napětí v průmyslových zařízeních díky přístrojům citlivým na poklesy, vedlo k tomu, že se řešení ochrannými zařízeními proti těmto poklesům stalo komerčně dostupné. Následkem široké rozmanitosti a zahraničních dodavatelů těchto systémů specifických názvů není výběr optimálního technicko-ekonomického řešení daného problému jednoduchý. Tato kapitola analyzuje množství systémů, které mohou být instalovány v existujících zařízeních obsahující vybavení citlivé na poklesy napětí.

Tato část poukazuje na účinky (z hlediska množství zabránění výpadku zařízení), které mohou být očekávány po instalování těchto systémů, bere v úvahu statistiky poklesů z různých zemí. Především jsou popsány typy zařízení. Následně je hodnocena schopnost odolávat poklesům a další technické a ekonomické aspekty. Bere v úvahu provedení popsaných systémů s ohledem na tyto aspekty, jsou poskytnuty návody pro praktické situace.

Typy zařízení pro zmírnění poklesů

Setrvačnický

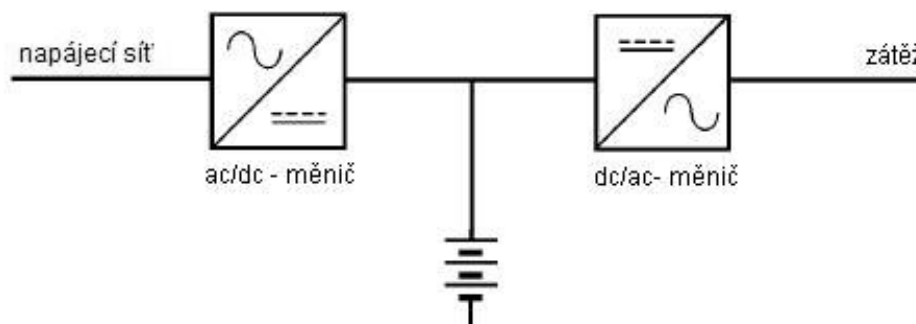
Kombinace setrvačnick a motorgenerátor (M/G) může chránit kritická zařízení proti všem poklesům napětí, jejichž délka trvání je kratší než doba doběhu setrvačnicku. Při výskytu poklesu se motorgenerátor nastaví na napájení zátěže, energie je dodávána pozvolna zpomalujícím setrvačnickem. Existují topologie rozdílných připojení setrvačnicku k M/G, obrázek 2 ukazuje hlavní součásti zapojení využívající výkonovou elektroniku.



Obrázek 2 – Blokovaný diagram průchozího systému využívající setrvačnick

Statický zdroj UPS s minimální energetickou akumulací

Obrázek 3 ukazuje topologii frekvenčně nezávislého napětí (VFI), přímé nebo dvojitě konverze, statického zdroje UPS. Tato zařízení jsou hlavně určena pro udržení napájení v průběhu přerušování napájení, předpokladem je poskytnout například dostatečnou podporu pro řádné ukončení činnosti. V průběhu přerušování je zátěž napájena z baterie prostřednictvím dc/ac měniče. Jestliže je jednotka potřebná pouze pro ochranu proti poklesům, akumulace energie může být zajištěna kondenzátorem; toto opatření je často označováno jako kondicionér.



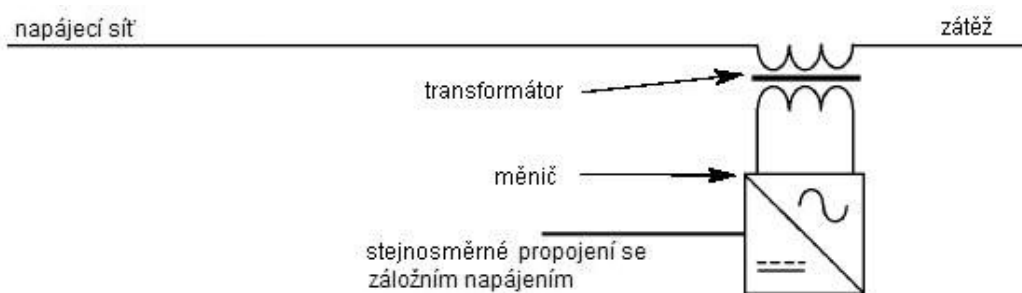
Obrázek 3 – Blokovaný diagram frekvenčně nezávislého napětí statického zdroje UPS

Dynamický obnovovač napětí (DVR)

V průběhu poklesu napětí dynamický obnovovač napětí (DVR) dodává chybějící napětí prostřednictvím transformátoru, instalovaného sériově se zátěží [5]. Zátěž zůstává připojena k síti a DVR vypočítává ztracenou část napěťové křivky a napravuje ji. V závislosti na koncepci, energie pro zátěž je v průběhu poklesu dodávána buď ze sítě nebo z přídatné energetické akumulací jednotky (obvykle kondenzátorová baterie).

První typ (dále označovaný DVR-1) nemá akumulaci energie a je trvale připojen k síti. Při výskytu poklesu je energie generující požadovaný rozdíl napětí hrazena z napájení (s větším proudem), tedy zařízení se nemůže vyrovnat s velmi malými zbytkovými napětími. Tento typ DVR je komerčně dostupný se schopností navýšovat napětí až do 50%. Novější analýzy odkazují na verze s kapacitou navýšení o 30%, jelikož to je považováno za cenově nejefektivnější pro výrobce.

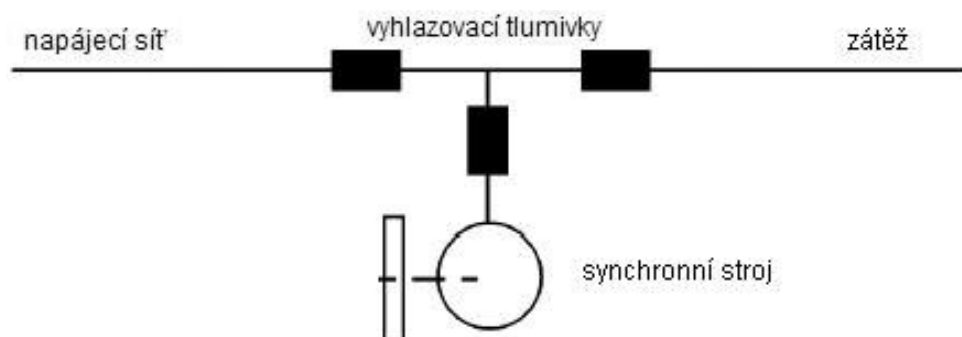
Druhý typ (obrázek 4, dále označovaný DVR-2) má akumulaci energie a je vhodnější pro větší zátěže. Jednotka je navržena podle výkonu, který může být injektován; schopnost navýšení napětí tedy závisí na zátěži. Jednotka 2 MW může navýšit napětí 4 MW zátěže o 50%, nebo u 8 MW zátěže o 25%. V protikladu s většinou ostatních zařízení schopnost akumulace energie je důvodem pro užití při delších poklesech. Typ akumulace energie je důležitým faktorem. Kondenzátory mají relativně nízkou akumulací hustotu, ale nabíjení pro přípravu na další poruchu napájení je velmi rychlé, zatímco vysokorychlostní setrvačnické mají velkou akumulací hustotu, ale potřebují relativně dlouhou dobu „nabíjení“. Tyto případy jsou detailně rozebrány v části 4.3.1. tohoto Průvodce.



Obrázek 4 – Blokovaný diagram dynamického obnovovače napětí (DVR-2)

Paralelně připojený synchronní stroj

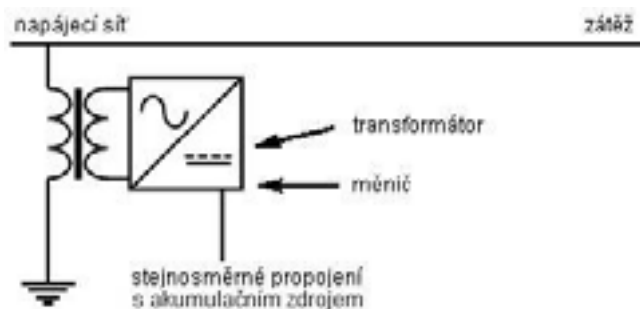
Paralelně připojený synchronní stroj má některé podobnosti se statickým kompenzátorem, ale neobsahuje výkonovou elektroniku. Schopnost synchronního stroje dodávat velký jalový proud umožňuje tomuto systému zvýšit napětí o 60% na nejméně 6 sekund. Navíc malý setrvačnick chrání zátěž proti úplnému výpadku na 100 ms (tento jev není brán v úvahu v pozdějších analýzách).



Obrázek 5 – Blokovaný diagram paralelně připojeného synchronního stroje a setrvačnicku

Statický kompenzátor

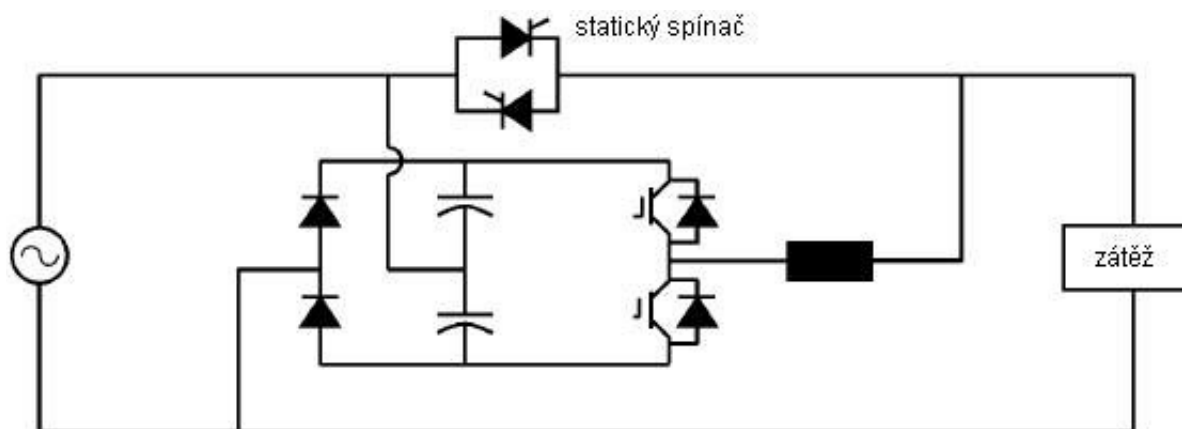
Statický kompenzátor (static VAR compensator) [5] je proudový injektor připojený paralelně k zátěži (obrázek 6). Statický kompenzátor zmírňuje poklesy napětí injektováním jalové energie do systému. Schopnost zmírňovat poklesy může být zvýšena přidavnou akumulací energie jako například supravodivým magnetickým akumulátorem energie (SMES) [8].



Obrázek 6 – Blokovaný diagram statického kompenzátoru

Sériový injektor bez transformátoru

V případě poklesu napětí je statický spínač sériového injektorového zařízení (obrázek 7) otevřen a zátěž je napájena z invertoru. Výkon stejnosměrné přípojnice invertoru je udržován nabíjením dvou sériově zapojených kondenzátorů. Pro pokles do 50% zůstatkového napětí musí být zátěži dodáno jmenovité napětí. Volitelný doplňkový akumulací zdroj (například další kondenzátory) může zmírnit celkový výpadek pro omezený čas poruchy a zmírnit hlubší asymetrický pokles, jako například celkový výpadek jedné fáze. Dále je uvažována pouze základní funkce.



Obrázek 7 – Blokový diagram sériového injektoru bez transformátoru

Schopnost zmírňovat poklesy

Tato kapitola porovnává výše popsané systémy s ohledem na jejich schopnost zmírňovat poklesy. Přesněji, je analyzováno množství poklesů napětí způsobující poruchy zařízení, které budou zmírněny. Jsou požadovány tři důležité parametry k provedení řádné analýzy:

- relativní četnost poklesů určité hloubky
- úroveň odolnosti
- citlivost zařízení.

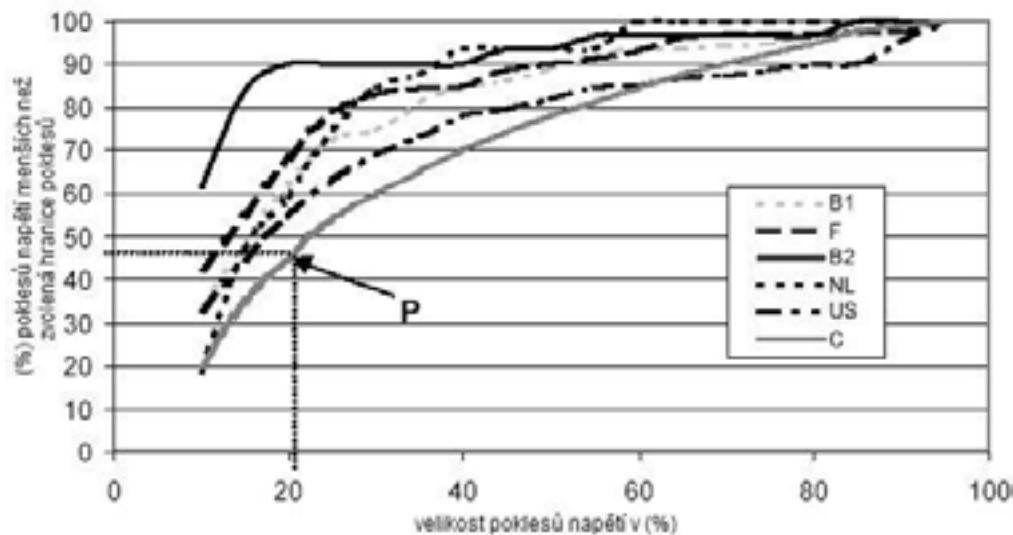
Relativní četnost poklesů určité hloubky

Při porovnání rozdílů ochranných opatření je velmi důležitá četnost výpadků a pravděpodobnost rozdělení velikostí výpadků. Ze zkušeností s instalacemi je možno se domnívat, že 10 poklesů napětí ročně se zbytkovým napětím 10% vyžaduje odlišné řešení jako při stejném množství poklesů se zbytkovým napětím 70%.

Obrázek 8 ukazuje vztah snížení napětí a množství poklesů, které jej překračují nebo jsou mu rovny. Je využito následujících statistik:

- B1, B2: Dvě přípojnice VN v Belgii
- F: přípojnice VN ve Francii
- NL: přípojnice VN v Nizozemí
- US: studie DPQ v USA [1]
- C: průměrné hodnoty na přípojnicích VN ze zprávy CIGRE [4]

Délka trvání poklesů není brána v úvahu, jelikož se předpokládá, že všechny systémy jsou schopny činnosti alespoň pro maximálně 2 sekundy trvající pokles – ačkoliv to není rozumný předpoklad pro nechráněné průmyslové zařízení. Relativní rozdělení zobrazené na obrázku 8 je přijato jako typické pro všechny typy poklesů (1, 2 nebo 3 fáze). Jako například bod P na tomto obrázku ukazuje, že 47% poklesů ve statistikách CIRED (C) má pokles napětí menší než 20% (tj. zbytkové napětí je větší než 80%).



Obrázek 8 – Statistika poklesů pro různé země, ukazující procento poklesů menších než určitý pokles napětí v %

Úroveň odolnosti

Jsou definovány tři rozdílné způsoby pro zvýšení odolnosti proti poklesům napětí:

a) Zátěž je napájena externím zdrojem energie

Tyto typy systémů (setrvačnický a statický zdroj UPS) mohou chránit proti všem poklesům napětí. Délka trvání maximální ochrany závisí pouze na množství akumulované energie, která může být využita.

b) Napětí je navýšeno o jisté množství

Tyto systémy (statický kompenzátor a DVR) používají zbytkové napětí v síti jako výchozí bod a dodávají ztracené napětí. Jestliže nejsou schopny obnovit jmenovité napájecí napětí, využívají jejich maximální schopnost. Pokles je považován za zmírněný, jestliže konečné napětí (síťové napětí v průběhu poklesu plus přidané napětí) je vysoké natolik, že zachová normální provoz zátěže.

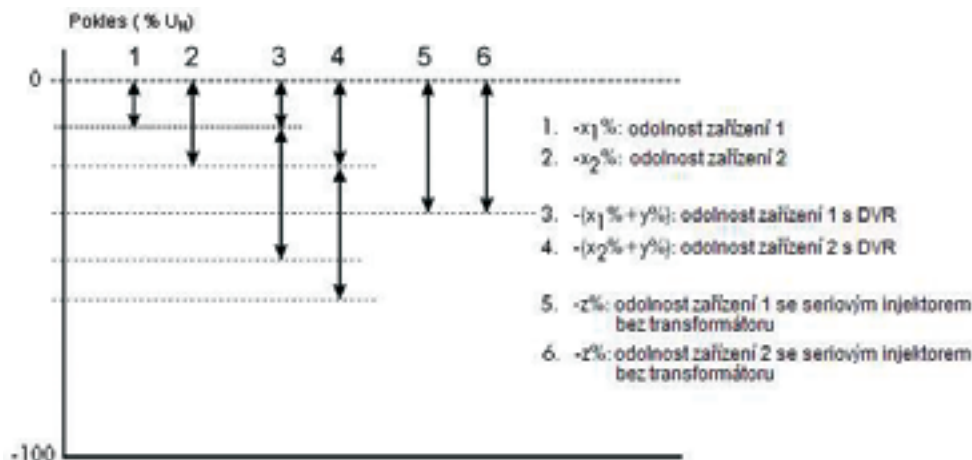
c) Řešení ochrany zátěže proti předem definované velikosti poklesu

Aby byl zachován konstantní tok výkonu do zátěže nahrazují tyto typy systémů (například sériový injektor bez transformátoru) snížené napětí odběrem vyššího proudu ze sítě. Proto maximální hloubka poklesu, která může být kompenzována, závisí na proudové zatížitelnosti zařízení zmírňující jeho poklesy a napájecím systémem.

Citlivost zařízení

Citlivost zařízení je soubor, který je výsledkem samostatných závislostí – pokud jde o velikost poklesu a délku trvání – mnoha jednotlivých částí zařízení, které spolupracují při realizaci procesu. Snížení celkové (nechráněné) citlivosti zařízení na poklesy vyžaduje pečlivý výběr zařízení a porozumění jak působí poklesy na selhání procesu.

Je často přehlíženo, že výchozí citlivost zařízení může mít dopad na množství výpadků zařízení, kterým bylo zabráněno ochranným zařízením. Toto je velmi důležité při porovnání systémů, kromě b) a c) popsaných dříve, jak je ukázáno na obrázku 9.



Obrázek 9 – Odolnost zařízení s rozdílnými výchozími odolnostmi a a bez přídavných ochranných zařízení

Zařízení v kategorii b) budou zvyšovat napětí o jisté množství. Jestliže zařízení, které je odolné poklesům o $-x\%$ je opatřeno systémem kategorie b), jako například DVR mající schopnost zvyšování napětí o $+y\%$, pak zařízení bude odolné poklesům napětí o $-(x+y)\%$.

Na druhé straně, zařízení v kategorii c) bude zvyšovat odolnost zařízení proti poklesům o předem definovanou úroveň (například $z\%$). Instalováním zařízení kategorie c) je množství zabráněných výpadků zařízení menší, jestliže výchozí odolnost zařízení byla -30% ve srovnání s výchozí odolností -10% .

Přehled schopností

Tabulka 1 ukazuje množství výpadků zařízení vlivem poklesů napětí, kterým může být zabráněno popsávanými systémy, s využitím statistik ze zprávy CIGRE a jedné belgické přípojnice (C a B2 na obrázku 8), a beroucí do úvahy dvě rozdílné úrovně výchozí odolnosti zařízení (-10% a -30%). Množství zabráněných výpadků není ovlivněno poruchovostí vybavení zařízení 3 – fázovými poklesy anebo 1, 2 a 3 – fázovými poklesy i když příspěvek předpokládá, že:

- relativní rozložení hloubky poklesu je stejné pro všechny poklesy (1, 2 a 3 fáze)
- všechna ochranná zařízení poskytují stejnou relativní ochranu pro tyto poklesy.

Množství výpadků způsobených poklesy, které budou sníženy:	Způsob zvýšení odolnosti	Maximální pokles, který je chráněn v %	Maximální zvýšení napětí v %	„CIGRE přípojnice“ (C) počáteční odolnost -10%	„CIGRE přípojnice“ (C) počáteční odolnost -30%	„belgická přípojnice“ (B2) počáteční odolnost -10%	„belgická přípojnice“ (B2) počáteční odolnost -30%
40-60%	a	100	/				
60-80%	a	100	/				
80-100%	b	/	30				
	b	/	50				
	b	/	25				
	b	/	60				
	b	/	60				
	c	50	/				

Tabulka 1 – Množství výpadků snížených instalováním rozdílných zmírňujících zařízení, beroucí do úvahy různé statistiky poklesů a různé výchozí odolnosti zařízení.

Ostatní technická a ekonomická hlediska

Tato část popisuje některé fyzikální a provozní parametry kategorií výrobků v současné době dostupných na trhu a jejich srovnání. Pro každý typ je každý parametr označen jako výhodný (+), shodný (=), nevýhodný (-).

Velikost

V současné době jsou některé systémy vhodné pouze pro výkony větší než 1MW (-), zatímco ostatní jsou vhodné pro výkony menší nebo rovny 100 kW (+)

Pořizovací náklady

Rozhodnutí zakoupit zařízení zmírňující poklesy k zamezení škod vlivem poklesů napětí je výsledkem analýzy finančního přínosu, velmi důležitá je pořizovací cena systému. Ačkoliv smlouvy jsou vytvářeny na individuální bázi a mohou se podstatně lišit, jsou k dispozici hrubá vodítka pro pořizovací a instalační náklady středně velkých zařízení (mezi 100 kVA a 500 kVA).

Doporučení pro výběr vhodného zařízení zmírňující poklesy napětí

Jsou vymezeny tři cenové kategorie:

- : > 250 € za kVA
- = : 150-250 € za kVA
- + : < 250 € za kVA

Údržba

Závisí na typu systému, náklady na údržbu mohou být značné. Tento příspěvek pouze rozlišuje, zda je údržba nutná (-) nebo ne (+).

Účinnost

Mnoho systémů vyžaduje nepřetržitou dodávku elektrické energie díky používání výkonové elektroniky. Užívání rotačních částí (setrvačnick) nebo chlazení (SMES), vede ke snížení celkové účinnosti. Jsou rozlišovány tři kategorie:

- + : ztráty < 0,5% jmenovitého výkonu
- = : ztráty 0,5-2% jmenovitého výkonu
- : > 2% jmenovitého výkonu

Mělo by být známo, že nízká účinnost má podstatný vliv na postup při ekonomickém rozhodování. Uvažujeme-li s náklady za energii 0,05 €/kWh a účinností 97%, potom jsou roční ztráty 13,1€ na instalovaný kW.

Uvážíme-li úrokovou sazbu 10%, potom diskontované ztráty za 10 let na kW budou 80.4 €.

Doba reakce

Některá ochranná zařízení potřebují detekovat pokles napětí dříve než mohou reagovat. To může mít vliv na časově závislý průběh působení.

Doba reakce (aktivace) ochranných zařízení je rozdělena do tří kategorií:

- + : časová závislost < 1 ms (reakce nebo aktivace)
- = : časová závislost 1-5 ms
- : časová závislost > 5 ms

Harmonické napětí

Některé systémy zmírňující poklesy jsou rovněž schopny plynule kompenzovat harmonické napětí vznikající v napájecí síti (+), zatímco jiné systémy na harmonické napětí nepůsobí (=).

Harmonické proudy

Jestliže je zátěž tvořena velkým množstvím aplikací s výkonovou elektronikou, jako jsou regulační pohony, potom bude proud značně nelineární. Některé systémy pro zmírnění poklesů napětí mají schopnost linearizovat proud ze sítě i přes nelineární zátěž (+), zatímco jiné systémy nemají vliv na harmonické proud (=).

Jalový výkon

Některé aplikace mají schopnost dodávat jalový výkon plynule (+), zatímco jiné systémy ne (=).

Souhrn technických a ekonomických hledisek

Tabulka 2 sumarizuje charakteristiky popsaných systémů s ohledem tyto parametry:

	velikost	Pořizovací náklady	Údržba	Účinnost	Doba reakce	Harmonické napětí	Harmonické proudy	Jalový výkon
Setrvačnick	+	-	-	-	=	+	+	+
Statický zdroj UPS	+	-	-	-	+	+	+	+
DVR-1	+	+	+	=	=	=	=	+
DVR-2, 200% zátěž	-	-	+	-	=	+	=	=
DVR-2, 400% zátěž	-	=	+	-	=	+	=	=
Statický kompenzátor – SMES	-	=	-	=	-	=	=	+
Paralelně připojený synchronní stroj	+	=	-	√=	=	+	+	+
Sériový injektor bez transformátoru	+	=	+	+	=	=	=	=

Tabulka 2 – Technické a ekonomické aspekty rozdílných metod zmírňování poklesů

Analýza finančního přínosu zařízení zmírňujících poklesy

Za účelem analyzování, zda očekávané snížení nákladů výpadků vyváží cenu ochranného zařízení, může být použita následující upravená verze metody čisté současné hodnoty [7]:

kde

$$f \cdot p_{prev} \geq \frac{C_{inv}}{C_{sag}} \cdot \left(\frac{(1+i)^n (i + p_{mnt}) - p_{mnt}}{(1+i)^n - 1} \right) \quad (1)$$

- C_{inv} počáteční investice na kVA (tabulka 2)
- f roční výpadky způsobené poklesy
- p_{prev} procento zabráněných výpadků (tabulka 1)
- $f \cdot p_{prev}$ roční zmírněné výpadky
- C_{sag} náklady na výpadek na pokles a na kVA
- p_{mnt} náklady na údržbu na kVA a na rok jako procentní podíl z C_{inv}
- i diskontní koeficient
- n doba života zařízení (roky).

Zavedením „optimistických“ hodnot pro systémy zmírňující poklesy (například $C_{inv} = 100 \text{ €/kVA}$, $p_{mnt} = 0$, $p_{prev} = 100\%$), může být tento vztah použit na zjištění zda snížení ztrát z poklesů napětí vyváží náklady na některé z popsaných zařízení na zmírnění poklesů.

Závěry

Závěrem můžeme stanovit, že zde není jediný systém vhodný pro všechny situace. Jistým vodítkem může být:

- DVR bez akumulace energie a sériový injektor bez transformátoru jsou cenově výhodné. Jestliže jsou problémem harmonické a jalový výkon, potom by mohl přicházet do úvahy paralelně připojený synchronní motor.
- Také bylo ukázáno, že procento zabráněných výpadků při určitém řešení závisí na různých parametrech a nemůže být předpovídáno bez statistických údajů poklesů. Jestliže mají být zmírněny všechny poklesy a krátká přerušení, je jediným možným řešením instalace setrvačnicku nebo statického zdroje UPS.

Odkazy a literatura

[1] CENELEC, EN 50160, Nov 1999.

[2] Dugan, R; McGranaghan, M; Beaty, H: Electrical Power Systems Quality, Knoxville/USA: McGraw-Hill, 1996.

[3] EPRI, 'DPQ study final report', 1996.

[4] Beaulieu G et al, Power quality indices and objectives for MV, HV and EHV systems CIGRE WG 36.07/CIRE D progress, CIRE D 2003.

[5] Hingorani N, Gyugyi L, Understanding FACTS, Wiley IEEE Press, ISBN 0-7803-3455-8, 1999.

[6] van Zyl A, Spee R, Faveluke A, Bhowmik S, Voltage sag ride-through for adjustable-speed drives with active rectifiers,

IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 34, pp 1270-1277, Nov/Dec 1998.

[7] Didden M, Belmans R, D'haeseleer W, Cost-benefit analyses of voltage sag mitigation methods in textile extrusion plants,

European Transaction of Electrical Power Vol.13 No 2, Mar/Apr 2003.

[8] Nelson B (AM Superconductor Corporation), Improving power quality inside the fab voltage sag correction using shunt inverter technology and stored energy, Future Fab International, Issue 13, July 2002.

Dále byla použita firemní literatura.

Reference & Founding* Partners

European Copper Institute* (ECI) www.eurocopper.org	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid www.etsii.upm.es	LEM Instruments www.lem.com
Akademia Górniczo-Hutnicza (AGH) www.agh.edu.pl	Fluke Europe www.fluke.com	MGE UPS Systems www.mgeups.com
Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA-UPC) www.citcea.upc.edu	Hochschule für Technik und Wirtschaft* (HTW) www.htw-saarland.de	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg www.uni-magdeburg.de
Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) www.ceiuni.it	Hogeschool West-Vlaanderen Departement PIH www.pih.be	Polish Copper Promotion Centre* (PCPC) www.miedz.org.pl
Copper Benelux* www.copperbenelux.org	International Union for Electricity Applications (UIE) www.uiie.org	Università di Bergamo* www.unibg.it
Copper Development Association* (CDA UK) www.cda.org.uk	ISR - Universidade de Coimbra www.isr.uc.pt	University of Bath www.bath.ac.uk
Deutsches Kupferinstitut* (DKI) www.kupferinstitut.de	Istituto Italiano del Rame* (IIR) www.iir.it	The University of Manchester www.manchester.ac.uk
Engineering Consulting & Design* (ECD) www.ecd.it	Katholieke Universiteit Leuven* (KU Leuven) www.kuleuven.ac.be	Wroclaw University of Technology* www.pwr.wroc.pl
EPRI Solutions Inc www.epr.com/eprisolutions	Laborelec www.laborelec.com	

Editorial Board

David Chapman (Chief Editor)	CDA UK	david.chapman@copperdex.co.uk
Prof Angelo Baggini	Università di Bergamo	angelo.baggini@unibg.it
Dr Azaceli Hernández Bayo	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid	ahernandez@etsii.upm.es
Prof Ronnie Belmans	UIE	ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be
Dr Franco Bua	ECD	franco.bua@ecd.it
Jean-Francois Christin	MGE UPS Systems	jean-francois.christin@mgeups.com
Prof Anibal de Almeida	ISR - Universidade de Coimbra	adealmeida@isr.uc.pt
Hans De Keulenaer	ECI	hdk@eurocopper.org
Prof Jan Desmet	Hogeschool West-Vlaanderen	jan.desmet@howest.be
Dr ir Marcel Didden	Laborelec	marcel.didden@laborelec.com
Dr Johan Driesen	KU Leuven	johan.driesen@esat.kuleuven.ac.be
Stefan Fassbinder	DKI	sfassbinder@kupferinstitut.de
Prof Zbigniew Hanzelka	Akademia Górniczo-Hutnicza	hanzel@uci.agh.edu.pl
Stephanie Horton	LEM Instruments	sho@lem.com
Dr Antoni Klajn	Wroclaw University of Technology	antoni.klajn@pwr.wroc.pl
Kees Kokke	Fluke Europe BV	kees.kokke@fluke.nl
Prof Wolfgang Langguth	HTW	wlang@htw-saarland.de
Jonathan Manson	Gorham & Partners	jonathanm@gorham.org
Prof Henryk Markiewicz	Wroclaw University of Technology	henryk.markiewicz@pwr.wroc.pl
Carlo Masetti	CEI	masetti@ceiuni.it
Mark McGranaghan	EPRI Solutions	mmcgranaghan@eprisolutions.com
Dr Jovica Milanovic	The University of Manchester	jovica.milanovic@manchester.ac.uk
Dr Miles Redfern	University of Bath	eesmar@bath.ac.uk
Dr ir Tom Sels	KU Leuven	tom.sels@esat.kuleuven.ac.be
Prof Dr-Ing Zbigniew Styczynski	Universität Magdeburg	Sty@E-Technik.Uni-Magdeburg.de
Andreas Sumper	CITCEA-UPC	sumper@citcea.upc.edu
Roman Targosz	PCPC	cem@miedz.org.pl
Dr Ahmed Zobia	Caico University	azmailinglist@link.net



Dr ir Marcel Didden



Laborelec
Rodestraat 125
B-1630 Linkebeek
Belgium

Tel: 00 32 2 3820503
Fax: 00 32 2 3820241
Email: marcel.didden@laborelec.com
Website: www.laborelec.com



HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE

Hungarian Copper
Promotion Centre
Képiró u. 9
H - 1053 Budapest
Magarsko
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 el. měření
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