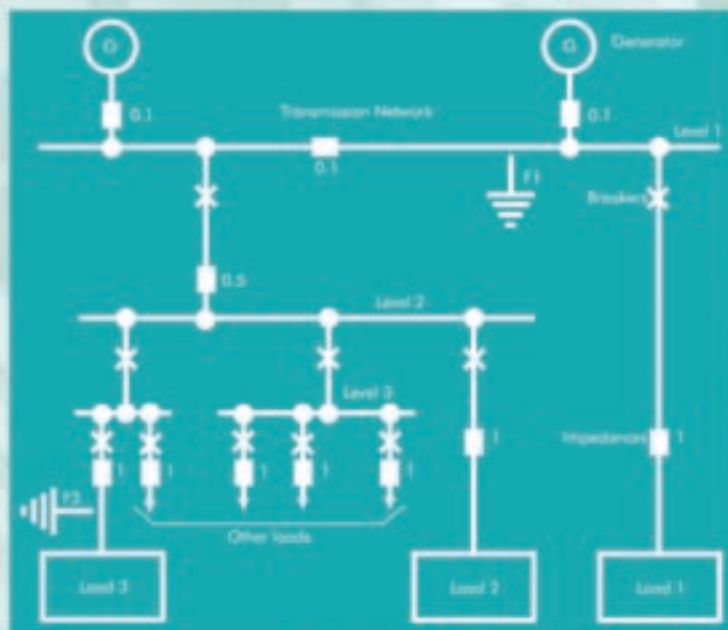
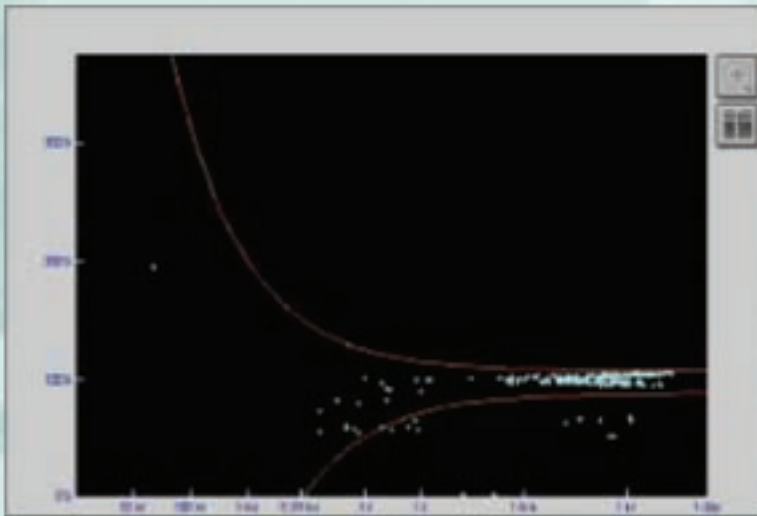


Kvalita elektrické energie-průvodce



Poklesy napětí *Úvod*

5.1



Poklesy napětí

Úvod

David Chapman, Copper Development Association

Překlad: Josef Gavlas, Miloslav Kužela, Pavel Santarius, FEI Technická univerzita Ostrava,
květen 2002

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 činnosti 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

Poklesy napětí

Úvod

Pokles napětí (dip) je krátkodobé snížení nebo úplná ztráta efektivní hodnoty napětí. Je specifikován dobou trvání a zbytkovým napětím, což je napětí v nejnižším bodě během poklesu, které je obvykle vyjádřeno jako procento jmenovité efektivní hodnoty napětí. Pokles napětí znamená, že není dodávána požadovaná elektrická energie do zátěže, což může mít vážné následky v závislosti na typu zátěže.

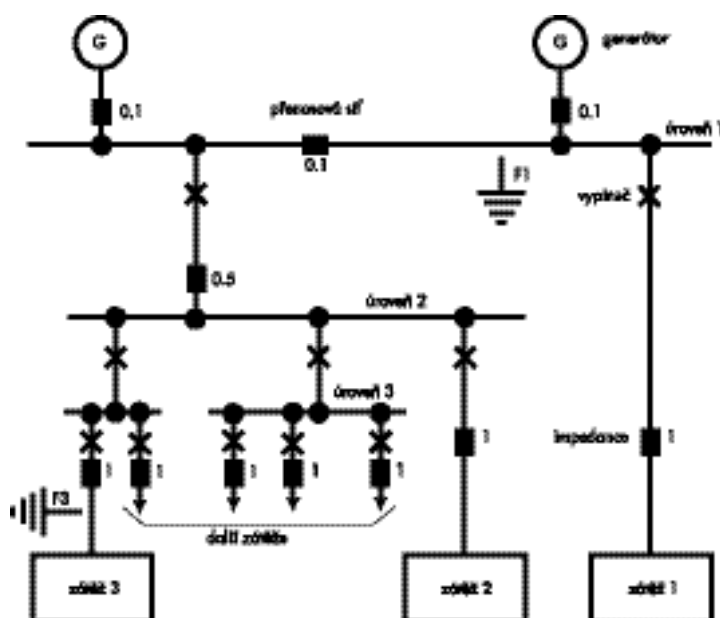
Dlouhodobé poklesy napětí (sags) jsou obvykle způsobeny úmyslným snížením napětí buď dodavatelem z důvodu omezení zatížení v čase maximálního odběru, nebo "měkkou" sítí v závislosti na jejím zatížení.

Elektrické pohony, včetně regulačních pohonů jsou zvláště citlivé, protože tato zátěž stále vyžaduje energii, která není v dané chvíli dostupná, mimo energii ze setrvačných hmot pohonu. V technologiích, kde mají některé pohony vlastní regulaci, ztráty napětí a jejich vlivem výpadky a snížení otáček pohonů na různých úrovních napětí a v různém počtu, mohou mít za následek totální výpadek technologické regulace. Zařízení na zpracování dat a regulátory jsou velmi citlivá na poklesy napětí a mohou být nepříznivě ovlivněna ztrátou dat a prodloužit tím dobu odstávky. Ekonomické důsledky jsou vážné a jsou diskutovány v Části 2. Průvodce.

Existují dva hlavní důvody poklesů napětí - rozběh velkých zátěží v síti nebo u spotřebitele v těžké síti, nebo poruchy v jiných částech sítě.

Poklesy vlivem velké zátěže

Jestliže se rozbíhá velká zátěž, jako např. velké pohony, je rozběhový proud mnohem větší, než normální provozní proud. Jelikož jsou napájecí síť a instalační kabeláž dimenzovány na normální provozní proud, vysoký rozběhový proud způsobí pokles napětí jak v napájecí síti, tak i ve vnitřní instalaci. Velikost tohoto jevu závisí na "tvrdosti" sítě, tj. jak je nízká impedance ve společném napájecím bodě (PCC), a na impedanci instalační kabeláže. Poklesy napětí vlivem rozběhového proudu jsou charakteristické malou hloubkou poklesu a jsou mnohem delší. Poklesy způsobené poruchami v síti - bývají obvykle od jedné do několika sekund, nebo desítek sekund, spíše méně než jednu sekundu.



Obr. 1 - Příčina poklesů napětí

Místní problémy způsobené vysokým odporem vnitřní kabeláže mohou být řešeny jednoduše. Velká zátěž se připojí přímo ke zdroji na příslušné napěťové úrovni - buď do společného napájecího bodu (PCC), nebo na sekundární vinutí napájecího transformátoru. Je-li problém způsoben impedancí napájecí sítě ve společném napájecím bodě, tj. napájecí síť je příliš "měkká", pak jsou potřebná jiná opatření. Jedním z řešení je použití tzv. soft startu (pokud to zátěž umožňuje), čímž se rozběhový proud omezí, ale trvá delší dobu. Jinou možností je jednání s distribuční společností o snížení impedance napájecí sítě. Tato možnost však může být nákladná v závislosti na topologii elektrické sítě. Nelze-li snížení napětí zvládnout, pak je nutno využít jiná zařízení pro jeho kompenzaci. Je k dispozici řada zařízení od tradičních mechanických setrvačnickových stabilizátorů napětí až po elektronicky řízené přepínání odboček transformátorů a dynamické kompenzátory napětí. Tato zařízení jsou diskutována v Části 5.3 Průvodce.

Poklesy způsobené poruchami v síti

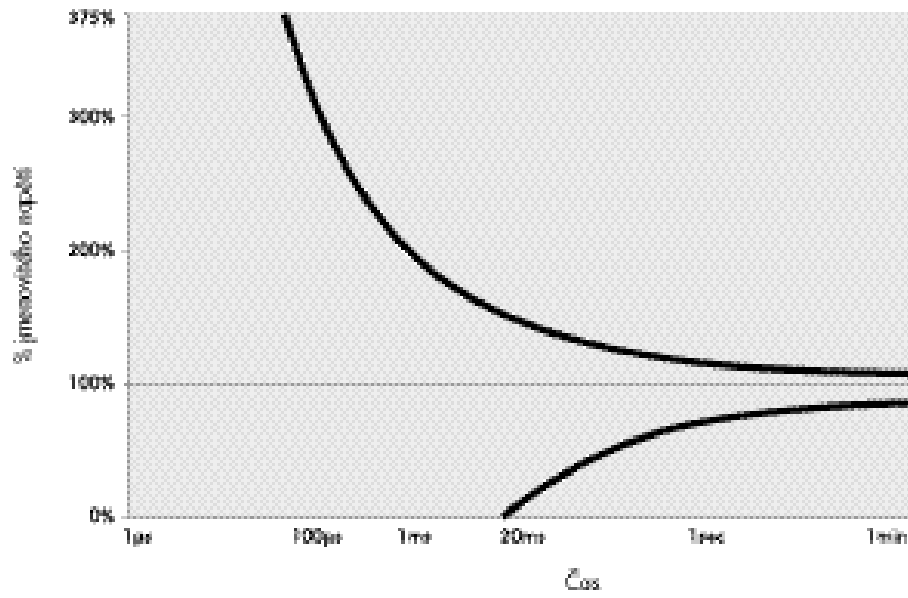
Napájecí síť je velice složitá. Rozsah napěťových poklesů v jednom místě sítě způsobených poruchou v jiném místě, závisí na topologii sítě a na vzájemné impedanci poruchy, zátěže a generátorů v jejich společném napájecím bodě. Obr. 1 ukazuje takový příklad.

Porucha v bodě F3 má za následek pokles napětí na 0% na Zátěži 3, pokles na 64% na Zátěži 2 a na 98% na Zátěži 1. Porucha v bodě F1 ovlivní všechny odběratele a má za následek pokles napětí na 0% na Zátěži 1 a 50% na ostatních zátěžích. Všimněte si, že porucha na úrovni napětí 1 ovlivní mnohem více odběratelů a mnohem vážněji, než porucha na úrovni napětí 3. Zátěže připojené k úrovni 3 se pravděpodobně setkají s mnohem větším počtem poklesů napětí, než zátěž připojená k úrovni 1, protože jsou ovlivněny větším počtem poruch v síti - ovlivňují je poruchy na napěťových úrovních 1 a 2. Zátěže na úrovních 2 a 1 jsou vzestupně méně citlivé na poruchy na úrovni 3. Čím je zátěž blíže ke zdroji, tím méně často a méně nepříznivé budou poklesy.

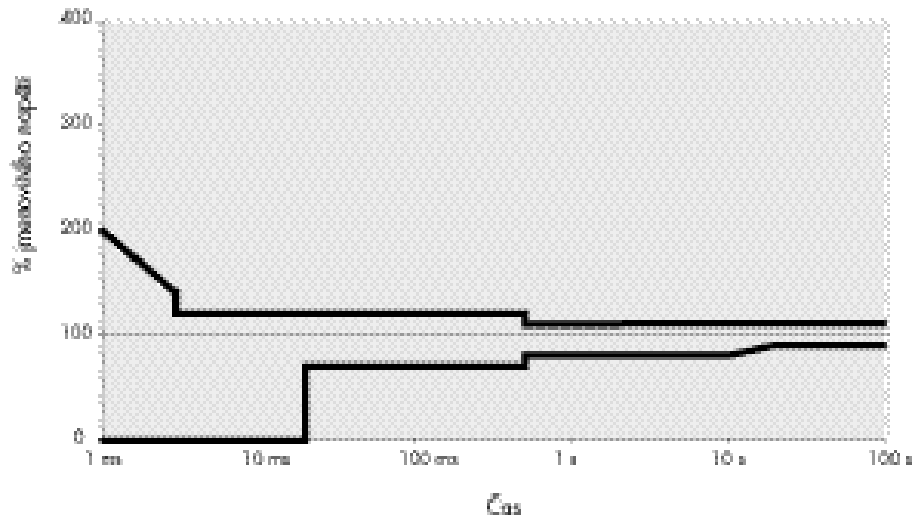
Trvání poklesu závisí na době funkce ochran, které zjistí a oddělí poruchu, která je obvykle řádově v několika stovkách milisekund. Pokud je porucha přechodná, například pád větve stromu na vedení, může být odstraněna velice rychle po jejím objevení. Jestliže byl obvod trvale rozpojen působením ochran, pak všichni odběratelé v tomto obvodu budou bez napětí do té doby, než bude obvod zkontrolován a znovu připojen. Automatické opětivé zapínání mohou ulehčit řešení této situace, ale mohou přispět ke zvýšení počtu poklesů napětí. Automatické opětivé zapínání se pokusí znovu zapnout obvod v krátkém čase (do 1 sekundy) po zapůsobení ochran. Zmizela-li porucha, je znovuzapnutí úspěšné a napájení je obnoveno. Zátěže v tomto obvodě jsou vystaveny 100% poklesům napětí mezi vypnutím a znovuzapnutím, zatímco na jiných zátěžích se objeví menší a kratší poklesy napětí mezi vznikem poruchy a jejím odpojením, jak bylo uvedeno výše. Jestliže porucha trvá i po znovuzapnutí, ochrany zapůsobí znova a proces se může opakovat podle typu automatického opětivého zapínání.

Kdykoliv automatické opětivé zapínání znovu zapne vedení v poruše a způsobí pokles napětí, má to za následek, že u jiných odběratelů se objeví postupně několik poklesů napětí. Energetické společnosti na deregulovaných trzích jsou částečně v některých zemích, jako Velká Británie, výhradně posuzovány podle průměrné hodnoty "zákaznických ztracených minut", kde se uvažují přerušení překračující obvykle jednu minutu. Minimalizace této statistické hodnoty vede k rozšiřování automatického opětivého zapínání a tím ke zvyšování pravděpodobnosti poklesů napětí. Jinými slovy zvyšuje se dlouhodobá využitelnost, ale na úkor kvality.

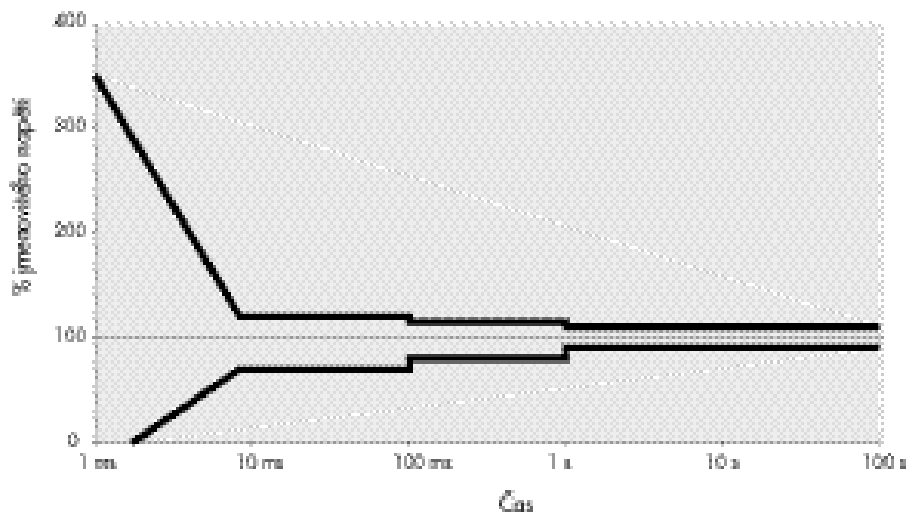
Úvod



Obr. 2 Křivka CBEMA



Obr. 3 Křivka ITIC



Obr. 4 Křivka ANSI

Citlivost zařízení

Počítače jsou dnes neodmyslitelné při veškeré podnikatelské činnosti, ať jako pracovní stanice, síťové servery či jako řídicí počítače. Jsou životně důležité pro obchodní zpracování dat a pro řadu komunikačních funkcí, jako e-mail a hlasové služby. Bylo to právě zavedení výpočetní techniky, které jako první upozornilo na problém poklesů napětí (ve skutečnosti mnohem více na problémy s kvalitou elektrické energie), starší instalace trpěly zdánlivě náhodnými poruchami, což vedlo ke značně namáhavým nápravným opatřením. Proces poznání vyústil ve tvorbu CBEMA (Computer and Business Equipment Manufacturers Association) křivky (obr. 2). Tato křivka byla upravena a nyní je známa jako křivka ITIC (Information Technology Industry Council), která je uvedena na obr. 3 a její verze byla normalizována ANSI jako IEEE 446 (obr.4).

Trvání každé události je zaznamenáno ve vztahu k napětí (vztaženému ke jmenovité hodnotě napájecího napětí) a křivka definuje obalovou křivku oblasti, ve které může zařízení pracovat bez přerušení nebo ztráty dat. Poklesů napětí se týká spodní limitní křivka, která určuje hranici mezi poklesy napětí, které vedou nebo nevedou ke špatné funkci zařízení.

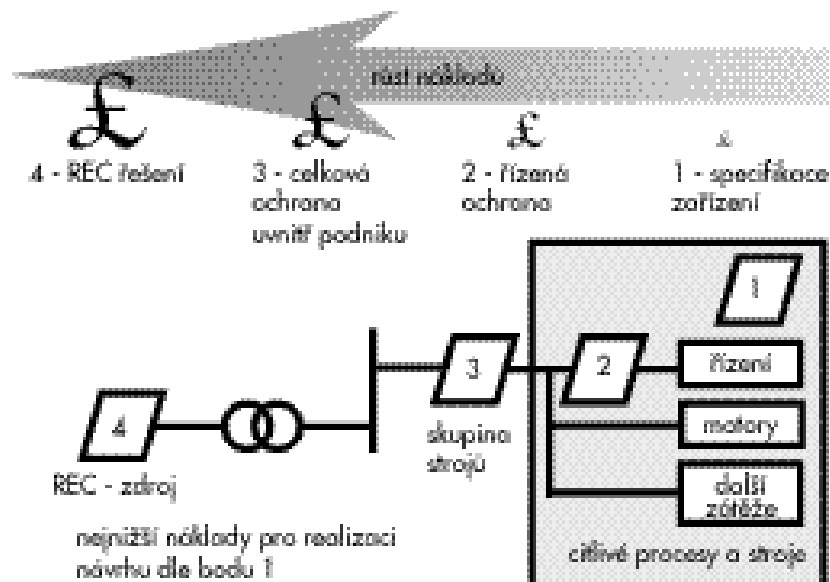
V ideálním světě by byla právě jedna křivka, která by reprezentovala reálnou charakteristiku napájecí sítě a které by měla všechna zařízení vyhovět. Zatímco ve skutečnosti se značné množství zařízení setkává s požadavky té či oné křivky, charakteristika napájecí sítě zdaleka nedostačuje.

Charakteristiky citlivosti zařízení

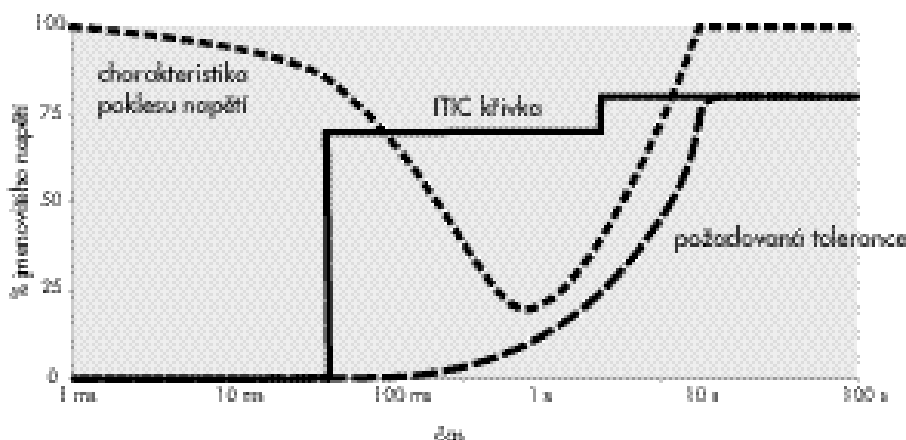
Elektronická napájecí zařízení, která jsou například použita u počítačů a programovatelných regulátorů, obsahují kondenzátory pro vyhlazení vrcholového napětí dvoucestného usměrňovače, takže mohou být necitlivá na krátkodobé poklesy napětí. Čím je větší kondenzátor a čím je větší rozdíl mezi napětím na kondenzátoru a minimálně vyžadovaným napětím pro funkci vnitřního napěťového měniče, tím větší je necitlivost. Projektanti se budou vždy snažit zmenšovat kapacitu, tak aby zmenšili rozměry, váhu a cenu a aby byla dostatečná při minimálním napětí a maximálním zatížení. Pro dobrou necitlivost na poklesy napětí je však požadována mnohem větší kapacita, až dvojnásobná, aby umožnila činnost po dobu jedné periody a až stonásobná, aby umožnila činnost po dobu jedné sekundy. Jiná možnost návrhu je volba co nejmenšího vstupního napětí, aby se zvýšila doba necitlivosti na poklesy napětí. To je postup, který nerespektuje požadavek, že napájecí zařízení má pracovat v širokém rozsahu napětí. Doba necitlivosti bude mnohem delší v síti 230 V, než v síti 110 V. V současné době není technický problém realizovat zdroj odolný poklesům napětí, ale nerealizují se proto, že uživatelé k tomu výrobce dosud nevyprovokovali a také z cenových důvodů. Nicméně náklady na realizaci počítačů a programovatelných regulátorů, které jsou necitlivé na poklesy napětí do 1 sekundy jsou velmi nízké ve srovnání s náklady na vybavení napájecí sítě, aby se zabránilo vzniku poklesů napětí.

Regulační pohony mohou být poškozeny napěťovými poklesy a jsou obvykle vybaveny podpěťovými ochranami, které reagují na hodnoty 15% až 30% jmenovitého napětí. Regulační pohony se zesílenou (zvýšenou schopností chodu) jsou popsány v další části tohoto Průvodce.

Indukční motory mají setrvačné hmoty, takže mohou pomoci zátěži při krátkých poklesech napětí, při nichž dodávají energii při poklesu otáček. Tato energie musí být nahrazena, když se opět zvyšují otáčky, ale jestliže byly otáčky sníženy pod 95%, budou odebírat proud blízký rozběhovému proudu. Protože všechny motory "startují" současně, může to způsobit další problémy.



Obr. 5 - Náklady na zvýšení odolnosti k poklesům napětí



Obr. 6 - Typická charakteristika poklesů napětí v napájecí síti a křivka ITIC

Ochrany a stykače jsou též citlivé na poklesy napětí a mohou být často nejslabší spojovací článek systému. Bylo zjištěno, že tato zařízení mohou odpadnout během poklesu napětí dokonce i když je zbytkové napětí vyšší, než nominální ustálené přídržné napětí. Necitlivost stykačů na poklesy napětí závisí nejen na zbytkovém napětí a jeho době, ale i na okamžiku (bodě sinusovky), kdy pokles napětí vznikl, nejmenší nebezpečí je na vrcholu sinusovky.

Sodíková výbojková svítidla mají mnohem větší zapalovací napětí v teplém stavu než ve studeném, takže v teplém stavu nemusí po poklesu napětí znovu nastartovat. Velikost poklesu napětí, které způsobí zhasnutí může být menší, než 2% na konci životnosti svítidel, nebo větší než 45% u nových svítidel.

Mnoho zařízení a systémů obsahují jeden nebo více výše zmíněných elementů a tak mohou mít problémy při poklesech napětí. Obr. 5 doporučuje, že je levnější a spolehlivější navrhnout zařízení, které je necitlivé na poklesy napětí, než se snažit realizovat necitlivým vůči poklesům napětí celou technologii, celý závod, nebo celou distribuční síť. Zde je ukázáno, že náklady řešení značně vzrůstají, jestliže se místo řešení problému přesouvá od zařízení přes závod až k infrastruktuře.

Charakteristiky poklesů napětí v napájecí síti

Jak bylo zmíněno výše, pravděpodobnost poklesů napětí a jejich pravděpodobná velikost závisí na topologii sítě v okolí zkoumaného bodu. Byly provedeny některé studie v relativně malých oblastech některých zemí, ale je stále nutno pravdivě přiznat, že nejsou dostupné statistiky poklesů pro jednotlivé oblasti. Tento fakt ztěžuje volbu místa kritického působení. Očividně je místo v blízkosti elektrárny (nebo dvou), připojené do sítě vn pomocí kabelu lepší volbou, než vzdálené místo připojené dlouhým nechráněným venkovním vedením, ale do jaké vzdálenosti? Lze jednoduše posoudit například kvalitu dopravního spojení, tento faktor je často citován jako důvod pro umístění obchodních objektů, ale je podstatně obtížnější posoudit kvalitu elektrické sítě.

Místa "na zelené louce" jsou zvláště problematická, protože zde nejsou jiné podniky jako referenční. Naopak ale tato místa dávají příležitost vybudovat vhodnou infrastrukturu, kterou místní energetická společnost chce a je schopna zajistit (s využitím vašich financí!).

Provedené studie ukazují, že doba trvání poklesů napětí v napájecí síti je poněkud delší, než jsou tolerance navrhované dle výše uvedených křivek. Obr. 6 ukazuje pravděpodobnou dobu trvání a velikost poklesu napětí v typické napájecí síti. Pro srovnání je uvedena křivka ITIC.

Tento diagram jasně ukazuje, že v reálné síti musí být zařízení IT asi 100 krát lepší, než je vyžadováno dle křivky ITIC, což ukazuje křivka "vyžadovaná tolerance". Pravděpodobně je pravda, že nejsou vyráběna zařízení, která vyhovují těmto požadavkům.

Přemostění mezery

Z obchodního hlediska je zřejmé, že používané zařízení musí být necitlivé na normální poruchy v napájecí síti a to není případ v obchodech běžně prodávaného zařízení. Jak je uvedeno na obr. 5 jsou náklady na zlepšení mnohem menší, pokud jsou nápravná opatření provedena ve fázi návrhu, ale toto řešení vyžaduje znalost vlastností a pravděpodobnosti poruch. To jsou ovšem znalosti, které postrádáme. Tento postup je nicméně nákladově nejefektivnější.

Někteří výrobci zařízení zkoumají tento problém, ale v tržním prostředí se soudí, že výrobce bude pouze reagovat na požadavky zákazníka. Do doby než zákazníci tyto problémy pochopí a uvědomí si, že dodavatelé zařízení mohou poskytnout řešení, nebudou specifikovat své zvýšené požadavky. Očekává se to u trhu s regulačními pohony, kde výrobci aktivně představují výrobky se zlepšeným provozem během poklesu napětí

Tradiční přístup je poskytnout (dovybavit) přídatná zařízení na ochranu zátěže během poklesu napětí, typy vhodných zařízení jsou detailně popsány v další části Průvodce. U zátěží s malými výkony, jako například zařízení IT, se používají nepřerušované zdroje napájení (UPS) jako ochrana

proti poklesům i krátkým přerušením napětí. Zásobníkem energie je obvykle akumulátorová baterie, která ale není vhodná pro dlouhodobé použití. Obvykle je zátěž zálohově napájena tak dlouho, až je regulérně vypnuta, takže jsou chráněny data, ale pak je potřebná značná startovací doba. Občas se používá UPS pouze do té doby, než je nastartován náhradní rotační zdroj.

Pro nehluboké poklesy, kde je velké zbytkové napětí, jsou k dispozici automatické regulátory napětí včetně elektromechanických a elektromagnetických zařízení. Protože tato zařízení nevyžadují rezervní energii, mohou být použita pro dlouhodobé poruchy jako podpětí a přepětí. Automatické regulátory napětí jsou popsány v části 5.3.1 tohoto Průvodce.

Pro velké zátěže a při velkých poklesech napětí se využívá dynamický obnovovač napětí (DVR - Dynamic Voltage Restorer). Toto zařízení je zapojeno do série se zátěží a generuje chybějící část energie, poklesne-li napětí na 70%, DVR generuje scházejících 30%. DVR jsou normálně využívány pro krátkodobý provoz a využívají akumulátory pro velké zatížení, velkokapacitní kondenzátorové baterie nebo jiné zdroje rezervní energie, jako vysokorychlostní setrvačníky. DVR nemohou být použity pro korekci dlouhodobých podpětí a přepětí.

Závěr

Zlepšit vlastnosti napájecí sítě tak, aby bylo zamezeno poklesům napětí, je velice drahá a pravděpodobně nerealizovatelná záležitost. Ve zvláštních případech, kde jsou náklady oprávněné, je možno zajistit napájení ze dvou oddělených zdrojů, které jsou považovány jako nezávislé.

Pro většinu provozů bude vyžadována nějaká forma omezení poklesů napětí a existuje zde široká nabídka zařízení, jejichž volba závisí na typu zátěže, která má být chráněna.

Nejlevnějším řešením je specifikovat zařízení s potřebnou necitlivostí na poklesy napětí, ale tato možnost doposud není uspokojivě výrobcí podporována.

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 Latons
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 Bonnhof 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@wirednet.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



**HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE**

Hungarian Copper
Promotion Centre
Képfíró u. 9
H - 1053 Budapest
Magyarország
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