

Poklesy napětí v síti nn a spolehlivost výpočetní a řídicí techniky

Pavel Lukeš

Článek s použitím určitých základních měření kvantifikuje vliv krátkodobých poklesů a výpadků napětí ve veřejné distribuční síti nízkého napětí na činnost síťových zdrojů napájejících zařízení výpočetní a řídicí techniky. Předložené výsledky mohou být použity při kvantitativní analýze spolehlivosti výpočetní a řídicí techniky a rozhodování o tom, zda je tuto techniku nutné chránit před poklesy a výpadky napětí v síti prostřednictvím UPS.

1. Úvod

V současnosti lze jen těžko nalézt obor lidské činnosti, který by nebyl ovlivněn mikroprocesorovou technikou. Počítače nás obklopují ze všech stran, a to trvale, ve většině zaměstnání, v osobním životě a zejména jako součást všech možných zařízení, od nejjednodušších řídicích systémů až po ty nejsložitější, kterými mohou být např. bezpečnostní systémy, systémy pro řízení dopravních prostředků a cest, petrochemických výroby a distribuce elektrické energie atd. Masivní použití počítačů vede ke zvýšenému zájmu o jejich spolehlivost, do značné míry dané jejich odolností proti elektromagnetickým rušivým vlivům, zejména těm, které mají důvod v neodpovídající kvalitě elektrické energie dodávané prostřednictvím veřejné distribuční sítě nízkého napětí.

2. Poklesy a výpadky napětí sítě nn

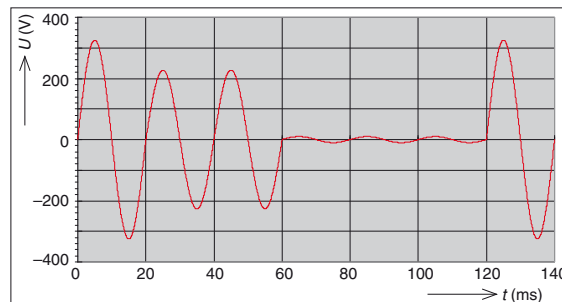
Kvalita elektrické energie dodávané prostřednictvím veřejné distribuční sítě nízkého napětí (sítí nn, tj. v našich podmínkách 230 V/50 Hz, popř. 3× 400 V/50 Hz) se může v čase značně měnit v závislosti na mnoha činitelích s různou mírou vlivu. Jestliže odchylka od standardu překročí jistou úroveň, může napájené zařízení začít chyběně fungovat, nebo dokonce může být vyřazeno z provozu, a to buď přechodně, nebo trvale s nutností servisního zásahu.

Dodavatel elektrické energie je povinen dodávat prostřednictvím sítě nn elektrickou energii v kvalitě stanovené normou [1], která ohledně napětí říká: „Za normálních provozních podmínek, s vyloučením přerušování napájení:

- musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu $U_n \pm 10\%$,
 - všechny průměrné efektivní hodnoty napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut musí být v rozsahu $U_n +10\%$ – 15% .
- Poznámka: V případech napájení ve vzdálených oblastech s dlouhými vedeními může

být napětí mimo rozsah $U_n +10\%$ – 15% . Odběratelé by měli být o tom informováni.“

Norma tedy dodavateli předepisuje maximální přípustné tolerance průměrné efektivní hodnoty síťového napětí. Nestanovuje však žádné meze pro okamžité hodnoty na-



Obr. 1. Pokles napětí sítě nn na 70% po dobu dvou period a jeho krátkodobé přerušování po dobu tří period

pětí v případech krátkodobých a přechodných jevů – přepětí, poklesů a přerušování napětí, tedy poruch síťového napájení působících na napájené spotřebiče jako síťové rušení.

K elektromagnetickým rušivým vlivům nejčastěji se vyskytujícím v síti nn patří zejména (ve vztahu ke jmenovitým hodnotám napětí a kmitočtu sítě):

- odchylky napětí v rámci povolených tolerancí (zmiňované shora, podle [1]),
- krátkodobé poklesy napětí překračující přípustné meze, většinou kratší než 1 s, s hloubkou poklesu menší než 60 % U_n ,
- krátkodobá (do jedné minuty, většinou však do 1 s) a dlouhodobá přerušování (výpadky) napětí,
- dočasná a krátkodobá přepětí způsobená poruchami (např. v důsledku zkratu na transformátoru, atmosférických a spínacích jevů),
- harmonická a meziharmonická napětí způsobená nelineárními zátěžemi (celkový činitel zkreslení až 8 %),
- elektromagnetická rušení šířená vedením (do kmitočtu až asi 30 MHz, napětí řádu milivoltů až desítek milivoltů); napětí signálů (přenos informací – HDO apod.) do 10 % U_n ,
- rychlé opakované změny napětí (flickr) způsobené změnami zatížení nebo spínáním

v síti a vyvolávající zejména fyziologicky nepříznivé kolísání osvětlení (počet změn řádově desítky až stovky za minutu, relativní změna napětí obvykle do 5 %),

- nesymetrie třífázového napětí vyvolaná nesymetrickým zatížením sítě (zpětná složka až 2 % sousledné složky).

Z uvedených rušivých jevů jsou v tomto článku předmětem zájmu pouze krátkodobé poklesy a přerušování napětí. Jde o jevy zpravidla nepředvídatelné, převážně náhodného charakteru, zapříčiněné především elektric-

kými poruchovými stavy sítě. Vznikají z mnoha různých důvodů a lze je třídit podle různých kritérií, např. podle místa (na straně distributora, nebo na straně spotřebitele elektrické energie) či příčiny vzniku. Případem poklesu napětí způsobeného na straně distributora může být pomalé řízení napětí elektrické sítě např. při změnách její konfigurace. Na straně spotřebitele nastávají poklesy napětí v důsled-

ku aktivit připojených uživatelů (spotřebičů) s dynamickým odběrem proudu. Často je krátkodobý pokles napětí příznakem zkratu na vedení.

Krátkodobý pokles napětí charakterizují tyto základní parametry:

- *hloubka poklesu* s hodnotami v rozmezí od 10 do 100 % U_n (pokles s hloubkou větší než 95 % U_n se přitom již obvykle označuje jako krátkodobé přerušování napětí, viz dále); při zkratu na vedení závisí hloubka poklesu napětí na vzdálenosti vyšetřovaného bodu sítě od místa zkratu (v místě zkratu napětí klesne až k nule, tj. dojde k jeho přerušování),
- *doba trvání poklesu* s hodnotami od 10 ms až do několika sekund v závislosti na způsobu eliminace poruchy (v přenosových systémech s velmi rychlým systémem ochrany anebo při použití zařízení se samočinným odstraněním poruchy se krátkodobé poklesy napětí často daří eliminovat v době do 0,1 s).

O *krátkém přerušování (výpadku) napětí* se hovoří tehdy, klesne-li v konkrétním bodu sítě nn náhle napětí pod prahovou hodnotu přerušování, po němž během krátké doby následuje obnovení napětí. Výpadky napětí mohou trvat od poloviny periody střídavého proudu

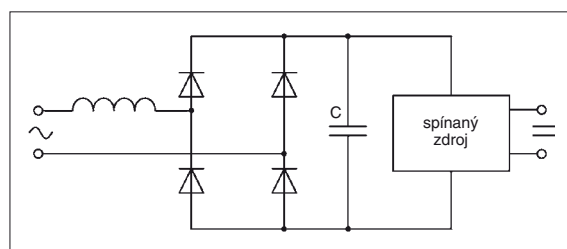
(10 ms) do několika sekund, podle typu systému opětného zapínání nebo přechodu napětí po poruše. Výpadku napětí často předchází krátkodobý pokles napětí. Pouhý pokles se od krátkodobého výpadku liší dosaženou hloubkou poklesu napětí; pokles napětí o více než 95 % U_n se již zpravidla považuje za výpadek. Na obr. 1 je znázorněn výpadek napětí sítě nn po dobu tří period následující po poklesu napětí na 70 % U_n po dobu dvou period.

Kombinace hloubky, doby trvání a četnosti krátkodobých poklesů (výpadků) napětí v síti rozhoduje o požadované odolnosti připojeného přístroje. Podle statistik závisí četnost těchto událostí na typu přívodu elektrické energie. U venkovního vedení může v závislosti na počtu úderů blesku a obecně na meteorologických podmínkách v oblasti dojít až k několika stovkám událostí za rok. V kabelových sítích vznikají desítky až stovky krátkodobých poklesů napětí za rok v závislosti na místních podmínkách (viz [2] a dále uvedené výsledky vlastního měření autora).

3. Analýza síťových zdrojů pro napájení výpočetní a řídicí techniky

3.1 Požadavky na odolnost

Při posuzování odolnosti zařízení výpočetní a řídicí techniky proti poklesům a výpadkům napětí v síti nn je nutné přihlížet k normě [3], která se odkazuje na zkušební postupy uvedené v normě [4], od níž nepřipouští žádné odchylky. Norma [4] se podrobně zabývá problematikou krátkodobých poklesů a přerušení napětí. Stanovuje vhodnou zku-



Obr. 2. Můstkový usměrňovač spínaného zdroje pro napájení výpočetní a řídicí techniky

šební a měřicí techniku a zkoušky odolnosti pro ta elektrická a elektronická zařízení připojená k sítím nn, jejichž fázový proud není větší než 16 A.

3.2 Kritéria funkční způsobilosti zařízení

V příloze B normy [3] jsou stanoveny konkrétní zkušební podmínky a kritéria funkční způsobilosti pro jednotlivé typy zařízení informační techniky, členěných na zařízení na čtení, zápis a ukládání dat, zobrazování dat, vstup dat, tisk dat a vlastní zpracování dat. Pro každou skupinu zařízení jsou určena konkrétní kritéria způsobilosti, přičemž se vychází z obecných funkč-

ních kritérií A, B a C podle [5]. Nejprůsnější je funkční kritérium A, předepisující během zkoušky i po ní nepřetržitou činnost na úrovni stanovené výrobce. Funkční kritérium B připouští určité zhoršení činnosti zařízení během zkoušky a funkční kritérium C připouští dočasnou ztrátu funkce za předpokladu, že funkce je samoobnovitelná nebo může být obnovena řízením.

Pro další výklad, bez detailů uvedených funkčních kritérií (zájemce lze odkázat např. na [6]), postačí konstatovat, že žádné z nich nepřipouští nezpůsobilost zařízení, nebo dokonce vznik jeho hazardních a nebezpečných stavů. Funguje-li vlivem krátkodobého poklesu nebo výpadku napájení počítač nebo řídicí systém odchýlně od běžného stavu, musí být zajištěno, že nenastane nebezpečná situace.

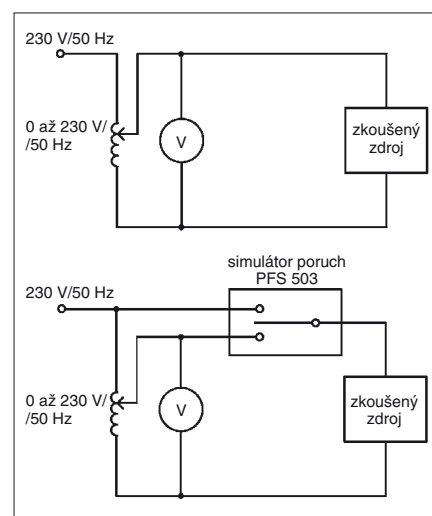
3.3 Ochrana před důsledky poklesů a výpadků napětí v síti nn

Chránit se před případnými nebezpečnými stavy vyvolanými krátkodobými poklesy a výpadky napětí v síti nn lze z několika stran. Nejvyššího stupně bezpečnosti bude dosaženo při nepřetržité dodávce energie s použitím zdroje nepřerušovaného napájení (UPS), kdy lze zajistit chod a popř. bezpečné odstavení řízeného zařízení a uložení dat i při delším přerušení dodávky energie ze sítě nn. Pokud není nebo nemůže být napájení řídicího systému zálohováno prostřednictvím UPS, je nutné zajistit bezpečnost vhodnými programovacími technikami a volbou vstupních a výstupních periférií. Ve fázi návrhu zařízení je nutné volit stavy vstupů a výstupů I/O pro případ, že nebudou napájeny, tak, aby se zařízení dostalo do bezpečného stavu a nenastala hazardní situace.

V souvislosti s funkční bezpečností zařízení se zavádí pojem *reakce selháním vedoucí k bezpečnosti*. V praxi to znamená, že je někdy přípustné, aby zařízení selhalo působením elektromagnetického rušení, ovšem způsobem, který zabrání případnému vzniku nebezpečného stavu. S cílem předejít nedefinovanému stavu bezpečnostního systému lze např. monitorovat napájecí napětí a při jeho poklesu pod stanovenou hodnotu systémem bezpečně odstavit a vypnout s indikací výskytu chyby napájecího napětí. Po následném zotavení napětí je nutný zásah obsluhy, která systém spustí kontrolovaným způsobem. Samovolné spuštění systému je nepřipustné. V případě některých karet I/O je definována funkce tzv. *safeguarded*, která při zjištění poruchy zajišťuje uvedení I/O do bezpečného stavu.

Jaká je kritická hodnota poklesu nebo výpadku napětí (jak hloubky, tak doby trvání), bude záviset na typu provozovaného zaříze-

ní. U výpočetní a řídicí techniky napájené ze sítě nn je rozhodujícím prvkem použitý napájecí zdroj. Procesorová jednotka a periferie jsou obvykle napájeny stejnosměrným napětím o velikosti 5 až 26 V, podle výrobce a zvyklostí. V současné době se výhradně používají spínané zdroje, u nichž vlastním spínacím obvodům předchází na vstupu můstkový usměrňovač s vyhlazovacím kondenzátorem (obr. 2). Kapacita vyhlazovacího kondenzátoru se volí podle přípustného zvlnění výstupního napětí a jmenovitého výkonu zdroje. Obecně lze říci, že kapacita těchto vyhlazovacích kondenzátorů je řádově stovky mikrofaradů.



Obr. 3. Ověřování odolnosti vybraných zdrojů: a) hrubé určení citlivosti zdroje, b) měření citlivosti zdroje s použitím simulátoru poruch sítě

Stejnoseměrný zdroj z principu nemůže dodávat stejnosměrné napětí, pokud není trvale napájen. Je ale schopen se vyrovnat s krátkodobým poklesem, popř. i výpadkem na svém vstupu. Jaká může být doba trvání a hloubka poklesu vstupního napětí, bude záviset na vlastnostech zdroje, především na kombinaci kapacity vyhlazovacího kondenzátoru se zatížením zdroje a na řídicích obvodech zdroje. Je-li kapacita vyhlazovacího kondenzátoru dostatečně velká a zatížení zdroje malé, dokáže kondenzátor „podržet“ napětí po dobu krátkého poklesu, popř. výpadku sítě nn. Některé tzv. inteligentní zdroje sledují napětí na svém vstupu a při jeho poklesu pod stanovenou mez indikují poruchu a přestanou dodávat napětí na výstupu.

Pro možnost určit pravděpodobnost selhání výpočetní a řídicí techniky vlivem krátkodobého poklesu nebo výpadku napájení je nutné znát citlivost použitých napájecích zdrojů na tento druh poruchy. S cílem zjistit kritickou hodnotu napájecího napětí a kritickou dobu trvání poruchy, která způsobí selhání napájecího zdroje zatíženého obvyklým způsobem, bylo proměřeno pět vybraných typů zdrojů způsobem, jenž je popsán v následujícím textu.

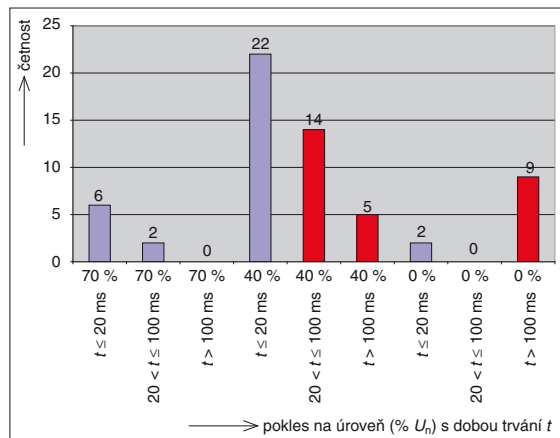
3.4 Experimentální ověření odolnosti vybraných zdrojů

Na obr. 3 jsou ukázána zapojení použitá při experimentu. Měřilo se plynule regulovatelným autotransfornátorem, na němž bylo voltmetrem přesně nastavováno požadované napájecí napětí zdroje v rozsahu 0 až 230 V. K simulování poklesů (výpadků) napětí sítě nn byl zvolen třífázový napěťový simulátor poruch PFS 503, výrobek firmy EM Test GmbH, umožňující zavést poruchu v libovolném okamžiku fázového napětí 0 až 360° s krokem 1° (vlastní měření bylo prováděno při průchodu sinusovky nulou a v jejím kladném i záporném vrcholu; bylo zjištěno, že okamžik vzniku poruchy nemá na výsledné selhání napájecího zdroje měřitelný vliv). Simulátor dále umožňuje nastavit dobu trvání poruchy v rozmezí od 0,05 do 19 990 ms a zotavnou dobu mezi jednotlivými poruchami v rozmezí od 0,01 do 990 s.

V prvním kroku experimentu byla pro každý zdroj zjištěna přibližná hodnota síťového napětí, při níž zdroj selže, a to postupným snižováním napětí na autotransfornátoru, bez použití PFS 503 (obr. 3a). Poté byl zkoumaný zdroj zapojen podle obr. 3b. Hodnota zbytkového napětí byla nastavena o deset procent větší než přibližná hodnota nalezená v první fázi měření. Doba trvání poruchy byla nastavena na 5 s, což je doba dostatečně dlouhá k tomu, aby zkoumaný zdroj selhal. Doba zotavení mezi jednotlivými poruchami byla nastavena na 10 s. Napájecí napětí zdroje bylo po každém cyklu snižováno o 1 V až do výpadku zdroje, čímž byla zjištěna kritická hodnota napájecího napětí U_{krit} pro každý ze zdrojů. Pro U_{krit} byla dále s použitím simulátoru PFS 503 zjištěna kritická doba trvání t_{krit} jako doba, po kterou musí být zdroj napájen takto sníženým napětím, než selže. Na simulátoru PFS 503 byla tudíž postupně s každým cyklem prodlužována doba trvání poruchy, až do selhání zdroje. Stejně byla zjištěna kritická doba trvání poruchy při poklesu napájecího napětí zdroje U_{nap} na 40, 20 a 0% U_n .

Zkoumané zdroje byly běžně zatíženy. Zdroje určené pro počítače byly provozovány v instalaci stolního PC. Zdroje pro řídicí

systém byly zatíženy procesorovou jednotkou a běžnými perifériemi. Zkoušená počítačová sestava byla provozována s operačním systémem a běžícím zkušebním programem. V případě řídicího systému byl v provozu jednoduchý zkušební program, který ovládal periférie. Selhání zdroje bylo indikováno novým samovolným spuštěním systému, popř. samotným vypnutím počítače (bez samovolného spuštění). Během zkoušky se nestalo, že by zkušební program vykazoval abnormality v chování, které by se projevil zastavením jeho chodu nebo chybnou funkcí (tj. nedošlo k „zamrznutí“ počítače tak, že by musel být znovu spuštěn manuálně).



Obr. 4. Četnost poklesů napětí ve veřejné distribuční síti nn během roku

Hodnoty naměřené u jednotlivých zdrojů (z důvodu anonymity označených písmeny A až E) jsou uvedeny v tab. 1. Naměřeny byly hodnoty kritického napájecího napětí (U_{krit}) v rozmezí od 59 % (nejméně odolný zdroj) až po 50 % jmenovitého napětí sítě (nejodolnější ze zdrojů) a kritické doby trvání výpadku (t_{krit}) od 30 po téměř 500 ms, v závislosti na konstrukci zdroje. Z vykonaných měření dále plyne, že poklesne-li napájecí napětí zdroje na kritickou hodnotu nebo menší, zdroj vždy selže za stejnou dobu od dosažení kritické hodnoty, nezávisle na hloubce poklesu.

4. Analýza veřejné distribuční sítě nn

Pro měření krátkodobých poklesů a výpadků napětí autor sestrojil sondu, která byla trvale zapojena do distribuční sítě nn. Sonda zaznamenávala do vnitřní paměti odchylky napětí s dobou jejich trvání a údajem o čase

události (časovou známku). Zaznamenávala tyto tři úrovně poklesu napětí v síti:

- na hodnotu v intervalu mezi 70 a 40 % jmenovitého napětí,
- pokles pod 40 % jmenovitého napětí,
- totální výpadek napětí v síti.

Údaje byly sbírány od 1. července 2005 do 1. října 2006 s několika přestávkami (v konečném souhrnu po dobu jednoho roku) a ve třech oblastech: Bergen (Norsko), Oslo (Norsko), Rakovník (ČR). Naměřené údaje z různých oblastí se vzájemně výrazně nelišily, takže nemělo smysl je vzájemně oddělovat, a byly tedy začleněny do jednoho souhrnu. Zjištěné četnosti výskytu jednotlivých typů poklesu napětí v síti nn jsou zaznamenány v histogramu na obr. 4.

Z již popsaných měření odolnosti napájecích zdrojů lze usuzovat, že pro činnost běžných zařízení výpočetní a automatizační techniky jsou kritické poklesy napětí v síti nn pod 60 % jejího jmenovitého napětí trvající déle než 20 ms, v závislosti na typu a konstrukci použitého zdroje.

Z obr. 4 vyplývá, že během roku se v síti nn několikrát vyskytla kritická porucha, která by způsobila selhání napájecího zdroje, potažmo řídicího systému. Konkrétně byly zjištěny tyto kritické poklesy napětí v síti nn (v grafu na obr. 4 vyznačeny červeně):

- čtrnáctkrát pokles pod 40 % jmenovitého napětí s dobou trvání delší než 20, ale nikoliv delší než 100 ms,
- pětkrát pokles pod 40 % jmenovitého napětí trvající déle než 100 ms,
- devětkrát výpadek napětí trvající déle než 100 ms.

Bylo tedy celkem zjištěno 28 kritických poruch sítě za dobu jednoho roku (8 760 h).

5. Výpočet ukazatelů spolehlivosti pro zdroje pro výpočetní a řídicí techniku

Má-li být dosaženo určité požadované úrovně funkční bezpečnosti elektrických a elektronických zařízení, je třeba věnovat pozornost mj. přínosu možných účinků elektromagnetického rušení k celkovému riziku selhání zařízení a navrhnout je tak, aby riziko nepřekročilo tolerovanou úroveň. Proto se provádí analýza spolehlivosti, pro jejíž kvantitativní část je nutné znát hodnoty některých ukazatelů.

Na základě již uvedených výsledků měření vykonaných na síťových napájecích zdrojích pro výpočetní a řídicí techniku a analýzy sítě nn lze stanovit hodnoty ukazatelů spolehlivosti napájecích zdrojů s ohledem na poklesy a výpadky síťového napětí. Do výpočtu jsou zahrnuty všechny poklesy o více než 40 % jmenovitého napětí s dobou trvání delší než 20 ms zjištěné během jednoho roku. Pro výpočet je uvažováno exponenciální rozdělení intenzity poruch jako náhodného jevu, charakterizovaného frekvenční funkcí $F(t)$ (časová závislost pravděpodobnosti výskytu poruchy)

$$F(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Tab. 1. Hodnoty odolnosti naměřené na vybraných napájecích zdrojích

Zdroj typ ¹⁾	napájené zařízení	U_{krit} (% U_n)	t_{krit} (ms) při U_{nap} zdroje rovném			
			U_{krit}	40 % U_n	20 % U_n	0 % U_n (výpadek)
A	průmyslové PC	54	330	320	317	315
B	běžné PC	52	125	125	125	125
C		59	73	70	70	70
D	řídicí systém	50	30	30	30	30
E		50	490	490	490	490

¹⁾ kódové označení zdroje pro účely zkoušky

kde
 λ je intenzita výskytu poruchy,
 t čas.

Z již zmíněné analýzy uskutečněných měření vyplývá jako nejhorší případ

$$\lambda = \frac{28}{8760} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1} \quad (2)$$

Pro střední dobu do poruchy při daném exponenciálním rozdělení platí

$$\text{MTTF} = \int_0^{\infty} tF(t)dt = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

což po dosazení $\lambda = 3,2 \cdot 10^{-3}$ a zaokrouhlení znamená, že MTTF = 313 h.

Z uvedeného plyne, že teoreticky by měl počítač, popř. řídicí systém, který je provozován bez záložního systému napájení, selhat asi jednou za 313 hodin nepřetržitého provozu. Při kancelářském provozu s osmihodinovou denní provozní dobou je střední doba bezporuchového provozu přibližně 40 dní. Zda je toto riziko přijatelné, či nikoliv, záleží na řešené úloze. V případě běžného kancelářského provozu jde o riziko pravděpodobně únosné, na rozdíl od nepřetržitého řízení technologického provozu, kde bude nutné použít zálohované napájení.

6. Závěr

Článek pojednává o krátkodobém poklesu, popř. výpadku napětí jakožto jedné z poruch, která se může vyskytnout v distribuční síti nn a která může mít za následek selhání výpočetní a řídicí techniky. Jsou v něm uvedeny výsledky zkoušek odolnosti vybraných síťových napájecích zdrojů pro zařízení výpočetní a řídicí techniky proti poklesům a výpadkům napětí v napájecí síti a výsledky analýzy veřejné distribuční sítě s ohledem na výskyt krátkodobých poklesů a výpadků napětí v síti během roku. Ze získaných údajů lze vypočítat základní ukazatele spolehlivosti, které mohou být využity pro budoucí analýzu spolehlivosti řídicích systémů. Hodnoty uvedené v článku nereprezentují chování distribuční sítě nn v celé její topologii, ale jsou pouze vzorkem z konkrétních oblastí. Na jiných místech mohou být v závislosti na atmosférických podmínkách, typu napájecího systému a dalších faktorech zjištěny hodnoty jiné, méně či více příznivé.

Článek nenabízí metodu, jak zvýšit odolnost zařízení výpočetní a řídicí techniky napájené z veřejné distribuční sítě nn proti poklesům a výpadkům napětí, neboť z důvodu náhodné povahy tohoto druhu poruchy taková metoda neexistuje. Ukazuje, jak lze hrozící riziko kvantifikovat a kvalifikovaně rozhodnout, zda je či není ekonomické zajistit rychlou dodávku energie z náhradního zdroje (UPS). Jiný způsob, jak ochránit zařízení výpočetní a řídicí techniky před důsledky poklesu nebo výpadku napětí v síti nn, neexistuje.

Literatura:

- [1] ČSN EN 50160 – Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě.
- [2] ČSN EN 61000-2-4 – Prostorové – Kompatibilitní úrovně pro nízkofrekvenční rušení šířené vedením v průmyslových závodech.
- [3] ČSN EN 55024 – Zařízení informační techniky – Charakteristiky odolnosti – Meze a metody měření.
- [4] ČSN EN 61000-4-11 – Zkušební a měřicí technika – Krátkodobé poklesy napětí, krátká přerušování a pomalé změny napětí – Zkoušky odolnosti.
- [5] ČSN EN 61000-6-2 – Odolnost pro průmyslové prostředí.
- [6] ŽÁČEK, J. – KUNZEL, K.: EMC v technické praxi III: Omezování rušení v oblasti nízkých kmitočtů. Automa, 2006, roč. 12, č. 6. s. 55–58.

Ing. Pavel Lukeš,
 katedra elektrotechnologie,
 Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze
 (lukeps@seznam.cz)



Průmyslová PC EASY

Vše z jedné ruky!








S HY-LINE jste vítězi

Mezi naše přednosti patří mimo jiné i kompletní řešení v oblasti průmyslových PC (IPC). Vše získáte z jedné ruky – od návrhu až po výrobu: TFT displeje včetně přizpůsobených radičů, jednodeskové počítače, dotykové obrazovky, zpětné převodníky a kabelové svazky. Samozřejmostí jsou také poradenství a podpora. Jen zavolat musíte sami.

HY-LINE Computer Components GmbH
 Voklefova 5, Praha 3 13000
 Phone & Fax: +420 2 / 225 241 01
 E-Mail: computer@hy-line.cz

www.hy-line.cz/display-konfigurator