

Uděláte dobře, když to neuděláte aneb UPS a frekvenční měniče (FM)

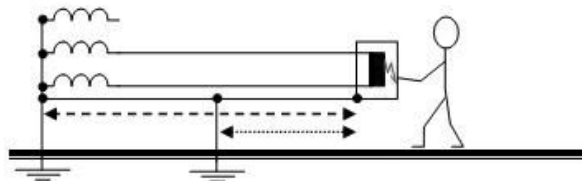
Klimša David – www.el-soft.net, ing. Boris Grínac – UPS Servis s. r. o.

Udělat dobrou revizi znamená především nezničit funkční věc. Udělat výbornou revizi znamená kromě předešlého i porozumět principu revidovaného zařízení, správně ho proměřit a vyhodnotit stav. Zařízení jako jsou UPS nebo frekvenční měniče (FM) mají několik společných vlastností. Jsou mezičlánkem mezi spotřebičem a zdrojem, upravují napětí nebo proud zdroje a málokdy revizní technik pronikne do technických podrobností těchto zařízení. Bez porozumění alespoň principu nemůže revizní technik zodpovědně zhodnotit ochranu před dotykem a nadproudy. Z horlivosti a strachu může také svým závěrem způsobit více škody než užítu. V nadpise je „Uděláte dobře, když to neuděláte.“ Je tím myšleno měření izolačního stavu megmetrem a měření impedanční smyčky. Abychom si věc trochu zprůhlednili, začneme stručným připomenutím principu ochrany před nadproudy a dotykem. Potom poznatky aplikujeme na FM a UPS.

Cíl ochrany před nadproudy je zamezit takovým přetížením a zkratům, které by způsobili překročení dovolených teplot vedení a elektrického zařízení. Obecná rada jak u UPS, tak i u FM je: „Při posuzování ochrany před nadproudy postupujte jako by žádná UPS ani FM neexistoval, pokud výrobce v dokumentaci výslovně nepotvrzuje, že UPS nebo FM některou z těchto funkcí zajišťuje.“ V drtivé většině případů je v dokumentaci kromě požadavku na jištění a připojení vlastního zařízení také popis vestavěné ochrany, která odjišťuje el. zařízení z nich připojená. Revizní technik pak jen zkontroluje, že jsou uvedené pokyny správně uplatněny a nemusí se již zabývat technickými detaily provedení těchto ochrany. Měl by ale také zkontrolovat, zda jsou splněny požadavky, které se mohou týkat charakteristik nebo místa umístění jisticích prvků a dalších zařízení. FM například nesnáší, aby mezi jím a motorem cokoliv bylo – např. stykač.

Další nutnou věcí je zajistit ochranu před nebezpečným dotykem neživých částí. Nejčastěji je ochrana řešena samočinným odpojením v síti TN. Při poruše se uzavře obvod: zdroj – krajní vodič – kryt el. zařízení – ochranný vodič a opět zdroj. Tyto části tvoří tzv. impedanční smyčku (Z_s) složenou z činných odporů (R) a indukčních reaktancí (X_L). Poruchový proud se rovná $230/Z_s$. Tento zkrat bude vypnut za čas dle charakteristiky předřazeného jisticího prvku. ČSN vychází pro případ poruchy z předpokladu, že porucha mezi živými částmi a neživou částí bude zanedbatelné impedance (413.1.3.3). Jinými slovy porucha bude dokonalý zkrat. Na neživé části vnikne dotykové napětí. Odkud se vezme a jaká bude jeho velikost? U_d se bude rovnat poruchovému proudu krát odpor ochranného vodiče od spotřebiče až k místu, kde je spojen s potenciálem. Potenciál nebo-li místo kde jsou pospojováním srovnána veškerá napětí je např. hlavní pospojování v objektu. Další potenciál může být vytvořen třeba u podružného rozváděče pospojováním stejných částí jako zahrnuje hlavní pospojování. Lidově řečeno vždy na nějakém potenciálu stojím nebo pokud třeba sedím na radiátoru topení, přivedl jsem si potenciál na zadek. V této chvíli můj zadek ohrožuje pouze úbytek napětí na ochranném vodiči od spotřebiče po místo, kde je také spojen s potenciálem. Co se děje na krajním vodiči nebo na části ochranného vodiče za potenciálem směrem ke zdroji je mi úplně jedno. Kdyby žádný potenciál mezi zdrojem a spotřebičem nebyl vytvořen byl bych při poruše ohrožen asi 115 V po dobu než vypne jistič. Proč 115 V? Poruchový obvod je napájen 230 V. Polovina bude úbytkem na krajním vodiči, druhá polovina na cestě zpět, tedy na ochranném vodiči (pokud budou mít stejný průřez). Pokud

bude mezi zdrojem a místem poruchy vytvořena nová potenciální rovina, neucítím napětí mezi touto rovinou a zdrojem. ČSN 33 2000-4-41 počítá s nejhorsí situací (115 V) a pro toto U_d předepisuje právě 0,4 s. Viz příloha NL.



Doby odpojení v závislosti na velikosti předpokládaného dotykového napětí U_{pd}

U_{pd} (V)	Doby odpojení v závislosti na velikosti předpokládaného dotykového napětí pro	
	prostory normální i nebezpečné	prostory zvlášť nebezpečné
	t (s)	t (s)
25	–	> 5
50	> 5	0,47
75	0,06	0,30
90	0,45	0,25
110	0,36	0,18
150	0,27	0,10
220	0,17	0,035
280	0,12	0,020
350	0,08	–
500	0,04	–

Co se ale stane, když porucha nebude ideálním zkratem nebo vznikne v polovině vinutí motoru? Poruchový proud bude menší, vypínací čas bude delší, ale zároveň bude i menší úbytek napětí na ochranném vodiči. Vznikne úbytek napětí na neideální poruše. Pokud je použit prvek s inverzní charakteristikou, bude U_d a čas kopírovat hodnoty z tabulky přílohy NL ČSN 33 2000-4-41. Použití prvku s inverzní vypínací charakteristikou vyplývá jako podmínka z čl. 413.1.4.2 (na konci). Proto také ČSN 33 2000-6-61 čl. 612.6.1 a čl. 612.6.4 jako alternativu měření Z_s dovoluje změřit jen ochranný vodič a to od zařízení po místo, kde je spojen s hlavní přípojnici (nejbližším potenciálem – např. hlavním pospojováním). Zkoušel jsem vytvořit několik modulových situací a vždy jsem vycházel z nejhorsích možností. Celková Z_s při dokonalém zkratu byla právě hranicí pro daný jisticí prvek, nepoužil jsem koeficient (1,5) dle ČSN 33 2000-4-41 z r. 2000, neuvažoval jsem s žádným potenciálem mezi zdrojem a místem poruchy. Hodnoty U_d na ochranném vodiči při zvětšující se nedokonalosti poruchy téměř kopírovaly hodnoty z tabulky přílohy NL. Faktem je, že ne na 100 %. Je ale také pravda, že v praxi neexistuje takto extrémně vyhocená situace.

Proč rozebírám situace při nedokonalé poruše? Protože je to totéž, jako když je do krajních vodičů vloženo zařízení zvětšující jejich impedanci, např. UPS nebo FM, přičemž ochranný vodič zůstává stejně kvalitní.

Takže všechny zásady pro správně provedenou ochranu před dotykem neživých částí splníme když: „Impedance obvodu

měřená nebo počítaná bez zařízení vložených do krajních vodičů bude vyhovovat základním pravidlům pro ochranu odpojení od zdroje v síti TN, nebo pokud bude splněn požadavek na PE dle 612.6.4. „ Jinými slovy: „Pokud bude Zs vyhovovat s bypassem UPS nebo FM, je vše v pořádku.“ Každá UPS i každý FM má přímo propojený vstupní a výstupní PE.

Takže co s FM?

FM je zařízení vložené „do“ krajních vodičů (před motor), které usměrní vstupní napětí a potom jej znovu moduluje od 1 Hz výš s postupně zvyšujícím se napětím. Revizní technik by měl změřit Zs po FM a potom přičíst Zs od FM po motor. Lze ji vypočítat z délky a průřezu kabelu, nebo změřit po odpojení FM. Mezi FM a motorem je veden cca 2 m a někdy je FM přímo na motoru. I kdyby selhaly všechny elektronické ochrany vestavěné ve FM (což je nepravděpodobné) hlídající svod na kostru, proudovou nerovnoměrnost atd., ochrana před nebezpečným dotykovým napětím na neživých částech je zajištěna. Ochrana před dotykem lze také posílit použitím proudového chrániče ještě před FM, ale: V dokumentaci bývá omezení např. Fi lze od 100 mA nebo jen typ S apod. POZOR: v žádném případě není možné a pro FM ani zdravé měřit Zs za FM. Podobně destruktivně by mohlo dopadnout měření izolace megmetem. Co s tím? Buď motor před měřením odpojit, nebo z mého pohledu ideální řešení: klešťovým miliampérmetrem změřit unikající proud ochranným vodičem nebo rozdílový proud.

Co s UPS? (ing. Boris Grínac, UPS Servis s. r. o.)

U UPS je situace ještě komplikovanější, a to proto, že někdy „poběží z baterek.“ Rozeberme celou problematiku po jednotlivých částech.

Můžeme měřit impedanci smyčky za UPS?

Dříve než zapojíme za UPS náš revizní přístroj, měli bychom vědět něco o měřené UPS a o principu měření impedance ochranné smyčky.

Přístroje pro měření impedance většinou zatěžují měřený obvod krátkými impulsy proudu tak, aby zároveň vyvolali v obvodu měřitelný pokles napětí. Ze známé hodnoty proudu a změřeného poklesu napětí pak vypočítají hledanou impedanci. Měřicí proud může být značný a tak bychom měli zvážit, zda UPS měřicí proud vůbec zvládne.

UPS typu line-interactive mají v normálním provozu vstup spojený s výstupem. Proto za těmito UPS můžeme měřit impedanci smyčky a vyjde nám použitelný výsledek. Ovšem nesmíme zapomenout, že UPS tohoto typu mají systém AVR (automatická regulace napětí), který funguje na principu přepínání odboček autotransformátoru. Bude-li UPS zrovna v režimu zvýšení nebo snížení napětí, měření bude ovlivněno impedancí transformátoru. Při měření na line-interactive UPS se nám může stát, že měřicí přístroj vytvoří na vstupu UPS takové změny napětí, že UPS přejde na provoz z akumulátorů. V tomto provozu již měříme impedanci střídače UPS, který je vybaven regulací napětí – výsledek měření je neplatný. Měření impedance střídače bychom se měli vyhnout, protože můžeme střídač UPS poškodit. Vzhledem k těmto poznatkům line-interactive ani off-line UPS se nehodí do instalací se složitějšími a delšími rozvody za UPS, které podléhají revizi. Jejich výkon by měl být spotřebován hned vedle UPS. Revizní technik by měl upozornit provozovatele na zákaz použití prodlužovacích přívodů.

Měření impedance smyčky za UPS typu on-line je v normálním provozu UPS zbytečné, protože tyto UPS mají rychlou regulaci výstupního napětí a tak zatěžovací proud nevyvolá pokles napětí úměrný impedanci měřené smyčky. Naměřená impedance pak závisí na rychlosti a přesnosti regulace UPS a na délce měřícího impulsu. V praxi takto změřená impedance bývá téměř nulová. Pro některé typy on-line UPS o výkonu menším než 3000 VA může být měřicí proud příliš velký a ohrozí polovodiče střídače UPS. On-line UPS mají zabudovaný automatický bypass. Bypass funguje tak, že pro-

pojí vstup z výstupem v případě, když se UPS přetížá, nebo na jejím výstupu vznikne zkrat. Bypass zajistí cestu s nízkou impedancí pro samočinné odpojení od zdroje. Takže u on-line UPS je vhodné před měřením impedance smyčky převést UPS na bypass (každý přístroj má na to svůj postup, ale většinu UPS dokážeme převést na bypass z ovládacího panelu). Impedance změřená v provozu na bypass je použitelná pro posouzení správné funkce ochranné smyčky a času odpojení v normálním provozu.

Jak vyhodnotit změřenou impedanci a posoudit bezpečnost instalace?

Pro posouzení bezpečnosti rozvodů za UPS musíme vždy zhodnotit dvě situace:

1. UPS má na vstupu napětí a je v normálním provozu, u on-line UPS je funkční bypass, který dodá dostatečný proud pro rychlé vypnutí vadného obvodu.
2. UPS nemá vstupní napětí, je v režimu autonomie, pracuje z akumulátorů. On-line UPS nemá k dispozici bypass.

Pro situaci, kdy je UPS v normálním provozu platí měření impedance smyčky a normální postupy výpočtu selektivity ochrany. Vyhodnocení funkce ochrany před nebezpečným dotykem a selektivity můžeme v tomto případě provést bez podrobných znalostí technických parametrů UPS.

Pro situaci, kdy je UPS v autonomním provozu, musíme se situací zabývat podrobněji a ke slovu přijdou technické parametry UPS, hlavně přetížitelnost střídače UPS. Pro posouzení jak rozvody zareagují na poruchu, můžeme předvídat dvě varianty: UPS má dostatečnou přetížitelnost pro rychlé odpojení vadného okruhu nebo UPS přejde při poruše do režimu omezení proudu a tento proud není dostatečný pro včasné odpojení vadného okruhu.

Rozebereme podrobněji autonomní provoz UPS. V režimu autonomie je UPS zdrojem s omezeným výkonem. Prakticky se to projevuje tak, že při určitém přetížení se výstupní proud UPS již nezvyšuje a klesá výstupní napětí. Každá větší UPS má ve specifikacích přetížitelnost střídače. Tento údaj je pro nás důležitý pro další úvahy.

Příklad

Máme UPS o výkonu 15 kVA s jednofázovým výstupem. Výstup UPS je vyveden do distribučního rozváděče, ze kterého je zapojeno výstupních zásuvkových okruhů jističů 10 A jističi s charakteristikou C. Výstupní okruhy jsou provedeny kabelem s dostatečným průřezem a měření impedance smyčky při provozu UPS na bypass splňuje požadavky na samočinné odpojení od zdroje s rezervou. Máme posoudit, zda při **provozu z akumulátoru** je rovněž zajištěno rychlé odpojení od zdroje při chybě v jednom z okruhů.

Typická přetížitelnost UPS může být 150 % (ověříme si tento údaj v technických datech UPS). Předpokládáme, že jedná se o nejhorší případ, kdy normální odběry všech okruhů zatíží UPS na 100 %. Nominální proud UPS je 15 kVA/230 V (= 65 A). Proud pro 150 % přetížení je 97,5 A. Proud, který UPS dodá do zkratu v jednom okruhu je 32,5 A. Teď se podíváme do charakteristiky použitého jističe a zjistíme, jak rychle vybaví. Pro rychlé vybavení na zkratovou spoušť jistič 10 A char. C potřebuje cca $10 \times I_n$, přibližně 100 A. Takže v našem případě UPS není schopna rychle odpojit vadný okruh.

Vylepšit situaci můžeme tak, že použijeme menší jistič. Často-krát to však není možné, protože chráněná zátěž, převážně počítače, mají velký zapínací proud a jističe s menším I_n nebo s rychlou charakteristikou budou často vybavovat při zapnutí zátěže. Další způsob, jak situaci vylepšit je použít UPS s větší proudovou přetížitelností střídače.

Taková situace je dost častá a typická. Naštěstí existuje norma ČSN50091-1, která nařizuje výrobcům UPS vypnout střídač, který pracuje v proudovém omezení nebo jinak nedodává na výstupu nominální napětí do 5 sekund. Takže můžeme s velkou pravděpodobností počítat, že v autonomním provozu UPS při poruše na jednom výstupním okruhu jistič tohoto okruhu nevybaví, ale s jistotou, že do 5 sekund vypne střídač UPS.

Dodatečná ochrana proudovým chráničem

Jak bylo patrné z výše uvedeného příkladu, jištění výstupních obvodů neposkytuje ochranu před nebezpečným dotykem vypnutím v předepsaném čase. Proto musíme zvážit zda taková instalace je bezpečná a může být schválena do trvalého provozu. Revizní technik v této situaci se může po posouzení dalších okolností rozhodnout třemi způsoby:

- Označí instalaci za způsobitou bezpečného provozu s odůvodněním, že k situacím, kdy UPS běží z akumulátorů a kdy není zajištěno okamžité odpojení od zdroje dochází jen výjimečně, v předmětné místnosti není trvalá obsluha (například se jedná o počítačovou serverovnu, technologickou místnost bez trvalé obsluhy apod.). Případné použití proudových chráničů by způsobilo snížení spolehlivosti napájení.
- Označí instalaci za způsobitou, protože s prodloužením vypínacího času dochází také ke snížení původně uvažovaného U_d na ochranném vodiči a tím je zachován princip čas – U_d popsany v první části článku (viz též příloha NL v ČSN 33 2000-4-41).
- Nařídí provedení dodatečné ochrany před nebezpečným dotykem pomocí proudového chrániče s odůvodněním, že na zálohovaném zařízení trvale pracují lidé (zálohované zařízení je výrobní linka, prodejní terminál v supermarketu apod.)

Použití proudového chrániče musíme vždy pečlivě zvážit, protože chránič obecně snižuje spolehlivost napájení, kterou náš zákazník dříve zaplatil při nákupu UPS. Dále mějme na mysli, že spínané zdroje používané ve výpočetní technice mají vstupní filtry, které se vyznačují značnými únikovými proudy. Únikové proudy spínaných zdrojů mohou způsobit falešné vybavení proudových chráničů když na jeden chránič připojíme dostatečný počet počítačů. Některé výrobci počítačů uvádí hodnoty únikových proudů svých napájecích zdrojů, ale s tím se setkáme jen u větších serverů a obecně nemůžeme tyto údaje použít při projektování.

Kontrola stejnosměrných částí UPS

U zařízení UPS s vnějšími akumulátory revizím podléhají rovněž akumulátorové systémy. Akumulátorový systém UPS skrývá četná nebezpečí:

- Akumulátory jsou zdrojem velké energie, který nemůžeme úplně vypnout: energie je uvnitř.
- Akumulátory jsou schopny dodat velké proudy, při zkratech mohou zahřát nebo dokonce odpařit silné kabely nebo kabelová oka.
- Akumulátorové systémy UPS jsou sestaveny z bloků spojených do série s napětím až 800 V

Revize akumulátorového systému již vyžaduje podrobnější seznámení se zapojením, pochopení použitého napěťového systému a způsobu ochrany před nebezpečným dotykem a zkratem.

Akumulátorový systém UPS je vždy neobvyklou elektrickou instalací, takže bychom měli dbát na to, aby byl správně označen a zapojení bylo zakresleno v projektu dostatečně podrobně pro posouzení bezpečnosti instalace. Požadavky na označení externích akumulátorových systému je v ČSN 50091-1 kapitola 1.8.19. Na štítku akumulátorového systému by mělo být minimálně uvedeno:

- Typ použitých akumulátorů včetně elektrochemického systému (např. $Pb-H_2SO_4$), typového označení, jmenovitého napětí a kapacity jednotlivých článků nebo bloků.
- Napěťová soustava
- Jmenovité napětí sériově zapojených řetězců
- Počet paralelních řetězců
- Upozornění na nebezpečí spojené s různými zdroji energie, nebezpečí úrazu elektrickým proudem, nebezpečí styku osob nebo zamoření prostředí chemickými látkami.
- Způsob zajištění údržby s odkazem na prováděcí pokyny.

U malých UPS třídy A (s připojením na zásuvku) nebo i větších UPS u nichž akumulátory jsou zabudovány dovnitř skříní platí výjimka: stačí když je zařízení označeno štítkem umístěným na vnějšku jednotky upozorňujícím na nebezpečí, které představují akumulátory – ostatní informace musí být uvedeny v příručce uživatele.

Závěr

Díky tomu, že UPS jsou nezávislým zdrojem energie s omezeným výkonem, zálohované rozvody představují obecně větší nebezpečí a vyžadují pečlivější přístup revizního technika než normální elektrické rozvody.

V článku jsem naznačil, že funkci ochrany před nebezpečným dotykem musíme řešit zvlášť pro provoz UPS ze sítě a pro autonomní provoz z akumulátorů.

V případě UPS s malým výkonem do 15 kVA se ochrana před nebezpečným dotykem v autonomním provozu řeší problematicky a může ve speciálních případech vyžadovat dodatečnou ochranu proudovým chráničem.

U velkých UPS s výkonem nad 50 kVA zpravidla již nemáme problém s omezením proudu UPS ve vztahu k jištění zásuvkových obvodů. Zde díky velké rezervě výstupního proudu UPS funguje rychlé samočinné odpojení od zdroje i v režimu autonomie.

Príslušné normy

Pro UPS platí velmi přehledně zpracované normy ČSN 50091-1, 2 a 3. Otázky bezpečnosti řeší ČSN 50091-1. Otázky elektromagnetické kompatibility UPS řeší ČSN 50091-2. Funkční požadavky kladené na UPS jsou uvedeny v ČSN 50091-3.

Informace k UPS laskavě poskytl:

Ing. Boris Grínac

UPS Servis s. r. o., Kubíkova 12, Praha 8