



Ing. Jaroslav Smetana
Blue Panther Instruments

BEZPEČNOST měřicích přístrojů a jak zvolit správnou pojistku

V současných přenosových systémech a elektrických instalacích jsou neustále přítomny přechodové jevy, některé malé, a některé velké. Zapínání indukčních zátěží, výboje blesku a spínání na přenosových systémech může vytvářet obrovské přepětové špičky. Tyto špičky nebo přechodové jevy jsou dlouhé jen řádově jen desítky až stovky milisekund, ale jsou velmi nebezpečné.

Odkud však tyto jevy přicházejí?

Vypnete-li indukční zátěž, jako je motor nebo transformátor, může dojít k vytvoření napětové špičky. V mnoha případech jsou napětové špičky využívány, například zapalovací systém vašeho automobilu závisí na generování napětových špiček v cívice.

Při měření na elektrické síti však napětové špičky nejsou určitě dobré.

V zapalování vašeho automobilu je zdroj energie slabý a jiskra zmizí, jakmile zmizí napětí. V rozvodovém systému, ale napětí nepoklesne, a protože zdroje těchto systémů mají vysokou energii, mohou dodávat do výboje proud do doby, kdy nejbližší jistič nezareaguje. Vytvoří se tak vodivá plazma, které může způsobit velké problémy.

Pohybují-li se přepětové vlny po rozvodech napájejících průmyslové zátěže, mohou dosáhnout až tisíce voltů. Následky takového přepětí mohou být devastující, zvláště pro někoho, kdo právě provádí nějaké měření na takovémto rozvodu. V takové chvíli jsou vhodné postupy téměř k ničemu.

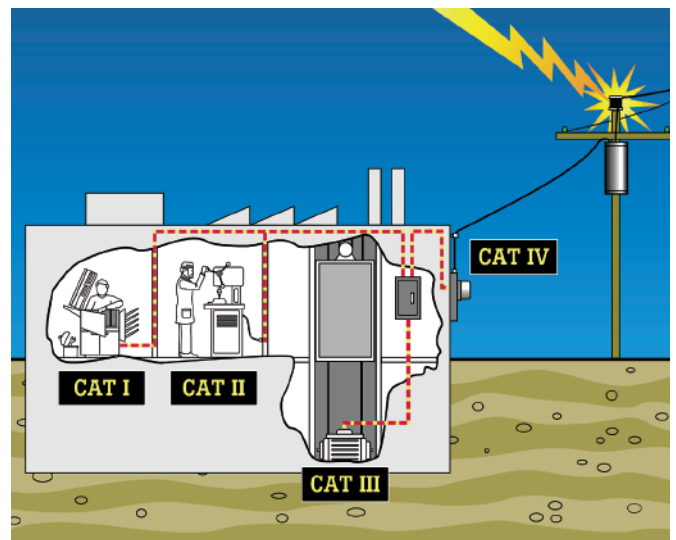
Riziko je třeba snížit předem, použitím vhodného přístroje nebo zkoušečky.

Zásadně používat přístroj vhodný pro místa kde pracujete, a zkušený a ověřený podle odpovídajících standardů.

Pro zajištění lepší bezpečnosti elektrotechniků byly vyvinuty nové bezpečnostní standardy pro zkušební a měřicí přístroje používané u systémů do 1 000 V střídavých, včetně rozvodů 400 a 690 V třífázových. Jedná se o normu pro konstrukci měřicích přístrojů ČSN EN 61010-1.

V této normě jsou elektrické rozvodné systémy rozděleny do čtyř kategorií počínaje místem spotřebiče. Začínáme na kategorii jedna, a čím blíže jsme k napájecí zdrojové části systému, tím je kategorie vyšší, neboť hrozí větší nebezpečí (obr. 1).

Přepětí v kategoriích tři a čtyři jsou tedy velmi nebezpečná, neboť proud, který může vznikat v těchto částech rozvodů při poruše, může dosáhnout až tisíců ampérů.



■ Obr. 1

Kategorie čtyři odpovídá napájecímu vedení až k hlavnímu skříňovému budov a zahrnuje vrchní i kabelové vedení sloužící k tomuto napájení.

Kategorie tři odpovídá vnitřnímu rozvodu budov. Zahrnuje i třífázové průmyslové rozvody 3 x 400 V a více, sběrnice rozvaděčů, či ovládání motorů atd.

Pevně připojená zařízení jsou také kategorie tři. Do kategorie tři patří také velké zátěže, které mohou produkovat vlastní přepětové vlny. Takovéto zátěže jsou v současnosti mnohem častější, než si lidé myslí.

Většina elektrotechniků pracuje v prostředí kategorie tři a čtyři, a v mnoha případech pracují lidé v prostředí kategorie čtyři, aniž o tom vědí. To může vést k velkému nebezpečí a ohrožení jejich zdraví i života.

Instalace nižších kategorií mají obvykle vyšší impedanci, která tlumí přechodové jevy a pomáhá omezit poruchový proud, který může živit ohřívání obrouk a vznik horké plazmy.

Kategorie dvě odpovídá rozvodům nejnižší úrovně a pohyblivým přívodům 230 V. Kategorie jedna jsou pak jistě elektronické obvody uvnitř zařízení.

Většina instalací zahrnuje několik kategorií. Například běžný rozvaděč pro motory je kategorie tři na straně napětí 400 V, a kategorie jedna na straně ovládání. Zde je nutné použít měřicí přístroj s kategorií minimálně tři. Použití pro měření v takovémto místě levnou zkoušečku nebo multimetr s kategorií dvě znamená riziko exploze přístroje a popáleniny.

Obecně, tam, kde jsou možné velké poruchové proudy, mají přepětové vlny vyšší úroveň a měření se tudíž stává nebezpečnějším, použijeme přístroje s vyšší kategorií.

Pracujete-li v prostředí kategorie tři nebo čtyři, měli byste používat přístroje označené CAT III 600 V nebo 1 000 V a nebo CAT IV 600 V. Například při měření na přívozech do budov a venkovních rozvodech by pracovníci energetických podniků či firem pro ně pracujících neměli používat jiné přístroje než kategorie čtyři. Pro snadnou volbu a použití musí výrobci uvádět příslušnou kategorii pro kterou je přístroj použitelný na jeho panelu (obr. 2) tak, aby si byl technik vždy před použitím jist, že používá vhodný přístroj.



■ Obr. 2

Podívejte se blíže na to, proč jsou přepětové jevy tak nebezpečné

Měříme-li napětí mezi fázovými vodiči na napájecím vedení 400 V k motoru, jedná se o měření v prostředí kategorie tři, kde mohou potenciálně vzniknout velmi vysoké zkratové proudy do doby vybavení nejbližšího jističího zařízení.

Většina přepětí způsobených zapnutím zátěže případně úderem blesku jsou víc než dostatečná, aby způsobily obloukový výboj uvnitř přístroje. Zkratové proudy o velikosti až statisíců ampérů pak mohou protékat několik mikrosekund. Při těchto proudcích se přehřejí hroty měřicích sond a začnou se upalovat. Vytváří se oblouk mezi kontaktním bodem a měřicím hrotem. V ten samý čas je odstartován výboj, který exploduje uvnitř přístroje. Než dojde k dalšímu, měřicí přístroj exploduje v ruce technika.

Oblouky na měřicích hrotech vedou k vypařování měřicích sond. Spojí-li se tyto dva oblouky, v blízkosti sond se vytváří jeden velký oblouk, který vytváří přímé spojení obou fázových vodičů velmi nízkou impedancí. Výsledkem je náraz oblouku, který může vést k vytváření koule horké plazmy živěné energií systému. Když toto nastane, může teplota dosáhnout až 6 000 °C. Plazma takovéto teploty způsobí velmi vážná poranění technika a dynamické účinky zkratu mohou poškodit systém.

To vše se může stát při pouhém běžném měření nebo kontrole napětí, pokud měřicí přístroj není konstrukčně vhodný pro dané místo.

Další otázkou měřicího přístroje jsou pojistky přístroje. Víme, že pojistka na instalaci chrání proti úrazu elektrickým proudem a před požáry vzniklé přehřátím vodičů i proti výše popsaným jevům. V okamžiku, kdy protékající proud překročí danou hodnotu, pojistka se přeruší. Avšak některé pojistky nás chrání nejen proti běžnému nebezpečí.

Děle se zmíníme o dalších, skrytých nebezpečích při měření na elektrických rozvodech měřicími přístroji, které nejsou vybaveny vhodnými pojistkami.

Proč měřicí přístroj potřebuje pojistky?

Přístroje, které provádějí měření napětí, mají vysokou vstupní impedanci, což samo o sobě zajišťuje omezení proudu. Výsledkem je, že napětové vstupy přístrojů nejsou vybaveny ochranou pojistkami proti přerušení nadproudu, ale naopak ochranou proti přepětí dle požadavků výše uvedené normy.

Je-li však přístroj určen také k měření proudu, je jistění pojistkami nezbytné.

Při měření proudu je obvykle využíván jednoduchý bočník, přes který protéká měřený proud. Velikost tohoto bočnickového odporu je v řádu 0,01 ohmů. K němu je třeba připočítat 0,04 ohmů odporu měřicích kabelů. Odpor zkratu může být méně než 0,1 ohmu.

Je-li bočník v sérii s vnitřním odporem obvodu, jehož proud měříme, je kombinace těchto odporů odpovídající.

Jiná situace však nastane, připojíme-li takovýto odpor paralelně ke zdroji napětí, například do na svorkovnici motorového rozvaděče. To je častou chybou techniků, kteří měří často napětí i proud. Po změření proudu s měřicími kabely ve svorkách pro měření proudu uživatel začne měřit napětí a zapomene na to, že jsou kabely v proudových svorkách.

Provede tak přímý zkrat zdroje napětí. Dříve, kdy se pro tato měření používaly pouze ručkové přístroje, tato chyba zničila celý pohyblivý systém přístroje (ručka se ohnula o záražku), o vnitřních obvodech ani nemluvě.

Abyste výrobci předešli těmto případům, začali umísťovat do přístrojů do série s měřicími svorkami jako velmi efektivní řešení těchto jednoduchých chyb pojistky.

I většina dnešních výrobců stále vybavuje své přístroje pojistkami pro ochranu obvodů pro měření proudu. S technologickým pokrokem se neustále zdokonalují i pojistky. Přesto návrháři přístrojů zjišťují, že většina uživatelů rozumí použití pojistek jen velmi málo.

Uděláme-li chybu a připojíme napětí mezi proudové svorky přístroje a vypálíme pojistku, měli jsme štěstí, že se nevypálil celý přístroj.

Než začneme znovu měřit proud, nezapomeňme pojistku vyměnit za novou. Výrobci v manuálech a často i na přístrojích uvádějí jmenovitý proud, velikost napětí a typ pro náhradní pojistky. Zvolíte-li pojistku bez ohledu na tato doporučení nebo v horším případě, překlenete-li držák pojistky drátem, věřte nebo ne, právě jste vyrobili teplotní ruční granát. Ten nyní pouze potřebuje ty pravé podmínky k jeho odpálení.

Pravděpodobně výbuch nezpůsobíte prací na tiskárně, kopírce nebo jiném kancelářském zařízení, tedy prací v oblasti instalace kategorie jedna. Pravděpodobně se to nepodaří ani prací na nevytunovaných rozvodech v kanceláři či dílně (oblast kategorie dvě). Tato dvě prostředí mají malou energii a jsou chráněna pojistkami nebo jističi s nízkou jmenovitou hodnotou jak již bylo dříve zmíněno. Přesto by to nemělo být podceňováno.

Přejdete-li k již zmiňovanému rozvaděči (CAT III) nebo na přívodní vedení do budovy (CAT IV), ochranné obvody se významně změní. Mezi hlavním rozvaděčem a vámi jsou jističe o hodnotě stovek ampérů na rozdíl od 15 A až 20 A v rozvaděči v dílně. Budete-li měřit například napětí na přívodu do domovního rozvaděče, pojistky, které jsou předřazeny, mají zkratový vypínací proud tisíce ampérů a jejich přerušení trvá mnohem déle než u běžného jističe v bytové rozvodnici.

Pokud tedy naneštěstí necháte měřicí kabely v proudových svorkách nejistěného přístroje a připojíte-li je na takovýto zdroj napětí, vystavujete svůj život velkému nebezpečí.

V této situaci zkrat způsobený špatnou pojistkou (nebo drát překlenutím pojistkový držák) způsobí to, že jsou měřicí kabely přivedeny na v podstatě neomezený zdroj energie. Kovová část v pojistce (nebo vodiči) se velmi rychle ohřeje, začne se vypařovat a tvoří výbuch. V případě špatné pojistky může uzávěr pojistky silou výbuchu vystřelit. Po otevření pojistky má výbuch neomezené množství kyslíku a vytvoří plazmovou kouli (obr. 3). Měřicí kabely mohou také doutnat a začít velmi rychle hořet. Rozžhavený kov začne stříkat na vaše ruce, paže a obličej. Čím déle působí energie na přístroj, tím více se požár zvětšuje. Vážnost a rozsah popálení nyní záleží jen na tom, jak máte chráněn obličej a jak silné rukavice máte na rukou.



■ Obr. 3

To vše se odehraje v několika milisekundách. Na řešení své chyby máte jen velmi krátký čas. Budete-li mít štěstí, stačíte pustit kabely nebo odhodit přístroj a pak vypnout obvod. Na štěstí se však spoléhat nedá. Vidíme, že se v takovémto případě odehrává podobný děj, jako v případě poškození přístroje přepětím, popsáným výše

Proto vždy používáme výrobcem doporučené speciálně konstruované „vysoko-energetické“ pojistky, které jsou navrženy tak, aby zadržely energii generovanou například zkratem uvnitř pouzdra pojistky, a tím chránily uživatele před úrazem elektřinou i ohněm. Tyto „vysoko-energetické“ pojistky omezují čas působení vysoké energie a množství kyslíku potřebného pro zapálení. Uvedené pojistky nemohou sloužit pouze pro rozpojení určitého konstantního proudu, ale i pro přerušení velmi rychle rostoucího proudu. Tento vysoký proud je uváděn jako „minimální vypínací proud“. V bezpečných přístrojích, jakými jsou například přístroje firmy Fluke, Chauvin Aroux nebo Kyoritsu, jsou používány pojistky s „minimálním vypínacím proudem“ v řádech 10 000 a 17 000 A. To je zásadní rozdíl oproti přístrojům „levné třídy“, které používají pojistky běžné konstrukce, se všemi výše popsány nebezpečími.

Například budeme-li používat přístroj CAT III 1 000 V s měřicími kabely připojenými do zdířek pro měření proudu, sériový odpor obvodu bude přibližně 0,1 Ω (0,01 je odpor bočnicku v přístroji, 0,04 dávají měřicí kabely a 0,05 má použitá pojistka a další vodiče v obvodu). Nyní, když omylem připojíte měřicí kabely na napětí 1 000 V, dle Ohmova zákona v takto vzniklém obvodu vyvoláte proud 10 000 A ($I = U/R$, $1000/0,1 = 10000$). Potřebujeme pojistku, která rozpojí tento proud, a to možná co nejrychleji.

Pojistky speciálně konstruované pro měřicí přístroje jsou navíc vyplněny pískem. Ten, kromě toho, že pomáhá při absorpci rázové energie vytvářené explodujícím prvkem (tlumí přetlak), absorbuje i energii tepelnou (teplota řádově 10 000 °C) tím, že se roztaví a mění ve sklo. Vzniklý skelný plášť kolem jističového prvku pojistky (pásek z rychle tavitelného kovu) tlumí plazmatickou kouli vznikající při přerušování tím, že zamezuje přístupu kyslíku k místu hoření, a tak chrání váš přístroj před zničením.

Jak vidíte ne všechny pojistky se stejným napětím a proudem uvedeným na štítku jsou stejné (obr. 4). Z důvodu bezpečnosti si musíme být jisti, že pojistky, kterými chceme nahradit stávající v našem přístroji, se shodují s původními pojistkami dodávanými výrobcem našeho přístroje. Správný typ pojistek je vždy uveden v manuálu.

Závěr.

Průmyslové zdroje uvádějí, že u Evropské unii nastane 5–10 úrazů za den.

Ročně je 1 000 elektrikářů zasaženo elektřinou či popáleno – někteří fatálně. Odhad je, že 50 % těchto úrazů souvisí s výboji. Toto procento může být dramaticky sníženo, budou-li technici využívat kombinaci bezpečného plánování, bezpečné pracovní praxe a budou používat správné nástroje.

V zájmu každého uživatele měřicího přístroje vědět kde bude měřit – na které části instalace a mít k dispozici přístroj v kategorii minimálně stejné jako je nejvyšší kategorie měřené instalace. V tomto smyslu by měli být instruováni i nákupci podniků, aby hleděli na tento parametr a ne jen na nejnižší cenu přístroje. Dále by mělo být zájmem každého uživatele se ujistit před použitím přístroje s možností měření proudu, že je vybaven pojistkami, a že tyto jsou správné. Vzhledem k tomu, že se v těchto případech jedná o bezpečnost práce a zdraví, má každý pracovník právo odmítnout použít nevhodný přístroj.

Vaše bezpečnost má vyšší cenu než je cena přístroje nebo pojistky. V tomto případě se nevyplatí šetřit, ochráníte vaše zdraví i nákladnou opravu za zničený přístroj. Další podrobnosti o vhodných pojistkách případně o školeních o měření a přístrojích můžete získat u firmy Blue Panther instruments (www.blue-panther.cz).



■ Obr. 4