

Problematika merania prepäťových ochrán z pohľadu revízneho technika

Ing. Leoš KOUPÝ, ILLKO, s.r.o. Blansko, ČR

ÚVOD

Během posledních několika let můžeme sledovat tak rychlý rozvoj elektroniky, jaký během předchozích desetiletí nebyl zaznamenán. Elektronická zařízení nás obklopují doslova na každém kroku a jejich případné poruchy nám mohou značně zkomplikovat život. Proto vznikají stále důmyslnější ochranná zařízení, která mají elektronické systémy chránit před nepříznivými okolními vlivy a zabezpečit jejich přežití i za podmínek, kdy hrozí jejich zničení.

Jedním z takových ohrožujících vlivů je vznik přepětí v síti, ke které jsou elektronická zařízení připojena. Důvody vzniku přepětí mohou být různé, ale poměrně častým důvodem je úder blesku, který může na elektronická zařízení působit destruktivně buď svými přímými účinky, nebo i nepřímo působením elektromagnetických dějů vznikajících v důsledku proudových a napěťových účinků blesku.

Proto se objekty obsahující citlivá elektronická zařízení chrání před nepříznivými účinky atmosférických výbojů systémem ochrany před bleskem - **LPS** (*lightning protection system*), jehož součástí je systém ochranných opatření před elektromagnetickými účinky blesku – **LPMS** (*LEMP protection measures system*). Součástí tohoto systému zabezpečující ochranu elektrické sítě uvnitř chráněného objektu jsou pak přepěťové ochrany – **SPD** (*surge protective device*), které zabezpečují ochranu elektronických zařízení i před přepětím pocházejícím z jiných zdrojů. A právě jejich kontrolou a testováním jejich funkčnosti při revizích LPMS se budeme zabývat.

SYSTÉM KOORDINOVANÉ TŘÍSTUPŇOVÉ OCHRANY

Přepěťové ochrany vyrovnávají vyšší než dovolený rozdíl potenciálů mezi fázovými a nulovým vodičem k přístrojům připojených propojovacích a napájecích kabelů a odvádějí nebezpečnou elektromagnetickou energii z citlivých míst chráněného elektrického systému (např. ze vstupních svorek přístrojů) do necitlivého místa k tomuto účelu v systému speciálně vytvořenému, tj. na ekvipotenciální přípojnicí (EP) systému. Ekvipotenciální přípojnice bývá obvykle konstrukčně totožná s tzv. hlavním pospojováním systému. Tímto způsobem je zajištěno, že do citlivých míst elektronického systému se nedostane vyšší než dovolené napětí nebo proud.

Přepěťové ochrany (SPD) jsou tvořeny jednotlivými prvky a podle úkolu, který mají v celkovém systému ochrany splnit se pro jejich výrobu používají elektronické součástky s požadovanými vlastnostmi. Nejčastěji se pro výrobu SPD používají:

- Jiskřiště – pro odvádění vysokých bleskových proudů
- Bleskojistky
- Varistory – pro snížení vysokonapěťových impulsů na bezpečnou úroveň

Jednotlivé prvky LPMS se v objektech instalují tím způsobem, že celek tvoří tzv. třístupňovou koordinovanou ochranu. Prvky koordinované ochrany musí být instalovány dle pokynů výrobce tak, aby pracovaly ve vzájemné součinnosti a destruktivní energii bleskového výboje na jednotlivých stupních ochrany postupně odvedly. Spolupráce jednotlivých stupňů musí zajistit, že vysoké bleskové napětí a proud se postupně snižuje a k chráněnému zařízení již přepětí nepronikne. Jednotlivé stupně ochrany jsou označovány číslicemi nebo písmeny (podle norem DIN) a dělíme je:

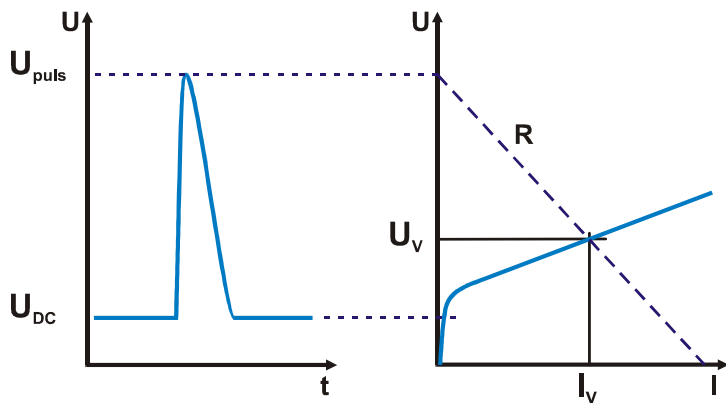
- 1. stupeň (hrubá ochrana): Typ I (B) – svodiče bleskového proudu (jiskřiště, bleskojistky)
- 2. stupeň (střední ochrana): Typ II (C) – svodiče přepětí (varistory, bleskojistky)
- 3. stupeň (jemná ochrana): Typ III (D) – (varistory)

PRINCIP VARISTOROVÉ SPD

Svodiče typu I mají za úkol odvést převážnou část energie bleskového výboje formou svedení proudu a pouze hrubého omezení přepětí. Jejich reakční doba je z hlediska možnosti poškození chráněné elektroniky velmi dlouhá a proto za nimi musí být zapojeny další stupně ochrany, které velmi rychle omezí přepětí na chráněném objektu na neškodnou úroveň.

Nejčastěji používaným svodičem (SPD) je svodič typu 2 (třída C). Jako prvek omezující přepětí se u něho téměř výhradně používá varistor ZnO. Varistory jsou vyráběny ze spékaného granulátu oxidu zinečnatého ZnO s příměsemi. Na hranicích zrn se vytvoří polovodivé rozhraní a voltampérová charakteristika takového varistoru je složena z příspěvků mnoha tisíc sériovo - paralelně a antiparalelně zapojených „diod„. Správným složením materiálu a vhodnou technologií výroby se dosáhne voltampérové charakteristiky s ostrým přechodem mezi málo vodivým stavem a stavem, kdy odpor prudce klesá. Charakteristika je symetrická, a proto u varistorových svodičů nezáleží na směru zapojení ani u střídavých, ani u stejnosměrných rozvodů.

Ochranná funkce varistoru jako svodiče přepětí je zřejmá z obr. 1, kdy vysokonapěťový puls na vstupu SPD je snížen na podstatně nižší úroveň U_v v čase asi 25 ns.



Obr. 1 – Ochranná funkce varistoru

U_{DC} – stejnosměrné pracovní napětí

U_V – napětí na svorkách varistoru při vrcholovém napětí pulzu

I_V – maximální proud protékající varistorem během pulzu

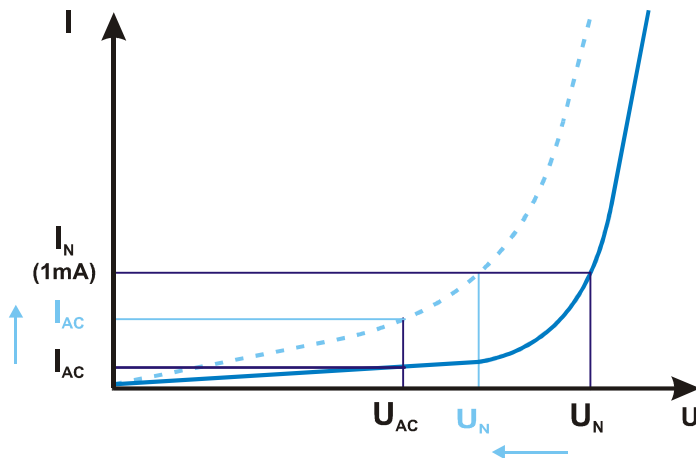
Trvalým sváděním unikajícího proudu asi 0,2 mA při jmenovitém napětí a sváděním impulsního proudu při omezování přepětí varistor postupně stárne. Protékající proud poškozuje polovodivé přechody na rozhraní jednotlivých zrn materiálu, z kterého je varistor vyroben. Téměř pravoúhlá voltampérová charakteristika nového varistoru se postupně napřimuje, zvětšuje se unikající proud při jmenovitém napětí a varistor se začne zahřívat. Zahřátí varistoru proces stárnutí ještě urychlí. Aby při přílišném oteplení varistoru nedošlo k zahoření, je SPD opatřen tepelnou pojistkou. Tepelná pojistka je tvořena mechanickým kontaktem, který se rozpojí při ohřátí na teplotu asi 120 °C. Pružina, která kontakt rozpojí, zároveň posune terčík optické signalizace, takže změna barvy signalizačního okna indikuje poruchový stav SPD.

Při jednorázovém svedení impulsního proudu s vysokou amplitudou, která překročí povolené maximum, může varistor prasknout (explodovat), poškodí se izolace a v poškozeném místě vznikne nízko ohmový zkrat nebo zde dochází k opakovaným povrchovým výbojům. Zkratovým proudem se varistor nemusí zahřát, proto tepelný odpojovač nereaguje. Reagují předřazené jističe a pojistky. Přetěžování přepětíovými impulzy způsobuje trvalé průrazy a ztrátu výkonnosti varistorové ochrany. Skutečné vlastnosti svodiče přepětí se mění v čase a jsou projevem působení obou variant degradace. Závisejí na místě použití a provozním zatížení svodiče.

Co zkracuje životnost varistorových svodičů:

- dlouhodobě nebo trvale zvýšené napětí (nad hodnotu U_c),
- kolísání napětí spojené s překračováním hodnoty U_c ,
- vysoký podíl harmonických, které zvyšují maximální hodnoty napětí v síti,
- časté svádění impulsních proudů, např. v blízkosti neošetřených (vadných) stykačů, neošetřených a často spínaných indukčních zátěží, blízkost neodrušených měničů apod.,
- časté bouřky a vzdálené i blízké údery blesků,

- trvale zvýšená provozní teplota,
- nedodržení technologie výroby varistoru a svodiče (nečistoty, nedostatečná izolace, nízký varistorový bod apod.).



Obr. 2 – VA charakteristika varistoru – posun mA bodu

$U_{AC} I_{AC}$ – striedavé pracovné napätí a prúd – maximální strední hodnota striedavého napätí, ktoré môže byť na varistor trvale pripojeno

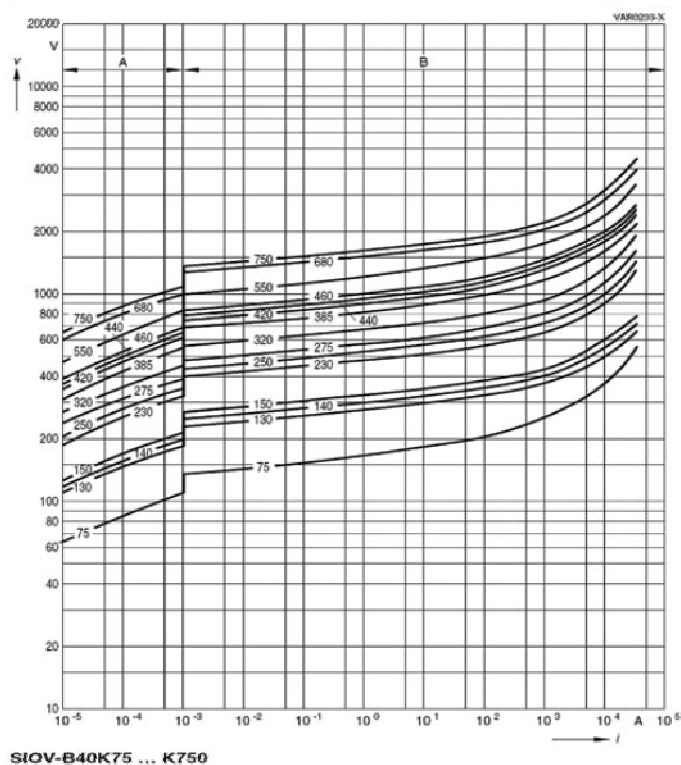
U_N – prahové napätí (napätí miliampérového bodu) – definuje bod VA charakteristiky, pri ktorom varistor začne rýchle snižovať svoj odpor

I_N – referenčný prúd – jednosmerný prúd hodnoty 1 mA , pri ktorom je mierené prahové napätí (napätí miliampérového bodu)

Voltampérová charakteristika varistoru je znázornená na obr. 2. Je z ní zjavné, že postupné stárnutie varistoru, ktoré má za dôsledok zmenu tvaru charakteristiky spôsobí posun veľkosti U_N prahového napätí (miliampérového bodu) smerom k nižším hodnotám. Tato skutočnosť činí z hodnoty miliampérového bodu údaj, ktorý je možno využiť k posouzení kvality varistorové SPD.

Vlivem výrobních odchylek není hodnota miliampérového bodu u stejného typu varistoru přesně stejná. Proto jednotlivé typy varistorů charakterizuje tzv. toleranční pásmo miliampérového bodu, které definuje maximální povolený rozptyl hodnot napětí pro daný typ varistorové SPD.

Na obr. 3 je uveden příklad VA charakteristik několika konkrétních typů varistorů, ze kterého je zjavné, že jednotlivé typy varistorů mají pásma mA bodu položena v různých napěťových hladinách.



Obr. 3 – Miliampérové body rôznych typů varistorů

ÚDRŽBA A KONTROLA LPMS

Nedílnou součástí provozování instalovaného LPS je pravidelná údržba a kontrola, která se pochopitelně vztahuje i na vnitřní systém ochrany LPMS včetně instalovaných SPD. Provádění pravidelných revízií elektrické instalace, k níž jsou připojeny i ochranné prvky LPMS předepisuje například STN EN 332000-6 v článku 62 a podrobněji je tato oblast rozpracována v STN EN 62305-4 část 8, týkající se managementu ochranné soustavy.

Ve Slovenské republice je platný soubor technických norem STN EN 62305 Ochrana před bleskem. Soubor norem STN EN 62305 je identický s evropskými normami EN 62305 a mezinárodními normami IEC 62305. Z důležitých ustanovení normy STN EN 62305-4 týkající se kontrol a revízií SPD je třeba zdůraznit pokyn pro jejich montáž, která musí být provedena tak, aby umožňovala provádění jejich revízií. Prohlídky a revize se týkají celistvosti a funkčnosti ochrany před přepětím. Funkčnost ochrany před přepětím je možno ověřit pouze měřením, jelikož přepětíová ochrana představuje aktivní prvek v ochranném systému, s úkolem odvést přebytečnou energii do soustavy vyrovnání potenciálu.

Vzhledem k tomu, že žádná z obecných norem přesně nestanovuje, jakým způsobem se má funkčnost SPD ověřovat, je třeba se v této souvislosti zmínit ještě o STN EN 61643-11 - Ochrany před přepětím nízkého napětí - Část 11, která v části týkající se přepětíových ochranných zařízení zapojených v sítích nízkého napětí uvádí, že požadavky na montáž a zkoušky určuje výrobce. Je tedy třeba podrobně prostudovat nejen pokyny pro montáž, ale i dokumentaci týkající se pokynů pro údržbu prvků LPMS konkrétního výrobce.

Kontrola LPMS obecně je dělena na kontrolu vizuální a revizi úplnou, která zahrnuje i elektrické měření SPD.

Podle STN EN 62305-4 kap. 8. 2 se revize provádí:

- Po instalaci LPMS
- Periodicky
- Po jakýchkoliv změnách součástí příslušejících k LPMS
- Po úderu blesku do stavby

Cílem revize LPMS je ověřit, že LPMS je v souladu s projektovou dokumentací a je schopen plnit funkce dle projektové dokumentace. Revize LPMS zahrnuje:

- Kontrolu technické dokumentace
- Vizuální kontrolu
- Měření
- Vypracování revizní dokumentace

Pokud je LPS projektován podle souboru norem STN EN 62305, potom se i revize provádí v souladu s STN EN 62305-4 kap. 8 ve lhůtách zde uvedených. Lhůty se odvíjí podle projektované ochranné hladiny a jsou uvedeny v tabulce.

Pravidelné revize zajišťující přiměřenost LPMS provádí odborník v ochraně před bleskem – revizní technik

Ochranná hladina	Vizuální kontrola	Úplná revize	Kritické systémy úplná revize
I a II	1 rok	2 roky	1 rok
III a IV	2 roky	4 roky	1 rok

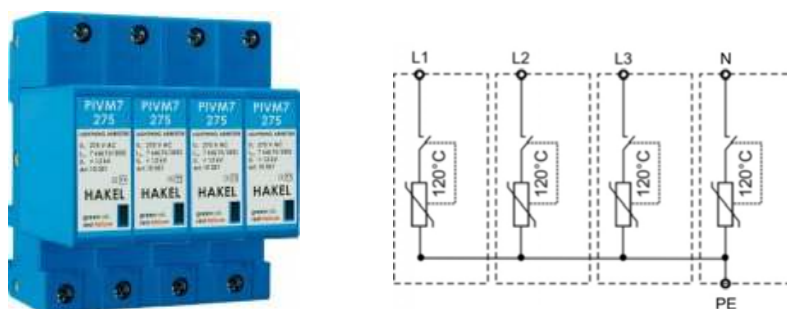
MĚŘENÍ VARISTOROVÝCH SPD

Podle STN EN 62305-4 kap. 8. 2. 1. 3 se měřením při revizi LPMS ověřuje především celistvost a kvalita pospojování jednotlivých částí. Životnost varistorových SPD za běžného provozu udávají výrobci až na 10 let a doporučují je po této době preventivně vyměnit. O skutečném stavu SPD je však možno se přesvědčit teprve měřením, a proto řada firemních dokumentací doporučuje i ověření správné funkce SPD měřením miliampérového bodu.

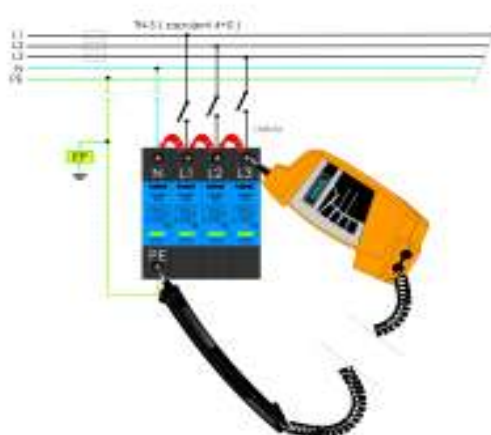
Jak bylo uvedeno v kapitole věnované funkci varistorové SPD, indikace stavu pomocí barevného terčíku nebo LED indikátoru svědčí pouze o vybavení tepelné ochrany, která způsobí odpojení varistoru od připojovacích svorek, což má za následek nefunkčnost SPD. Ovšem funkce varistoru může být vlivem stárnutí a působením krátkých vysokonapěťových pulzů narušena, aniž by indikační terčík tuto skutečnost signalizoval. Popišme si proto možný postup při kontrole varistorové SPD, který prověří její správnou funkci nejen v okamžiku revize, ale i z hlediska jejího fungování v budoucnosti. Při kontrole SPD se provede:

- Kontrola indikátorů stavu
 - Zkontroluje se, zda indikátory stavu nesignalizují poruchu tepelné ochrany SPD.
- Vizuální prohlídkou se zjistí, zda SPD nenese známky tepelného namáhání
 - Povrch pouzdra SPD a patice.
 - Okolí připojovacích kontaktů.
 - U SPD s vyjímatelnými moduly se kontrolují kontakty modulu a zděre patice.
- SPD se odpojí od napětí
 - Vypnutím předřazeného jističe.
 - Vytažením modulu z patice.
- Změří se miliampérový bod varistoru
 - Nachází-li se jeho napětí mimo toleranční pásmo, odpojí se SPD oběma póly od instalace a provede se kontrolní měření, aby se vyloučil možný vliv dalších připojených obvodů na měření.

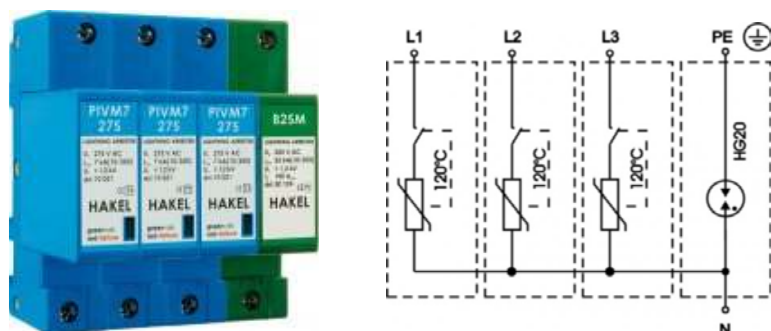
Pokud blok SPD obsahuje více varistorů, měří se miliampérový bod všech varistorů. Na obr. 4 – 7 je znázorněno vnitřní zapojení bloků SPD pro trojfázovou instalaci 4+0 (4x varistor) a 3+1 (3x varistor, 1x bleskojistka) a způsob měření.



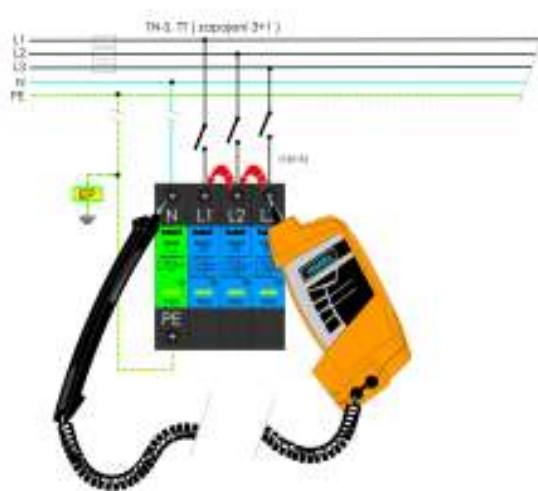
Obr. 4 – SPD 4+0 a schéma vnitřního zapojení



Obr. 5 – Měření SPD 4+0

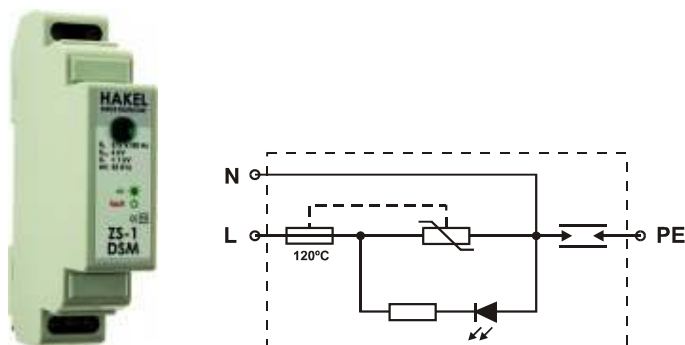


Obr. 5 – SPD 3+1 a schéma vnitřního zapojení



Obr. 6 – Měření SPD 3+1

Pokud SPD obsahuje další elektronické prvky kromě varistoru, může jimi být ovlivněno nebo zcela znemožněno měření. Na obr. 7 je příklad SPD s indikátorem stavu tvořeným LED diodou. Ze schématu zapojení je zřejmé, že při měření stejnosměrným proudem musí být polarita měřicích hrotů přístroje zapojena tak, aby byla LED v závěrném směru. Jinak bude měření miliampérového bodu znemožněno otevřeným polovodičovým přechodem diody zapojené paralelně k varistoru. K PE vývodu je navíc připojena bleskojistka, takže miliampérový bod se musí měřit mezi vývody L a N s polaritou měřicích hrotů L +, N –.



Obr. 7 – Jednofázová SPD s LED indikátorem

Po změření napětí miliampérových bodů se provede vyhodnocení funkčnosti SPD:

- Pokud je naměřené napětí mA bodu mimo toleranční pásmo kontrolovaného typu SPD, odpojí se všechny jeho přívodní vodiče od instalace (vyjme se modul), aby se vyloučil vliv dalších obvodů na měření, a provede se kontrolní měření.
- Pokud naměřené napětí mA bodu nepřesáhlo horní mez tolerančního pásma o více než 10%, lze ještě SPD považovat za dobrý, pokud jeho povrch nenese známky teplotního namáhání.
- Pokud je naměřené napětí mA bodu nižší než spodní mez tolerančního pásma, je nutno SPD okamžitě vyměnit za nový.

MĚŘICÍ PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ SPD

Snad každý výrobce SPD má ve svém sortimentu i přístroje na testování jejich parametrů. Může jít o přístroje speciální – laboratorní, které testují SPD vysokonapěťovými pulzy, nebo o provozní přístroje pro testování již zabudovaných SPD. Vzhledem k tomu, že „stárnutím“, tedy změnou vlastností během provozu trpí především varistorové SPD, je naprostá většina provozních testerů SPD založena právě na měření a vyhodnocení napětí miliampérového bodu. Revizní technik budou zajímat právě tyto provozní přístroje, proto si uvedme několik příkladů.

Měření miliampérového bodu lze provádět některými univerzálními přístroji určenými k revizím elektroinstalací. Jako příklad lze uvést přístroje Eurotest 61557 (obr. 8) a Instaltest 61557 – výrobky společnosti Metrel. Jednou z mnoha funkcí přístrojů je měření hodnoty napětí miliampérového bodu v rozsahu 50 V – 1000 V, ovšem pro vyhodnocení měření je nutno aby si uživatel opatřil mezní hodnoty tolerančního pásma měřených SPD. Vzhledem k tomu, že málokterý výrobce tento údaj v technických parametrech svých výrobků uvádí, je často obtížné měření pomocí těchto přístrojů vyhodnotit. Pokud neznáme toleranční pásmo mA bodu měřené SPD, lze hrubé vyhodnocení provést tak, že přepočítanou hodnotu U_{AC} , která se zobrazí na displeji vedle naměřené hodnoty U_{DC} , porovnáme s údajem o maximálním provozním napětí varistoru, uvedeném na SPD. Pokud přepočítané napětí U_{AC} , odpovídá přibližně údaji na SPD, lze předpokládat, že varistor je v pořádku.



Obr. 8 – Eurotest 61557 s funkcí měření napětí mA bodu

Speciálním přístrojem pro provozní testování SPD je přístroj PM 20 (obr. 9) společnosti DEHN + SOHNE GmbH. Přístroj dokáže měřit hodnotu napětí miliampérového bodu v rozsahu 0 V – 1100 V a ve spojení se speciálními adaptéry dokáže testovat i konstrukčně složitější moduly SPD, ale jen výrobky DEHN + SOHNE. Vyhodnocení měření provede uživatel porovnáním s tabulkami jednotlivých typů SPD uvedených v návodu k použití, ovšem jsou zde uvedeny pouze výrobky DEHN + SOHNE.



Obr. 9 – PM 20 – speciální měřič SPD DEHN + SOHNE

Univerzálněji využitelným přístrojem je GIGATESTpro – výrobek firmy ILLKO, s.r.o. Blansko. Jedná se o měřič izolačních odporů kombinovaný s testerem varistorových SPD. Jeho prvotním určením je měření izolačních odporů napětími od 50 V do 1000 V v rozsahu do 10 MΩ. Druhou funkcí je pak testování varistorových SPD měřením napětí jejich miliampérového bodu v rozsahu 45V – 1050 V.

Unikátní funkcí přístroje je možnost vyhodnocení měření pomocí databáze jednotlivých typů SPD uložené v paměti přístroje. Databáze obsahuje cca 150 typů SPD různých výrobců. U každé položky je uvedeno typové označení, výrobce, toleranční pásmo miliampérového bodu a případně další údaje potřebné pro testování SPD (označení svorek na kterých se provádí měření apod.). Příklad zobrazení na displeji přístroje pro konkrétní typ SPD je na obr. 11.

Pro SPD, které se v databázi nenacházejí je možno horní a dolní mez tolerančního pásma nastavit uživatelsky a přístroj pak vyhodnocení provádí podle těchto mezí. Výsledek měření s vyhodnocením testu je vidět na obr. 12.



Obr. 10 – GIGATESTpro



Obr. 11 – Údaje z databáze SPD prístroje GIGATESTpro



Obr. 12 – Výsledok měření s vyhodnocením testu SPD

JE NUTNO PŘI REVIZI LPS MĚŘIT SPD?

Jak vyplynulo z rozboru vlastností SPD, mění varistory používané v zařízeních pro ochranu před přepětím postupem času svoje vlastnosti a tyto změny nelze běžnou vizuální kontrolou odhalit. Řada odborných i firemních materiálů týkajících se instalací a následných kontrol SPD proto uvádí důležitost nejen vizuální prohlídky tak, jak požadují normy, ale i měření, které odhalí změny snižující funkčnost varistoru. Příkladem mohou být firemní dokumentace výrobců svodičů přepětí DEHN + SOHNE, Moeller nebo HAKEL a řada odborných publikací na toto téma. Výrobci každopádně udávají v technických parametrech přepět'ových ochrán jejich životnost a při jejím překročení je nutné SPD vyměnit.

Je pravdou, že zhoršená funkce SPD přímo neohrožuje bezpečnost osob nebo chráněných zařízení a proto ani normy týkající se této problematiky jednoznačně nestanovují povinnost kontrolovat je měřením. U starších SPD však hrozí daleko větší nebezpečí jejich zničení ať již přepětím nebo přehřátím vlivem jejich sníženého izolačního odporu a to vyžaduje častější kontroly funkčnosti celé LPMS. Snížení napětí miliampérového bodu způsobí zvýšení trvalého proudu tekoucího přes varistor a ten samozřejmě přispívá ke zvýšení unikajícího proudu v elektroinstalaci. To může vést k náhodnému vybavování proudových chráničů a jiným problémům. Zvýšení napětí mA bodu má potom za následek zhoršenou funkci omezování přepětí varistorem. Na chráněná zařízení tedy při přepětí v síti proniká vyšší napětí, což může vést k poškození citlivějších elektronických zařízení.

Proto se svědomitý revizní technik při revizi LPS neomezí pouze na posouzení okamžitého stavu systému ochrany, ale změří a preventivně vymění i sice stále ještě funkční, ale z hlediska životnosti podezřelé SPD.

POUŽITÁ LITERATURA:

RNDr. Jozef Dudáš, CSc. - Principy konstrukce a funkce varistorových svodičů přepětí
(článek v časopise ELEKTRO)

Ing. Edmund Pantůček – Měření přepět'ových ochran v instalacích malého a nízkého napětí
(článek v časopise ProRevize)

MOELLER – SVODIČE PŘEPĚTÍ (FIREMNÍ DOKUMENTACE)

DEHN+SOHNE – PM 20 (NÁVOD K POUŽÍVÁNÍ)

HA KEL-TRADE (KATALOG SVODIČŮ PŘEPĚTÍ)

ILLKO, HA KEL-TRADE – GIGATESTPRO (NÁVOD K POUŽITÍ)

ČSN EN 62305-4