

Měření při revizích elektrických instalací – přepět'ové ochrany (vr. varistorových – SPD)

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

1. 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 napět'ových 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 přepět'ové 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.

2. SYSTÉM KOORDINOVANÉ TŘÍSTUPŇOVÉ OCHRANY

Přepět'ové 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. Tím je obvykle hlavní pospojování systému. Tímto způsobem je zajištěno, že do citlivých míst elektronického systému se nedostane vyšší než dovolené napětí nebo proud.

Přepět'ové 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 vysokonapět'ových 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 nebezpečné přepětí nepronikne. Jednotlivé stupně ochrany jsou označovány číslicemi nebo písmeny (podle norem DIN) a dělíme je:

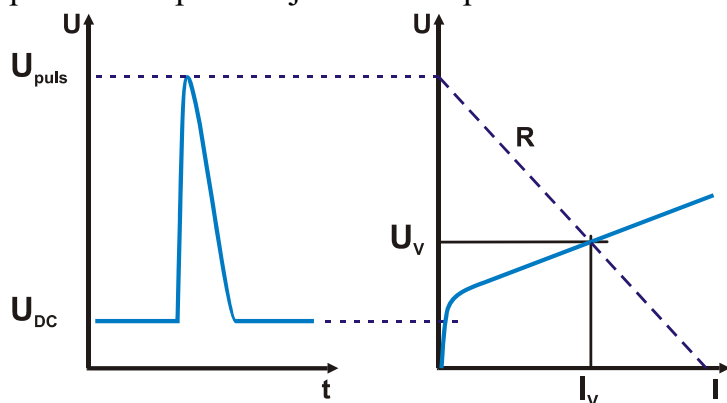
- 1. stupeň (hrubá ochrana): Typ I (B) – svodiče bleskového proudu (jiskřiště,bleskojistky)
- 2.stupeň (střední ochrana): Typ II (C) – svodiče přepětí (varistory, bleskojistky)
- 3. stupeň (jemná ochrana): Typ III (D) – (varistory)

3. 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 UV v čase asi 25 ns.



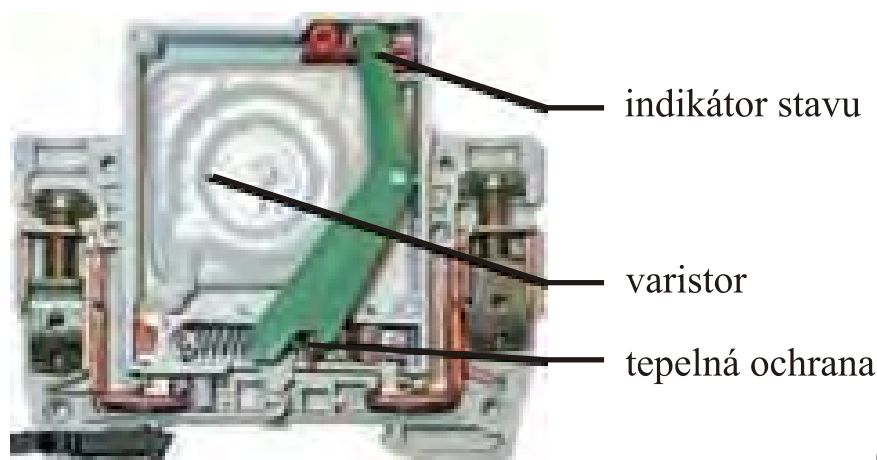
Obr. 1 – Ochranná funkce varistoru

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 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. Konstrukce varistorové SPD je zřejmá z obr. 2.

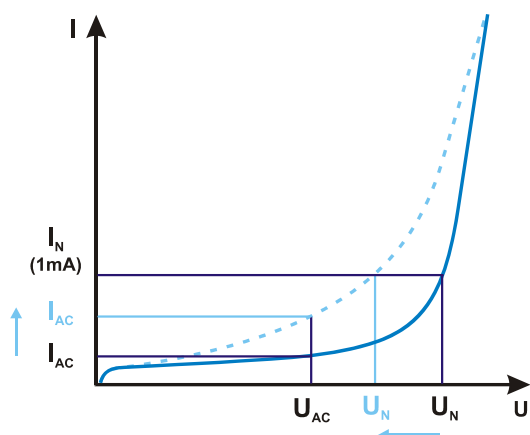


Obr. 2 – Konstrukce SPD

Při jednorázovém svedení impulsního proudu s vysokou amplitudou, která překročí povolené maximum, může varistor prasknout (explodovat), poškodí se izolace a v poškozeném místě vznikne nízkohmový zkrat nebo zde dochází k opakovaným povrchovým výbojům. Zkratovým proudem, pokud teče po velmi krátkou dobu, 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 proto časem mění a změny jsou způsobeny oběma variantami degradace. Závisí na místě použití a provozním zatížení svodiče.

Co zkracuje životnost varistorových svodičů:

- časté bouřky s blízkými i vzdálenými údery blesků,
- dlouhodobě nebo trvale zvýšené napětí nad provozní úroveň,
- kolísání napětí spojené s překračováním provozní hodnoty,
- vysoký podíl harmonických, které zvyšují maximální hodnoty napětí v síti,
- časté svádění impulsních proudů, např. v blízkosti neošetřených nebo vadných stykačů, neošetřených a často spínaných indukčních zátěží, blízkost neodrušených měničů apod.,
- trvale zvýšená provozní teplota,
- nedodržení technologie výroby varistoru a svodiče (nečistoty, nedostatečná izolace, nízký varistorový bod apod.).



Obr. 3 – Voltampérová charakteristika varistoru

- U_{AC} I_{AC} – střídavé pracovní napětí a proud – maximální střední hodnota střídavého napětí, které může být na varistor trvale připojeno
- U_N – prahové napětí (napětí miliampérového bodu) – definuje bod VA charakteristiky, při kterém varistor začne rychle snižovat svůj odpor
- I_N – referenční proud – stejnosměrný proud hodnoty 1 mA, při kterém je měřeno prahové napětí (napětí miliampérového bodu)

Voltampérová charakteristika varistoru je znázorněna na obr. 3. Je z ní zřejmé, že postupné stárnutí varistoru, které má za důsledek změnu tvaru charakteristiky, způsobí zvýšení proudu I_{AC} , který přes varistor trvale teče v provozním stavu. Zároveň se i sníží velikost U_N prahového napětí (miliampérového bodu) směrem k nižším hodnotám. Tato skutečnost činí z hodnoty napětí miliampérového bodu údaj, který je možno využít k posouzení kvality varistorové SPD.

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

4. 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 revizí elektrické instalace, k níž jsou připojeny i ochranné prvky LPMS předepisuje například ČSN EN 332000-6 v článku 62 a podrobněji je tato oblast rozpracována v ČSN EN 62305-4 část 8, týkající se managementu ochranné soustavy.

Od 1. 12. 2006 je v ČR platný soubor technických norem ČSN EN 62305 Ochrana před bleskem. Soubor norem ČSN EN 62305 je identický s evropskými normami EN 62305 a mezinárodními normami IEC 62305. Z důležitých ustanovení normy ČSN EN 62305-4 týkající se kontrol a revizí SPD je třeba zdůraznit pokyn pro jejich montáž, která musí být provedena tak, aby umožňovala provádění jejich revizí. Prohlídky a revize se týkají celistvosti a funkčnosti ochrany před přepětím. Funkčnost ochrany před přepětím je možno

ověřit pouze měřením, jelikož přepět'ová 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 ČSN EN 61643-11 - Ochrany před přepětím nízkého napětí - Část 11, která v části týkající se přepět'ových 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 ČSN 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 nově platného souboru norem ČSN EN 62305, potom se i revize provádí v souladu s ČSN 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

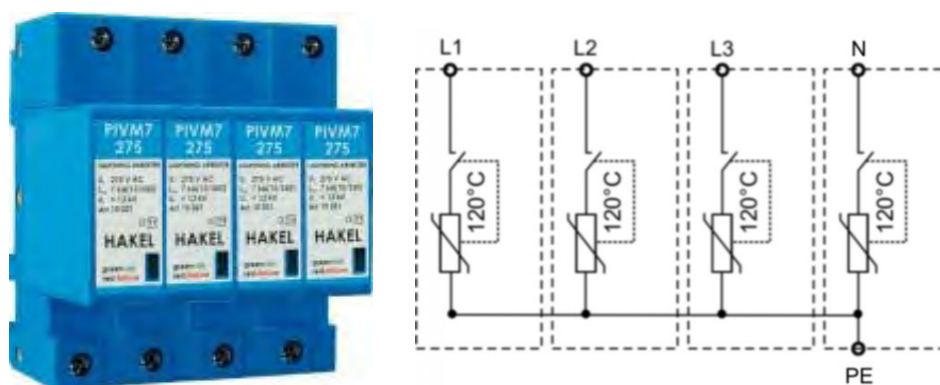
5. MĚŘENÍ VARISTOROVÝCH SPD

Podle ČSN 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.

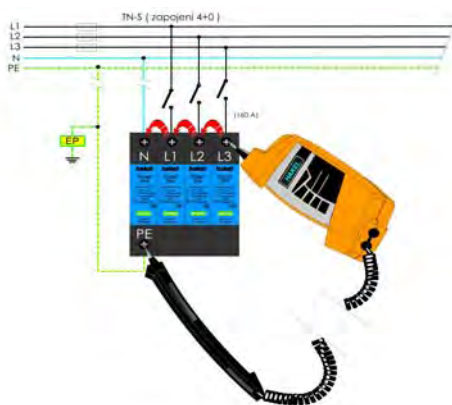
Jak bylo uvedeno v kapitole věnované funkci varistorové SPD, indikace stavu pomocí barevného terčíku svědčí pouze o vybavení tepelné ochrany, která způsobí nefunkčnost SPD. Ovšem funkce varistoru může být vlivem stárnutí a působením krátkých vysokonapěťových pulzů narušena, aniž by indikační terčík tuto 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 nenesou známky tepelného namáhání
 - Povrch pouzdra SPD a patice.
 - Okolí připojovacích kontaktů.
 - U SPD s vyjímatelnými moduly se kontrolují kontakty modulu a zděře 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.

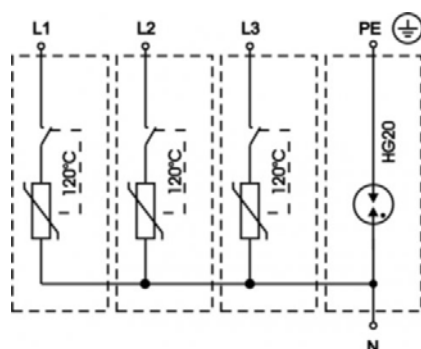
Pokud blok SPD obsahuje více varistorů, měří se miliampérový bod všech varistorů. Na obr. 4 – 7 je znázorněno vnitřní zapojení bloků SPD pro trojfázovou instalaci 4+0 (4x varistor) a 3+1 (3x varistor, 1x bleskojistka) a způsob měření.



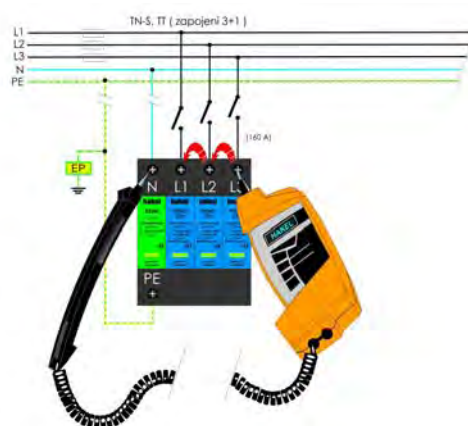
Obr. 4 – SPD 4+0 a schéma vnitřního zapojení



Obr. 5 – Měření SPD 4+0

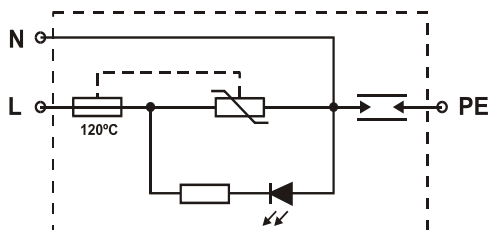


Obr. 6 – SPD 3+1 a schéma vnitřního zapojení



Obr. 7 – Měření SPD 3+1

Pokud SPD obsahuje další elektronické prvky kromě varistoru, může jimi být ovlivněno nebo zcela znemožněno měření. Na obr. 8 je příklad SPD s indikátorem stavu tvořeným LED diodou. Ze schématu zapojení je zřejmé, že při měření stejnosměrným proudem musí být polarita měřících 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 měřících hrotů L +, N –.



Obr. 8 – 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.

6. 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.

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.

Proto se svědomitý revizní technik při revizi LPS neomezí pouze na posouzení okamžitého stavu systému ochrany, ale změří a preventivně vymění i sice 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 přepětíových ochranných v instalacích malého a nízkého napětí (článek v časopise ProRevize)

MOELLER – SVODIČE PŘEPĚTÍ (firemní dokumentace)

DEHN+SOHNE – PM 20 (návod k používání)

HAKEL-TRADE (katalog svodičů přepětí)

ILLKO, HAKEL-TRADE – GIGATESTpro (návod k použití)

ČSN EN 62305-4