

# Kritická místa konstrukce omezovačů přepětí a jejich zkoušky

z firemních materiálů upravili Ing. Jiří Bayer  
a Ing. Jaroslav Hlavatý, Tyco Electronics Czech s. r. o.

Prvořadým úkolem omezovačů přepětí je chránit blízká zařízení, a to i za cenu jejich případného „sebeobětování“ z důvodu překročení energetické jímavosti procházejícím výbojovým proudem. Je proto důležité, aby omezovač přepětí při zapůsobení a případné havárii nepoškodil žádná zařízení ve své blízkosti uvolněnou částí či tepelným působením oblouku při zemním spojení.

Tyco Electronics (TE) vyvíjí, vyrábí a dodává široký sortiment izolačních a ochranných výrobků. Celosvětově zajišťuje izolatory, omezovače přepětí a aktivní ochranné prvky pro energetické společnosti a výrobce energetických i trakčních zařízení. Mezi významné obchodní značky spadající pod TE patří např. Raychem, Bowthorpe EMP, Axi-com a Dulmison. Výrobky TE jsou navrhovány na základě dlouhodobých zkušeností v oboru a jejich kvalita i spolehlivost jsou ověřeny téměř třiceti lety úspěšného provozu.

Omezovače přepětí TE jsou vyráběny pro napětové hladiny od 280 V do 800 kV, a to jak pro venkovní, tak i vnitřní použití. Oddělení zabývající se výrobky pro izolování a ochranu bylo v TE vytvořeno koupí a sloučením podniků Raychem a Bowthorpe EMP. V současné době TE dodává omezovače přepětí do celého světa, přičemž omezovače přepětí s porcelánovým pláštěm jsou vyráběny již od roku 1945 a s polymerovým pláštěm od roku 1985. Firma TE vyrábí omezovače přepětí s kostrou tyčovou (klecovou) nebo ovíjenou. Omezovače přepětí TE jsou typově zkoušeny podle IEC nebo ANSI. Výrobní závody omezovačů přepětí firmy TE jsou certifikovány podle ISO-9001 a 14001. Technická a odborná úroveň těchto výrobních závodů je zajištěna továrními vvn laboratořemi (obr. 1) a vývojovými odděleními se sídlem v Irsku, Velké Británii a Německu.

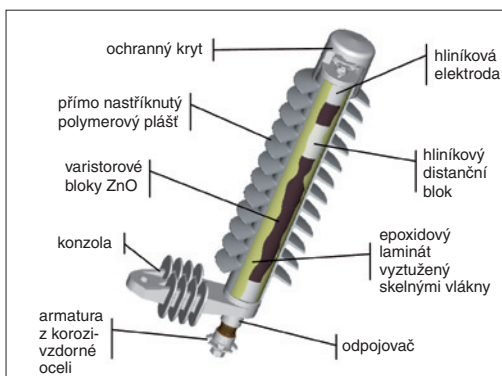
## Spolehlivost omezovačů přepětí

Omezovače přepětí firmy TE poskytují vynikající ochranu proti přepětí, čímž přímo přispívají ke zvýšení provozní spolehlivosti distribučních sítí. Velká spolehlivost a výjimečné vlastnosti omezovačů TE jsou dosaženy díky:

- kompaktní (jednotlivé) konstrukci bez vzduchových dutin,



Obr. 1. Zkušební laboratoř vvn vývojového centra v Brightonu (VB), která je často využívána pro typové a vývojové zkoušky podle norem IEC a ANSI; maximální hodnoty rázového generátoru jsou 1,65 MV a 100 kA



Obr. 2. Obvyklá konstrukce omezovače přepětí

- vynikajícímu utěsnění proti pronikání vlhkosti,
- polymerovému materiálu pláště omezovače, který odolává elektrické erozi a vytváření vodivých cest,
- pokročilé technologii výroby varistorových bloků ZnO,
- spolehlivému odpojovači zemního proudu,
- netřířstivé konstrukci jádra i pláště omezovače,
- vysoké kvalitě výroby.

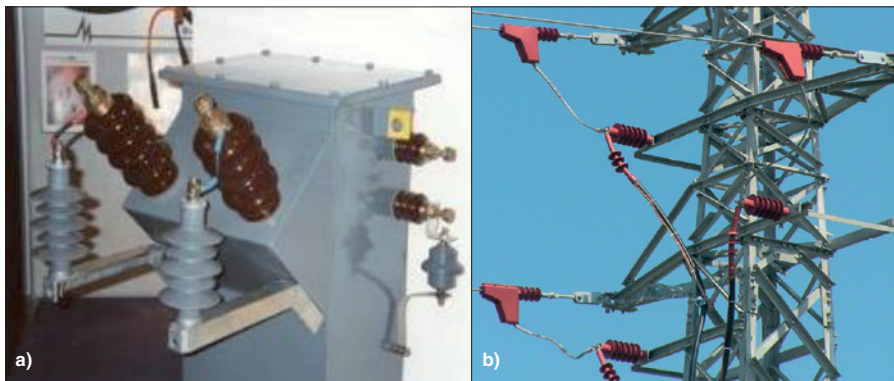
## Nejčastěji používaná konstrukce omezovače přepětí

Obvyklá konstrukce omezovače přepětí využívá pasivovaných varistorových bloků ZnO, sklolaminátové nosné kostry, korozivzdorných elektrod z hliníkové slitiny, připojovacích armatur vyrobených z korozivzdorné oceli a polymerového vakuově nastříknutého pláště. Polymer použitý na nastříknutí pláště může být silikon nebo EVA (etylen-vinyl-acetát). Dalším doplňkovým příslušenstvím (obr. 2) může být izolační konzola, odpojovač a kryt pro ochranu ptačtva.

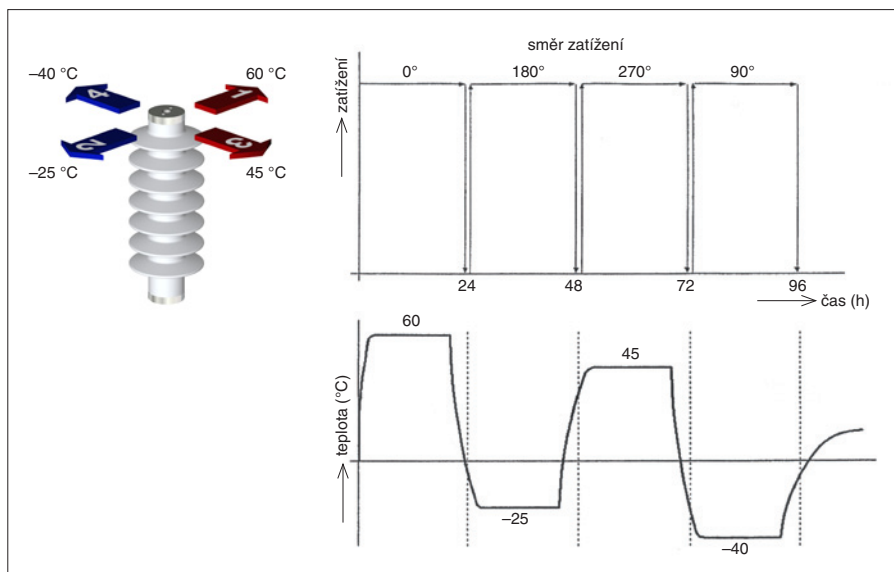
## Ochrana proti přepětí

Omezovače přepětí jsou ve většině případů využívány k ochraně drahých zařízení před přepětím. Tato přepětí mohou být vyvolána např. atmosférickými výboji nebo manipulacemi v síti. Dva nejběžnější příklady použití omezovačů přepětí vvn jsou uvedeny na obr. 3. Jde především o zajištění ochrany transformátorů a přechodů vzdušného vedení na kabelové.

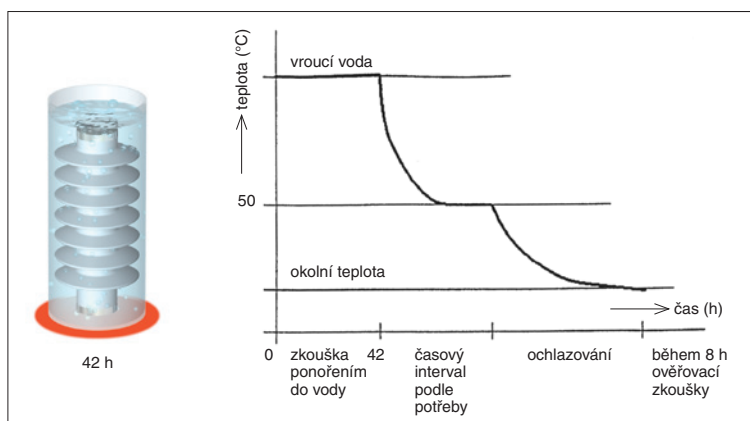
Energetické společnosti shodně uvádějí některé, stále se opakující problémy souvise-



Obr. 3. Použití omezovačů přepětí jako ochrana a) transformátorů, b) přechodu vzdušného vedení na kabelové



Obr. 4. Termomechanická zkouška



Obr. 5. Zkouška ponořením do vody

jíci s konstrukcí omezovačů. Tyto zkušenosti byly získány během dlouhodobého provozu velkého množství omezovačů v distribučních sítích vn.

Aby se v praxi mohlo úspěšně čelit problémům uvedeným v tabulce konstrukčních slabín omezovačů přepětí, jsou IEC a ANSI normy průběžně upravovány a doplňovány o nové zkušební postupy. Přesto výše uvedené konstrukční slabiny omezovačů přepětí

v případě některých výrobců stále přetrvávají. Firma TE se domnívá, že je nezbytné ještě další doplnění norem. Ovšem již nyní by se uživatelé omezovačů přepětí měli a mohou vyvarovat nákupu nekvalitních výrobků tím, že budou od výrobců požadovat předložení osvědčení o úspěšném vykonání zkoušek podle v té době platných norem. Pochopitelně, že uživatelé mohou uvést ve svých specifikacích další technické požadavky, které

*Konstrukční slabiny omezovačů přepětí zjištěné při dlouhodobém provozování a jejich řešení*

Problém	Nabízené konstrukční řešení TE	Vysvětlivka
vnikání vlhkosti do jádra omezovače	přímo nastříknutý plášť na pasivovaný podklad	Polymerový plášť je chemicky spojen s jádrem omezovače.
odpojovač		
a) spolehlivost	zapůsobení až od 2 A	Trvalá, odolná a bezpečná činnost. Nedochází k nechtěnému zapůsobení.
b) přeprava	bez omezení	Není potřebná žádná certifikace pro nakládání s výrobkem obsahujícím prachovou nálož.
polymerový plášť	zkoušen a kvalifikován materiálovými inženýry firmy TE	Odolnost proti elektrické erozi a vytváření vodivých cest.
výrobní kvalita	certifikace výrobních závodů podle ISO 9001	
výbojový proud	netříštivá konstrukce omezovače	Bezpečný způsob zapůsobení bez ohně a výbuchu (IEC a ANSI požadavek).

zvyšují odolnost vybraného výrobku na základě provozních zkušeností a známých rizikových faktorů vyskytujících se v příslušné distribuční síti.

**Kompaktní konstrukce bez vzduchových dutin**

Je všeobecně známo, že pronikání vlhkosti je příčinou selhání mnoha starších omezovačů přepětí s porcelánovým pláštěm. Méně známým faktem je, že i v současné době je tento jev stále ještě důvodem velkého procenta poruch všech druhů omezovačů přepětí. Pronikající vlhkost často vyvolává vznik vodivých cest na použitém materiálu nebo v něm či na rozhraních mezi těmito materiály. Vzniklé vodivé cesty mohou být následně příčinou průrazu pláště omezovače přepětí a též zkratování (přemostění) jednoho či více varistorových bloků ZnO.

Špatná odolnost proti pronikání vlhkosti je způsobena především:

- nedostatečným utěsněním konstrukce a stárnutím utěsnění vlivem klimatických podmínek a mechanického namáhání,
- nevyhovujícími mechanickými vlastnostmi – porušení utěsnění mechanickým poškozením nebo penetrací vlhkosti,
- velkými výkyvy teplot okolí – vzdušná vlhkost způsobující orosení při rozdílu okolních teplot mezi dnem a nocí nebo vzlínávanost.

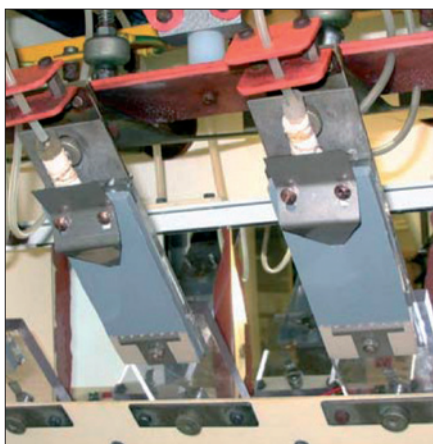
Jednou z důležitých podmínek, kterou je nutné splnit k úspěšnému zamezení vnikání vlhkosti do konstrukce omezovače přepětí s polymerovým pláštěm, je dokonalá odolnost jeho těsnicího systému. Tento systém spočívá v naprostém utěsnění jádra omezovače, včetně varistorových bloků a elektrod. Další podmínkou je výroba omezovače přepětí bez vzduchových dutin, neboť jen tak lze účinně zabránit penetraci vlhkosti pláštěm z důvodu případného pronikání vzdušné vlhkosti a její kondenzace v dutinách. Koncepte konstrukce vylučující riziko vnikání vlhkosti a přenosu vodních par realizovaná firmou TE spočívá v přímém nástřiku pláště omezovače na pasivované jádro. Tímto postupem je zajištěna výroba omezovačů bez vzduchových dutin a s nejlepší dostupnou ochranou proti pronikání vlhkosti.

Norma IEC 60099-4 doporučuje ověřit funkčnost utěsnění omezovačů přepětí termomechanickou zkouškou. Pro tuto zkoušku se obvykle vybere nejdelší vzorek z dané řady omezovačů přepětí, který se následně vystaví maximálnímu dovolenému provoznímu namáhání (definovanému jako MPSL – *Maximum Permissible Service Load*) ve čtyřech směrech a za změn teploty popsanych v obr. 4.

Po termomechanické zkoušce následuje zkouška ponořením do vody. Vzorek, na kterém byla vykonána termomechanická zkouška, je následně ponořen v nádobě s vroucí deionizovanou vodou po dobu

42 h a poté je opětně podroben ověřovacím elektrickým zkouškám (obr. 5). Ověřovací zkoušky se musí vykonat během osmi hodin po ochlazení vzorku na okolní teplotu v tomto pořadí:

- fyzické ověření vzorku na mechanické poškození,
- ověření, zda nárůst wattových ztrát je <20 % oproti měření před ponořením do vody,
- ověření hodnoty částečných výbojů, které musí být <10 pC,
- ověření, zda odchylka zbytkového napětí je <5 % oproti měření před ponořením do vody, přičemž oscilogramy napětí a proudu nesmí zachytit žádný průraz.



Obr. 6. Ukázka uspořádání zkoušky pro zjištění odolnosti izolačního materiálu proti vytváření vodivých cest – tzv. zkouška TERT



Obr. 7. Ukázka nesmáčivosti silikonového pláště

Z výše uvedeného vyplývá, že zkouška ponořením do vody, která se vykonává po termomechanické zkoušce, je velmi důležitá pro ověření celistvosti utěsnění a elektrické integrity omezovače přepětí.

### Polymerové materiály pláště

Polymer použitý pro výrobu plášťů omezovačů přepětí je během provozu namáhán souběžně několika způsoby. Po celou dobu očekávané životnosti omezovače musí být plášť

schopen odolávat všem namáháním právě tak jako zabránit pronikání vlhkosti. Ověřování kvality polymerového materiálu použitého pro výrobu pláště omezovače a samotné konstrukce pláště za účelem dosažení lepších vlastností je složitý proces, který je založen na různých zkušebních metodách a často na protichůdných materiálových požadavcích. Bohužel se mnohdy uplatňuje obecně mylný předpoklad, že polymerové materiály na stejné bázi se stejnou základní surovinou (jako např. EVA nebo silikon) se chovají podobně.

Není možné očekávat, že použitý základní materiál (silikon, EVA či jiný polymer) bude vždy zaručovat úspěch výsledného modifikovaného materiálu pláště z důvodu, že byl jako základ vybrán právě on. Přísady a chemické složení materiálu pláště mohou zcela změnit výsledné vlastnosti použitého materiálu. Lze tedy shrnout, že konečné vlastnosti pláště závisí především na:

- složení (základní suroviny a přísad),
- konstrukci pláště,
- výrobním postupu a kvalitě surovin.

Pro zabezpečení vynikajících vlastností materiálů nechává TE použité materiály podrobit dvoustupňové zkoušce:

**1. stupeň** – ověření odolnosti materiálu proti elektrické erozi, vytváření vodivých cest, UV záření a hořlavosti (obr. 6),

**2. stupeň** – zkouška výrobku podle příslušných norem, např. zkouška ve slané mlze trvající alespoň 1 000 h (obr. 7).

První stupeň ohodnocuje a prokazuje schopnosti izolačního materiálu, zatímco druhý stupeň ověřuje použití materiálu při různých tvarech konstrukcí pláště omezovače.

Uživatelé by se měli spoléhat nejen na zkoušky, ale i osvědčené výrobce s podloženými dobrými výsledky v oboru a s historickými zkušenostmi s polymerovými materiály v podobném odvětví.

### Bezpečný provoz omezovače přepětí

Prvořadým úkolem omezovačů přepětí je chránit blízká zařízení, a to i za cenu případného „seobeťování“ z důvodu překročení energetické jímavosti omezovače procházejícím výbojovým proudem. Je proto důležité, aby omezovač přepětí během provozu a zapůsobení nepoškodil ve své blízkosti žádná zařízení uvolněnou částí či tepelným působením. Všechny omezovače přepětí vyráběné firmou TE jsou zkoušeny podle norem IEC či ANSI a prokazatel-

ně splňují veškeré jejich požadavky, včetně zkratové odolnosti a požadavků na bezpečný způsob zapůsobení.

TE vyrábí tyto omezovače ve svých výrobních zařízeních certifikovaných podle ISO. Každý vyrobený omezovač je podroben úplné kusové zkoušce (obr. 8) ve shodě s příslušnými normami. To znamená, že např. veškeré omezovače přepětí vyrobené podle IEC jsou před zabalením a odesláním zákazníkovi zkoušeny na částečné výboje, referenční napětí a svodový proud.

### Shrnutí

Omezovače přepětí vyrobené a nabízené firmou TE jsou vzhledem k výsledkům zkoušek, vykonaných akreditovanými nezávislými zkušebními institucemi, spolehlivé, bezpečné a přispívají ke zvyšování spolehlivosti provozu rozvodných elektrických sítí. Při



Obr. 8. Kusová zkouška omezovačů přepětí

vývoji jejich konstrukce je vždy brán zřetel na veškeré požadavky a zkušenosti vyplývající z provozních znalostí zákazníků nejen z Evropy, ale i z ostatních kontinentů. Jde především o:

- kompaktní konstrukci bez vzduchových dutin,
- vhodné utěsnění odolné proti pronikání vlhkosti nebo přenosu vodní páry,
- použitý polymer odolný proti elektrické erozi, vytváření vodivých cest a UV záření,
- vylepšené technologie výroby varistorových bloků ZnO,
- spolehlivé činnosti odpojovače,
- netříštivý a bezpečný způsob zapůsobení omezovače,
- závazek ke kvalitě.

### Literatura:

Technická norma ČSN EN 60099-4 ed. 2 změna A1: Svodiče přepětí – Část 4: Omezovače přepětí bez jiskřiček pro sítě střídavého napětí.

Další informace na adrese:

<http://www.tycoelectronics.cz>