

Přepětí

Přepětím jsou každá napětí vyšší než je nejvyšší provozní napětí sítě.

Podle délky působení se dělí na: - krátkodobá - mají vždy přechodný charakter s velkou strmostí ohrožující izolaci, mohou být vnitřní i vnější;
- dlouhodobá – nedosahují velkých hodnot a nemají okamžité následky, vzniknou-li v síti dokáží je automatické regulační systémy během několika s snížit na požadovanou úroveň.

Podle **příčin vzniku** se dělí na: 1) vnitřní- příčiny vzniku jsou v síti
2) vnější – příčina vzniku je mimo síť: a) cizí
b) atmosférické

1. **Vnitřní** mohou vzniknout těmito jevy:

- rezonanční stavy v síti – např. překompenzování při sériové kompenzaci;
- změnou stavů v síti – změna napětí nebo impedance částí sítě;
- při spínání (je častější) nebo vypínání;
- při zapínání malých induktivních proudů (transformátor naprázdno) nebo malých kapacitních proudů (vedení naprázdno);
- při přerušovaném zením spojení;
- při vypínání zkratů.

Izolace postižených částí má obvykle dostatečnou pevnost a nedochází k vážným škodám na EZ.

2. **Vnější** mohou vzniknout těmito jevy:

- a) cizí přepětí zavlečená ze sítě s vyšším napětím;
- b) atmosférická vznikající přímým úderem blesku (dosahují největších hodnot a mají největší poruchové proudy) nebo indukci – představují 50% poruch v síti.

Bouřky jsou frontální (před studenou frontou), z tepla (vysoké kumuly přehřátého vlhkého vzduchu – pouze ve dne) a orografické (proudění vzduch kolem vysokých kopců).

Blesk je dlouhý elektrický přeskok o napětí až 100 MV s přenosem náboje až 10 C. Průměrná amplituda blesku je 30 kA (maxima do 100 kA), střední výkon bouřky až 2 000 MW.

Účinky blesku: - mechanické – silové účinky procházejícího proudu;
- tepelné –způsobené proudem protékajícím přes odpor;
- elektromagnetické – indukovaná napětí.

Vznik atmosférického přepětí:

- a) Elektrostatická indukce – při tvorbě mraku se náboje mezi mrakem z zemí vyrovnávají, úderem blesku mezi mraky dojde k přesunu náboje, kladný nahromaděný náboj na venkovním vedení se dá do pohybu ve směru do obou směrů vedení, ve vedení se indukuje přepětí v rozsahu 20- 30 kV (max. 100 kV).
- b) Přímý úder blesku do stožáru - elektromagnetickou indukci se indukuje přepětí v vodičích, není tak nebezpečné jako přímý úder, nebezpečnější je však zpětný přeskok mezi úbytkem napětí na stožáru a na izolátorech zavěšených vodičích;
- c) Přímý úder blesku – vznikají přepětí až 1 MV, ta nelze zvládnout ani izolací vedení.

Ochrana vedení se realizuje prostředky, které na krátkou dobu po překročení tzv. zapalovacího napětí vodivě spojí vedení se zemí. Vzhledem k omezené strmosti nárůstu napětí mohou tato ochranná zařízení zabezpečit ochranu vedení i v blízkém okolí. Na zlomu impedance vedení dochází k částečně k odrazu a částečně k prostupu přepět'ové vlny bodem změny impedance. U vedení nakrátko nebo po zapůsobení bleskojistky se napět'ová vlna odrazí s obrácenou polaritou - v původním směru se nešíří. U vedení naprázdno se přepět'ová vlna odrazí se stejnou polaritou tímto dvojnásobným napětím je hlavně namáhána izolace celého vedení a prostoru mezi rozpojenými kontakty vypínače. Stejně se chová přepět'ová vlna vstupující do transformátoru (z prostoru velké vlnové impedance do velké impedance transformátoru, který může být dvojnásobnou amplitudovou nebezpečně ohrožen.

Prostředky pro ochranu před přepětím:

- 1) ochranná lana,
- 2) ochranná jiskřiště,
- 3) bleskojistky:
 - a) vyfukovací,
 - b) ventilové,
- 4) kondenzátory a kondenzátorové bleskojistky,
- 5) průrazky a varistorové svodiče přepětí,,
- 6) Zenerovy diody

- 1) **Ochranná lana** – zavěšena nad fázovými vodiči a na každém sloupu uzemněna, zabraňují přímému uderu do blesku do fázových vodičů. Nezajišťují 100 % účinnost !
- 2) **Ochranná jiskřiště** patří mezi nejjednodušší prostředky ke svedení přepětí do země ochráně. Nejčastěji se nasazují jako záložní prostředky při selhání bleskojistek. Vzhledem k tomu, že nejsou opatřeny žádným prostředkem pro zhášení oblouku hoří oblouk určitou dobu i po svedení poruchového přepětí. Zapalovací napětí je velmi ovlivněno počasím, také nastavení přeskokové vzdálenosti není přesné nastavení (zapalovací napětí). Jedna elektroda je uzemněna a druhou tvoří čepičky transformátorové průchodky, olejového vypínače atd. Je-li jiskřiště umístěno na vedení je nutné vodič vedení opatřit ochranou proti opalu.
- 3 a) **Trubkové vyfukovací bleskojistky** (Torokovy trubice) jsou dokonalejší než ochranná jiskřiště. Dvě v sérii zapojená jiskřiště - vnější a vnitřní. Vnitřní jiskřiště je v trubce z plynotvorného materiálu. Při zapálení oblouku dochází k vývinu plynu, který svým prouděním vyfoukne oblouk z bleskojistky a přeruší zkratový proud. Vodič umístěný proti vnějšímu jiskřišti je nutné opatřit ochranou proti opalu. Počet použití 20 – 30. Užití pro napětí do 100 kV. Zapalovací napětí je ovlivněno počasím.
Dnes se již nově neinstalují – používají pouze ve starších instalacích.
- 3 b) **Ventilové bleskojistky** jsou nejdokonalejším prostředkem pro ochranu v sítích vn a vvn. Bleskojistka se skládá z nitřního jiskřiště a napěťové závislých válcových rezistorů uložených spolu s jiskřištěm v hermeticky uzavřeném keramickém pouzdře. Pracovní nelineární rezistory odporových válců (z karbidu křemíku) jsou vyráběny na jmenovité napětí 3 kV, pro vyšší ochranné napětí se řadí do série. Pracovní elektrody jiskřiště jsou přesně nastaveny na zapalovací (ochranné) napětí. Aby nedocházelo ke zpožděním při velké strmosti přepěťové vlny konstruují se jiskřiště s předionizací, kdy při jmenovitém napětí síť hoří mezi předionizační elektrodou a fázovým vodičem doutnavý výboj. Při příchodu přepěťové vlny dojde přes napěťově závislé odpory k jejímu svedení do země. Po snížení napětí vodiče na provozní hodnotu klesne napětí na rezistorech, ty zvětší svůj odpor a následný malý proud je při prvním průchodu nulou v jiskřišti přerušen. Počet jiskřišť a pracovních rezistorů je určen jmenovitým napětím (ochranným napětím). Při přetížení bleskojistky dojde k vyrazení uzemněného dna a následnému vysypání rezistorů. Pro úpravu zapalovacího napětí a jeho lepší rozložení se bleskojistky doplňují stíníci kruhy na straně připojené k vedení.
Ventilovými bleskojistkami jsou dnes chráněny všechny distribuční transformátory ve venkovních sítích.
- 4) **Kondenzátory** zachycují bez zpoždění malá přepětí. **Kondenzátorová bleskojistka** se skládá z jiskřiště, napěťově závislého rezistoru a kondenzátoru. Kondenzátor nevede stejnosměrný proud, což umožňuje uhašení oblouku na jiskřišti. Pro malá přepětí postačí sériové zapojení kondenzátoru a omezovacího odporu. Kondenzátory a kondenzátorové bleskojistky se užívají pro svedení menších přepětí, například k omezení komutačních přepětí na diodách a tyristorech.
- 5) **Průrazka** (průrazná bleskojistka) má elektrody oddělené izolantem (může jím být i vzduch). Při přepětí dojde k destruktivnímu proražení izolantu a ke svaření elektrod a tím spojení přívodu se zemí. Průrazka je pouze jednorázově použitelná.
Obdobně pracuje i **varistorový svodič přepětí** tvořený napěťově závislým polovodičem, který vykazuje při vyšších napětích velkou vodivost. Protože při přepětí dojde k proražení polovodiče (spojení fázového vodiče se zemí) zapojuje se do série s varistorem výkonová pojistka zajišťující odpojení proraženého varistoru. Pro síť 230 V je efektivní hodnota průrazného napětí 275 V. Proto se při měření izolačního odporu (při revizích) musí svodiče přepětí vyjmout, aby nedošlo k jejich zničení. Varistorové svodiče pro rozvaděče nn se vyrábí v provedení k montáži na lišty DIN 35 mm.
- 6) **Zenerovy diody** se používají pro omezení malých přepětí v elektronických zařízeních. Za normálního stavu je provozní napětí nižší než Zenerovo napětí diody, při přepětí je velikost napětí omezena na hodnotu Zenerova napětí.
- 7) **Ochranné diody proti impulsním přepětím Transient Voltage Suppressor Diodes** (tzv. Transily nazývané také jako TVS nebo trisil) – diodové napěťové tlumivky – využívající nedestruktivního lavinového průrazu . Používají se pro ochranu zařízení s vyšším provozním napětím (od 5,8 – do 376 V) se proti impulsním přepětím vznikajícím při spínání kapacitní nebo induktivní zátěže používají ochranné polovodičové součástky Vrchový ztrátový výkon dosahuje až 1,5 kW. Vyrábí se jak v provedení jednosměrném, tak i obousměrném. Jednosměrné provedení se používá k potlačení přepětí pouze jedné polarit, obousměrný transil je vhodný pro potlačení přepětí obou polarit. Obousměrný transil lze nahradit zapojením dvou jednosměrných transilů do série proti sobě. Ztrátový výkon 600 W odpovídá mezním hodnotám špičkového proudu $I_{PPM} = 57 \text{ A}$ nebo průraznému napětí $U_{BR} = 440 \text{ V}$, při zkušební vlně 10/1000 μ s.600W.

Koordinace izolace zajišťuje ochranu proti atmosférickým přepětím, odstupňováním izolačních napěťových hladin. Izolační hladina je nejvyšší napětí, které musí zařízení vydržet.

Ochranná hladina – udává se u bleskojistek a představuje nejvyšší napětí jehož překročení nesmí bleskojistka dovolit.

Koordinace izolace bývá nejčastěji 3 stupňová:

- nejnižší hladinu mají svodiče přepětí, napětí vyšší než ochranná svedou do země;
- střední hladinu mají izolátory a průchodky, aby na nich došlo k přeskoku při selhání bleskojistek;
- nejvyšší hladinu mají stroje a přístroje – transformátory a vypínače – jsou drahé a těžko nahraditelné.

U venkovních vedení se svodiče přepětí umísťují na vstupy transformátorů, rozvoden a přechody z venkovních vedení do kabelů. Transformátory jsou dokonale chráněny pouze ventilovými bleskojistkami !

Třístupňová ochrana objektů napájených sítí nn.

- I. stupeň** stvoří na vstupu do objektu se osazují ochranná zapouzdřená ochranná jiskřiště určená k montáži na lišty DIN 35 mm. Jiskřiště se zapojují mezi fázové vodiče a vodič PE nebo PEN v síti TN-C. Jiskřiště omezí úroveň přepětí na 4 kV. Zajišťuje bezpečnou ochranu vedení a spínačů před atmosférickými přepětími.
 - II. stupeň** je umístěn dále směrem ke spotřebičům. Je tvořen varistorovými svodiči přepětí s nastavenou ochrannou hladinou na 2,5 kV. Varistory reagují již na napětí 275 V (při revizích musí být odpojeny - jinak jsou zkušebním izolačním napětím zničeny). Zajišťuje bezpečnou ochranu před nebezpečnými přepětími vzniklými v síti a přepětími omezenými jiskřišti. Vyrábí se v provedení k montáži na lišty DIN 35 mm se signalizací zničení průchodem poruchového proudu. Zapojují se mezi fázové vodiče, střední vodič a ochranný vodič.
- Oba dva stupně se jistí předřazenými pojistkami zabezpečujícími uhašení oblouku s charakteristikami gL. Jsou-li oba stupně osazeny v jednom rozvaděči vkládá se pro zajištění správné funkce mezi ně tlumivka (minimální délka vodičů mezi stupni má být 5 m) ! Chrániče je doporučeno instalovat až za II. stupeň jinak se doporučují chrániče s charakteristikou G nebo S.
- III. stupeň** je instalován přímo do chráněných zásuvek. Realizují se R-L-C filtry nebo varistorovými svodiči. Spolehlivější jsou varistorové svodiče, u kterých je však nutná výměna proražených varistorů.

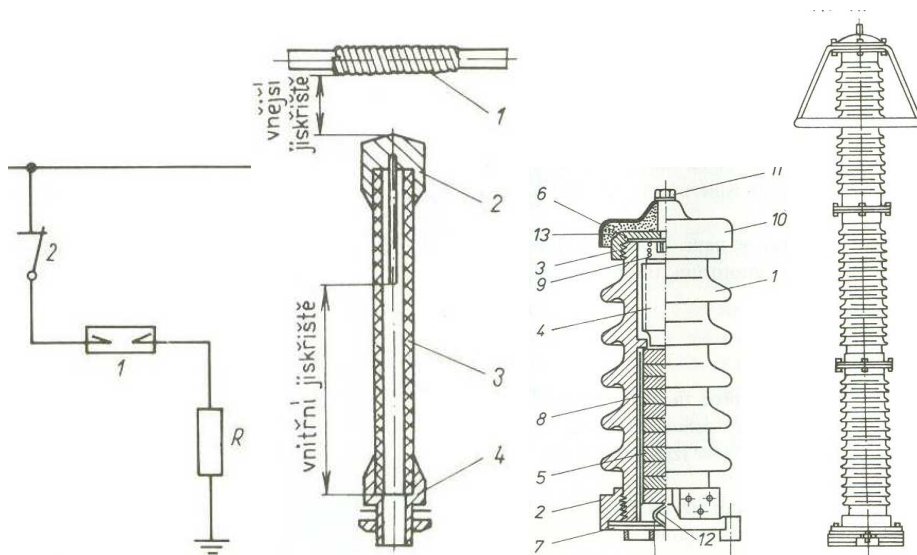
Svodiče třídy přepětí B – svedení přepětí přímého úderu blesku

Svodiče třídy přepětí C – svedení blízkého úderu blesku

Svodiče třídy přepětí D – určené k ochraně instalací

Kategorie přepětí podle ČSN 33 0420

- I. do 500V- koncové spotřebiče;
- II. do 2,5 kV- vnitřní instalace;
- III. do 4 kV – vnitřní rozvody po podružný rozvaděč;
- IV. do 6kV – vstup do budovy.



Prostředky pro ochranu před přepětím

Zleva:

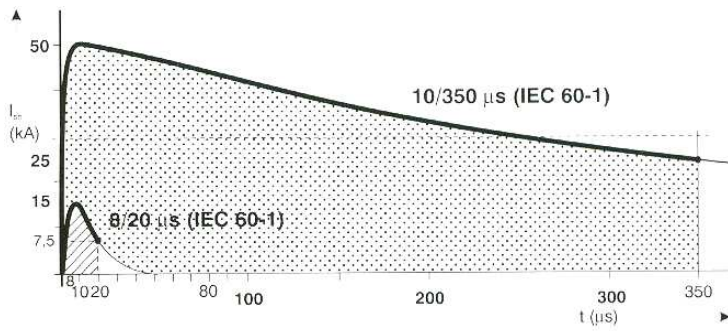
-ochranné jiskřiště;

- vyfukovací bleskojistka: – 1 zesílení proti opalování, 2, 4 – elektrody, 3 –trubice z plynotvorného materiálu;

- ventilová bleskojistka: 1- izolátor, 2 – spodní uzavírací příruba, 3 –horní uzavěr, 4 – jiskřiště, 5 – napěťově závislý odpor, 6, 7 – membrány, 8 – pouzdro, 9 – přítlačná pružina, 10 – kryt, 11 - svorka pro připojení vedení, 12 – odvlhčovač, 13 – tmel;

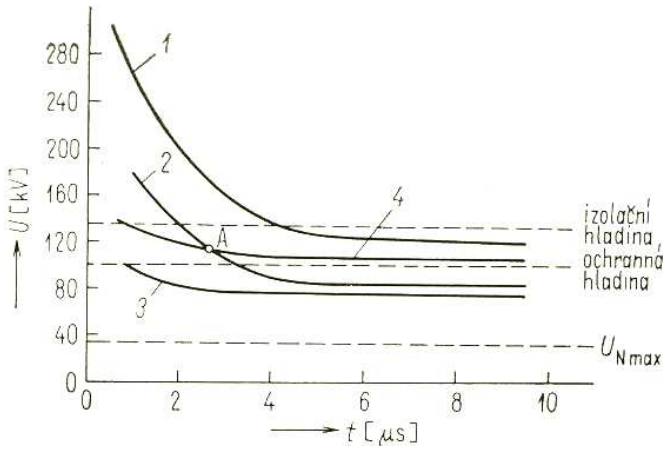
- vvn ventilová bleskojistka se stínícím kruhem.

Přepětí



Zkušební impulzní proudové vlny 10/350 a 8/20

Průběh zkušební rázové vlny 10/350 pro přímý úder blesku a 8/20 pro nepřímý úder blesku – síťová přepětí



Koordinace izolace vedení 22 kV

- 1 – ochranné jiskřiště,
- 2 - vyfukovací bleskojistka,
- 3 –ventilová bleskojistka,
- 4 – transformátor.