

Výběr svodičů přepětí instalovaných co nejbližně chráněnému zařízení

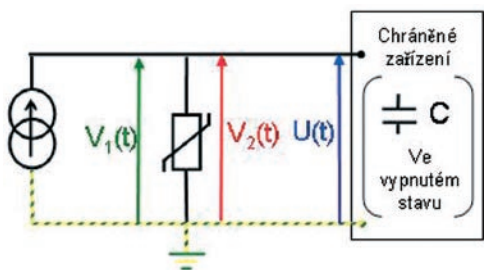
Ing. Petr Szuscik, ABB s.r.o., petr.szuscik@cz.abb.com

Mnoho článků popisuje výběr svodičů přepětí. Výběr se většinou týká svodičů typu I v závislosti na velikosti impulsního proudu. V tomto článku se ale chci zaměřit na to, proč je potřeba instalovat i následně svodiče přepětí a jaké parametry je nutné dodržet při jejich instalaci.

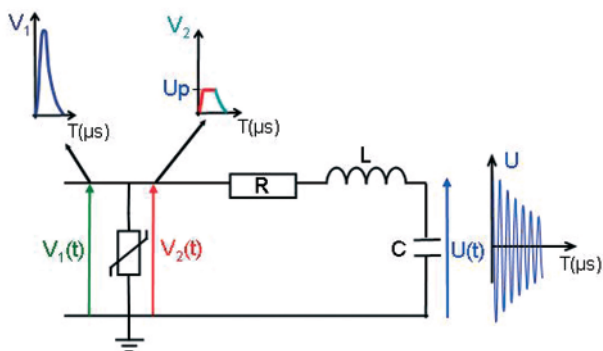
Ochranná vzdálenost od předřazeného svodiče přepětí/Oscilační fenomén

Při impulsním přepětí v síti dochází vlivem oscilačního fenoménu k nepříjemnému jevu, kdy je zbytkové napětí (U_p – Ochranná napěťová úroveň) dané svodičem přepětí zesíleno a to směrem dál po instalaci. Čím větší je vzdálenost od svodiče přepětí, tím vyšší je zesilující účinek. Oscilace pak mohou na svorkách chráněného zařízení vyvolat napětí, které mnohonásobně převyšuje U_p . Zesilující účinek závisí na svodiči přepětí samotném, elektrické síti, délce vodičů, strmosti vlny nárazového proudu (kmitočtové spektrální složení) a na připojeném zařízení.

Nejhorší případ nastane, pokud chráněné zařízení vykazuje vysokou impedanci nebo pokud je zařízení vnitřně rozpojeno (vypnuté zařízení se chová jako čistá kapacitance).



Oscilační fenomén bychom měli brát v úvahu, pokud instalační vzdálenost od svodiče překročí 10 m. (IEC EN 61 643-12 § 6.1.2 & dodatek K.1.2).



Impulsní napětí vyvolané svodičem přepětí

Na svorkách svodiče přepětí se objeví impulsní napětí, které můžeme charakterizovat jako sumu (Fourierova řada) sinusovek po dobu jedné

půlperiody při frekvencích 0 až 400 kHz. Nad 400 kHz jsou již amplitudy natolik malé, že jejich vliv na oscilační fenomén můžeme zanedbat (pro vlny tvaru 8/20 a 10/350).

Odezva sériového RLC obvodu na sinusový impuls

Napětí $u(t)$ na sledovaném (chráněném) zařízení je funkcí napětí vyvolaného na svodiči přepětí:

$$\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{du}{dt} + \omega_0^2 u = \omega_0^2 V_2$$

Pokud je $v_2(t)$ sinusová funkce ($v_2(t) = V_2 \cos \omega t$), pak amplituda na sledovaném zařízení je dána:

$$U = \frac{V_2}{\sqrt{(1 - LC\omega^2)^2 + R^2 C^2 \omega^2}}$$

K rezonanci sériového RLC obvodu dojde při frekvenci: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

a amplituda napětí při rezonanci bude: $U = V_2 \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$

Vliv vzdálenosti mezi svodičem přepětí a chráněným zařízením na rezonanci RLC obvodu

Pokud instalujeme chráněné zařízení blízko svodiče přepětí (do několika metrů), pak indukčnost kabelu L (1 $\mu\text{H}/\text{m}$) bude dostatečně nízká a vlastní rezonanční frekvence RLC obvodu zůstane nad 400 kHz. Rezonanční efekt se neprojeví. Jak již víme, napětí na svorkách svodiče je dáno Fourierovou řadou frekvencí mezi 0 a 400 kHz.

Pokud ale instalujeme chráněné zařízení daleko za svodičem přepětí, propojovací kabely budou již dostatečně dlouhé na to, aby se projevila vyšší impedance. Vlastní rezonanční frekvence RLC obvodu poklesne pod 400 kHz a dojde k rezonančnímu fenoménu. Napětí na svorkách chráněného zařízení dosáhne několika násobků U_p a dokáže toto zařízení zničit.

Příklady vlastních rezonančních frekvencí RLC obvodů v závislosti na L a C :

Vzdálenost mezi svodičem přepětí a chráněným zařízením	L	Rezonanční frekvence RLC obvodu ($1/2\pi\sqrt{LC}$) pro $C=5 \text{ nF}$	Rezonanční frekvence RLC obvodu ($1/2\pi\sqrt{LC}$) pro $C=10 \text{ nF}$
1 m	1 μH	2252 kHz	1592 kHz
10 m	10 μH	712 kHz	503 kHz
30 m	30 μH	411 kHz	290 kHz
50 m	50 μH	318 kHz	225 kHz
100 m	100 μH	225 kHz	159 kHz

Doporučení

Pokud je vzdálenost mezi svodičem přepětí a chráněným zařízením:

- větší než 30 m, je nutný přídavný svodič přepětí instalovaný co nejblíže zařízení.
- mezi 10 a 30 m, přídavný svodič přepětí je doporučován co nejblíže zařízení.
- menší než 10 m, pak je toto zařízení dobře chráněno.

Elektromagnetické pole způsobené výbojem blesku a indukční vazby

Efekt vzájemného působení magnetického pole, které vzniklo úderem blesku, a vnitřní instalace, jež tvoří uzavřenou smyčku, vyvolá v této smyčce přepětí. Úder blesku do hromosvodu na budově působí vlivem indukční vazby magnetického pole nepříznivě na správnou funkci citlivých zařízení. To může způsobit jejich poruchu nebo dokonce zničení. Účinky magnetického pole jsou velmi důležité v případech, kdy přímý úder blesku proběhne v blízkém okolí naší instalace. Přepětí indukovaná magnetickým polem simulujeme tzv. vlnou tvaru 8/20 (nepřímý úder blesku).

Již v průběhu návrhu instalace bychom se měli vyvarovat vytváření uzavřených smyček vhodným směřováním kabelů. Pokud se nám to nepodaří, pak bychom měli chránit individuálně každé elektrické zařízení svodičem přepětí typu II (třída C), který instalujeme co možná nejblíže.

Pozn.: Dodatek B normy IEC 61024-1-2 popisuje výpočty napětí a energetických rázů způsobených úderem blesku.

Zdroje interních interferencí

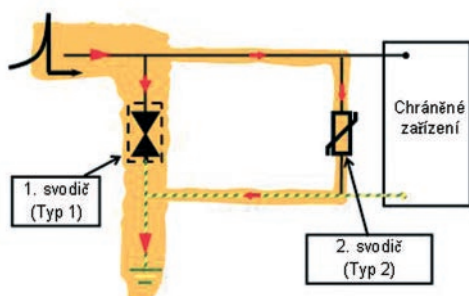
Následující zařízení uvnitř elektrické instalace mohou generovat přepětí (vlny tvaru 8/20):

- nadproudová ochrana (jističe, pojistky) při vybavení
- řídicí zařízení (relé, stykače...) při spínání, rozpínání
- motory při rozběhu a zastavení (výtahy, klimatizace...)
- transformátory vn/nn při spínání
- obecně všechna zařízení, jež vykazují indukanci či kapacitanci

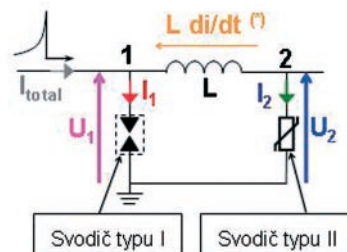
Všechny tyto zdroje interních interferencí bychom měli identifikovat a přepětí, která mohou způsobit, omezit instalací svodičů přepětí.

Koordinace mezi svodiči přepětí

V situaci, kdy je potřeba víceúrovňová ochrana proti přepětí, je nutné důkladně zvážit energetickou koordinaci mezi jednotlivými úrovněmi. Musíme si uvědomit, jaká část proudu poteče přes první svodič a jaká část přes následující svodiče přepětí. Přitom žádný proud nesmí překročit kapacitu daného svodiče přepětí.



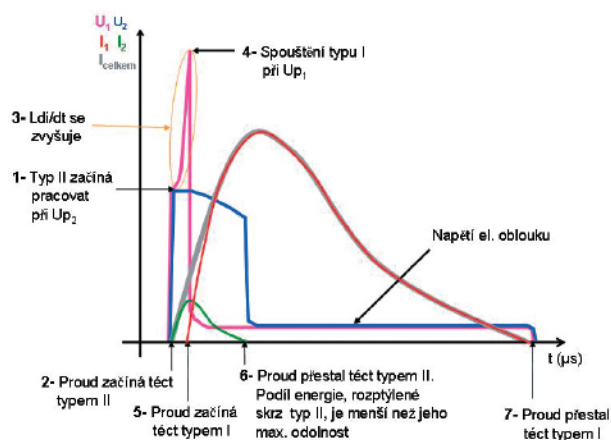
Koordinace má za úkol zajistit, aby maximální výbojový proud svedl svodič první úrovně a zbývající proud tekoucí přes následné svodiče nijak nepřekročil jejich schopnost svést proud. Energetická koordinace je tak důležitá hlavně mezi svodiči přepětí typu I a typu II, kdy pro všechny hodnoty proudu mezi 0 a limp je poměr energie, rozptýlené skrz svodiče typu II, nižší nebo roven jejich maximální odolnosti.



(*) L je indukance kabelového vedení mezi dvěma svodiči. Hodnota $1 \mu\text{H/m}$ již reprezentuje indukance kabelů směřujících vpřed i vzad.

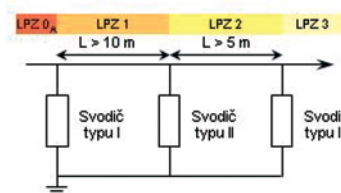
Časový průběh principu koordinace je následující:

- V obvodu se indukuje přepětí – bod 1 a 2. Jiskřištěm neprotéká žádný proud a pouze malý proud teče přes varistor. $L di/dt$ je téměř nula.
- Prvním svodičem, který zareaguje, je typ II, který má nižší U_p (varistor).
- Proud, který teče přes svodič typu II, indukuje na kabelovém vedení mezi svodiči napětí $L di/dt$. V okamžiku, kdy $U_2 + L di/dt$ dosáhne přeskokové napětí jiskřiště, svodič typu I zapálí elektrický oblouk mezi elektrodami.
- Převážná část energie je svedena skrz svodič typu I.



Koordinace je tedy dosaženo tehdy, pokud k zapálení jiskřiště svodiče typu I dojde dříve, než je svodič typu II přetížen. Tím může protékat pouze malá část celkového proudu. Navíc v předchozích letech došlo díky elektronické spoušti svodičů typu I k razantnímu snížení hodnoty U_p .

Obecná pravidla koordinace jsou shrnuta v následujícím obrázku.



Pokud z nějakého důvodu nelze dodržet vzdálenost 10 m mezi svodiči typu I a II, zvolte kombinovaný svodič typu I + II. Tento produkt je již vnitřně koordinován.