125 TZP
Technická zařízení při požáru

Přepětí
Příčiny požáru od el. zařízení

R. Havlíček

Přepětí

Přepětí

napětí, které je vyšší než nejvyšší provozovací napětí v elektrickém obvodu

- Atmosférické přepětí
- Spínací přepětí

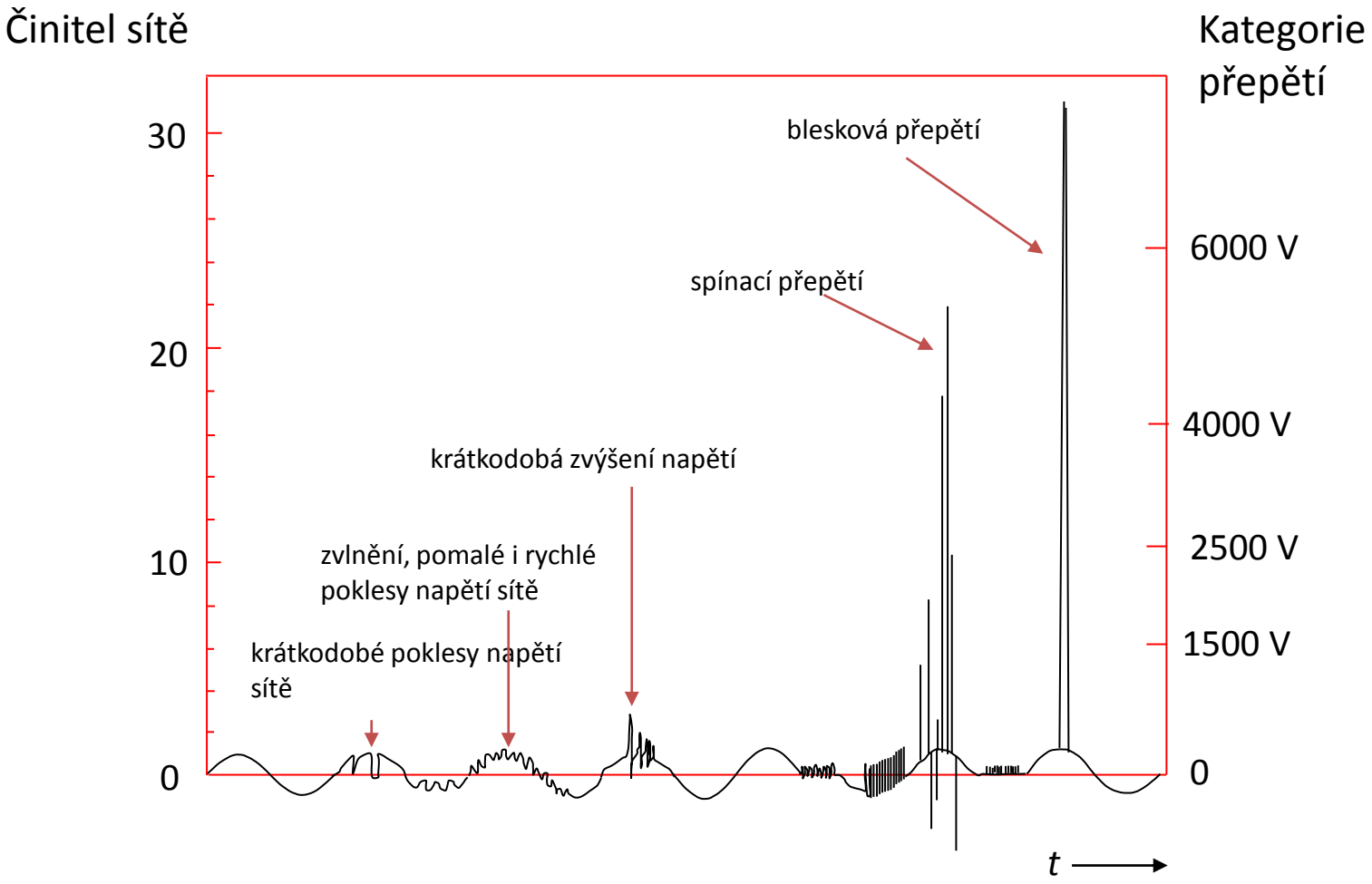
Atmosférické přepětí

- vyvolané účinky blesku
- průnik do energetických a sdělovacích obvodů desítky až stovky kilovoltů
- ničivé účinky: elektrická instalace v objektech, počítačové sítě, zabezpečovací systémy,
- vyvolané spínáním v jednotlivých obvodech telekomunikační zařízení, rozhlas televize
- dosah: až 2 km od místa úderu

Spínací přepětí

- vyvolané spínáním v jednotlivých obvodech
- vznikají připojováním a odpojováním velkých indukčních a kapacitních zátěží, zkraty v rozvodných sítích nn (desítky kV), spínáním elektrických a elektronických spotřebičů (jednotky kV)
- malá spínací přepětí – „zamrznutí“ počítače, nevratné ztráty dat

Přepětí


Činitel sítě
Kategorie přepětí
30
20
10
0
6000 V
4000 V
2500 V
1500 V
0
blesková přepětí
spínací přepětí
krátkodobá zvýšení napětí
zvlnění, pomalé i rychlé poklesy napětí sítě
krátkodobé poklesy napětí sítě
t

Ochrana před bleskem

Blesk je atmosférický výboj, ke kterému dochází při nahromadění elektrického náboje v mraku. Mrak získá elektrický potenciál rozdílný od ostatních mraků a od potenciálu země. Tvoří elektrický dipól umístěný vertikálně nad zemským povrchem

Princip hromosvodu

Blesk je zachycen kovovou tyčí (jímačem) instalovanou na objektu. Z jímače je blesk sveden vodičem (tzv. svodem) do uzemnění tak, aby proud blesku neohrozil ani chráněný objekt ani jeho vnitřní zařízení.

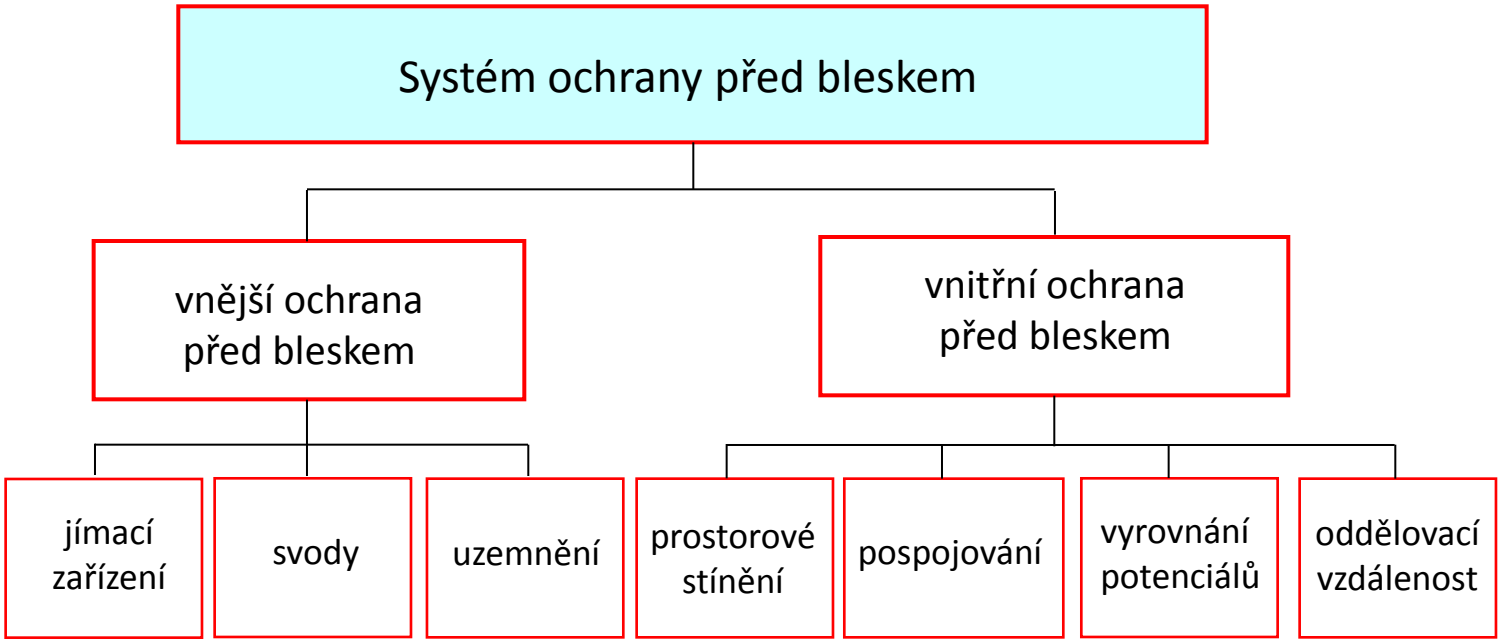
Ochrana před bleskem

Jímače – vertikální tyče nebo horizontální jímací vedení

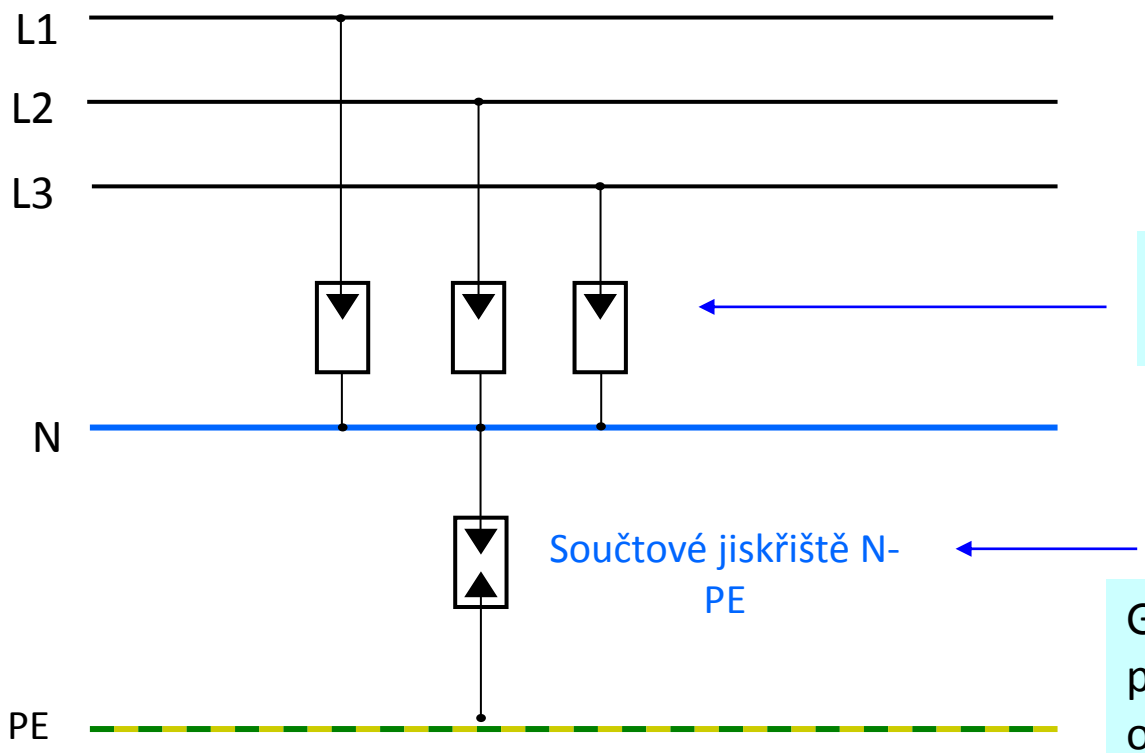
Jímací vedení:

- tyčové jímače
- jímací hřebenové vedení
- mřížová soustava vedení na ploché střeše
- mříže jímacích vedení zavěšená nad chráněným objektem
- stožárové jímače

Ochrana před bleskem



Ochrana před přepětím

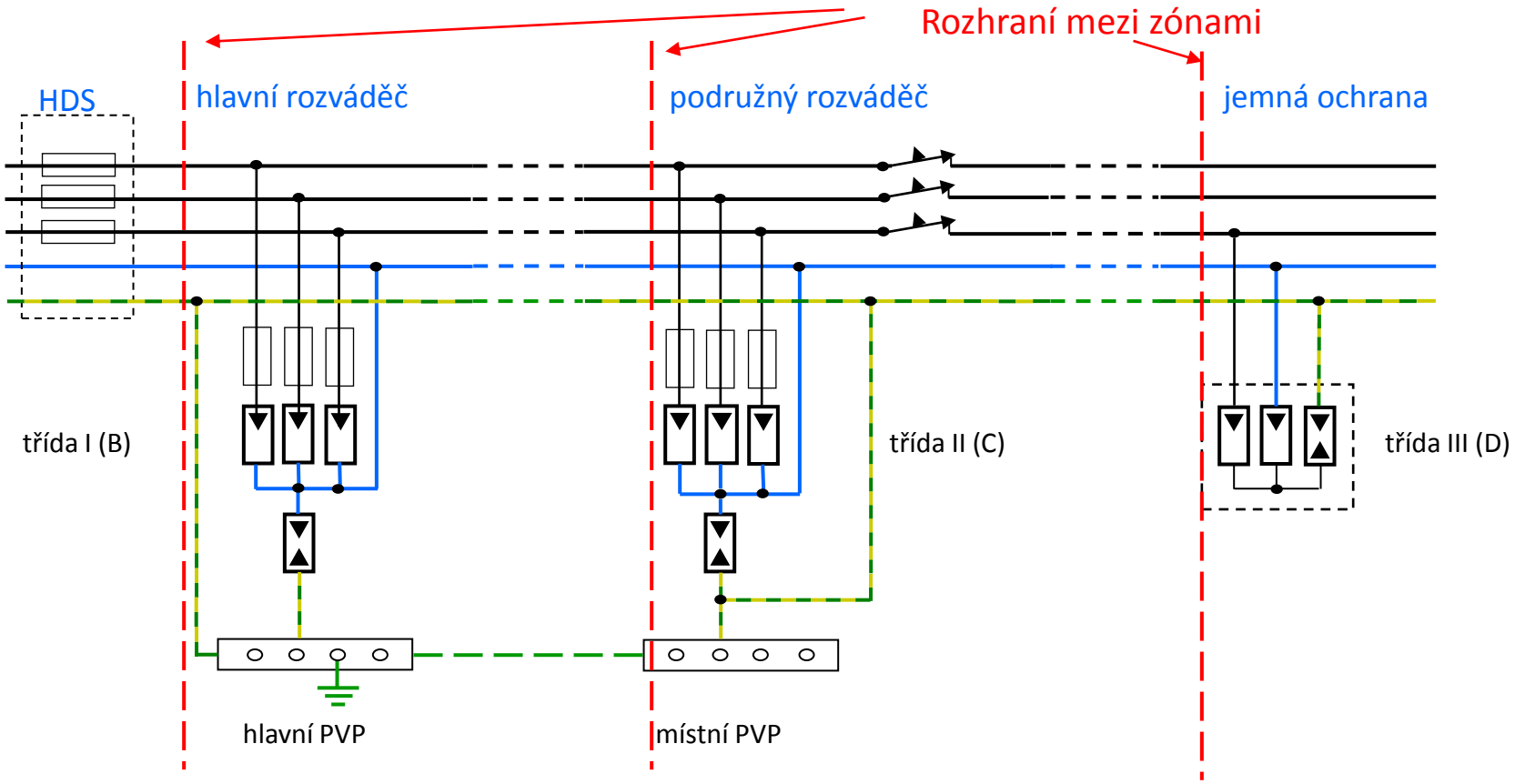


Potlačení příčných přepětí mezi L a N

Galvanické oddělení pracovních vodičů L,N od ochranného vodiče

Uspořádání svodičů přepětí (SPD) 3+1 v síti TN-S

Ochrana před přepětím



Zapojení svodičů v síti TN-C-S

ochranný systém v zapojení 3+1

Příčiny požáru od el. zařízení

Příčina:

- Přetížení nebo zkrat
- Elektrická jiskra nebo oblouk
- Zvětšený přechodový odpor
- Elektrické přístroje a spotřebiče

Dimenzování

Tři provozní situace vedení:

- dlouhodobý provozní stav
- dočasné přetížení (krátkodobě přijatelné teploty)
- krátké, ale značné přetížení v době, než jištění vypne zkrat

Dimenzování

Dovolenou provozní teplota - **70°C**

- Pro vodiče s izolací **PVC** se při přetížení dovoluje vzrůst teploty na 120°C a při zkratu dokonce až na 160 °C.
- Holé vodiče se smějí ohřát až na 180 °C a před vypnutím zkratu až na 200°C.

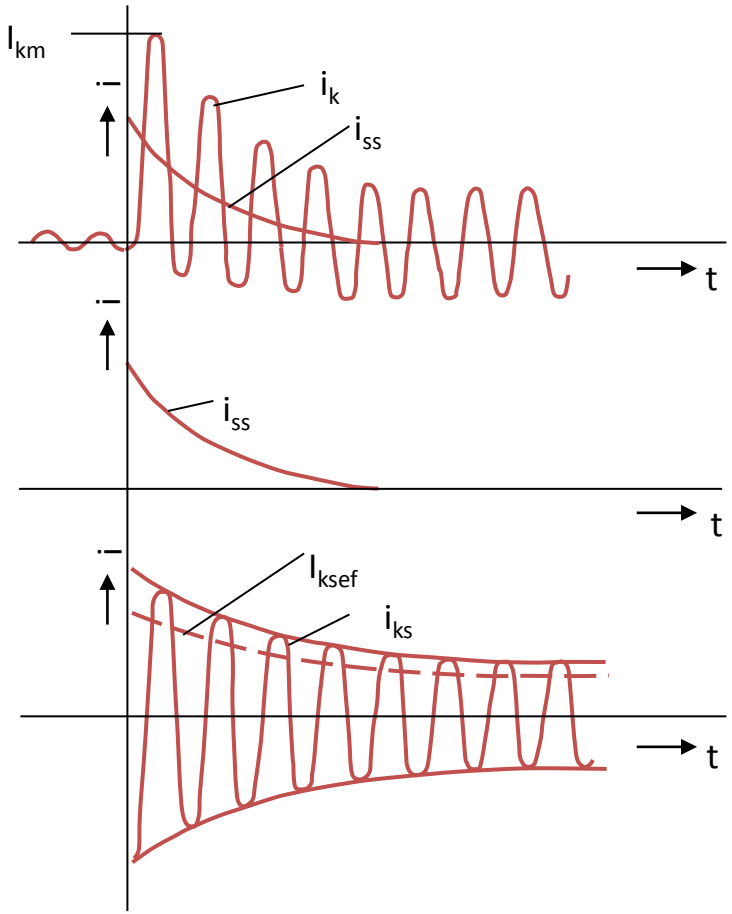
Dlouhodobé nevelké překračování dovolených teplot izolovaných vodičů způsobuje křehnutí izolace, velké překročení teploty při zkratu izolaci PVC taví a u holých vodičů způsobuje ztrátu pružnosti.

Zkrat

Průběh skutečného proudu

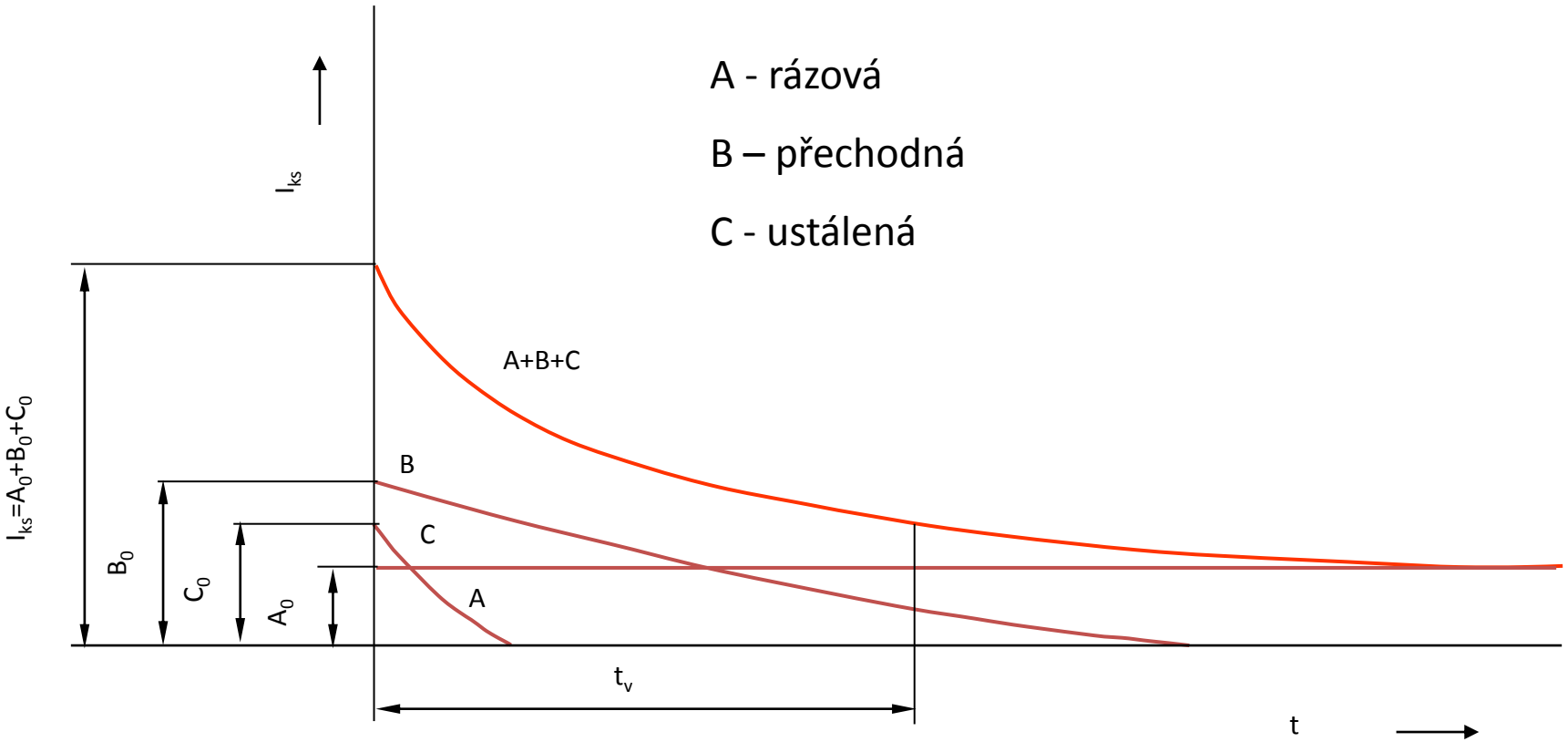
Stejnosměrná složka

Střídavá složka



Průběh zkratového proudu od okamžiku vzniku zkratu

Složky zkratového proudu



Zkratová odolnost

Průchod proudu při zkratu musí být včas vypnut, aby nedošlo k tepelnému poškození zařízení

Tepelná energie nesmí překročit určitou hodnotu *k* $R.I^2.t \leq k$

Z praktických důvodů se udává pouze hodnota $I^2.t$, kterou předmět snese

Dimenzování

Výpočet doby, ve které zkratový proud zvýší teplotu vodičů z nejvyšší dovolené provozní teploty na teplotu přípustnou před vypnutím zkratu

$\sqrt{t} = k.\frac{S}{I}$,kde

t je doba trvání zkratu

S je průřez v mm^2

I je efektivní hodnota účinného zkratového proudu, tj. ekvivalentní oteplovací proud v A

k je součinitel závislý na materiálu vodiče a jeho izolace

Dimenzování

Vodič a jeho izolace	Součinitel *k*
Měď +PVC	115
Měď +pryž	135
Hliník +PVC	74
Hliník +pryž	87

Při tomto výpočtu vzniká bezpečnostní rezerva, protože vedení běžně nepracují na mezi dovolené provozní teploty.

Dimenzování

Pro snížení účinků zkratů na přístroje zařazené v obvodu se využívají omezovací schopnosti pojistek.

Pojistky vypnou zkratový proud dříve, než naroste do své plné hodnoty.

Omezovací charakteristiky pojistek umožňují zvolit typ pojistky podle toho, jakou zkratovou odolnost mají v obvodu za pojistkou zařazené jisticí, ochranné a spínací přístroje, řídicí prvky atd.

Omezovací schopnost pojistek je tak velká, že nedojde vlivem procházejícího zkratového proudu k významnému, natož pak k nebezpečnému zvýšení teploty vedení

Dimenzování

V konkrétním místě rozvodu je zkratový proud 5,5 kA. Zařízení napájené měděným vodičem s izolací PVC o průřezu 10 mm^2 má být odpojeno nejpozději za 0,4 s. Jaký maximální zkratový proud může po tak dlouhou dobu vedením

procházet?

Vedení je jištěno jističem o jmenovitém proudu 25A a zkratové odolnosti 3 kA, jaká předřazená pojistka typu PH omezí zkratový proud na potřebnou hodnotu?

Dimenzování

Dosazením do vzorce dostaneme

$$I = k.S / \sqrt{t} = 115 \times 10 / \sqrt{0{,}4} = 1818{,}3A$$

Přeřazený jistič vypíná dříve – 0,1 s

$$I = k.S / \sqrt{t} = 115 \times 10 / \sqrt{0{,}1} = 3636{,}6A$$

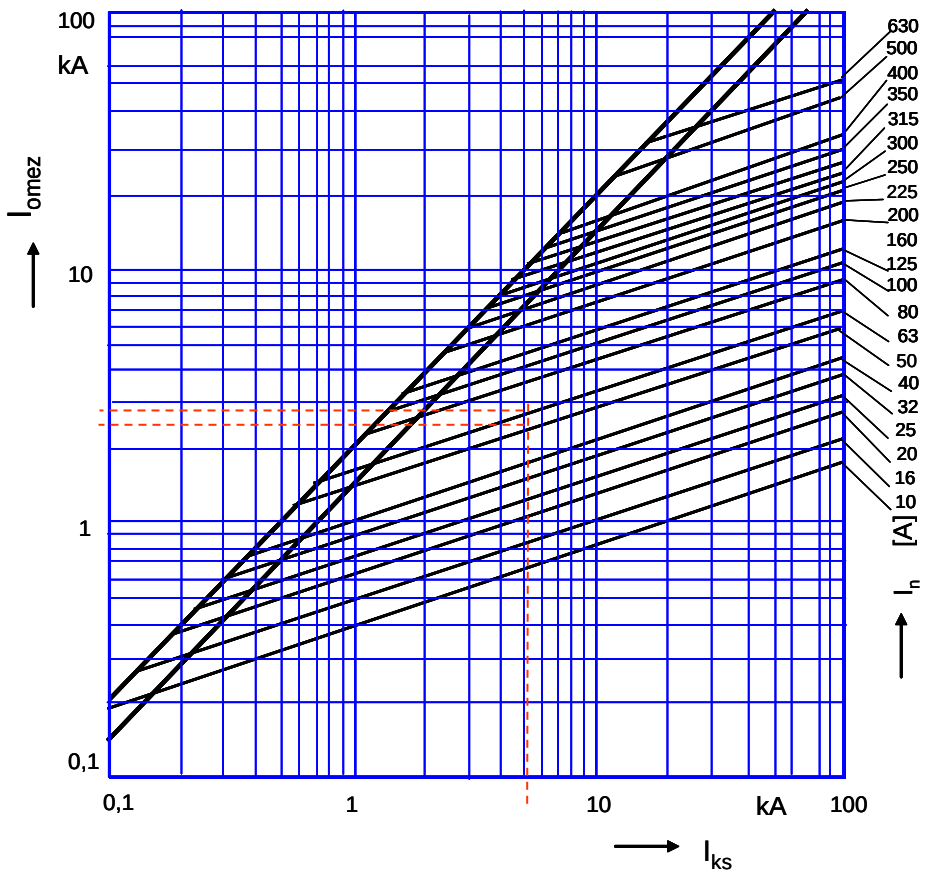
Jistič ovšem tuto hodnotu nevydrží (max. 3kA)

Nutno použít omezovací pojistku viz graf :

PH 50A - zkratový proud 2,5kA

PH 63A - zkratový proud 2,7kA

Dimenzování



Dimenzování

Jiné řešení:

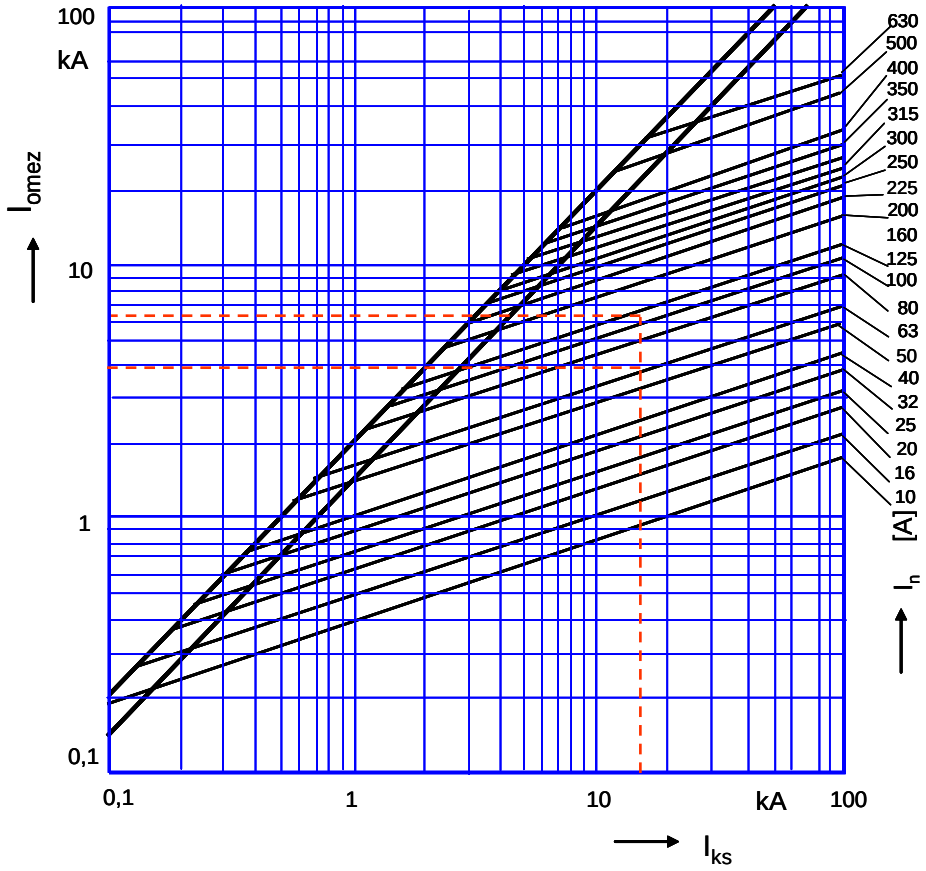
Zvýšit jištění vedení jističem 50 A se zkratovou odolností 6kA (jistič nyní vydrží 5,5 kA)

Maximální přípustný zkratový proud je stejný, nutno opět předřadit pojistku PH 80A se zkratovým proudem 3,5 kA

Dimenzování

Obvod s předpokládaným zkratovým proudem 15 kA potřebujeme omezit na 6 kA vrcholové hodnoty (výrobcem uvedená zkratová odolnost jističe).

Volba viz graf:
100 A zkratový proud 6,5kA
63 A zkratový proud 4 kA


100
kA
10
1
0,1
I_{omez}
0,1
1
10
kA
100
I_{ks}
630
500
400
350
315
300
250
225
200
160
125
100
80
63
50
40
32
25
20
16
10
[A]
I_n

Přetížení

Průchod příliš velkého množství energie elektrickým zařízením. Dlouhodobé přetížení způsobuje tepelná poškození, částečně i mechanická, urychluje stárnutí izolací Důsledkem přetížení je přehřátí objektu nad dovolenou mez. Míra poškození závisí na teplotě nebo jejím časovém integrálu.

Přetížení

V ustáleném stavu je výkon roven $P = R \cdot I^2$

Pro oteplení platí $R \cdot I^2 = \frac{\Delta\vartheta}{R_T}$

Vyjádřením dostaneme $I = \sqrt{\frac{\Delta\vartheta}{R \cdot R_T}}$

Ztrátový tepelný výkon roste s druhou mocninou proudu – stačí pro hrubý odhad.

Toto platí jen pro holé vodiče, jsou-li izolované je situace horší $\Delta\vartheta \approx I^{2,492}$, pro kabely $\Delta\vartheta \approx I^{2,25}$

Přetížení

Při přetížení nesmí být překročena teplota 120°C, provozní teplota 70°C, teplota okolí 30°C. Zatížitelnost vodiče je 10 A. Jak velký může být maximální dovolený nadproud ?

Provozní oteplení: $\Delta\vartheta_{prov} = 70 - 30 = 40°C$

Oteplení při přetížení: $\Delta\vartheta_{př} = 120 - 30 = 90°C$

Dlouhodobý dovolený poměrný nadproud:

$$i = \left(\frac{\Delta\vartheta_{př}}{\Delta\vartheta_{prov}}\right)^{\frac{1}{2,25}} = 1,434$$

proudové zatížení $I_z = 14,34A$

Přetížení

Je vcelku prokázané, že v normální instalaci při normálních provozních podmínkách je ochrana před přetížením zajištěna při splnění podmínky, kdy jmenovitý proud jističe je menší než dovolené proudové zatížení kabelu $I_n \leq I_z$

Proud ve vedení nebude větší než jmenovitý proud jištění $I_B \leq I_n \leq I_z$

Důležitý závěr: dovolené proudy ve vodičích nejsou úměrné průřezu vodičů. Teplo je odváděno povrchem kabelu, nikoliv jeho průřezem.

Přetížení

Obdobná úvaha vede i odvození vztahu mezi zatížitelností vodiče v seskupení proti jeho zatížitelnosti, je-li veden samostatně. Norma zavádí tzv. redukční součinitel seskupení, pro nějž platí:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

kde n je počet vícežilových kabelů nebo obvodů v seskupení.

Tento výpočet odpovídá dosažení maximální jistoty z hlediska dovoleného oteplení.

Elektrické oblouky

Poruchové elektrické oblouky mohou vznikat:

- kontaktem mezi fází a středním vodičem
- kontaktem mezi fází a ochranným vodičem
- přerušením vodiče

Požárový jistič

Nové ochranné přístroje AFDD (Arc Fault Detection Device) v severoamerickém prostoru označované AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter – přerušovač obvodu s obloukovou poruchou)

chrání před požáry způsobenými elektřinou, zvyšují bezpečnost osob a hmotného majetku

Požárový jistič

Požárový jistič je ochranný přístroj k detekci poruchového elektrického oblouku. Umí zjistit a odpojit poruchu v pevných elektrických instalacích i v připojených elektrických spotřebičích, ve vadných pohyblivých a prodlužovacích přívodech již v samých počátcích jejího vzniku. To dokážou mnohem dříve, než by zaúčinkovaly klasické jisticí a ochranné přístroje, včetně citlivých proudových chráničů.

Přístroje AFDD zajišťují ochranu před sériovými a paralelními poruchami doprovázenými poruchovým elektrickým obloukem

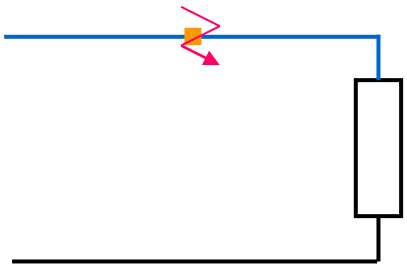
Požárový jistič

Je ovšem třeba si také uvědomit, že paralelní poruchu proudový chránič vypínat nemusí. U proudového chrániče, který je do obvodu zařazován z důvodu ochrany před požárem, se více méně spoléháme na to, že porucha mezi dvěma vodiči s různými napětími (např. mezi fázovým a nulovým vodičem) přeroste do poruchy mezi fázovým a ochranným vodičem, resp. mezi fází a neživou nebo cizí vodivou částí. **Proudový chránič nevypíná zkrat ani přetížení**.

Poruchové elektrické oblouky

Sériové poruchové oblouky

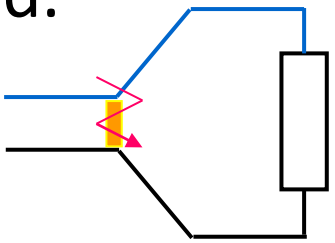
Porucha je řazena v sérii ke spotřebiči, normální provozní proud není zpravidla překročen, protože je omezený impedancí spotřebiče. Proto také nadproudový ochranný přístroj, jako je např. pojistka nebo jistič, na tento proud nezareaguje.



Poruchové elektrické oblouky

Paralelní poruchové oblouky

Rušivé oblouky, které se vyskytují paralelně ke spotřebiči mezi sousedními elektrickými vodiči (většinou vodiči elektrického obvodu, přívodními vodiči různého napětí do místa spotřeby apod.), např. v důsledku poruchy izolace kabelu, se vyznačují tím, že chybný, zpočátku nedokonalý elektrický kontakt, obvykle rychle přejde ve zkratový proud.



Poruchové elektrické oblouky

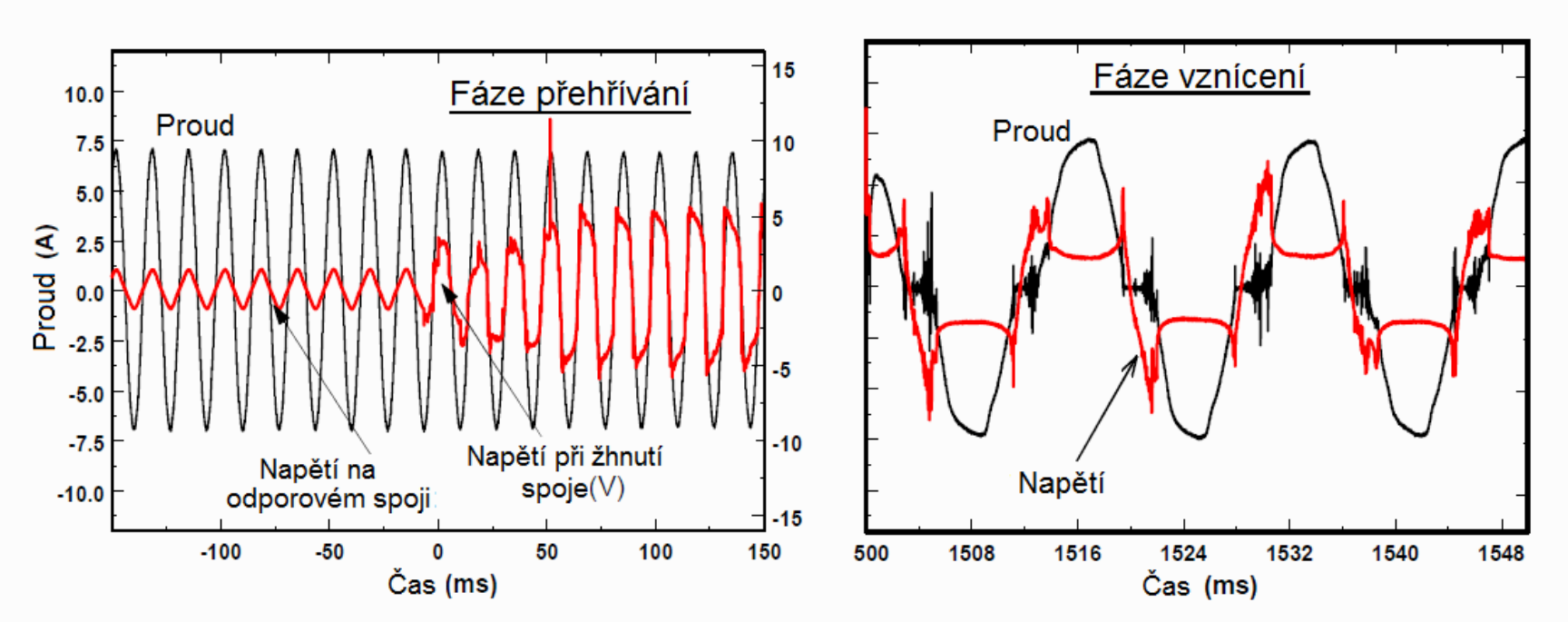
I když tato porucha může do tvrdého zkratu přejít velmi rychle, může být tento přechod také natolik pozvolný, že přístroje AFDD reagují rychleji než klasické jisticí přístroje. Takže, než by došlo k vypnutí klasickými přístroji, mohl by vzniklý elektrický oblouk způsobit škody a dokonce se stát i příčinou požáru, pokud by v blízkosti byly snadno zápalné látky.

Poruchové elektrické oblouky

Ke zjištění, zda došlo ke vzniku oblouku doprovázejícího poruchu, se během doby měření sleduje jak průběh napětí, tak i proudu (viz obr.), a vyhodnotí se pomocí digitálního zpracování signálu. Zvláště průběh proudu vykazuje při vzniklém oblouku charakteristické vysokofrekvenční složky.

Přitom se musí při vyhodnocování dbát na to, aby ani pravidelné kolísání průběhu proudu, ani překmity a přechodné průběhy proudů při spínacích procesech ve spotřebičích, které mohou být průvodním jevem jejich normálního provozování, nemohly vést k nežádoucímu vypínání

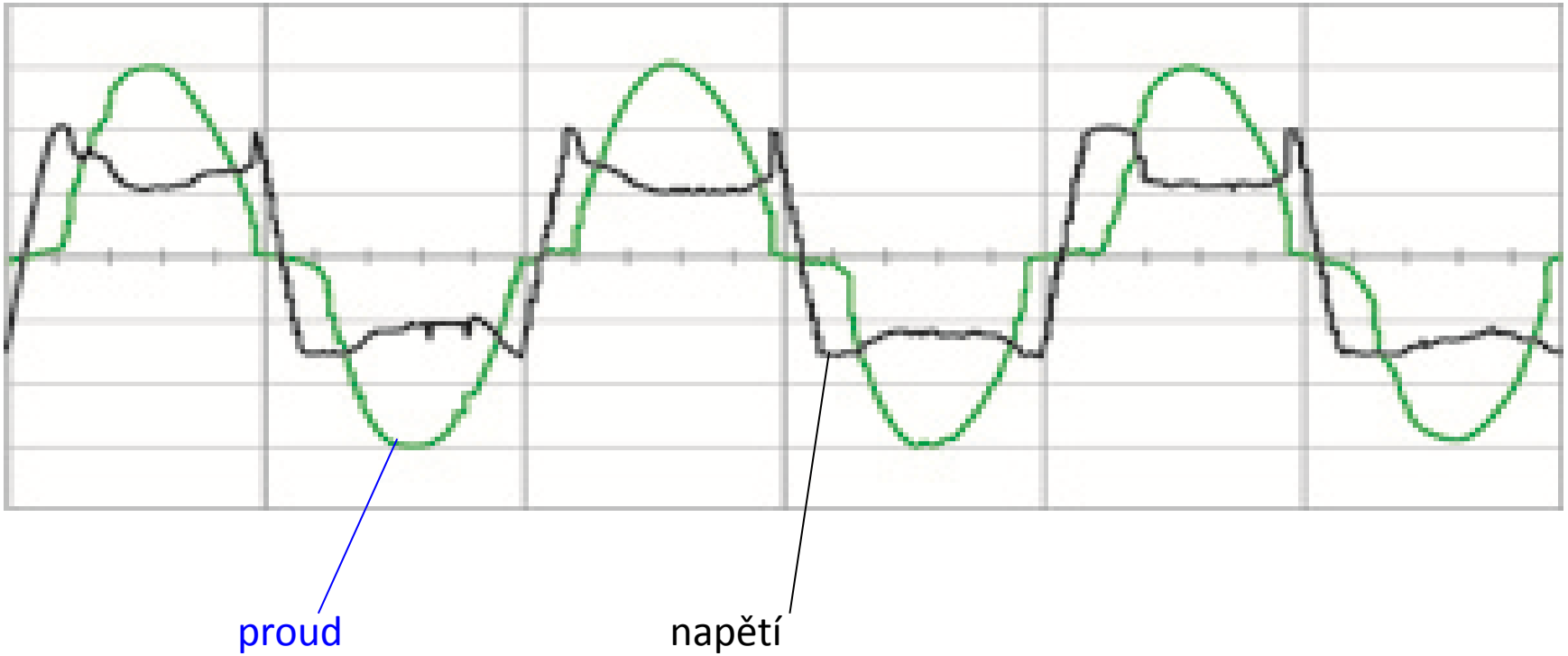
Poruchové elektrické oblouky



Poruchové elektrické oblouky

Detektor obloukového zkratu (požárový jistič) sleduje v reálném čase mnoho elektrických parametrů obvodu, který chrání, aby detekoval informační charakteristiky přítomnosti nebezpečných elektrických oblouků.
Například, při zkreslení proudového signálu (sinusového) v době jeho průchodu nulou je charakteristická přítomnost elektrického oblouku: proud teče pouze při výskytu oblouku, který potřebuje minimální napětí, aby byl

Poruchové elektrické oblouky



Instalace AFDD

Detektory AFDD jsou navrženy tak, aby omezily rizika požáru způsobené přítomností obloukových poruchových proudů v koncových obvodech pevné instalace.

Jsou instalovány v elektrických rozváděčích, a to především na zásuvkových okruzích ložnic a obývacích pokojů bytových domů, instalace se zejména doporučuje v případě rekonstrukce.

Instalace AFDD

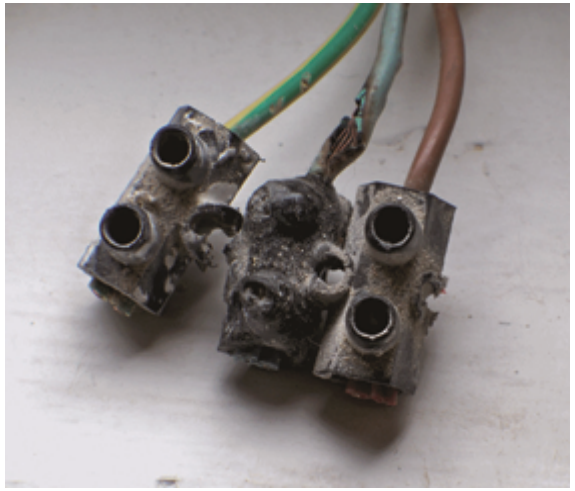
Doporučuje se jejich instalace v těchto budovách:

- Budovy s rizikem šíření požáru (např. budovy s nuceným větráním);
- Budovy s vysokou hustotou obsazení (např. kinosálů);
- Budovy s obtížemi při evakuaci;
- Budovy, ve kterých se ukládají hořlavé materiály nebo potenciálně výbušné látky (např. budovy pro skladování dřeva, papírenský průmysl).

Karbonizace

Jestliže je izolace vodiče poškozena, nebo se uvolní spoj, lokálně se objeví horké místo, které způsobí karbonizaci izolantu.

Vytvořené vodivé cesty jsou rozloženy nehomogenním způsobem. Vznikající poruchové oblouky, které dále zesilují karbonizaci izolačních materiálů až dojde ke spontánnímu zapálení oblouku.

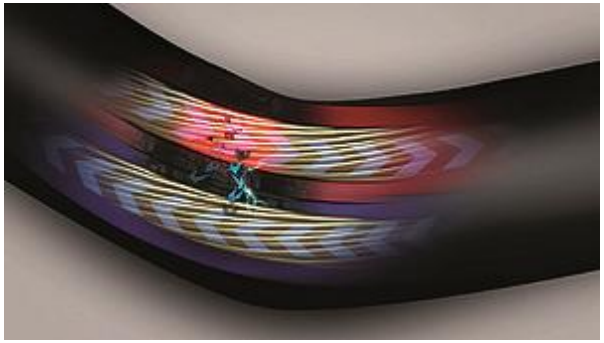


Odporový zkrat

Jsou-li poškozeny izolační materiály mezi dvěma vodiči, nemusí být unikající proud mezi těmito vodiči dostatečně velký, aby na něj reagoval jistič. Proudový chránič také nebude reagovat, pokud unikající proud nebude procházet ochranným vodičem. Avšak tyto proudy se mohou díky karbonizaci zvětšovat a mohou vyvolat poruchové oblouky, které postupně transformují izolační materiály na uhlík. Výsledkem této řetězové reakce může být zapálení oblouku.

Proto je detekce malých poruchových oblouků vhodná metoda, jak zbránit velkým materiálním škodám

Odporový zkrat



Poruchové oblouky

Poruchové oblouky mohou vznikat v následujících situacích:

- Síťový kabel je vystaven nadměrným silám (způsobené nábytkem nebo polohou)
- Síťový kabel je vadný následkem nevhodných nebo četných operací
- Kabel je zeslaben ve spoji
- Náhodné poškození kabelu
- Síťová zásuvka ve špatném stavu
- Stárnutí kabelu ochranného zařízení
- Uvolněné spojení
- Kabely poškozené okolním prostředím: ultrafialovým zářením, vlhkostí, hlodavci

Zapálení kabelu

Zátěžový proud menší než 2A

Elektrický oblouk nemá dostatečný výkon, aby kabel zapálil

Zátěžový proud 2 až 3A

Oblouky jsou nejdříve nestabilní, pak žhnoucí místo karbonizuje a tvoří se stabilní oblouk. Zápalná energie je kolem 300 J.

Zátěžový proud 3 až 10A

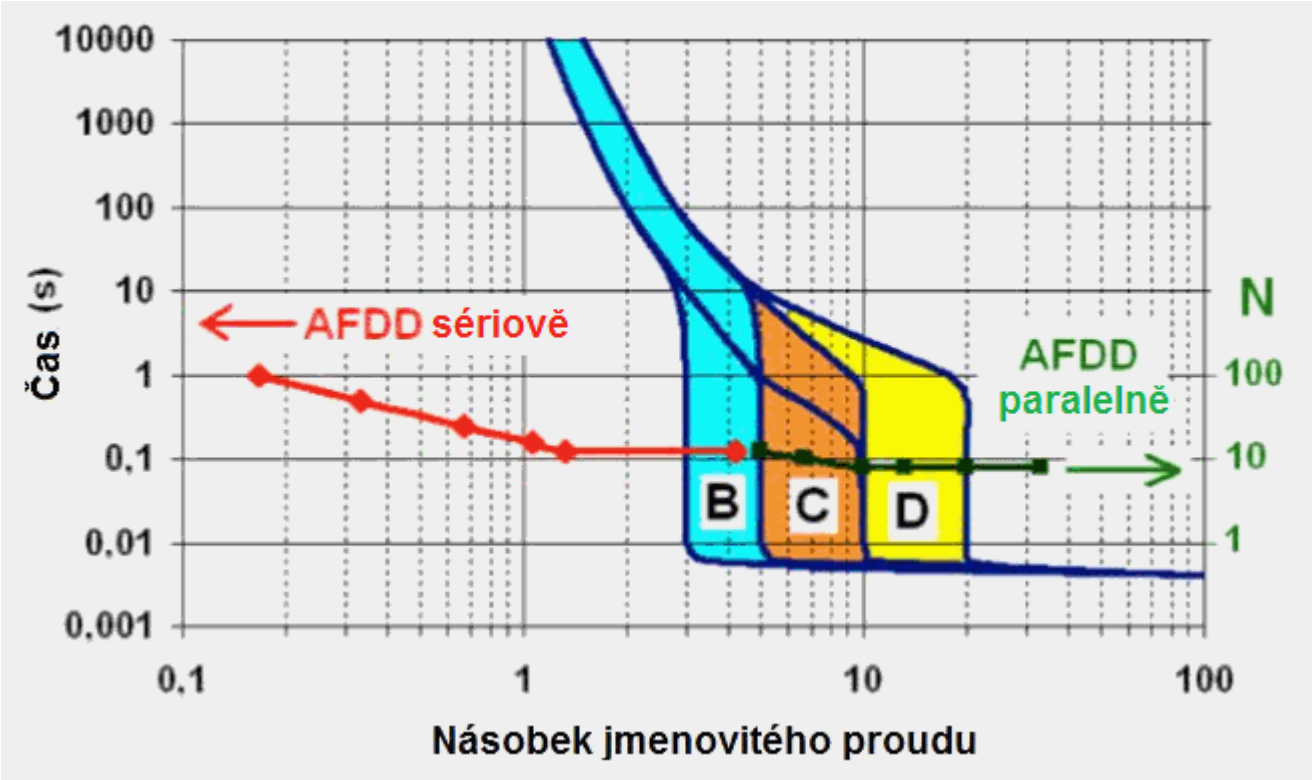
Pravděpodobnost vzniku poruchových oblouků je největší. Zápalná energie je 450 J

Zapálení kabelu

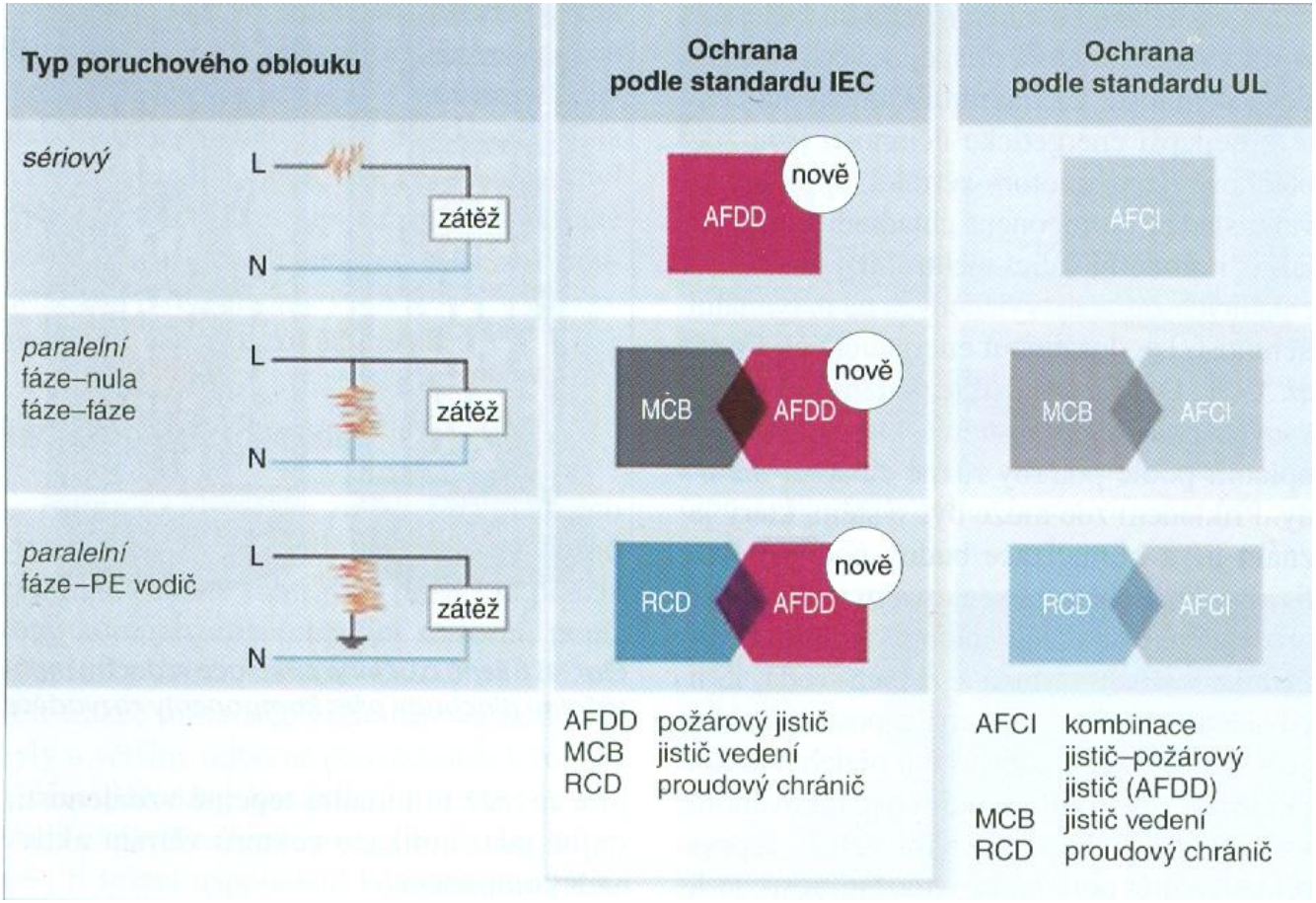
Zátěžový proud nad 10A

Plameny se objevují bez zuhelnatění izolace, nevytváří se uhlíková cesta, stabilita plamenů je malá. Stabilní poruchové oblouky jsou vzácné.

Požárový jistič - charakteristika



Požárový jistič



Požadavky na elektrické instalace z hlediska ochrany před požárem

Elektrické zařízení

- Nesmí se stát příčinou požáru
- Nesmí se prostředkem k rozšiřování požáru
- Nesmí vytvářet toxické plyny a jiné zplodiny
- musí zajišťovat funkci záchranných prostředků během požáru

Opatření proti šíření požáru

- **požárně dělicí konstrukce** – stavební konstrukce, která zabraňuje šíření požáru mimo požární úsek
- **hlavní požární přepážka** – požárně dělicí konstrukce uvnitř kabelových kanálů, šachet, mostů a prostorů
- **dílčí požární přepážka** – příčná konstrukce nebo opatření bránící šíření požáru po povrchu kabelů v prostorech mezi hlavními požárními přepážkami
- **požární ucpávka** – konstrukce bránící šíření požáru a jeho zplodin při prostupu kabelů požárně dělicí konstrukcí a požárními přepážkami

- **Dým a kouř** zabraňují ve výhledu unikajícím osobám a hasičům.
- **Hořlavé plyny** podporují další hoření kabelů a předmětů v okolí. Zahřívají kabelové soubory nad ohněm a připravují je k hoření.
- **Korozívně působící plyny** se spojují s vodou použitou při hašení. Tím vznikají agresivní kyseliny, které napadají kovové části v okolí ohniska požáru. Velké následné škody. Poškozovány elektronické součástky a elektrické kontakty. Poškozovány jsou však též do betonu zalité ocelové konstrukce.

- **Jedovaté plyny** vznikají při jakémkoliv hoření. Patří mezi ně zejména oxid uhelnatý. Kromě něj je to značný počet dalších jedovatých plynů. Ty nijak neovlivňují hoření a ani na materiálech nezanechávají žádné škody. Škodí však lidem a hasičům při boji s ohněm. Podle zjištění pojišťoven se však mnohem více lidí kouřovými plyny udusí, než otráví.

Zajištění funkčnosti elektrické instalace při požáru

Zachování funkčnosti elektrického zařízení

Časově omezené zachování elektrického napájení v případě požáru. Vztahuje se na elektrické okruhy důležité pro bezpečnost. Elektrická instalace slouží buď k evakuaci a záchraně osob nebo k hasebnímu zásahu.

Zajištění funkčnosti elektrické instalace při požáru

Elektrické napájení:

- bezpečnostního osvětlení
- záchranných výtahů
- požárních hlásičů
- nouzových vzduchotechnických zařízení
- zařízení pro odtah kouřových plynů
- čerpadel stabilních hasicích zařízení

Zajištění funkčnosti elektrické instalace při požáru

- shromaždiště
- obchodní domy a výstaviště
- výškové domy
- hotely, restaurace
- uzavřené garáže
- pracoviště
- nepevné stavby (stany)
- nemocnice
- zařízení metra
- chemický průmysl
- elektrárny

Zajištění funkčnosti elektrické instalace při požáru

Základní způsoby uložení kabelů:

- Speciální kabelové kanály a šachty
- Kabelová zařízení s integrovaným zachováním funkčnosti
- Protipožární nástřiky a obklady
- Přípojnicové rozvody v systémech s IZF

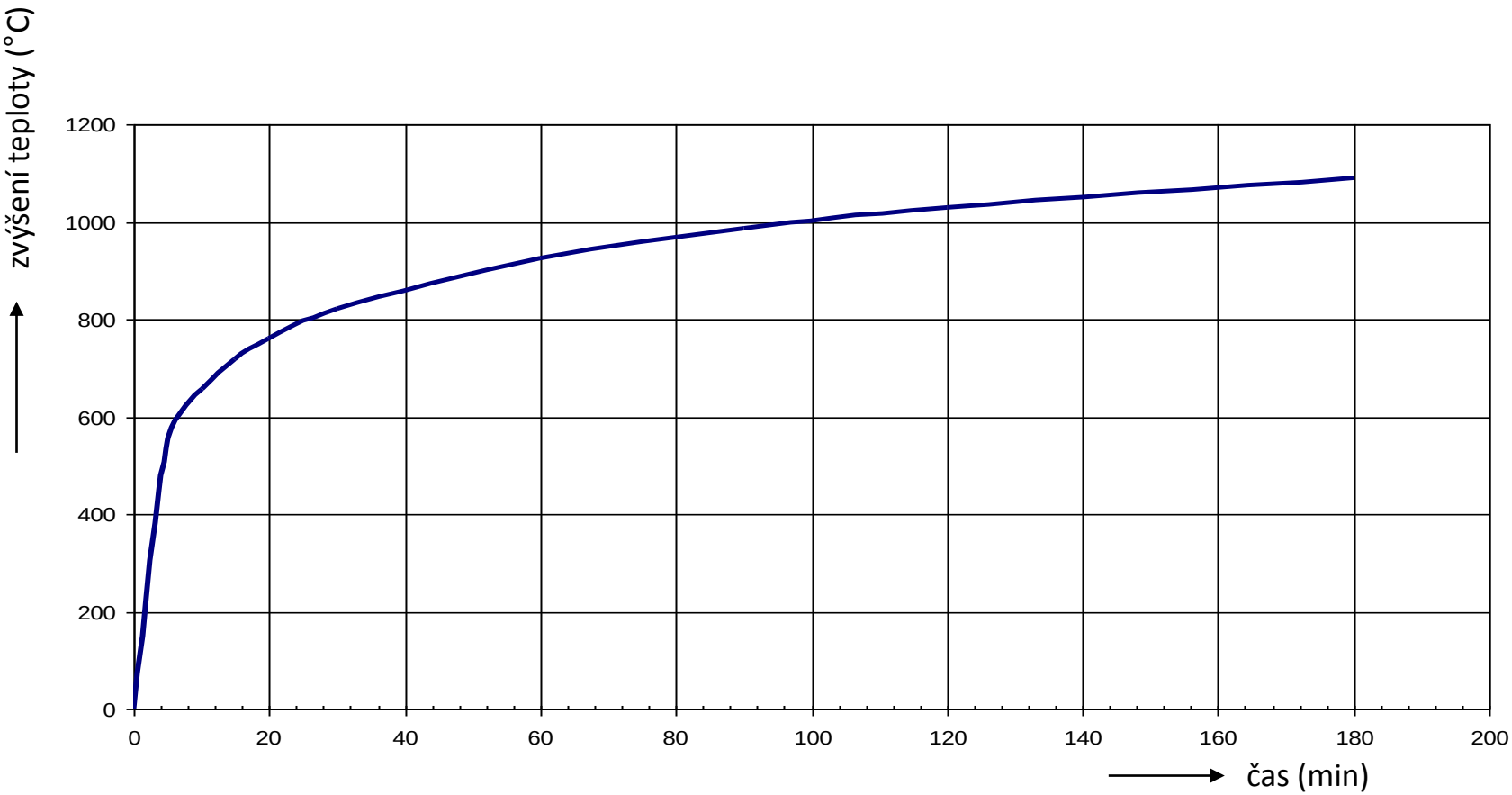
Zachování funkčnosti v případě požáru může zajistit vždy pouze celý systém !

Normovaná teplotní křivka ETK (Einheitstemperaturkurve)

K zahřívání prostoru ve zkušení peci se využívá tzv. normové teplotní křivky, označované zkratkou ETK

Křivku popisuje matematický vztah:

$$\vartheta - \vartheta_0 = 345 \log(8t + 1)$$

Normovou teplotní křivkou je napodobován přeskok požáru (flash-over)

Normovaná teplotní křivka ETK (Einheitstemperaturkurve)