

Zásady volby istiacich prvkov

Ing. František ŠTĚPÁN – Eaton Elektrotechnika s.r.o., Praha, ČR

Při jištění elektrických zařízení nízkého napětí proti poruchovým stavům je nutné vybrat vhodné jisticí přístroje. Nejčastějším případem je **jištění vedení**, kde je hlavním hlediskem ochrana před nadproudy. Pod pojmem nadproud se rozumí jednak malé násobky jmenovitého proudu a pak mluvíme o přetížení, tak i velké nadproudy, případně zkratové proudy, které jsou omezeny pouze impedancí poruchového obvodu. Jištění vedení před nadproudy se řídí pravidly, která jsou uvedena v předpisových normách pro instalace (STN 332000-4-43, STN 332000-5-523, aj.). Jmenovitý proud jisticího přístroje I_n musí být zvolen tak, aby nepřekročil proudovou zatížitelnost vedení I_z , a zároveň musí být zaručeno, že provozní proud I_B v instalaci nepřekročí jmenovitý proud jisticího prvku I_n . Pokud už k přetížení dojde, nemají být vodiče nebo kabely přetíženy dlouhodobě. Proto musí jisticí přístroj ve stanoveném čase (podle hodnoty jmenovitého proudu do 1 nebo 2 hodiny) vypnout při nadproudu I_2 , který nepřekročí 1,45 násobek jejich jmenovité zatížitelnosti I_z .

JISTIČE



TYPY JISTIČŮ A JEJICH MEZINÁRODNÍ ZKRATKY

Podle účelu použití musíme vzít v úvahu dvě základní předmětové normy pro jističe. Je to jednak STN EN 60898-1– Jističe pro nadproudové jištění domovních a podobných instalací, část 1: Jističe na střídavý proud, a dále STN EN 60947-2: Jističe.

1) Instalační Jističe

První z uvedených je určena pro jističe používané pro instalace budov (též instalační jističe, modulární jističe). Jmenovité jsou až do 125 A. Požadavky na konstrukci podle STN EN 60898-1 vycházejí z předpokladu, že tyto jističe budou obsluhovány osobami bez elektrotechnické kvalifikace. Pro správné použití těchto jističů je nutné rozlišit tři oblasti charakteristik.

a) Oblast přetížení malými nadproudy:

Pro malé nadproudy jsou stanoveny meze, ve kterých nesmí, nebo musí dojít k zapůsobení. Smluvený nevypínací proud (I_{nt}) je pro $1,13I_n$, smluvený vypínací proud (I_t) je $1,45I_n$. To znamená, že při průchodu proudů pod hodnotou $1,13I_n$ nesmí ve smluveném čase dojít k vybavení jističe a při prouděch nad $1,45I_n$ musí ve smluveném čase dojít k vybavení jističe. Smluvený čas je buď 1 hodina (pro $I_n \leq 63$ A) nebo 2 hodiny (pro $I_n > 63$ A). Údaje platí pro referenční teplotu okolí 30°C s tím, že tyto jističe nemají tepelnou kompenzaci.

b) Oblast přetížení zkratovými proudy:

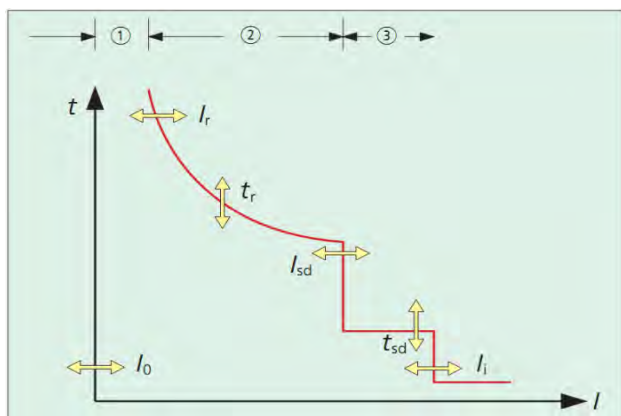
Pro oblast působení zkratové spouště jsou v normě tři typy vypínacích charakteristik B, C a D s různými mezemi nastavení (pro typ B je to od 3 do $5I_n$, pro typ C od 5 do $10I_n$ a pro typ D od 10 do $20I_n$). Oblast působení zkratových spouští má přímý vliv splnění podmínek pro odpojení poruchy v předepsaném čase.

c) Oblast velkých zkratových proudů

V oblasti velkých zkratových proudů se musí brát v úvahu jmenovitá vypínací schopnost jističe (I_{cn}), která je u instalačních jističů předepsána řadou 6, 10, 15, 20, a 25 kA. Pokud zkratový proud překročí jmenovitou vypínací schopnost jističe, dojde k jeho poškození. Jednou z možností, jak tomuto stavu předejít je předržení pojistky (obvyklá hodnota pojistky je 100 A pro jističe do 63 A, nebo 200 A pro jističe do 125 A). V tomto případě mluvíme o záložní ochraně jističe.

2) Výkonové jističe

Druhou důležitou normou pro jističe je *STN EN 60947-2 - Jističe*, která je určena zejména pro jističe užívané v průmyslu. Jsou určeny pro kvalifikovanou obsluhu. To je také důvod, proč jsou některé vlastnosti jističů (vypínací schopnosti, kategorie přepětí, ..) posuzovány jiným způsobem, než v případě přístrojů určených pro laickou obsluhu. Co je také důležité vědět, definice vypínacích charakteristik je určena pouze v oblasti působení malých nadproudů a vypínací charakteristiky nejsou blíže určeny. Důvodem je to, že možnosti použití jističů v průmyslu jsou velice různorodé a norma platí univerzálně a to od malých hodnot proudů až do 6 300 A.



I_n	jmenovitý proud
I_r	proud nastavení spouště na přetížení
t_r	zpoždění spouště na přetížení
I_{sd}	nastavení proudu pro krátkodobé zpoždění zkratové spouště
t_{sd}	zpoždění zkratové spouště
I_i	proud nastavení nezpožděné zkratové spouště

1. Oblast nevypínacích proudů

2. Oblast jištění před přetížením

3. Oblast jištění před zkratovými proudy

V případě jističů s pevně nastavenými spouštěmi je hodnota proudu nastavení zkratové spouště I_r rovna jmenovitému proudu I_n .

Vypínací charakteristika jističů podle STN EN 60947-2

Hlavní parametry výkonových jističů podle STN EN 60947-2: Jističe

U výkonových jističů je pozornost zaměřena hlavně vyšší jmenovité proudy a vypínání velkých zkratových proudů. Proto je nutné rozlišovat následující parametry:

I_{cu} - jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost: hodnota zkratového proudu uvedená na jističi při příslušném jmenovitém napětí, kterou jistič musí bezpečně vypnout. Po tomto vypnutí však může dojít ke změně jeho charakteristik, neboli jinými slovy, vypnutí zkratového proudu s hodnotou $I_k = I_{cu}$ je garantováno pouze jednou. Praxe ověřila, že poruchy nevznikají bezprostředně na výstupních svorkách jističů a i relativně malá impedance vedení za jističem účinně sníží zkratový proud pod hodnotu I_{cu} .

I_{cs} - jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost: hodnota zkratového proudu uvedená na jističi při příslušném jmenovitém napětí. Je vyjádřena hodnotou předpokládaného vypínacího proudu (v kA) odpovídající jedné z normou stanovených hodnot, nejčastěji v procentech (25, 50, 75 a 100 % I_{cu}), vztažených k hodnotě I_{cu} , tj. např. pro jistič s $I_{cs} = 75 \% I_{cu}$ a $I_{cu} = 100$ kA je $I_{cs} = 75$ kA. Jističe musí hodnotu I_{cs} vypínat opakovaně a záleží tedy pouze na projektantovi, s jakou mírou dlouhodobé spolehlivosti provozu chce počítat – zda jističe navrhne s ohledem na hodnotu I_{cs} , nebo I_{cu} .

I_{cm} - jmenovitá provozní zkratová zapínací schopnost: hodnota zkratového proudu uvedená na jističi při příslušném jmenovitém napětí, jmenovitém kmitočtu a stanoveném účinníku. Vyjadřuje se jako maximální předpokládaný dynamický proud (maximální hodnota první půlvlny při započítání stejnosměrné složky zkratového proudu). Jmenovitá zkratová zapínací schopnost (I_{cm}) je vždy vyšší, než jmenovitá zkratová vypínací schopnost (I_{cu} , příp. I_{cs}) a jejich minimální poměr je předepsán normou v rozmezí od 1,5 až do 2,2. Praktické využití tohoto parametru je v případě blízkých elektrických zkratů, tj. v blízkosti generátorů a v těsné blízkosti transformátorů s vysokými výkony, kdy se musí zohlednit dynamika chování zkratového proudu.

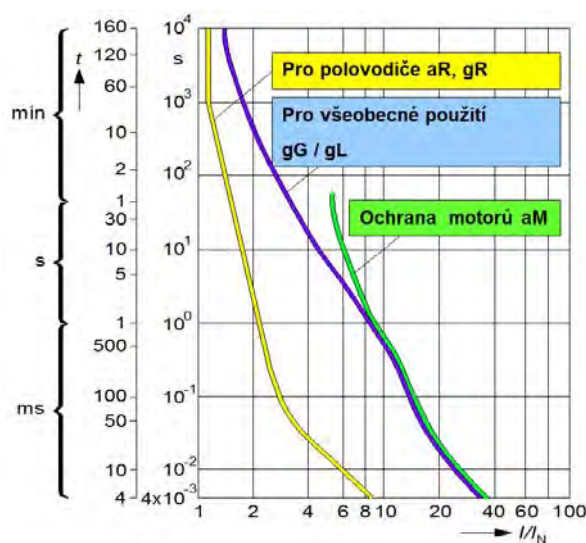
3) Spouštěče motorů

Do skupiny jističů se zahrnují i spouštěče motorů, které mají charakteristiku určenou pro jištění motorů. Vyznačují se možností nastavitelnosti nadproudových spouští a pro zajištění jejich správné ochranné funkce je nutné nastavit tepelnou spoušť na jmenovitý proud motoru, tj. spoušť nastavit na „proud nastavení“. Pro tyto jističe platí *STN EN 60947-4 Spínací a řídicí přístroje, Část 4: Stykače a spouštěče motorů*. Vedle elektromechanických přístrojů se stále častěji setkáváme i s elektronickými nadproudovými relé, které se používají hlavně u větších proudů, ale postupně se setkáváme i s novými typy se jmenovitými proudy jednotek ampér.

Pojistky

Pro pojistky platí soubor norem STN EN 60269. Pojistky lze dělit podle různých hledisek, jako je konstrukce na výkonové (nožové), závitové, válcové, atd. Nejčastěji se používají vypínací charakteristiky gG/gL pro všeobecné použití; aM pro jištění motorových obvodů (pouze pro zkratovou ochranu) a gR nebo aR pro jištění polovodičů. Dále je nutné rozlišovat druh proudu (AC, DC) a jmenovité napětí, protože vlastnosti jsou závislé i na provozním napětí. Na obrázku jsou uvedeny typické průběhy charakteristik (tavné charakteristiky). První písmeno v typovém označení udává třídu pojistek, přičemž písmeno a se užívá pro jištění v omezeném rozsahu nadproudů a písmeno g určuje možnost použití v plném rozsahu nadproudů.

Nejvýznamnější vlastností pojistek je jejich vysoká vypínací schopnost při zkratu, ta je předurčuje pro hlavní nebo záložní ochranu před zkraty. Jmenovitá vypínací schopnost pojistek se uvádí jako jedno číslo I_1 a pohybuje se běžně v rozmezí od 50 kA až 120 kA (závisí na typu pojistky, účinníku, napětí, atd.). Při nadproudech od cca 10 až $20I_n$ lze už počítat i s omezujícími vlastnostmi pojistek, kdy je zkratový proud omezen dříve, než dosáhne maximální hodnoty. Omezený proud (i_o) se vyjadřuje v maximální hodnotě. Omezení zkratového proudu má příznivý vliv na oteplení vedení a snížení dynamického namáhání vodičů a rozváděčů.



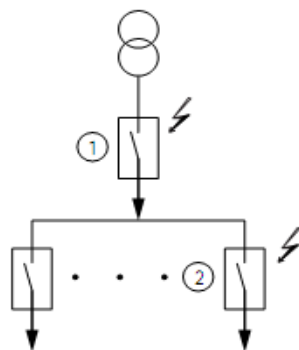
Tavné charakteristiky pojistek

Záložní ochrana jisticích přístrojů

V případě, že vypínací schopnost jisticího přístroje je menší, než předpokládaný zkratový proud, je nutné do instalace předradit omezující přístroj, který je schopen rychle narůstající zkratový proud účinně omezit. Pokud řešíme jen tzv. záložní ochranu, aby při poruše nedošlo k poškození přiřazeného přístroje, stačí splnit podmínku uvedenou v katalogu výrobce. Například pro miniaturní instalační jističe s vypínací schopností 10 kA se pro předpokládané zkratové proudy převyšující vypínací schopnost jističe předepisuje záložní ochrany pojistkou gG/gL s $I_n=100$ A.

Zdálo by se, že tato situace je poměrně známá a jasná, ale praxe potvrzuje skutečnost, že se záložní ochrana často velice podceňuje. Nepoužívanějšími přístroji pro omezení zkratové proudy jsou pojistky a instalační jističe (MCB). Vývoj se nezastavil ani u výkonových jističů a v současné době jsou běžně k dispozici i výkonové jističe s jistými omezovacími vlastnostmi, které je možné velice výhodně skloubit s vlastnostmi malých jističů a takto dosáhnout kaskádního zapojení, kdy předřazený výkonový jistič vypíná natolik rychle, že provede redukci zkratového proudu na hodnotu, kterou je instalační jistič schopen spolehlivě vypnout. Tato vlastnost však musí být ověřena zkouškami.

Další možností pro **zajištění záložní ochrany jističů** koncových obvodů, známé pod označením kaskádování, je předřazení omezujícího výkonového jističe. V případě zkratu zareaguje předřazený jistič (1) ve srovnatelně krátkém čase několika milisekund a to zajistí omezení zkratového proudu na takovou hodnotu, kterou je přiřazený jistič (2) již schopen bezpečně vypnout. Při předepsané kombinaci jističů a jejich jmenovitých proudů je zaručeno, že je možné použít přiřazený jistič (2) i v obvodech, jejichž zkratové poměry převyšují jeho vypínací schopnost (I_{cu2}). Použitelné kombinace odzkoušených hodnot vypínací schopnosti kaskády udává výrobce ve svém katalogu. Například při použití kombinace jističe (1) MCCB typu NZM2-250 A a jističe (2) MCB typu FAZ-10 A s vypínací schopností 15 kA se vypínací schopností této kombinace zvyšuje z původních 15 kA až na 30 kA. To umožňuje zjednodušit a zlevnit návrh v obvodech s vysokými zkratovými proudy.



Záložní ochrana jističů pomocí výkonového jističe s omezujícími vlastnostmi

Záložní ochrana pomocí omezujících jističů přináší možnost použití běžných jističů (2) v koncových obvodech instalace. Možné kombinace jsou uvedeny formou tabulek v katalogích výrobců.

Selektivita přístrojů

Selektivita přístrojů v sérii je zajištěna, pokud při poruše vybaví pouze jisticí přístroj, který je nejbližší místu poruchy. Pokud chceme mezi dvěma za sebou zařazenými jisticími prvky zachovat selektivitu, nesmí se jejich charakteristiky v žádném bodě protínat.

Selektivita může být buď plná, částečná nebo žádná.



Selektivní řazení jisticích přístrojů

Selektivita dvou pojistek v sérii je splnitelná poměrně snadno. Postačí zajistit odstup jmenovitých proudů v poměru jmenovitých proudů 1,6 : 1, pokud výrobce neuvede jinak (například 1,3 : 1). Podmínkou jsou stejné typy vypínacích charakteristik, pro různé typy charakteristik se musí porovnat hodnoty prošlých energií.

Při použití dvou instalačních jističů (MCB) v sérii bohužel nelze počítat s žádnou selektivitou a to ani při odstupňování jmenovitých proudů, či odstupňování vypínacích charakteristik (B, C, D) – ty totiž nemají na selektivitu malých jističů vliv. Problém spočívá v tom, že omezující jističe jsou konstruovány ve stejné třídě selektivity (mají srovnatelné hodnoty prošlé energie) a vypínají proto zkrat přibližně stejně rychle, což se od nich i očekává. Řešením by bylo předřazení dostatečně velké pojistky nebo výkonového jističe, přičemž odzkoušené kombinace jsou uvedeny v katalogu výrobce jističe. Dalším řešením je použití tzv. selektivních jističů které jsou podle rychlosti nárůstu zkratového proudu schopné vyhodnotit zkrat a využít svého zpoždění. Používají se povinně v Německu (pod označením SLS).

Zkratová selektivita charakteristiky C k pojistkové vložce NH-00*) [kA]

PL6	NH-00 gL/gG											
I_n [A]	16	20	25	32	35	40	50	63	80	100	125	160
0.75	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾
1.0	0,9	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾
1.6	<0,5 ¹⁾	0,6	1,3	4,2	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾
2.0	<0,5 ¹⁾	0,6	1,0	2,5	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾
4	<0,5 ¹⁾	<0,5 ¹⁾	0,7	1,0	1,5	2,1	3,6	5,0	10,0	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾
6	<0,5 ¹⁾	<0,5 ¹⁾	0,5	0,8	1,2	1,5	2,5	3,3	5,7	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾
10			0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,5	3,8	8,0	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾
13					1,0	1,3	1,9	2,4	3,6	7,0	10,0 ²⁾	10,0 ²⁾
16					1,0	1,3	1,8	2,3	3,3	6,0	8,8	10,0 ²⁾
20					1,0	1,2	1,7	2,2	3,2	5,5	7,7	10,0 ²⁾
25							1,6	2,1	3,0	5,2	7,3	10,0 ²⁾
32								2,1	2,9	5,0	7,0	10,0 ²⁾
40									2,8	4,8	6,7	10,0
50										4,5	6,3	9,5
63											5,9	8,4

¹⁾ Mezní selektivní proud I_s leží pod 0,5 kA

²⁾ Mezní selektivní proud I_s = jmenovitá spínací schopnost I_{cn} jističe

bez selektivity



Příklad podmínek zkratové selektivity kombinace pojistka-jistič

Úplná **selektivita dvou sériově zařazených výkonových jističů** je zajištěna pro všechny předpokládané poruchové proudy, jestliže je zaručeno odstupňování jmenovitých proudů předřazeného a přiřazeného jističe a předřazený jistič má nastaveno časové zpoždění vypnutí okamžité (zkratové) spouště. Norma STN EN 60974-2 definuje dvě skupiny jističů, tzv. kategorii selektivity A (běžné, neselektivní jističe) a dále kategorii selektivity B, které mají elektronické spouště s možností nastavení zpoždění vypnutí (minimálně 50 ms; přednostní hodnoty jsou 0,05 – 0,1 – 0,25 – 0,5 – 1 s). Jističe kategorie B musí navíc splňovat podmínku určité hodnoty jmenovitého krátkodobého výdržného proudu I_{cw} , který vystihuje schopnost jističe přenášet tento zkratový proud po celou dobu vynuceného zpoždění. U kompaktních výkonových jističů (MCCB) je tato hodnota obvykle mnohonásobně menší, než jmenovitá vypínací schopnost (I_{cu}). Výkonové vzduchové jističe (ACB) dnes dosahují hodnot I_{cw} , které jsou blízké, nebo rovné hodnotě I_{cu} . Výrobci výkonových jističů udávají doby pro krátkodobé zpoždění obvykle 0,1 s; 0,3 s a 1 s. Jistič zapojený blíže k místu poruchy, který je obvykle v kategorii A, poruchu odpojí v krátkém čase (maximálně v desítkách milisekund) a parametr I_{cw} selektivního jističe pak obvykle nebývá ani plně využit.

Podle požadavků STN EN 60947-2 je může být selektivita posouzena porovnáním charakteristik (studie od stolu), nebo je odzkoušená. Výsledky zkoušek jsou k dispozici ve formě tabulek. Porovnání charakteristik jističů mezi sebou podává první informaci a pokud je viditelný dostatečný odstup charakteristik mezi sebou, pak to většinou i postačuje pro posouzení, zda je kombinace dostatečně selektivní či nikoliv. Pokud je ale indikována nějaká kolize mezi vypínacími charakteristikami v oblasti zkratových proudů, pak už nevystačíme s pouhým porovnáním vypínacích charakteristik, zejména, pokud nemáme k dispozici charakteristiky s vyznačením tolerančních polí. Pro posouzení chování jističů v oblasti nad hodnotou okamžitého vybavení zkratové spouště (I_i) se musí pracovat s hodnotami prošlých energií (I^2t), které poskytnou výrobci jističů. Pokud jsou jističe od jednoho výrobce, použijí se tabulky selektivity.