

Ing. Michal Kříž

Dimenzování a jištění elektrických zařízení – tabulky a příklady

(páté – aktualizované vydání)



www.iisel.com

Internetový Informační Systém pro Elektrotechniky





Partner všech elektrotechniků

www.in-el.cz
obchod.in-el.cz

Vydavatelství odborné literatury

pro elektrotechniky, Normativních dokumentů EŠČ, tiskopisu Protokolu o revizích a kontrolách elektrických spotřebičů a elektrického ručního nářadí.

Jako první v České republice vydáváme odborné příručky pro elektrotechniky i v elektronické podobě. **Naše e-knihy** umožňují standardní funkce, jako interaktivní obsah v levém rámci, přímé odkazy v celém textu na zmiňované kapitoly, obrázky, tabulky, přílohy, literaturu, webové stránky. Více na **obchod.in-el.cz**. E-knihy si můžete zakoupit jednotlivě, nebo si můžete pořídit **roční předplatné**, ve kterém máte ke stažení nejen všechny aktuální e-booky našeho vydavatelství, ale i ty, které vyjdou během platnosti vašeho předplatného.

Každý rok vydáváme 3 až 5 nových nebo starších – aktualizovaných příruček.



Tištěná literatura elektro

- Odborné příručky
- Dilenské příručky
- Normativní dokumenty

E-knihy

- Elektronické verze tištěných knih
- Předplatné e-knih

Informační systém iiSEL

- Vzdělávací portál pro elektrotechniky
- Informační servis pro zkoušky elektrotechniků
- Tříměsíční a roční předplatné

Bezpečnostní tabulky nejen pro elektrotechniky

- Značky výstrahy
- Příkazové, zákazové a informační
- Sdružené tabulky

Sledujte nás na sociálních sítích

- facebook.com/vydavatelstvi.INEL
- twitter.com/INELsro
- Zaregistrujte se na **www.in-el.cz** a získáte kompletní přehled v oboru.
- Literaturu a e-knihy koupíte na **obchod.in-el.cz**.

Ing. Michal Kříž

Dimenzování a jištění elektrických zařízení – tabulky a příklady

(páté – aktualizované vydání)

Text k inzerátu na první straně obálky:

Celosvětově aktivní firma FINDER s více než 60letou tradicí výroby elektrotechnických a elektronických přístrojů:

pro spínání:

- relé do plošných spojů
- průmyslová relé
- reléové vazební členy
- polovodičová relé

pro ovládání a kontrolu:

- relé s nuceně vedenými kontakty
- časová relé
- elektronické elektroměry
- kontrolní a měřicí relé
- snímače hladiny
- spínané napájecí zdroje
- přepětíové ochrany
- termostaty a hydrostaty

pro instalace budov:

- impulzně ovládané spínače
- soumrakové spínače
- pohybová čidla
- schodišťové automaty
- spínací hodiny
- stmívače
- modulární stykače

pro drážní aplikace

pro fotovoltaické aplikace

Kontakt:

Finder CZ, s. r. o., Radiová 1567/2 b, 102 00 Praha 10
tel.: 286 889 504, fax: 286 889 505
finder.cz@findernet.com, www.findernet.com

ISBN 978-80-87942-49-9

**Dimenzování a jištění
elektrických zařízení –
tabulky a příklady**

(páté – aktualizované vydání)



elektrotechnika v praxi

ODBORNÝ ELEKTROTECHNICKÝ ČASOPIS

Vaše spojení se světem elektrotechniky



Redakce Elektrotechnika v praxi
Korunní 32, 709 00 Ostrava
tel.: 596 625 421
e-mail: casopis@bael.cz
www.bael.cz
www.elektrotechnikavpraxi.cz

Správně, a přitom optimálně dimenzovat a jistit elektrická zařízení není snadné. Vždy je totiž nutné sladit celou řadu požadavků. Přitom dva základní, tj. zajištění bezpečnosti provozovaného zařízení a zároveň celkovou hospodárnost jeho provedení, jsou z principu protichůdné. Vždy jde o to, aby zařízení a přívodní vedení ani za těch nejnejpříznivějších provozních, a dokonce ani poruchových podmínek, neohrožovalo své okolí. Na druhé straně nás finanční možnosti nutí k tomu, aby celé zařízení nebylo předimenzované, zbytečně nákladné ani prostorově náročné.

Elektrotechnické předpisy určují otázku bezpečnosti elektrického zařízení. Zařízení se nesmí při přetížení nadměrně zahřívát, úbytky napětí na přívodu nesmějí za žádných provozních podmínek přesahovat dovolenou mez, ochrana automatickým odpojením od zdroje musí v případě poruchy reagovat v dostatečně krátkém čase.

Zdá se, že pokud zařízení a přívod k němu budou dostatečně dimenzovány, bude těmto požadavkům vyhověno. Nicméně ani u předimenzovaného zařízení nemusí být vždy jistota, že toto zařízení z hlediska bezpečnosti vyhoví. V tomto případě totiž mohou při poruše vzniknout nadměrně velké zkratové proudy. Právě možným zkratovým proudům musí zařízení, a to každá jeho součást, vyhovět. Chybná volba zařízení z tohoto hlediska může vážně ohrozit nejen jeho bezpečnost, ale i bezpečnost okolí.

Rovněž není možné, aby při poruše způsobené jednou částí zařízení bylo celé zařízení, celý objekt vyřazen z provozu. Aby se vyhovělo tomuto požadavku, je zapotřebí jisticí prvky přiřadit k jednotlivým částem zařízení vhodným způsobem. Požadavkům, které jsou na tomto místě naznačeny, lze vyhovět správnou volbou zařízení, vedení a jisticích prvků. Těch je v současné době k dispozici poměrně široký sortiment. Každý typ má trochu jinou charakteristiku a hodí se k jinému účelu.

V části I si příručka vzala za úkol ukázat, na čem spočívají zásady jištění. V prvé řadě zde byl podrobně specifikovaný záměr vydavatele, dále pak se autor střetával s přáními představitelů elektrotechnické veřejnosti. Vydavatelský záměr byl plně respektován, vyslechnutá přání byla brána v úvahu jen v rámci vydavatelského záměru.

V části II příručka obsahuje tabulky, z nichž se dá velice rychle a jednoduše zjistit, jak který vodič, za jakých podmínek jistit. Zjednodušení volby jisticích prvků oproti předchozím publikacím obdobného zaměření bylo umožněno tím, že do praxe jsou již zavedeny jisticí prvky odpovídající novým normám. Ty pro většinu případů dobře respektují oteplovací charakteristiky jištěných vedení. Při volbě jiných jisticích prvků (jisticů a pojistek starších typů, jisticích relé apod.) je nutno postupovat tak, jak je vysvětleno v části I. Tabulky jsou uvedeny výkladem a vysvětlením zásad, z nichž se při jištění elektrických vedení a zařízení vychází. Čtenář zde nalezne návod, jak v jednotlivých případech postupovat.

Text tohoto páteho vydání je aktualizován podle technických norem platných k 1. 1. 2019.

Přílohy obsahují řadu příkladů, vzorců a praktických tabulek, které se týkají tématu příručky a zatížitelnosti hliníkových a měděných přípojníc.

Příručka je určena širokému spektru elektrotechniků, od projektantů až po provozní elektrikáře.

IN-EL, spol. s r. o., Gorkého 2573, 530 02 Pardubice

ELEKTRO

časopis pro elektrotechniku



FCC PUBLIC s. r. o., Pod Vodárenskou věží 4, 182 08 Praha 8, tel.: +420 286 583 011-12, +420 266 052 804, fax: +420 284 683 022, e-mail: elektro@fccgroup.cz

www.eel.cz

Obsah

ČÁST I: JIŠTĚNÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ	15
Úvod	15
1. NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ JISTICÍ PRVKY	17
1.1 Pojistka	17
1.1.1 Výhody a nevýhody pojistek	19
1.2 Jistič	19
1.2.1 Výhody jističů	20
1.2.2 Nevýhoda jističů	21
2. PRINCIP JIŠTĚNÍ	23
2.1 Charakteristika „čas – proud“	23
2.2 Charakteristiky jisticích prvků	31
2.3 Zkratová odolnost	40
2.3.1 Zkratová odolnost rozváděčů	43
2.3.2 Podmíněná zkratová odolnost	46
2.3.3 Zkratová odolnost kabelů a vodičů	46
2.4 Maximální zkratový proud a tepelná energie	50
2.5 Selektivita jištění	55
3. JIŠTĚNÍ VEDENÍ A ZAŘÍZENÍ PŘED PŘETÍŽENÍM A ZKRATEM	59
3.1 Jištění vedení	59
3.1.1 Umístění prvků chránících vedení před přetížením a zkratem	59
3.1.2 Jištění nulového vodiče v sítích TN a TT	63
3.2 Jištění zásuvkových a světelných obvodů	64
3.3 Jištění předřazené elektrickým přístrojům a elektrickým předmětům v elektrické instalaci	64
3.4 Jištění obvodů pro spotřebiče	65
4. JIŠTĚNÍ STROJNÍCH ZAŘÍZENÍ	67
4.1 Obecně	67
4.2 Jištění přívodu a silových obvodů	67
4.3 Jištění řídicích obvodů	67
4.4 Jištění zásuvek, osvětlení a transformátorů	67
4.5 Zásady pro volbu jisticích prvků	68
4.6 Jištění přívodu k pracovnímu stroji	68
4.7 Jištění motorů strojních zařízení před přetížením	74
5. KDY A PROČ NENÍ TŘEBA A KDY SE NESMÍ ZAŘÍZENÍ JISTIT?	77
5.1 Vynechání jištění před přetížením	77
5.2 Vynechání jištění před přetížením i zkratem	77

5.3	Vynechání jištění před zkratem	78
6.	JIŠTĚNÍ Z HLEDISKA OCHRANY PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM	79
7.	JIŠTĚNÍ SPOTŘEBIČŮ A ZDROJŮ PODLE JEJICH PŘÍKONU A VÝKONU	83
7.1	Jištění elektromotorů	83
7.2	Jištění transformátorů	83
7.3	Jištění spotřebičů	87
7.4	Jištění tepelných spotřebičů	87
7.5	Jištění svítidel	87
7.6	Jištění kompenzačních kondenzátorů	88
7.7	Jištění akumulátorů a baterií	88
7.8	Jištění UPS (zdrojů nepřerušovaného napájení)	89
7.9	Jištění pohonů	89
7.10	Jištění polovodičových zařízení	89
8.	DIMENZOVÁNÍ VEDENÍ Z HLEDISKA JEHO OTEPLENÍ	91
9.	JIŠTĚNÍ VEDENÍ Z HLEDISKA JEHO OTEPLENÍ	94
9.1	Časová oteplovací konstanta	96
9.2	Využití časové oteplovací konstanty pro jištění vedení před přetížením	98
9.3	Kontrola oteplení vedení	102
9.3.1	Optimální charakteristika	103
9.3.2	Charakteristika jisticího prvku a optimální charakteristika vedení	104
9.4	Rozdíl mezi jmenovitou a skutečnou proudovou zatížitelností vodičů a kabelů	105
9.5	Krátkodobý chod nebo přerušované zatížení	105
ČÁST II: DIMENZOVÁNÍ A JIŠTĚNÍ VEDENÍ		113
10.	ZÁSADY, PODLE KTERÝCH SE POSTUPUJE PŘI URČOVÁNÍ PRŮŘEZŮ VODIČŮ A VOLBĚ JISTICÍCH PRVKŮ	113
10.1	Hlavní zásady	113
10.2	Metody výpočtu zkratových a poruchových proudů	114
10.3	Volba ochranných přístrojů	114
11.	URČENÍ MAXIMÁLNÍHO PROUDU UVAŽOVANÉHO VE VEDENÍ	116
12.	URČENÍ DOVOLENÉHO PROUDOVÉHO ZATÍŽENÍ A VOLBA PRVKU JISTICÍHO PŘED PŘETÍŽENÍM	119
12.1	Koordinace mezi průřezy vodičů a přístroji jisticími před nadproudy (ČSN 33 2000-4-43 ed. 2)	119

12.2	Vedení chráněná před přetíženími	120
12.3	Vedení, které není chráněno před nadproudy	121
12.4	Uplatnění přepočítacího součinitele pro seskupení kabelů nebo obvodů	122
12.5	Paralelní vodiče	123
12.6	Dovolené proudy ohebných kabelů	124
12.7	Doplňující podmínky	133
13.	ZKRATOVÉ PROUDY	139
13.1	Všeobecně	139
13.2	Výpočet zkratového proudu	139
13.2.1	Impedanční metoda	140
13.2.2	Kompoziční metoda	141
13.2.3	Konvenční metoda	145
13.2.4	Uplatnění metody trojúhelníku	146
13.3	Vypínací schopnost	151
13.3.1	Ověření vypínací schopnosti	151
13.3.2	Vypínací schopnost v síti IT	152
13.3.3	Vypínací schopnost malých jističů	152
14.	OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM PŘI PORUŠĚ	153
14.1	Všeobecné požadavky	153
14.2	Odpojení v síti TN	153
14.2.1	Odpojení při ochraně pojistkami (obr. 64)	154
14.2.2	Odpojení při ochraně jističi (obr. 65)	155
14.2.3	Pospojování v síti TN	155
14.2.4	Výpočet poruchového proudu	156
14.3	Odpojení v síti TT	157
14.4	Odpojení v síti IT	157
14.4.1	Bez odpojení při první poruše	157
14.4.2	Odpojení při druhé poruše	158
14.4.3	Výpočet poruchového proudu	160
14.5	Pospojování	160
14.6	Ověření rezistance a spojitosti ochranných vodičů	161
14.7	Délky vedení, při nichž je zajištěna ochrana automatickým odpojením (konvenční metoda výpočtu)	165
14.7.1	Jednoduché délky chráněných vedení	165
14.7.2	Délky chráněných odbočujících vedení	172
14.7.3	Přídavná délka pohyblivého přívodu	172
14.7.4	Délky chráněných vedení a vypínací schopnost jističe	173

15.	OVĚŘENÍ TEPELNÉHO NAMÁHÁNÍ VODIČŮ	175
15.1	Všeobecně	175
15.2	Ochranný vodič	176
15.3	Pracovní a nulové nebo střední vodiče	176
16.	ÚBYTKY NAPĚTÍ VE VEDENÍ	179
17.	HODNOTY REZISTIVIT A REAKTANCÍ VODIČŮ	183
17.1	Rezistivity vodičů	183
17.2	Reaktance vodičů	183
18.	JEDNODUCHÝ ZPŮSOB URČOVÁNÍ PRŮŘEZU VODIČŮ A VOLBY JISTICÍCH PŘÍSTROJŮ	185
18.1	Určení maximálního výpočtového proudu I_B použitého ve vedení	185
18.2	Určení průřezu fázových, nulových a ochranných vodičů s ohledem na jejich ochranu před přetížením a dovolené proudové zatížení	185
18.3	Ověření úbytků napětí	189
18.4	Určení vypínací schopnosti ochranného přístroje	190
18.5	Ochrana při poruše (tj. před dotykem neživých částí neboli před nepřímým dotykem)	192
18.6	Minimální průřezy vodičů k vyvedení výkonu z transformátorů	193
Příloha 1	Příklady určování proudu a jistění	196
P1.1	Příklad ke kapitole 12.2 – první případ	196
P1.2	Příklad ke kapitole 12.2 – druhý případ	196
P1.3	Příklady ke kapitole 12.4 – výpočet přepočítacích součinitelů pro seskupení kabelů	198
P1.3.1	Příklad k případu, kdy průřezy vodičů jsou podstatně větší než ty, které odpovídají použitému proudu	198
P1.3.2	Příklad pro seskupení kabelů zatížených i slabě zatížených	198
P1.3.3	Příklad k případu, kdy je soubor kabelů (obvodů) chráněný jako celek	199
P1.4	Příklad ke kapitole 12.5	199
P1.5	Příklad ke kapitole 18.3	200
Příloha 2	Vzorce pro výpočet zkratových a poruchových proudů	201
P2.1	Ochrana před zkratem – výpočty zkratových proudů	201
P2.1.1	Maximální proudy	201
P2.1.1.1	I_{k3} třífázový symetrický zkratový proud [kA]	201
P2.1.1.2	I_{k2} dvoufázový zkratový proud [kA]	201
P2.1.1.3	I_{k1} jednofázový zkratový proud [kA]	201
P2.1.1.4	Zkratový proud mezi fází a nulovým vodičem na svorkách vývodu z transformátoru je roven	202
P2.1.2	Minimální proudy	202

P2.1.3	Hodnoty různých impedancí	202
P2.1.3.1	Rezistance vodičů – viz tabulka 57a	202
P2.1.3.2	Reaktance vodičů	202
P2.1.3.3	Zdroj napájení	202
P2.1.3.4	Impedance Z transformátoru [$m\Omega$]	203
P2.1.3.5	Instalace je napájena z alternátoru	203
P2.1.3.5.1	Impedance [$m\Omega$], které u alternátoru přicházejí v úvahu	203
P2.1.3.5.2	Zkratové proudy [kA] na svorkách alternátoru se rovnají	204
P2.2	Ochrana automatickým odpojením – výpočet poruchového proudu	204
Příloha 3 Parametry transformátorů (na straně nn) a nízkonapěťových generátorů (soustrojí) při napětí $U = 400$ V		206
Příloha 4 Zatížitelnost přípojníc – holých hliníkových a měděných plochých vodičů		207
Příloha 5 Značení vodičů a kabelů nn podle evropských norem (informativně)		215
Literatura		216

software pro projektanty a revizní techniky



SchémataCAD

www.elmer.cz

5900,- Kč + 21% DPH

samostatný grafický CAD software • kreslení elektro výkresů a schémat - jednopólových, liniových, technologických, výkresů instalace, rozvaděčů • intuitivní a snadné ovládání softwaru • velký výběr značek, řada ukázkových výkresů • načítání stavebních výkresů ve formátech DWG/DXF • sestavení kusovníku, sčítání délek kabelů • automatické křížové odkazy a reference

**ELMER software s.r.o., Pavlická 123, 155 21 Praha 5-Sobín
tel.: 220 981 202, 603 413 864 elmer@elmer.cz**



Moravský svaz elektrotechniků

Geislerova 3, 615 00 Brno,

Sekretariát:

Tel.: +420 548 533 850

Mobil: +420 602 520 975

URL: <http://www.msebrno.cz>

e-mail: sekretariat@msebrno.cz

Školení elektrotechniků

- přípravu na zkoušky dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. ukončené zkouškou
- Novinka! - školení a zkoušky § 9 v rozsahu E4/A „Zkoušky a revize el. spotřebičů“**
- přípravný kurz a zkoušky na výkon funkce revizního technika § 9 vyhlášky 50/1978 Sb.
- opakovací kurz a přezkoušení revizních techniků po 5 letech dle § 9

Organizuje:

- mezinárodní konference
- školení
- Dny nové techniky

Prodeje:

- technických norem
- technických pomůcek pro diagnostiku
- odborné literatury
- měřicích přístrojů

Technickou podporu:

- poradenskou činnost
- vypracování znaleckých posudků
- montáže elektrických zařízení na klíč
- revize elektrických zařízení bez omezení napětí
- kalibrace měřicích přístrojů
- vypracování podkladů pro „Prohlášení o shodě“
- příprava pro zavedení systému jakosti ISO 9000/2000
- analýza sítě dle zákona 169/1997 Sb. hodnocení EMC
- elektrotechnickým cechům – živnostenským společenstvím



Firemní technická školení na míru

Komplexní řešení
zákonného vzdělávání

⚡ ELEKTRO

- Revizní technik elektrických zařízení.
- Školení a přezkoušení dle vyhlášky č. 50/78 Sb., o odborné způsobilosti v elektrotechnice § 4-8 i § 10-11.

🔥 PLYN

- Revizní a zkušební technik plynových zařízení,
- montážní pracovník plynových zařízení,
- obsluha tlakových nádob stabilních, tlakových nádob na plyny.

🛠️ ZÁKLADNÍ A OPAKOVANÁ ŠKOLENÍ

- Zdvihacích zařízení a ramp,
- jeřábníků a vazačů břemen,
- pohyblivých pracovních plošin,
- manipulačních vozíků.

☢️ RADIČNÍ OCHRANA

- Zdravotnická radiologická a průmyslová pracoviště,
- stomatologická a veterinární pracoviště.

🛑 BOZP

- Ve výškách a nad volnou hloubkou,
- v prostředí s nebezpečím výbuchu,
- pravidla při nakládání s vybranými chemickými látkami,
- provozování kontrol skladovacího zařízení.

Pohlídáme za Vás “
termíny periodických
školení!”



Váš tým UNIT



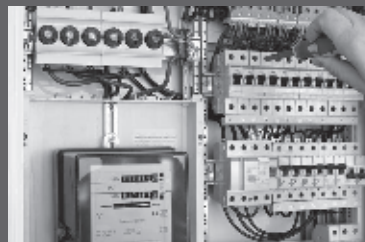
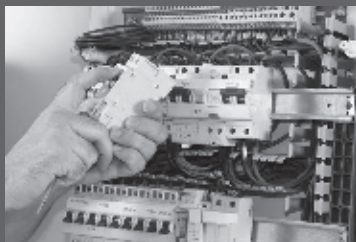
informace ze světa průmyslu a elektrotechniky

multimediální odborný on-line časopis

zaměřený na elektrotechniku, průmyslovou automatizaci a nové technologie



Vychází zdarma každý měsíc. Zříd'te si bezplatně svůj odběr na:
www.elektroprumysl.cz



ČÁST I: JIŠTĚNÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Úvod

Každé elektrické zařízení v menší nebo větší míře spotřebovává elektrickou energii. Proto, pokud nemá vlastní zdroj, vyžaduje, aby se do něj elektrická energie přiváděla.

Správně pracující elektrické zařízení je charakterizováno kromě jiného tím, že se jeho potřeba elektrické energie za jednotku času, tj. jeho příkon, pohybuje v předem daných mezích. Nejjednodušší způsob, jakým se porucha v elektrickém zařízení projeví, je obvykle dramatický, velmi silný, jindy ale postupný, nicméně posléze již nebezpečný nárůst příkonu, tj. nárůst přiváděné elektrické energie. K nárůstu příkonu dochází také v důsledku nadměrných nároků na zařízení. Zařízení je přetěžováno. Toto přetěžování dále způsobuje nadměrné tepelné namáhání zařízení, především jeho izolace, což může vést k jejímu poškození, průrazu a konečně ke zkratu. Nárůst příkonu se projeví především nárůstem proudu, který zařízení odebírá. Ten pak v druhé řadě způsobí pokles napětí v místě připojení spotřebiče i fázový posun proudu vůči napětí. V případě velkého, déle trvajícího nárůstu proudu, je třeba zařízení co nejdříve odpojit, aby nedošlo k poškození chráněného zařízení. K odpojení slouží v principu dva prvky, jeden zvýšení příkonu, tj. proudu, zjistí, druhý na základě tohoto zjištění – na základě této informace – zařízení odpojí. Toto rozložení na čidlo a vlastní výkonné zařízení se uplatňuje zejména u výkonných zařízení vn. (Prvkem, který zvýšení proudu zjistí a vyhodnotí, je tzv. ochrana zařízení či vedení. Prvkem, který na základě popudu z této ochrany zařízení odpojí, je výkonový vypínač.)

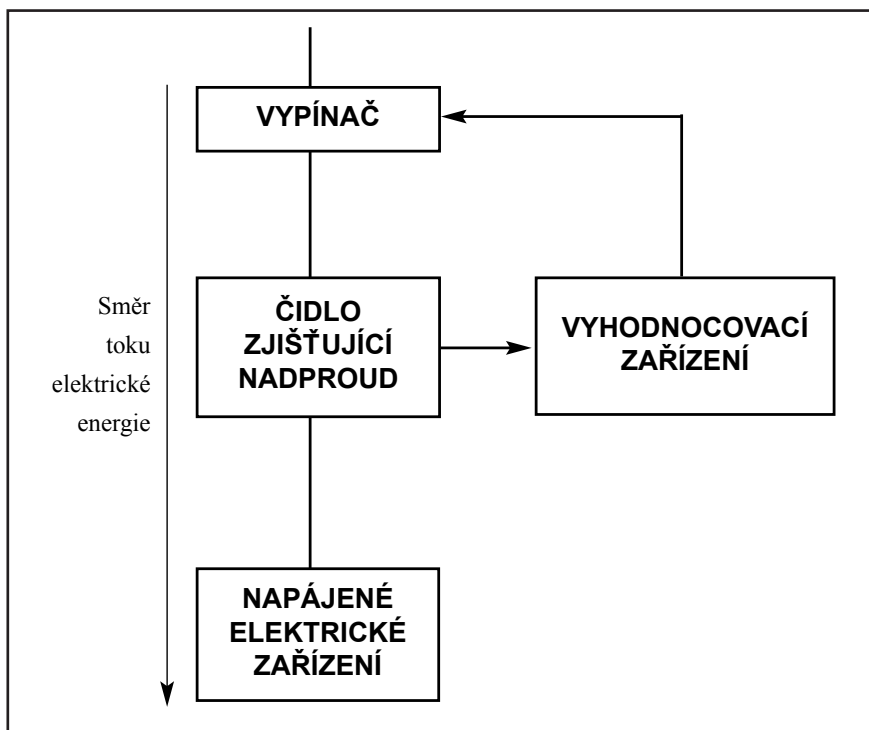
V praxi jsou u běžných jističích zařízení nn uvedené dva prvky obsaženy v jednom přístroji. V jističi jsou obsaženy dokonce dva prvky zjišťující nadproud. Jeden je magnetická spoušť zjišťující zkrat, druhý je bimetal reagující na dlouhodobější přetížení. Oba prvky při poruše zapůsobí na spínací prvek rozpojující přívod. V pojistce je jediný prvek – tavný vodič – slučující funkci obou výše uvedených prvků. Tavný vodič zároveň – tím, že se ohřeje – zjišťuje nadproud a při překročení přípustné hodnoty nadproudu způsobuje odpojení – tím, že se přetaví.

U složitějších a dražších zařízení, jako jsou generátory pro výrobu elektrické energie, vedení vvn a zvn, velké výkonové transformátory nebo jiné velké elektrické stroje pro mohutné pohony, je účelné chránit tato zařízení také citlivějšími a dražšími přístroji. Tyto přístroje, kterých může být celá řada, a to podle složitosti a ceny zařízení, bývají sestaveny do souborů. Jedná se jednak o čidla, která zjišťují různé veličiny charakteristické pro chod elektrického zařízení, tj. nejen proud, napětí, ale i fázový posun proudu a napětí nebo přímo i oteplení vinutí elektrických strojů. Dalším zařízením z uvedeného souboru je zařízení vyhodnocující údaje jednotlivých čidel. Toto vyhodnocovací zařízení dá nakonec popud výkonovému vypínači, který zajišťuje např. odpojení chráněného elektrického stroje. Zařízení zjišťující a vyhodnocující stavy elektrického zařízení z hlediska jeho bezpečné a spolehlivé funkce se nazývá ochrana elektrického zařízení. Její jednoduché schéma je na obr. 1 (str. 16).

Je zřejmé, že i pro ochranu jednodušších zařízení je možné uplatnit složitější a přesnější techniku. Ekonomické zákonitosti nás však nutí k tomu, abychom na ochranu jednoduchých zařízení používali jednoduché a poměrně levné přístroje. Proto je tato publikace

věnována především ochranám zajišťovaným těmito přístroji, tj. pojistkami a jističi a také elektrickými relé. I u těchto prvků přitom neustále pokračuje jejich vývoj. Ten probíhá od počátku širšího využívání elektřiny. Přitom uplatňované principy se dlouhou dobu neměnily. Není však vyloučeno, že při zachování ceny jisticích přístrojů budeme brzy využívat i dokonalejší techniku. Moderní technika podobná té, která je uplatňována pro zařízení vn, se značně podílí i na konstrukci výkonových jističů nn.

V dalším si ukážeme, jaký je rozdíl mezi dvěma druhy nejpoužívanějších jisticích prvků, a to mezi pojistkami a jističi.



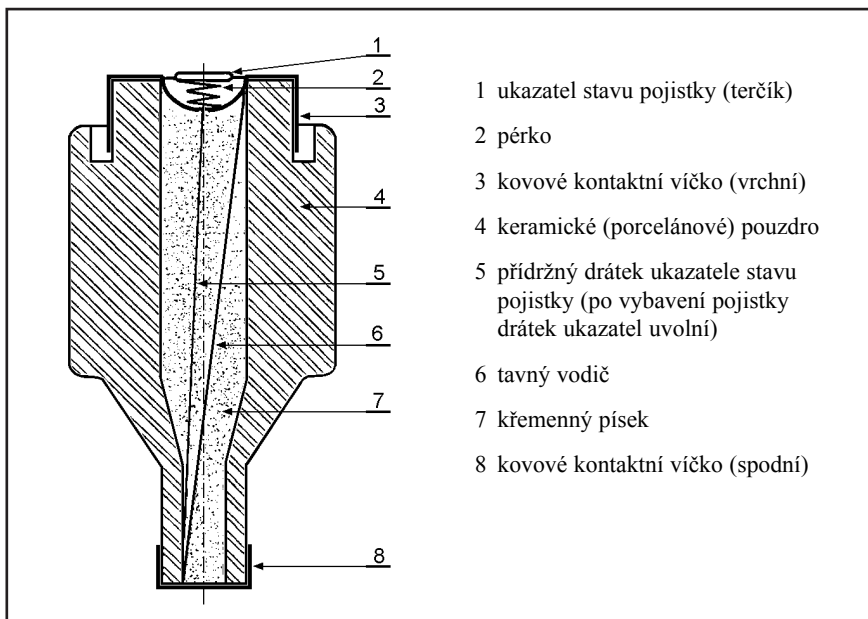
Obr. 1 Princip ochrany elektrického zařízení před nadproudy

1. NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ JISTICÍ PRVKY

1.1 Pojistka

Pro ochranu elektrických distribučních vedení a domovních rozvodů se vyvinula jednoduchá a nenáročná technika. Na počátku se zvolilo chráněné místo, ke kterému byl snadný přístup a ve kterém byl krátký vodič se zeslabeným průřezem na jedné straně připojen na napájecí vedení, na druhé straně na něj navazovalo vedení, které bylo třeba chránit. Zeslabený vodič se při přetížení nebo zkratu v chráněném obvodu přerušil, aniž by došlo k poškození navazujícího obvodu. Po poruše pak bylo možné přerušovaný vodič nahradit jiným obdobným vodičem. To je v podstatě princip pojistky, který se dochoval do dneška. V konstrukci pojistek je využito jevu, kdy proud procházející vodičem způsobuje jeho ohřev. Čím je proud větší, tím je doba, za kterou se vodič ohřeje, kratší. Při velkém proudu se vodič v pojistce ohřeje za tisíceiny vteřiny a k jeho přerušení dojde ještě před tím, než proud dosáhne svého maxima. V tom spočívá omezovací schopnost pojistek, která je jednou z jejich nejcennějších vlastností.

Konstrukce současné pojistkové vložky (patrony), která je vyměnitelnou součástí závitové pojistky a která se také po přerušení tavného vodiče uvnitř vložky vyměňuje, je znázorněna na obr. 2.



- 1 ukazatel stavu pojistky (terčík)
- 2 péřko
- 3 kovové kontaktní víčko (vrchní)
- 4 keramické (porcelánové) pouzdro
- 5 přídržný drátek ukazatele stavu pojistky (po vybavení pojistky drátek ukazatel uvolní)
- 6 tavný vodič
- 7 křemenný písek
- 8 kovové kontaktní víčko (spodní)

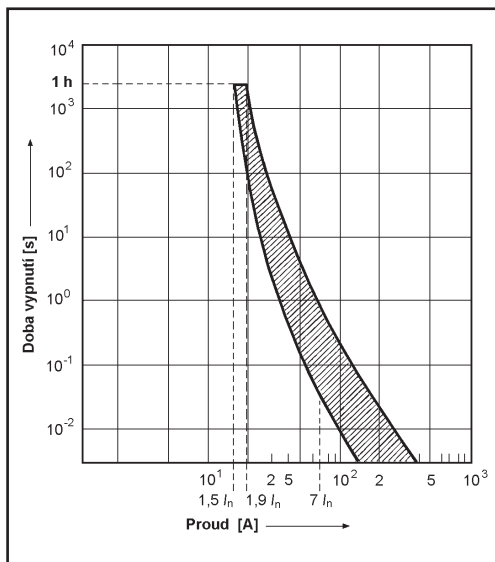
Obr. 2 Konstrukce pojistkové vložky (patrony)

Pojistka malé proudy do velikosti jmenovitého proudu pojistkové vložky nevypíná a ani nesmí vypnout. Pojistka dokonce podle normy po určitou dobu (do jmenovitého proudu 63 A po dobu 1 hodiny a pro větší jmenovité proudy do 160, do 400 a nad 400 A po dobu 2, 3 a 4 hodin) určitý násobek jmenovitého proudu (bývá to 1,3 až 1,5 násobek podle druhu a velikosti pojistky) vypnout nesmí. Není totiž žádoucí přerušovat provoz při malých krátkodobých přetíženích.

Protože větší přetížení již mohou být nebezpečná, určitý větší násobek jmenovitého proudu (bývá to 1,6 až 2,1 násobek) pojistka do uvedené doby naopak vypnout musí. Větší nadproudy (tj. proudy větší než jmenovitá hodnota) musí být vypnuty v čase tím kratším, čím větší je nadproud. Normy předepisují doby, po které určité násobky jmenovitých proudů nesmějí být vypnuty, i vypínací časy, do kdy vyšší násobky naopak vypnuty být musí. Tímto způsobem jsou vymezena pásma, ve kterých mají jednotlivé typy pojistek s určitými charakteristikami vypínat. Uvedené závislosti časů vypnutí na proudu protékajícím pojistkami lze vyjádřit graficky tzv. ampérsekundovými charakteristikami (neboli charakteristikami „čas – proud“).

Charakteristika jediné pojistky nemůže být určena spojitou křivkou. U jedné pojistky lze totiž ověřit vždy pouze jeden bod charakteristiky, protože ověření končí znehodnocením pojistkové vložky. Ověřením řady pojistkových vložek jednoho typu a proudové hodnoty se získá pásmo, ve kterém se charakteristiky těchto pojistkových vložek nachází. Na obr. 3 je příklad takového pásma ampérsekundových charakteristik pojistkových vložek s charakteristikou gG se jmenovitým proudem 10 A a jsou na něm zobrazeny i významné body, kterými je toto pásmo vymezeno.

Obr. 3 Pásmo ampérsekundových charakteristik pojistkových vložek s charakteristikou gG se jmenovitým proudem 10 A s významnými body: do 1 h nevypíná $1,5 I_n$; do 1 h musí vypnout $1,9 I_n$; za 0,1 s vypíná přibližně proud $7 I_n$.



1.1.1 Výhody a nevýhody pojistek

Tavné pojistky jsou jedněmi z nejspolehlivějších elektrických přístrojů určených k zabránění škodám vzniklým v důsledku nadproudů, přetížení zařízení, špatné manipulace nebo poruch izolace. Pojistky, i když jsou známy od počátků elektrotechniky, jsou schopny zajistit a splnit celou řadu náročných úloh i dnes, v době jističů s vysokou technickou úrovní. V některých oblastech jsou i v současné době nenahraditelné, jejich použití má plně opodstatnění a ještě dlouho je bude mít.

Výhodami pojistek jsou:

- vysoká kvalita a spolehlivost funkce zaručované již vlastním jednoduchým a spolehlivým konstrukčním principem,
- malé vlastní ztráty zabezpečující hospodárny provoz a malé oteplení,
- zaručená vypínací schopnost v celém širokém rozsahu nadproudů od nejmenších nadproudů až po proudy maximální vypínací schopnosti,
- možnost jemného rozlišení jednotlivých stupňů, a tím zajištění selektivity a optimálního využití vedení,
- schopnost omezovat zkratové proudy (ta umožňuje hospodárně dimenzovat celý rozvod a jeho jednotlivé části),
- spolehlivá funkce i po letech nečinnosti, velká odolnost před stárnutím (prvky způsobující vypínání nestárnou),
- velká odolnost před provozními poruchami (po vypnutí pojistky při poruše se pojistková vložka nahradí novou a charakteristika pojistky zůstane beze změny),
- dobrá stálost ampérsekundových charakteristik i při změnách teploty.

Nevýhodou pojistek je nutnost vyměnit po každém zapůsobení pojistkovou vložku. To může mít za následek dlouhodobější přerušení provozu zařízení. Kromě toho je nutné porušenou pojistkovou vložku vyměnit za vložku novou se stejnou nebo podobnou charakteristikou jako měla vložka vyměňovaná, jinak při dalším přetížení nebo zkratu může dojít ke škodám na zařízení i ke vzniku požáru v případě hořlavých předmětů v blízkosti chráněného zařízení.

1.2 Jistič

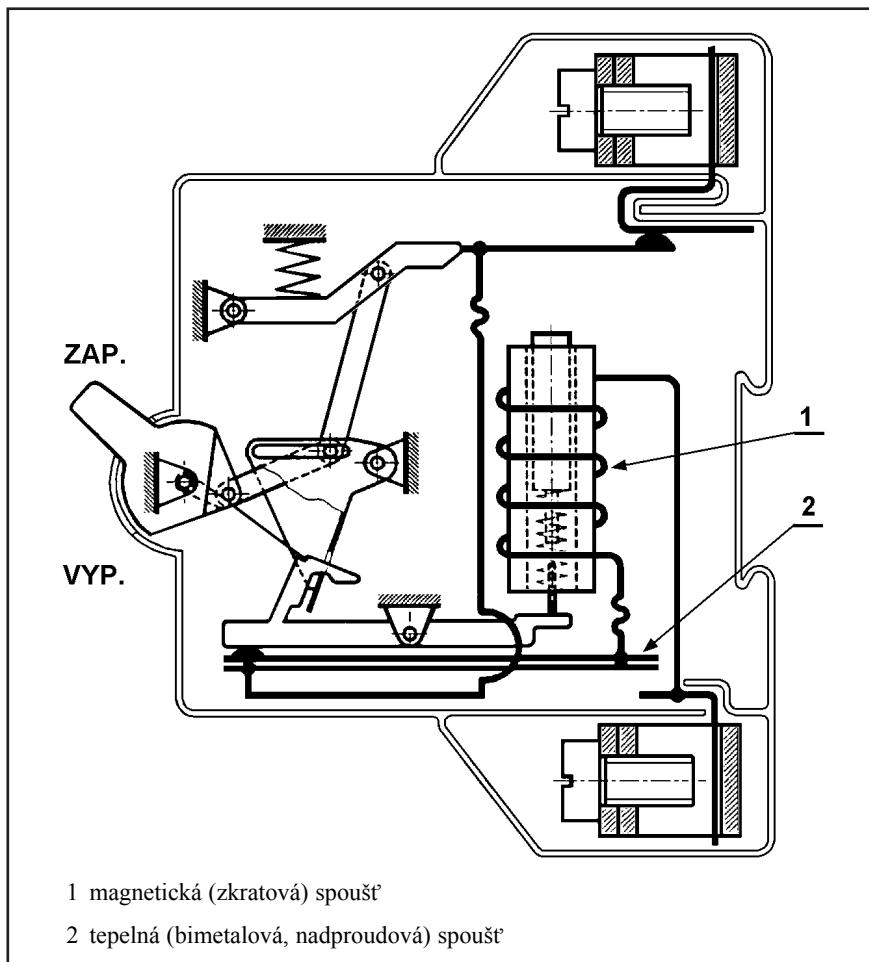
Prvkem, který byl vyvinut jako náhrada pojistky a který již v mnoha ohledech pojistku nahradil, je jistič. Jistič má oproti pojistce tu výhodu, že po jeho vypnutí jej postačí pouze zapnout a je znovu připraven k použití.

Na obr. 4 (str. 20) je znázorněna konstrukce jističe. Jeho základními součástmi jsou spouště nadproudová a zkratová. (Složitější jističe mohou mít nadproudových spouští několik a ještě mohou být vybaveny spouští podpěťovou a dálkovým zapínáním.) Z konstrukce jističe vyplývají jeho ampérsekundové charakteristiky. Při menších nadproudech, které jsou vypínány nadproudovou (teplnou, bimetalovou) spouští, se charakteristika podobá do značné míry charakteristice pojistky. Při větších nadproudech zapůsobí zkratová spoušť. Její zapůsobení je oproti tepelné spouští okamžité (obvykle v čase do 0,1 s, ale zpravidla ještě mnohem dříve). Protože zkratová spoušť působí prakticky okamžitě od určitého nadproudu, který by

tepelná spoušť vypnula v čase až několika sekund, vykazuje charakteristika jističe pro tento nadproud zlom. Vypínací charakteristiky jističe (charakteristiky B a C) jsou znázorněny na obr. 5. Zlom charakteristik nastává u charakteristiky B mezi 3 a 5násobkem, u charakteristiky C mezi 5 a 10násobkem, u charakteristiky D mezi 10 a 20násobkem jmenovitého proudu jističe.

1.2.1 Výhody jističů

Výhody jističů oproti pojistkám jsou zřejmé. Vyplyvají z důvodů, pro které byly vyvinuty. Původně nahrazovaly pojistky, a dokonce byly (a dodnes některé typy jsou) montovány namísto vložek závitových pojistek.

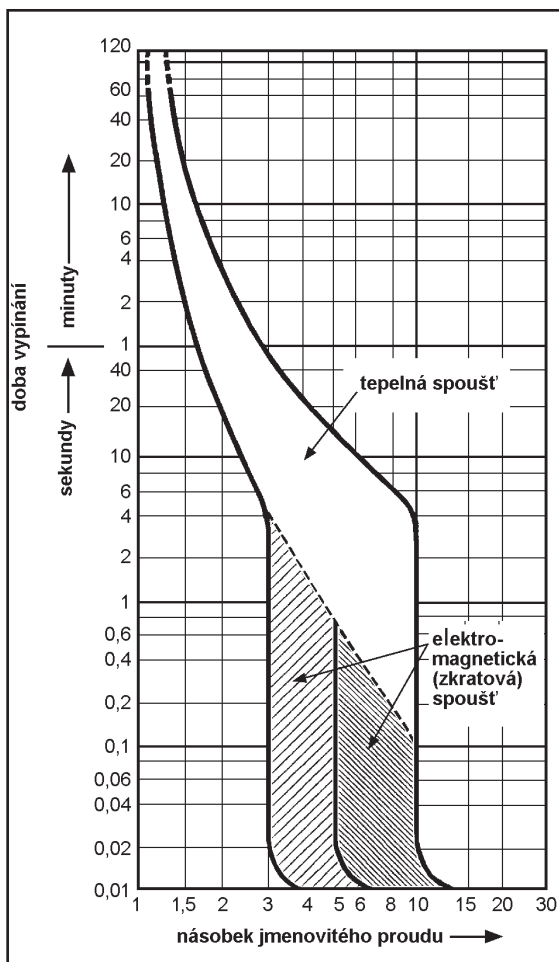


Obr. 4 Konstrukce jističe

Základní výhoda a účel jističů spočívá v tom, že při jejich vypnutí není porušen nebo destruován žádný prvek, jehož výměna je pracná, který je nutno shánět a při jehož záměně hrozí nebezpečí, že nebude vhodně zvolen. Jistič je možné použít okamžitě po jeho vybavení k obnovené ochraně zařízení prostým zapnutím (tj. natažením jeho vypínacího mechanismu). Další výhodou je možnost využití mechanismu jističe k mnoha dalším funkcím tím, že se základní provedení doplní dalšími přídatnými prvky a spouštěmi (podpěťová spoušť, dálkové ovládání a vypínání). U dražších typů jističů je možné nastavovat jednotlivé tepelné a zkratové spouště, a tím optimálně přizpůsobit celkovou charakteristiku jističe charakteristice, kterou vyžaduje chráněné zařízení jak z hlediska ochrany před nebezpečnými stavy, tak i z hlediska zachování optimální funkčnosti.

1.2.2 Nevýhoda jističů

Obecně spočívá v jejich menší zkratové odolnosti oproti pojistkám. I když je v poslední době tento nedostatek novými konstrukcemi jističů odstraňován, vyžadují jističe v řadě případů doplňující předřazenou pojistku.



Obr. 5 Pásma ampérsekundových charakteristik jističů typů B a C



Partner všech elektrotechniků

www.in-el.cz
obchod.in-el.cz

Vydavatelství odborné literatury

pro elektrotechniky, Normativních dokumentů ESČ, tiskopisu Protokolu o revizích a kontrolách elektrických spotřebičů a elektrického ručního nářadí.

Jako první v České republice vydáváme odborné příručky pro elektrotechniky i v elektronické podobě. **Naše e-knihy** umožňují standardní funkce, jako interaktivní obsah v levém rámci, přímé odkazy v celém textu na zmiňované kapitoly, obrázky, tabulky, přílohy, literaturu, webové stránky. Více na **obchod.in-el.cz**. E-knihy si můžete zakoupit jednotlivě, nebo si můžete pořídit **roční předplatné**, ve kterém máte ke stažení nejen všechny aktuální e-booky našeho vydavatelství, ale i ty, které vyjdou během platnosti vašeho předplatného.

Každý rok vydáváme 3 až 5 nových nebo starších – aktualizovaných příruček.



Tištěná literatura elektro

- Odborné příručky
- Dilenské příručky
- Normativní dokumenty

E-knihy

- Elektronické verze tištěných knih
- Předplatné e-knih

Informační systém iiSEL

- Vzdělávací portál pro elektrotechniky
- Informační servis pro zkoušky elektrotechniků
- Tříměsíční a roční předplatné

Bezpečnostní tabulky nejen pro elektrotechniky

- Značky výstrahy
- Příkazové, zákazové a informační
- Sdružené tabulky

Sledujte nás na sociálních sítích

- facebook.com/vydavatelstvi.INEL
- twitter.com/INELsro
- Zaregistrujte se na **www.in-el.cz** a získejte kompletní přehled v oboru.
- Literaturu a e-knihy koupíte na **obchod.in-el.cz**.

2. PRINCIP JIŠTĚNÍ

Abychom se lépe vyznali v tom, co od jisticího prvku požadujeme, řekněme si pár slov o principu jištění, o charakteristikách jisticích prvků a o tom, jak by tyto charakteristiky měly vypadat.

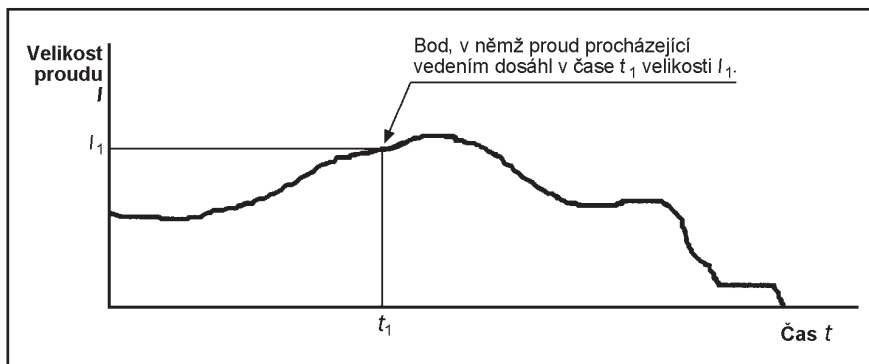
Princip jištění spočívá v tom, že jisticí prvek způsobí odpojení přívodu elektrické energie do chráněného elektrického zařízení dříve, než by přiváděná elektrická energie, např. při přetížení zařízení, mohla zařízení poškodit. Protože přiváděná energie je, za předpokladu prakticky konstantního napětí, úměrná odebíranému proudu, musí doba odpojení záviset na tom, jak velký je nadproud, tj. proud větší než jmenovitý. V závislosti na velikosti nadproudu zajišťuje jisticí prvek vypnutí v dostatečně krátkém čase. V zásadě je možné říci, že čím větší je nadproud, tím kratší musí být doba odpojení. Závislost doby odpojení na velikosti nadproudu se nazývá vypínací charakteristika jisticího prvku „čas – proud“.

Charakteristika „čas – proud“ je matematická vzájemná závislost dvou veličin – času a proudu. Pro srozumitelnost, větší názornost a snadnější odečítání veličin se tato závislost obvykle vyjadřuje graficky. Jinak může být samozřejmě vyjádřena i formou tabulky nebo matematického vztahu – funkční závislost doby odpojení na velikosti proudu $t = f(I)$ nebo naopak velikosti proudu na době odpojení $I = f(t)$.

2.1 Charakteristika „čas – proud“

Ještě předtím, než si rozvedeme, jak by měla charakteristika jisticího prvku „čas – proud“ vypadat, si řekněme, co tato charakteristika není. V žádném případě neznázorňuje časový průběh proudového zatížení např. motoru, spotřebiče, vedení nebo i objektu či provozu.

Příklad takového průběhu je uveden na obr. 6. Co má tento průběh společného s charakteristikou jisticího prvku „čas – proud“? Nesmíme se nechat mýlit tím, že na obr. 6 existuje bod o souřadnicích I_1, t_1 . Bod o těchto souřadnicích pouze vypovídá o tom, že v čase t_1 protékal vodičem proud o velikosti I_1 . I kdyby tyto souřadnice byly větší než souřadnice na charakteristice „čas – proud“ jisticího prvku, nemuselo by to vůbec znamenat, že proud procházející vedením bude tímto prvkem vypnut. To záleží na předchozím průběhu proudu.



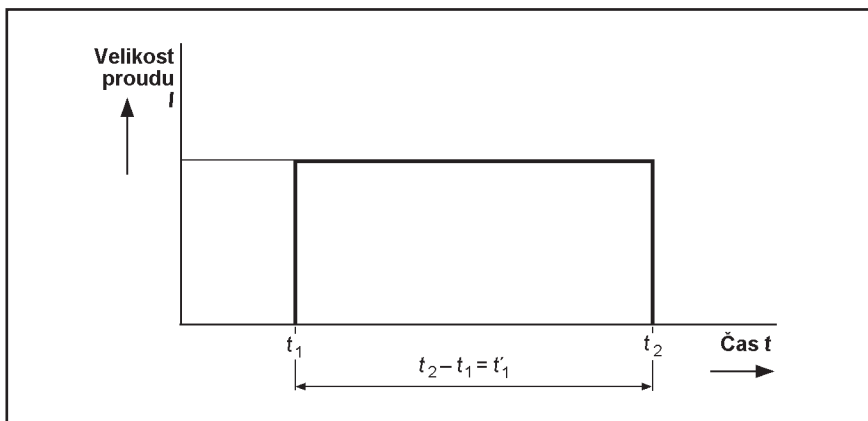
Obr. 6 Časový průběh proudového zatížení elektrického zařízení

Bylo by tedy jednoduché říci, že časový průběh proudového zatížení nemá s charakteristikou jisticího prvku „čas – proud“ vůbec nic společného. Ale není tomu tak. Souvislost nám ukazuje obr. 7.

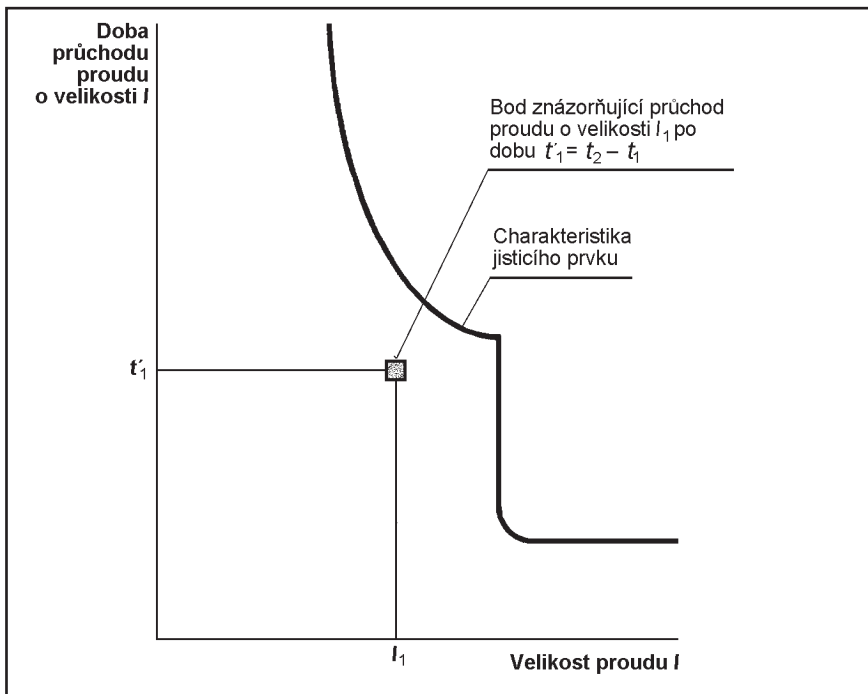
Podle tohoto obrázku trvá průchod proudem o velikosti I_1 po dobu $t'_1 = t_2 - t_1$. Tyto hodnoty již jsou souřadnicemi bodu, které lze vynést do grafického znázornění charakteristiky jisticího prvku „čas – proud“, jak je znázorněna na obr. 8. Vidíme, že se jedná o pouhý jeden bod, a ne tedy o průběh proudového zatížení, jako je tomu na obr. 7. Celý průběh proudů z obr. 7 se přenesou do jednoho bodu na obr. 8.

Co může mít tento bod společného s charakteristikou jisticího prvku, to nám ukáží následující dva obrázky. Na obr. 9 je znázorněn průběh stejného proudů jako na obr. 7. Probíhal by až do času t_3 , tj. déle než na obr. 7, kdyby nebyl vypnut v čase t_v jisticím prvkem, jehož charakteristika na obr. 10 (str. 26) byla protnuta právě v čase t'_v . Úsek mezi t_v a t_3 je, nebo lépe řečeno by byl, časový úsek průběhu nadproudu, který je větší než jmenovitý proud jisticího prvku. Tak dlouhou ovšem nadproud procházet nebude, protože, jak vyplývá z charakteristiky na obr. 10 (str. 26), je jisticím prvkem v okamžiku t_v , tj. za dobu t'_v od počátku průchodu nadproudu, vypnut.

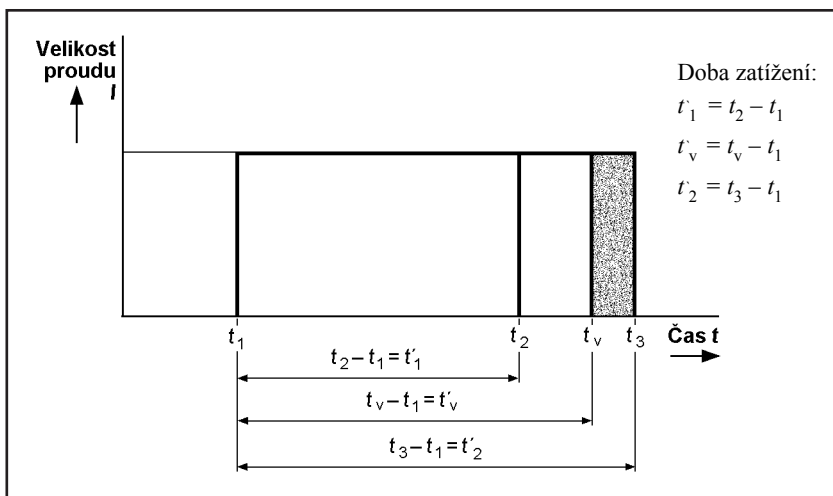
Na obr. 11 (str. 26) je znázorněno několik nadproudů s okamžiky vypnutí odvozenými z charakteristik na obr. 8 a 10. Pro přehlednost jsme počátky průchodu všech nadproudů, které necháváme procházet jisticím prvkem, přenesli do okamžiku 0, tj. do počátku souřadnic. Pro každý nadproud počínáme nadproudem I_1 , který je jen o málo větší než jmenovitý proud jističe I_n , se změříla doba odpojení. Jisticí prvek se vždy nechal vychladnout a změřila se doba odpojení pro jiný, obvykle větší nadproud. Na obr. 11 je přerušovanou čarou vyznačena obalová křivka bodů, ve kterých dochází k vypnutí. To je vlastně ona charakteristika „čas – proud“ jisticího prvku, o které hovoříme, akorát že obvykle se charakteristiky čas – proud znázorňují s časovou stupnicí svislou a proudovou stupnicí vodorovnou. Uvedeným způsobem také výrobce jisticích přístrojů tuto charakteristiku měří.



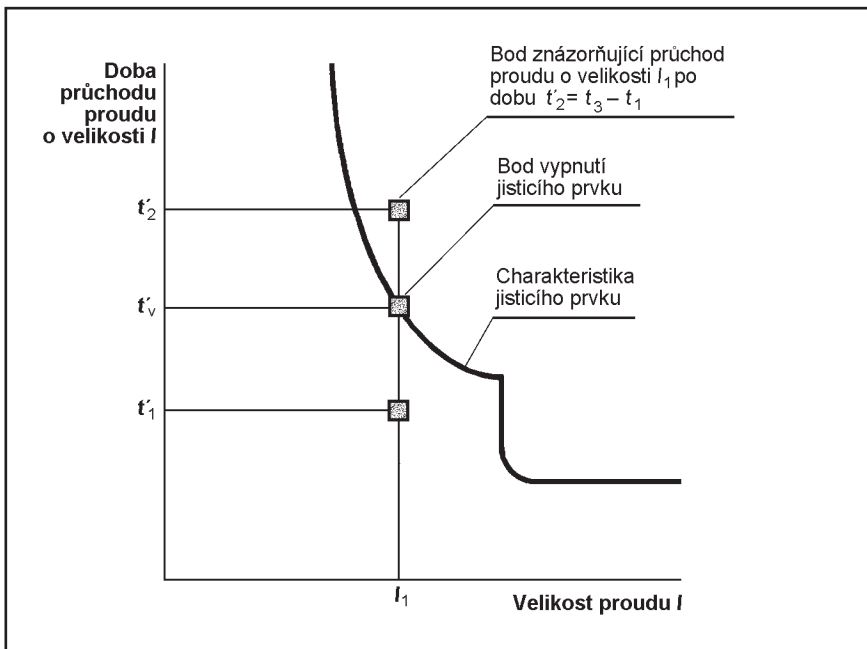
Obr. 7 Časový průběh proudového zatížení elektrického zařízení konstantním proudem I_1 po dobu $t'_1 = t_2 - t_1$



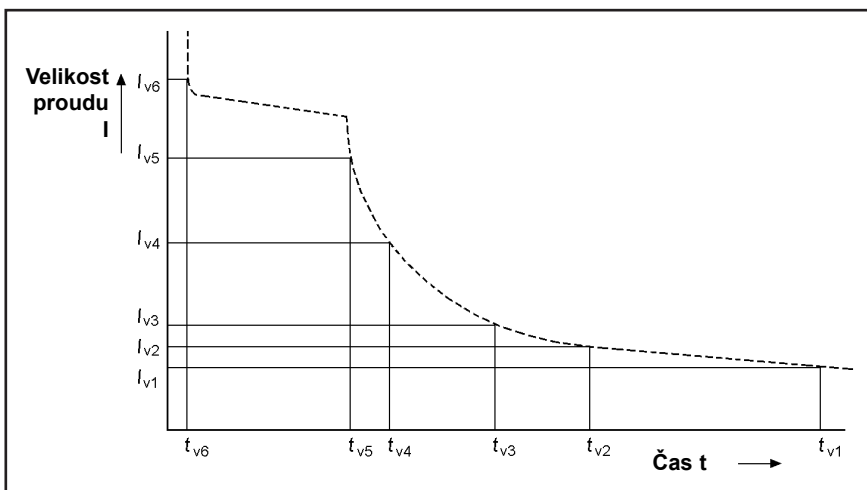
Obr. 8 Grafické znázornění charakteristiky jisticího prvku „čas – proud“



Obr. 9 Časový průběh proudového zatížení elektrického zařízení konstantním proudem



Obr. 10 Grafické znázornění charakteristiky jisticího prvku „čas – proud“ s vyznačenými body z obr. 9



Obr. 11 Časový průběh proudového zatížení několika nadproudy s okamžiky, kdy byly vypnuty

Obdobně je možné měřit i charakteristiky např. chráněného vedení. V tom případě se pro každý nadproud zjistí, do kdy vedení dosáhne určitou předem určenou teplotu. Takto lze měřit i jiná chráněná zařízení pro určitý stupeň jejich přetěžování. V zásadě se každé zatížení trvající po určitou dobu znázorní v charakteristice „čas – proud“ jako jediný bod, a to i v případě, že se jedná o zatížení proměnné velikosti, jak je znázorněno na obr. 6 (str. 23). Proměnné zatížení přitom musí být převedeno na ekvivalentní stálé proudové zatížení, které způsobí stejné oteplení, jako zatížení proměnné. Pak opět nic nebrání tomu, aby toto zatížení bylo v charakteristice „čas – proud“ znázorněno jediným bodem, stejně jako u zatížení stálého. Z toho vidíme, že časový průběh proudového zatížení za určitou dobu je v charakteristice „čas – proud“ vždy znázorněn pouze tímto jediným bodem. Pokud je tento jediný bod pod charakteristikou jisticího prvku nebo nalevo od ní, což je v podstatě těžší, neděje se nic – jisticí prvek nevypíná. Pokud při tomto zatížení nedojde nikdy k poškození chráněného zařízení (pokud například vedení nepřekročí stanovenou teplotu), je jisticí prvek k jištěnému zařízení přiřazen správně.

Z uvedeného výkladu i na základě dalších zkušeností a poznatků je možné odvodit, jak má charakteristika jisticího prvku „čas – proud“ vypadat. Poznatky o tom je možné uspořádat do pravidel.

Prvé pravidlo pro konstrukci charakteristiky, kterého je vhodné si všimnout, je to, že jmenovitý (přesněji dovolený) proud zařízení se nevypíná. To znamená, že (čistě teoreticky) počáteční bod charakteristiky chráněného zařízení je bod, ve kterém se proud rovná jmenovitému (nebo dovolenému) proudu zařízení $I = I_n$ a doba odpojení se rovná nekonečnu ($t = \infty$). (Prakticky však asi nikdy nebude vyvinuto zařízení, od kterého by se požadovalo, aby pracovalo navěky.)

Druhým pravidlem je to, že druhým (opět teoretickým) bodem charakteristiky je bod nekonečného nadproudu $I = \infty$, který musí být okamžitě vypnut, tj. musí být vypnut v čase $t = 0$. (Prakticky ovšem vzhledem k charakteristikám sítě nemusíme nekonečný nadproud očekávat.)

Uvedené body jsou pouze teoretické. To znamená, že je také, jako body s některou souřadnicí rovnou nekonečnu, nemůžeme do grafického znázornění charakteristiky vynést. Přesto jsou tyto dva body velice užitečné. Je to proto, že si můžeme uvědomit meze, za něž v charakteristice není možné jít. Nemůžeme tedy určit vypínací čas pro proudy menší, než je jmenovitý nebo dovolený proudové zatížení chráněného zařízení, a z hledisek technických možností nelze předepsat okamžité odpojení zařízení ani při velmi velkých zkratových proudech.

Třetím pravidlem je, že napravo od prvního a nahoře od druhého bodu se nachází každá charakteristika pro ochranu kteréhokoliv zařízení.

Čtvrté pravidlo logicky navazuje na první tři: charakteristika nacházející se mezi uvedenými dvěma body je inverzní, tedy klesající. To znamená, že čím větší je proud, tím dříve musí být vypnut.

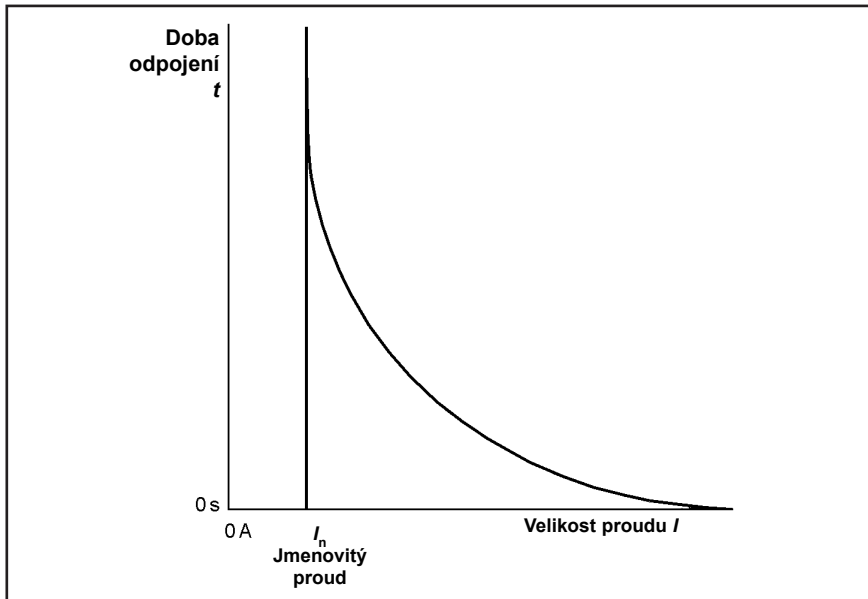
Na obr. 12 je znázorněno, jak asi má v principu taková charakteristika jisticího prvku vypadat.

Dále je nutné si uvědomit ještě jednu důležitou věc, která možná z předchozího výkladu není příliš zřejmá. Doposud jsme hovořili v podstatě pouze o charakteristikách jisticích prvků. Řekli jsme si, že jisticí prvek musí odpojit chráněné elektrické zařízení dříve, než by přiváděná elektrická energie, např. při přetížení zařízení, mohla zařízení poškodit.

Máme zde tedy kromě charakteristiky jisticího prvku ještě charakteristiku „čas – proud“ chráněného elektrického zařízení. Tato charakteristika je dána body o souřadnicích „čas – proud“, při jejichž překročení je již nebezpečí poškození chráněného zařízení aktuální. Při určitém nadproudu, například trojnásobku jmenovitého proudu, již znamená překročení času daného charakteristikou, např. 10 s, nebezpečí poškození zařízení. Bod $3 I_n$ a 10 s je jedním bodem charakteristiky „čas – proud“ chráněného elektrického předmětu. Existuje tedy, i když se o ní příliš nehovoří, ale spíše se mlčky předpokládá, charakteristika chráněného elektrického zařízení (pro kabely – viz obr. 56, str. 111), která nesmí být nikdy překročena (pokud se nechceme smířit s poškozením nebo se ztrátou zařízení a souvisejícími škodami). Charakteristika jisticího prvku se proto musí nacházet vždy pod výše uvedenou charakteristikou chráněného elektrického zařízení. Jinak existuje určité riziko, že někdy během života zařízení může dojít k jeho poškození. Uvedené riziko je pro některé výjimečné případy, jak uvidíme dále, přípustné i podle normy.

Na obr. 13 (str. 30) jsou znázorněny dvě charakteristiky. Je to jednak charakteristika chráněného zařízení, pod ní pak charakteristika jisticího prvku. V tomto případě dochází k odpojení vždy dříve, než proud a doba jeho průchodu dosáhnou maximálních hodnot, které jsou pro zařízení přípustné.

Na tomto místě může pozorného čtenáře napadnout, proč se vlastně takovými charakteristikami, které nesmějí být překročeny, zabýváme. Vždyť, jak již bylo rovněž výše uvedeno, pro správnou funkci elektrického zařízení postačuje, odebrá-li ze sítě jmenovitý proud. Nestačilo by zařízení chránit nenáročným prvkem, který při překročení tohoto jmenovitého proudu zařízení jednoduše odpojí?



Obr. 12 Principiální znázornění charakteristiky „čas – proud“ jisticího prvku

V některých případech je skutečně možné takto postupovat – u zařízení, která mají při svém zapnutí plynulý nárůst proudu a po určité době se tento proud ustálí na hodnotě blízké jmenovité. Většina zařízení však po zapnutí odeberá značně větší proud, než je proud jmenovitý. Zřejmě nikoho nepřekvapí, že rozběhový záběrný proud asynchronního motoru, a to je téměř každý i jednofázový motor ve kterémkoliv elektrickém spotřebiči, je při připojení motoru na síť roven čtyř až sedminásobku jmenovitého proudu motoru. Ne každý však ví, že rovněž elektrické osvětlení se stále ještě někde používanými žárovkami odeberá při zapnutí osminásobek svého jmenovitého proudu. Tento proud se stejně jako rozběhový proud motorků s lehkým rozběhem po několika desetínách sekundy snižá a ustálí, nicméně při předřazování jištěním chráněným zařízením nesmějí být hodnoty charakteristiky jisticího prvku pod hodnotami proudů při rozběhu.

Například zkratová poušť jističe chránícího pouze jedno silné žárovkové osvětlovací těleso zapinané celé v jednom okamžiku, by neměla být nastavena níže, než na osminásobek jeho jmenovitého proudu. Obvykle je však v jednom chráněném obvodu zapojeno více zařízení, která se nespínají všechna najednou. Nicméně k nežádoucímu efektu vypnutí jištění může dojít při znovuzapínání elektrické sítě, v níž je řada spotřebičů trvale zapnuta. (Tak dochází k tzv. „chladničkovému efektu“ opětného vypnutí distribuční sítě okamžitě po jejím zapnutí, jestliže předtím byla ve vypnutém stavu kvůli poruše nebo z jiného důvodu. K vypnutí sítě po jejím zapnutí dojde vlivem záběrného proudu chladničkových motorků, jejichž výkon celkově není nijak velký. Dnes výrobci tomuto nebezpečí čelí tím, že motorek kompresoru se zapíná až chvíli po obnovení napětí.)

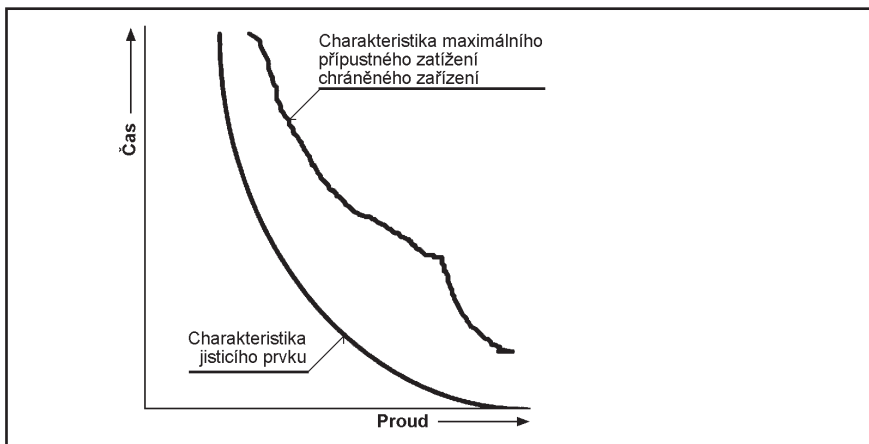
K jinému nepříjemnému jevu – nežádoucímu vybavení jističe – může dojít, jestliže je v chráněném obvodu zařazen silný transformátor. Zde nás může překvapit to, že je obvod ihned po zapnutí jisticím odpojen. Je to způsobeno tím, že v okamžiku předchozího odpojení byla magnetizace transformátoru v maximu – transformátor zůstal předmagnetizován až do následujícího zapnutí, a jestliže k zapnutí došlo tak nešťastně, že transformátor je znovu magnetizován, dostane se magnetizační proud za koleno magnetizace, reaktance transformátoru klesne na nepatrnou hodnotu, a to se v obvodu projeví jako zkrat. Ten je okamžitě odpojen předřazeným jisticím prvkem.

Co jsme zde však chtěli říci: stejně jako existuje charakteristika chráněného zařízení, která nesmí nebo nemá být překročena (říkejme jí maximální charakteristika zařízení), existuje i charakteristika chráněného zařízení, pod kterou by neměla charakteristika jisticího prvku zasahovat (říkejme jí minimální charakteristika zařízení). Pokud uvedenou zásadu nedodržíme a jisticí prvek bude vypínat v bodech pod minimální charakteristikou, to znamená v kratším čase nebo při menším proudu, než odpovídá uvedené minimální charakteristice, nestane se zřejmě nic horšího, než že se chráněné zařízení nerozběhne nebo že bude krátce po svém rozběhu jisticím prvkem vypnuto. Charakteristika jisticího prvku by se tedy správně měla, pokud se chceme vyhnout obtížím spojených s provozem zařízení, nacházet v pásmu mezi oběma charakteristikami, tj. mezi maximální a minimální charakteristikou chráněného zařízení. To je znázorněno na obr. 14.

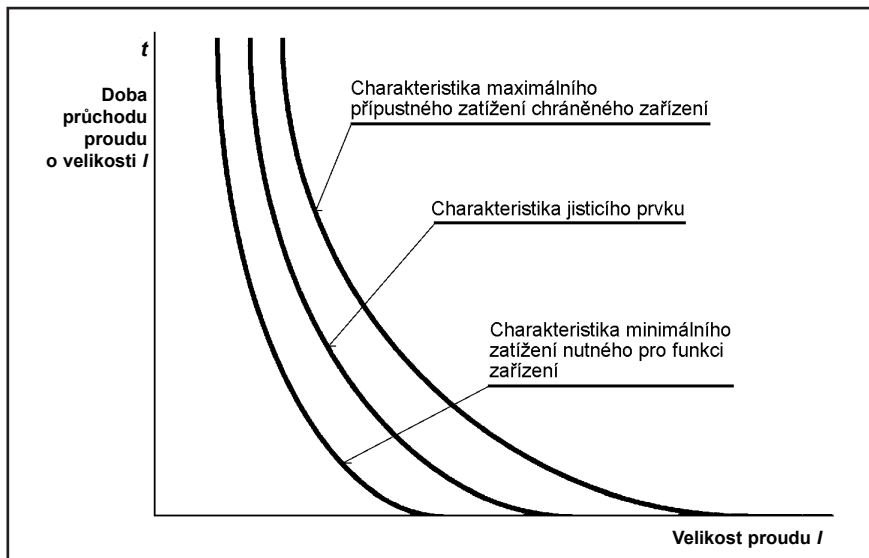
Obvykle se však uvedenými dvěma charakteristikami nezabýváme v celé šíři. Většinou z minimální charakteristiky postačí, jestliže:

- známe jmenovitý proud chráněného zařízení – pak musí být jmenovitý proud jisticího přístroje větší než tento proud,

- víme, že proud o velikosti x násobku jmenovitého proudu nemá být vypínán jako zkratový, to znamená, že do tohoto x násobku jmenovitého proudu nesmí vypínat např. zkratová spoušť jističe nebo pojistka. Jinak řečeno, uvedený proud nebude vypínán po potřebnou dobu (obvykle několik desetin sekundy).



Obr. 13 Znázornění charakteristik „čas – proud“ chráněného zařízení (horní) a jisticího prvku (dolní)



Obr. 14 Charakteristiky chráněného zařízení – maximální a minimální – a charakteristika jisticího prvku, který je správně přiřazen

Obdobně pro maximální charakteristiky postačí, jestliže:

- víme, jak velký trvalý proud by již zařízení poškodil – pak musí být tento proud větší, než je maximální hodinový nebo dvou či vícehodinový proud jisticího prvku (podle velikosti jmenovitého proudu jištění), který tento jisticí prvek musí vypnout,
- rovněž víme, jak velký zkratový proud by již zařízení poškodil – pak musejí být zkratová spoušť jističe nebo maximální proud pojistky pro přípustnou dobu trvání zkratu níže, než je uvedený poškozující zkratový proud zařízení.

Ještě je třeba upozornit na jednu věc. V charakteristikách „čas – proud“ jsou na osách času t i proudu I velikosti proudu i doby jeho trvání vyneseny v logaritmických souřadnicích. V lineárních souřadnicích by totiž největší hodnoty časů a proudů byly na stupnicích velmi vzdálené od počátku a zajímavá oblast menších nadproudů a kratších časů by zaujímal pouze malou oblast charakteristik. Body z této oblasti by se pak poměrně těžko z charakteristiky odečítaly.

2.2 Charakteristiky jisticích prvků

Různorodost elektrických zařízení vyžaduje, aby jim byly přiřazeny jisticí prvky s různou charakteristikou. Pokud není charakteristika jisticího prvku vhodně zvolena, nemůže být ani chráněné elektrické zařízení optimálně zatěžováno, i když jeho nebezpečným nebo i nepřípustným stavům je zabráněno. Například u elektromotoru sice nedojde k přetížení, což je základní požadavek, ale není využit optimální záběrový moment, protože ještě před jeho dosažením dojde k vypnutí způsobenému jisticím prvkem. Optimální charakteristiky jisticích prvků tedy vyplývají z maximálních přípustných charakteristik zatěžování chráněného elektrického zařízení.

Následující obrázky ukazují příklady vypínacích charakteristik jisticích prvků sloužících k různým účelům. Za povšimnutí stojí to, že čím větší elektrické zařízení se chrání, tím déle může být přetěžováno. Tento poznatek je odůvodněn tím, že většímu, a tedy i hmotnějšímu elektrickému zařízení trvá déle, než se zahřeje. Z toho vyplývají i delší časy odpojení jisticích prvků na větší jmenovité proudy.

Na obr. 15 (str. 33 a 34) vidíme charakteristiky pojistkových vložek typu gG do závitových pojistek a gF1 optimálních pro jištění kabelů s izolací PVC, na obr. 16 (str. 35) miniaturních pojistek, na obr. 17 (str. 36) je charakteristika jističe BA51G33 jednak se zkratovou spouští pro vedení, jednak se zkratovou spouští pro ochranu motoru.

Na obr. 18 (str. 37 a 38) jsou uvedeny dosud používané charakteristiky jističů U (normální) a L (rychlá) podle starší normy ČSN 354171 a ještě méně obvyklá charakteristika H, a dále pak charakteristiky jističů B, C a D podle souboru ČSN EN 60898.

Charakteristiky B, C a D mají předepsáno shodné nastavení tepelné spouště. Rozdíly mezi těmito charakteristikami spočívají v nastavení zkratové (okamžité) spouště.

Charakteristika B, jejíž zkratová spoušť je nastavena na hodnoty vybavovacích proudů mezi 3 až 5 I_n je vhodná pro ochranu vedení a sítí tak, aby byla bez problémů zajištěna i ochrana automatickým odpojením.

Charakteristika C, jejíž zkratová spoušť je nastavena na hodnoty vybavovacích proudů mezi 5 až 10 I_n (liší se tedy od charakteristiky B pouze vyšší hodnotou tohoto nastavení), je určena pro ochranu vedení v obvodech s velkými špičkami zapínacího (nebo spouštěcího) proudu (např. u motorů nebo světelných obvodů se žárovkami).