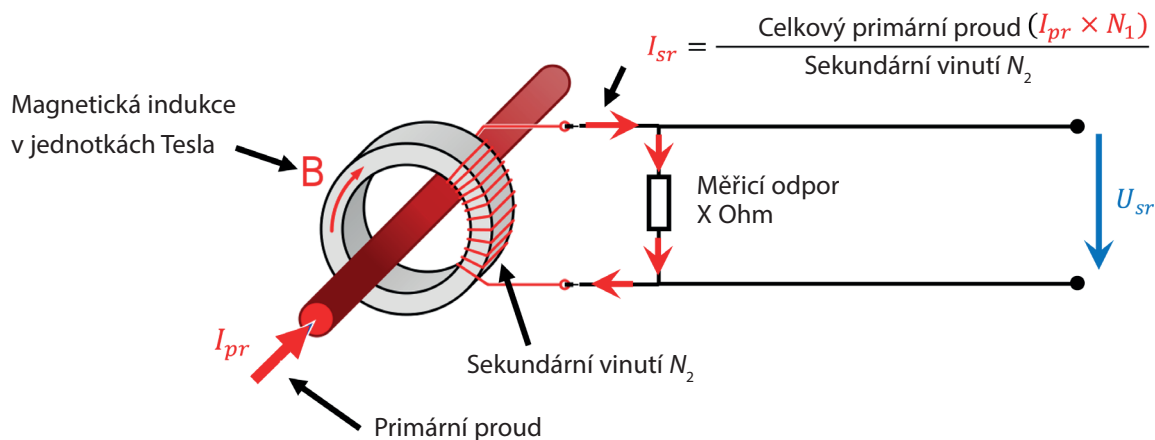


Proudové transformátory pro průmyslové aplikace

Na rozdíl od klasických měřicích transformátorů proudu s výstupním sekundárním proudem 1 A nebo 5 A, poskytují tyto proudové senzory na sekundární straně výstupní napěťový signál.

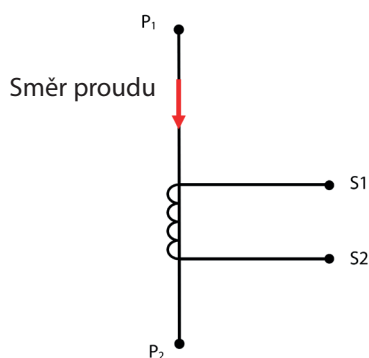


Obrázek 1: Princip nízkovýkonového proudového transformátoru

Jak je znázorněno na obrázku, klasický transformátor proudu je osazen měřicím rezistorem (zátěží), který je umístěn přímo v jeho krytu. Hodnota tohoto rezistoru se ve většině případů pohybuje mezi 0,5 a 5 Ω a převádí sekundární proudový signál na napěťový signál. Podle mezinárodních norem jsou pro výstupní napětí definovány hodnoty 22,5 mV, 150 mV a 225 mV. Kromě těchto standardizovaných hodnot se na trhu používá také hodnota 333 mV.

Transformátory proudu s mV výstupem zatím nejsou schválené pro zúčtovací měření, a proto se obvykle připojují k univerzálním měřicím přístrojům s napěťovými vstupy. Impedance těchto vstupů je vysoká, zpravidla výrazně vyšší než 10 k Ω , takže odporem měřicího přístroje protéká pouze velmi malá část sekundárního proudu I_{sr} . Přesnost měření proudového senzoru proto není měřicím přístrojem ani připojovacím vedením významně ovlivněna. Na rozdíl od klasických transformátorů proudu není nutné přesně stanovovat jmenovitou zátěž (burden). Je tedy vyloučeno jak přetížení transformátoru příliš velkou zátěží, tak jeho nedostatečné zatížení. Současně díky nízkoohmovému zatížení umístěnému přímo v krytu transformátoru nemůže na sekundárních svorkách vzniknout nebezpečně vysoké napětí při rozpojeném sekundárním obvodu.

Primární a sekundární svorky jsou označeny stejně jako u klasických transformátorů proudu.

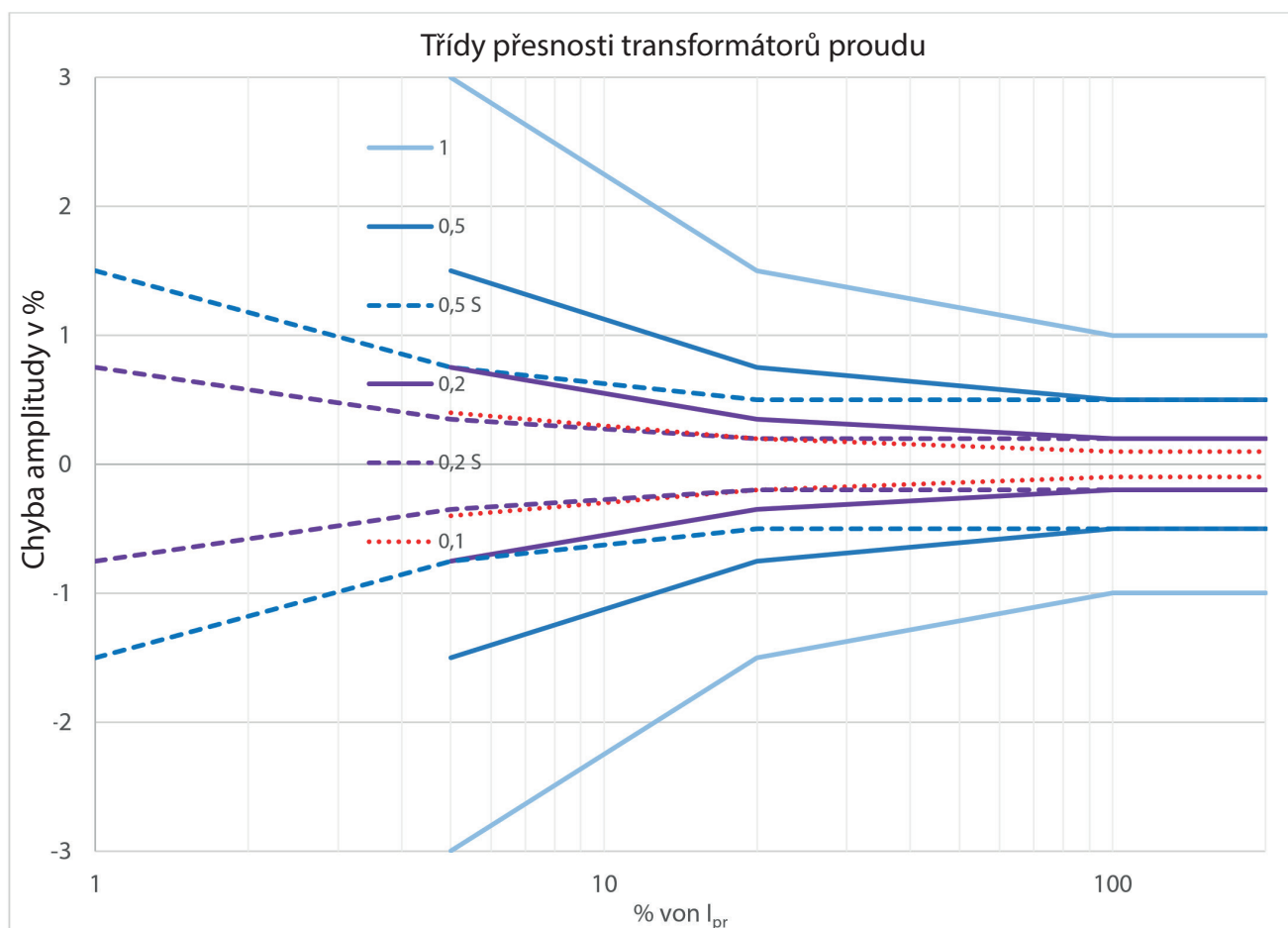


Obrázek 2: Označení svorek měřicích transformátorů proudu s mV výstupem

Stejně jako u proudových transformátorů jde o pasivní transformátory, které nevyžadují žádné dodatečné napájení. Obecné normativní požadavky na tato zařízení jsou v současnosti definovány v následující mezinárodní normě:

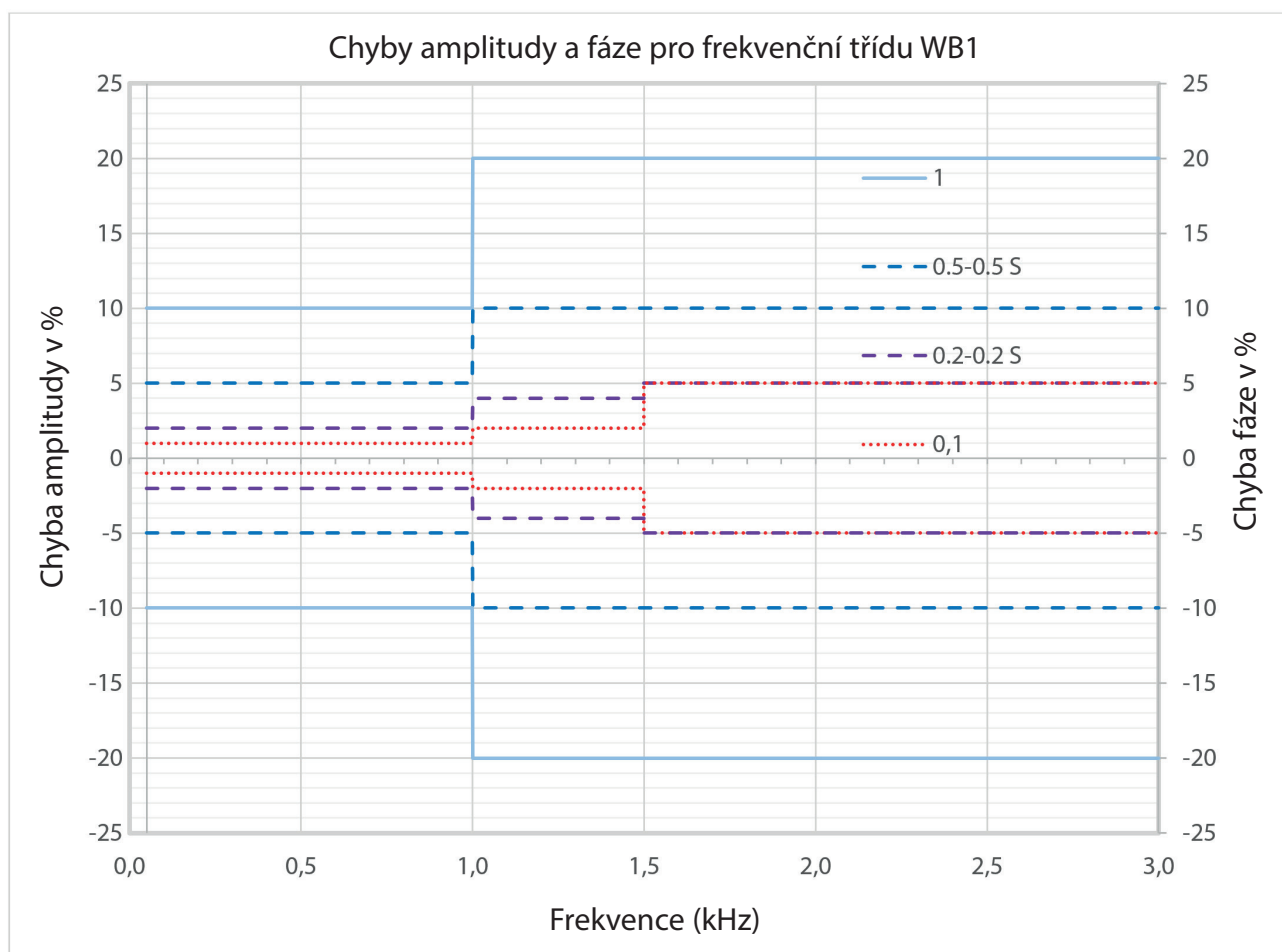
IEC 61869-10: Přístrojové transformátory - Část 10: Dodatečné požadavky pro pasivní transformátory proudu nízkého výkonu

Třídy přesnosti jsou stanoveny obdobně jako u běžně používaných tříd proudových transformátorů. Následující graf znázorňuje procentní amplitudové chyby tříd přesnosti až do třídy 1.



Obrázek 3: Třídy přesnosti pro měřicí transformátory proudu s mV výstupem

Protože jsou snímače často připojené k univerzálním měřicím přístrojům s širším analogovým pásmem než běžné elektroměry, transformátory proudu s mV výstupem MBS zpravidla splňují požadavky třídy WB1 podle IEC 61869-1. Stanovená přesnost je zde podle třídy přesnosti definována následovně, a to až do 3 kHz.



Obrázek 4: Chyby amplitudy a fáze pro frekvenční třídu WB1

Proudové transformátory – technické údaje

Proudové transformátory jsou speciální transformátory určené k poměrnému převodu vysokých proudů na přímo měřitelné nižší hodnoty. Díky své konstrukci i fyzikálnímu principu činnosti zajišťují skutečné galvanické oddělení primárního obvodu od měřicího obvodu.

Jmenovitý primární proud	Hodnota primárního proudu, podle které je transformátor proudu označen a pro kterou je navržen a dimenzován.
Jmenovitý sekundární proud	Hodnota sekundárního proudu, podle které je transformátor proudu označen a pro kterou je navržen a dimenzován.
Jmenovitý výkon	Hodnota zdánlivého výkonu, udávaná ve VA, při stanoveném účinníku, který je transformátor proudu schopen dodávat do sekundárního obvodu při jmenovitém sekundárním proudu a jmenovité zátěži.
Převod transformátoru	Poměr jmenovitého primárního proudu k jmenovitému sekundárnímu proudu. Skutečný převod transformátoru proudu se udává jako poměr primárního a sekundárního proudu.
Zátěž	Impedance sekundárního obvodu vyjádřená v ohmech při uvedení účinníku.
Jmenovitá zátěž	Hodnota zátěže, na kterou se vztahují požadavky na přesnost transformátoru proudu.
Jmenovitá frekvence	Hodnota frekvence, pro kterou je transformátor proudu navržen a dimenzován.
Třída přesnosti	Označení transformátoru proudu, které udává, že jeho měřicí odchylky nepřekračují stanovené meze za definovaných provozních podmínek.
Chyba fázového posunu [δ]	Rozdíl fázového posunu mezi primárním a sekundárním proudem. Směr tohoto posunu je definován tak, že u ideálního transformátoru proudu je fázový posun roven nule.
Odchylka proudu	Měřicí odchylka způsobená transformátorem proudu při měření proudu, v jejímž důsledku se skutečný převod liší od jmenovitého převodu. Proudová chyba vyjádřená v procentech se vypočítá podle následujícího vztahu:

$$F_i [\%] = \frac{(K_n I_s - I_p) \times 100}{I_p}$$

F_i = odchylka proudové chyby v %

K_n = jmenovitý převod transformátoru

I_p = skutečná hodnota primárního proudu

I_s = skutečná hodnota sekundárního proudu, pokud I_p je za měřicích podmínek nízký

Maximální provozní napětí U_m	Efektivní hodnota nejvyššího napětí mezi fázemi, pro které je transformátor proudu navržen z hlediska úrovně jeho izolace.
---	--

Celková chyba měření

V ustáleném stavu efektivní hodnota rozdílu mezi:

- okamžitou hodnotou primárního proudu a
- okamžitou hodnotou sekundárního proudu vynásobenou jmenovitým převodem, přičemž kladná znaménka primárního a sekundárního proudu odpovídají dohodnutému označení polarity pro správné zapojení transformátoru.

Celková chyba F_g se obecně vyjadřuje v procentech efektivní hodnoty primárního proudu a vypočítá se podle následujícího vztahu:

$$F_g = \frac{100}{I_p} \times \sqrt{\frac{1}{T} \times \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt}$$

K_n = jmenovitý převod

I_p = efektivní hodnota primárního proudu

i_p = okamžitá hodnota primárního proudu

i_s = okamžitá hodnota sekundárního proudu

T = Doba trvání periody

Jmenovitý proudový limit [I_{pl}]

Hodnota nejnižšího primárního proudu, při které při jmenovité sekundární zátěži dosahuje celková chyba transformátoru proudu hodnoty 10 % nebo vyšší.

Činitel omezení nadproudu (FS) Poměr mezního proudu k jmenovitému primárnímu proudu.

Jmenovitý trvalý tepelný proud [I_{th}]

Hodnota proudu v primárním vinutí, při které při zatížení sekundárního vinutí jmenovitou zátěží nepřekročí oteplení hodnotu stanovenou příslušnou normou.

Jmenovitý krátkodobý proud [I_{th}]

Efektivní hodnota primárního proudu, kterou transformátor proudu vydrží po dobu 1 sekundy bez poškození, pokud je sekundární vinutí zkratováno.

Jmenovitý dynamický proud [I_{dyn}]

Špičková hodnota primárního proudu, jehož elektromechanickým účinkům transformátor proudu odolá při zkratovaném sekundárním vinutí, aniž by došlo k elektrickému nebo mechanickému poškození.

Napětí při rozpojení sekundárním obvodu transformátoru proudu

Transformátory proudu, jejichž sekundární obvod není přímo připojen k měřicímu nebo jinému zatěžovacímu zařízení, musí být z bezpečnostních důvodů sekundárně zkratovány. Pokud je sekundární obvod transformátoru proudu za provozu rozpojen, mohou se na jeho sekundárních svorkách indukovat velmi vysoká špičková napětí. V závislosti na konstrukci a velikosti transformátoru mohou tyto napěťové špičky dosahovat hodnot řádu několika kilovoltů, což představuje nebezpečí pro osoby a může narušit spolehlivý provoz transformátoru. Z bezpečnostních důvodů a také za účelem zabránění nežádoucí magnetizaci magnetického obvodu transformátoru je proto nutné zabránit provozu transformátoru proudu s rozpojeným sekundárním obvodem.

Uzemnění sekundárních svorek

Podle normy DIN VDE 0141 (01/2000), čl. 5.3.4, musí být transformátory proudu a napětí se jmenovitým napětím $U_m \geq 3,6$ kV sekundárně uzemněny. U zařízení nízkého napětí ($U_m \leq 1,2$ kV) není uzemnění vyžadováno za předpokladu, že kryt transformátoru je kompaktní a neobsahuje přístupné kovové části.

Průřezy primárních sběrnic

Geometrické rozměry otvoru pro primární vodič našich transformátorů proudu jsou omezeny pouze s ohledem na konkrétní provedení a rozsah jmenovitého proudu. V oblasti průchodu primárního vodiče může být celkový průřez sběrnice vedený transformátorem proudu menší, než odpovídá jmenovitému průřezu příslušné sběrnice, za předpokladu, že je zajištěn dostatečný odvod tepla přes připojovací průřez navazující sběrnice a není překročeno dovolené oteplení.

Zvláštní provedení

- | | |
|--|-------------|
| – Transformátory proudu s definovaným nasycením | na vyžádání |
| – Transformátory proudu pro tropické prostředí | na vyžádání |
| – Primární jmenovité proudy odlišné od preferovaných hodnot | na vyžádání |
| – Odlišné jmenovité frekvence ($16^{2/3}$ up to 400 Hz) | na vyžádání |
| – Transformátory s vyšší mechanickou odolností (provedení odolné proti vibracím) | na vyžádání |

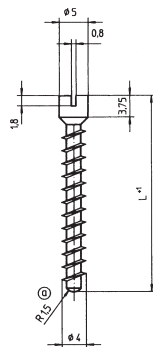
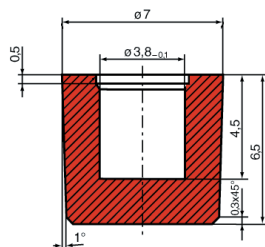
Provedení nízkonapěťových transformátorů proudu MBS

Transformátory proudu mají následující vlastnosti:

- Kryt z odolného plastu
- Černý polykarbonát
- Obtížně hořlavý materiál
- Samozhášivý materiál
- Kryt transformátoru svařovaný ultrazvukem
- Poniklované sekundární svorky s poniklovanými šrouby s hlavou Plus-Minus M5 × 8 mm;
maximální utahovací moment 2 Nm.
- Integrovaná sekundární zkratovací klapka.
- Připojovací průřez: max. 4 mm² s dutinkou, 6 mm² pro plný vodič.

Úhelníky pro upevnění patky a upevňovací šrouby pro montáž na přípojnici s izolační ochrannou krytkou (zajišťující ochranu před dotykem) jsou součástí dodávky. Všechny transformátory jsou vhodné pro použití jak na pevných primárních vodičích, tak na pružných, izolovaných měděných pásech.

Izolační ochranná krytka



M 1:1



Upevňovací šroub pro montáž na sběrnici

Délka šroubu (L): 25, 32, 36, 46, 54, 80 mm

Utahovací moment: 0,5 Nm

Obecné technické údaje

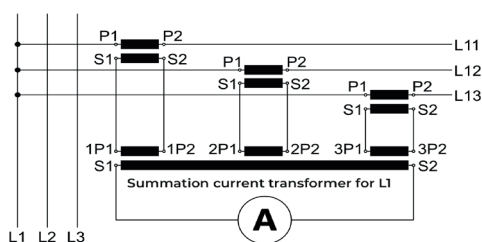
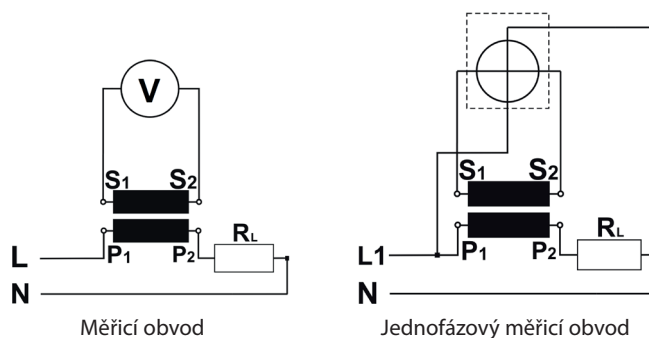
Jmenovitý kmitočet	50(60)Hz (16 2/3 up to 400 Hz na vyžádání)
Maximální provozní napětí	U_m % 0,72 kV
Třída izolace	E
Zkušební napětí izolace	3 kV, 1 min, U_{eff} , 50 Hz (U_m % 0,72 kV) 6 kV, 1 min, U_{eff} , 50 Hz (U_m % 1,2 kV)
Jmenovitý trvalý tepelný proud	$I_{cth} = 1,0 \times I_n$ (vyšší hodnoty na vyžádání) $I_{cth} = 1,2 \times I_n$ (KSB, KSK 165.5, KSK 205.5)
Jmenovitý krátkodobý proud	$I_{th} = 5 \times I_n$, 5sek (max. 100 kA) (Typy KSR, KSK, KSW, KBU, KBR, KSKSU)
Dynamický výdržný proud	$I_{dyn} = 2,0 \times I_{th}$
Činitel omezení nadproudu	FS 5 to FS 15 (přesná specifikace na typovém štítku)
Provozní teplota	$-5^\circ\text{C} \leq \vartheta \leq +50^\circ\text{C}$
Skladovací teplota	$-25^\circ\text{C} \leq \vartheta \leq +70^\circ\text{C}$
Použité normy	DIN EN 61869/1 DIN EN 61869-6 DIN EN 61869-10

Návod k obsluze

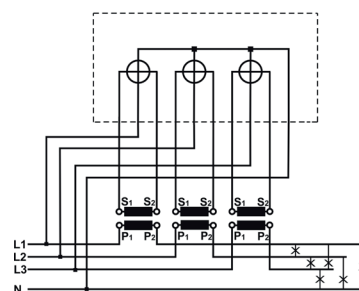
Montáž transformátorů proudu a měřicích přístrojů, které se nim připojují, je povolena pouze tehdy, když je zařízení bez napětí!

Zapojení transformátorů proudu se provádí podle dále uvedených schémat zapojení.

Při provozu transformátoru proudu s rozpojeným sekundárním obvodem se mohou na sekundárních svorkách objevit napětí nebezpečná pro člověka. Provoz proudových transformátorů s otevřeným sekundárním obvodem proto není dovolen! Před výměnou měřicího přístroje v sekundárním obvodu proudového transformátoru je nutné zkratovat jeho sekundární svorky.



Zapojení součtového transformátoru



Vícefázový měřicí obvod

Mezní hodnoty chyb pro třídy 0,2 ... 3 podle DIN IEC 61869/2

Třída přesnosti	Chyba proudu $\pm \Delta_f$ při					Chyba fázového posunu $\pm \Delta_\phi$ při				
	$1,2 I_n$ $1,0 I_n$	$0,2 I_n$	$0,1 I_n$	$0,05 I_n$	$0,01 I_n$	$1,2 I_n$ $1,0 I_n$	$0,2 I_n$	$0,1 I_n$	$0,05 I_n$	$0,01 I_n$
	%	%	%	%	%	min	min	min	min	min
0,2	0,2	0,35		0,75		10	15		30	
0,2s	0,2	0,2		0,35	0,75	10	10		15	30
0,5	0,5	0,75		1,5		30	45		90	
0,5s	0,5	0,5		0,75	1,5	30	30		45	90
1	1	1,5		3		60	90		180	
3	3*									

* při $0,5 I_n$ a při jmenovitém trvalém proudu z hlediska oteplení

Přípustný proud měděné sběrnice podle DIN 43671

Průřez sběrnice	1 Sběrnice	2 Sběrnice	3 Sběrnice
20 x 10	427 A	825 A	1180 A
30 x 05	379 A	672 A	896 A
30 x 10	573 A	1060 A	1480 A
40 x 05	482 A	836 A	1090 A
40 x 10	715 A	1290 A	1770 A
50 x 10	852 A	1510 A	2040 A
60 x 10	985 A	1720 A	2300 A
80 x 10	1240 A	2110 A	2790 A
100 x 10	1490 A	2480 A	3260 A
Povrch sběrnice			

Uvedené hodnoty platí pro trvalé proudové zatížení při okolní teplotě přibližně 30 °C.

Označení připojovacích svorek proudových transformátorů

Připojení všech primárních vinutí je označeno velkými písmeny „P₁“ a „P₂“, připojení všech sekundárních vinutí je označeno odpovídajícími malými písmeny „S₁“ a „S₂“.

U transformátorů proudu s více sekundárními odbočkami je konec vinutí označen písmenem „I“ s doplněním indexu „1“. Jednotlivé odbočky se směrem k menšímu počtu závitů postupně označují čísly „2“, „3“ atd.

U součtových transformátorů proudu s více nezávislými primárními vinutími lze svorky jednotlivých vinutí rozlišit podle označení „K“ nebo „L“, které předchází velkým písmenům „A“, „B“, „C“.

U součtových transformátorů proudu určených pro připojení několika hlavních transformátorů se transformátor s nejvyšším převodem připojuje na nejnižší pár svorek („AK“–„AL“).

Správné pořadí připojení lze rovněž zjistit z typového štítku, na kterém jsou uvedeny jednotlivé jmenovité primární proudy.

Příklad:

Hlavní proudový transformátor 1: 300/5A

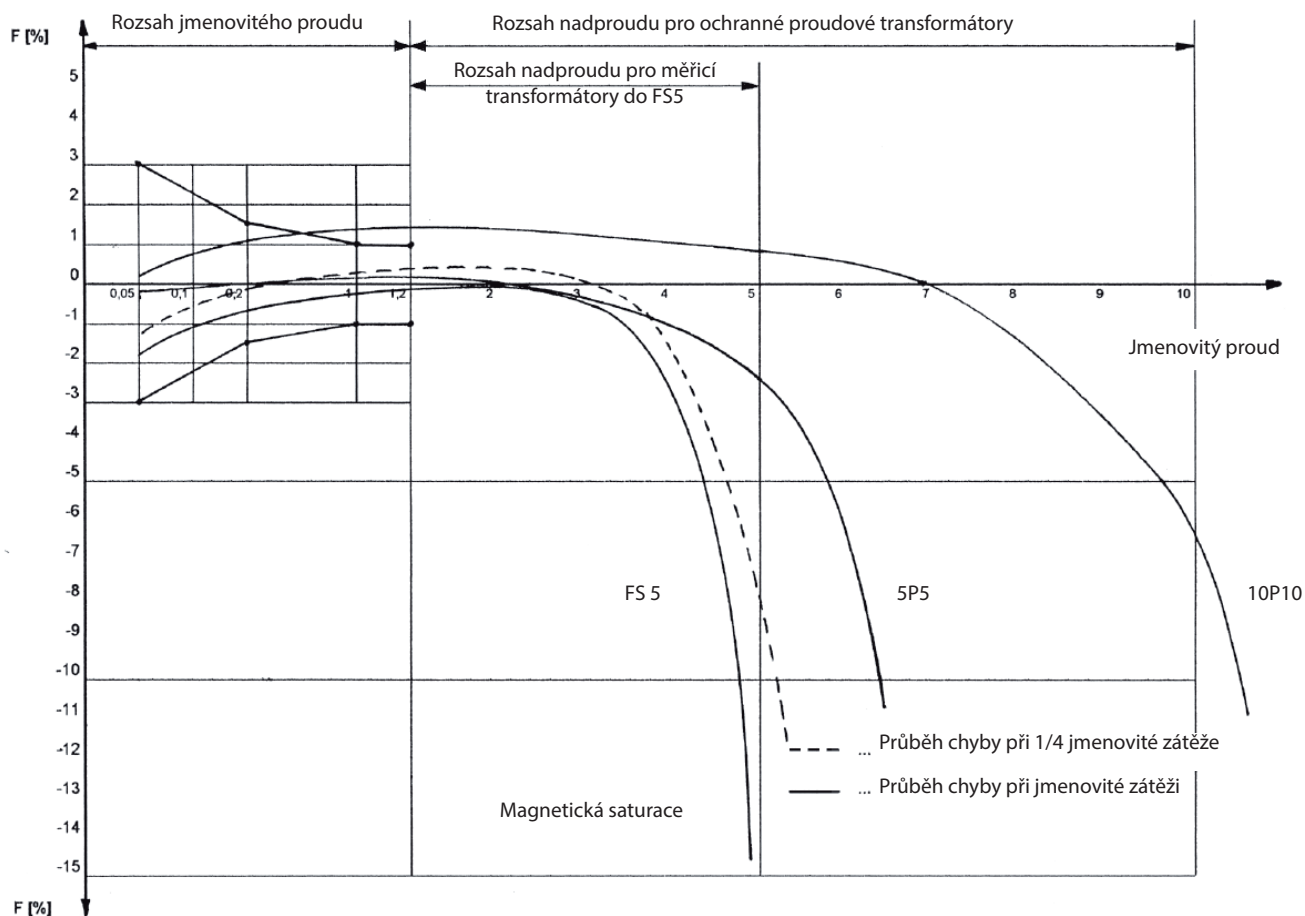
Hlavní proudový transformátor 2: 150/5A

Hlavní proudový transformátor 3: 100/5A

-> Údaj na typovém štítku:

6_A : 3_B : 2_C

Chybové křivky proudových transformátorů



Požadavky na příkon měřicích přístrojů a relé

Při použití proudových transformátorů jsou na uživatele kladeny dva hlavní požadavky:

- vysoká přesnost měření v oblasti jmenovitého proudu
- ochranná funkce v oblasti nadproudu

Aby bylo možné tyto požadavky splnit, je nutné, aby předpokládaný jmenovitý výkon proudového transformátoru odpovídal skutečnému příkonu měřicího obvodu. Při stanovení skutečného příkonu je třeba zohlednit nejen ztráty výkonu připojovaných zařízení, ale také ztráty na měřicích vodičích.

Pro naplnění těchto požadavků je nezbytné, aby předpokládaný jmenovitý výkon proudového transformátoru co nejvíce odpovídal reálným nárokům měřicí sestavy. Při posouzení skutečného příkonu je kromě vlastního příkonu připojených měřicích přístrojů nutné započítat i ztráty na vodičích připojených k sekundárnímu obvodu transformátoru.

Vlastní příkon typických měřicích přístrojů

Ručičkový ampérmetr (měkké železo) do Ø 100 mm	0,700	–	1,5 VA
Usměrňovací ampérmetr	0,001	–	0,25 VA
Více rozsahový ampérmetr	0,005	–	5,0 VA
Záznamník proudu	0,300	–	9,0 VA
Bimetalový ampérmetr	2,500	–	3,0 VA
Měřič účinníku	0,200	–	5,0 VA
Záznamník účinníku	3,000	–	12,0 VA
Měřič účinníku	2,000	–	6,0 VA
Záznamník účinníku	9,000	–	16,0 VA
Elektroměr	0,400	–	1,0 VA
Relé	N-Relé		14,0 VA
	Nadproudové relé	0,200	– 6,0 VA
	Nadproudové časové relé	3,000	– 6,0 VA
	Směrové relé		– 10,0 VA
	Bimetalové relé	7,000	– 11,0 VA
	Distanční relé	1,000	– 30,0 VA
	Diferenciální relé	0,200	– 2,0 VA
		1,000	– 15,0 VA
Vypínací spínač proudového transformátoru	5,000	–	150,0 VA
Regulátor	5,000	–	180,0 VA