Rozkladný transformátor – potřetí

JAN HRDÝ
Přírodovědecká fakulta UP, Olomouc

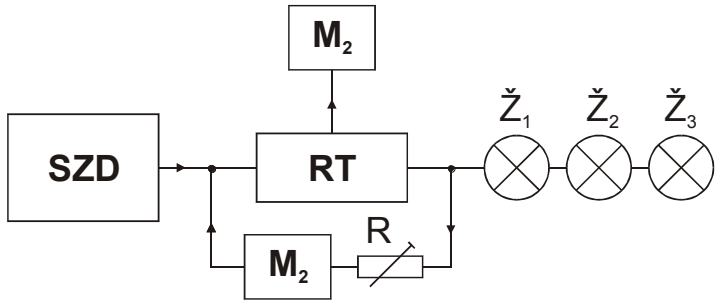
Tento příspěvek využívá toho, že magnetický obvod rozkladného transformátoru se dá snadno **rozebrat** a potom opět složit. Rozkladný transformátor zde slouží jako funkční model proudového chrániče a úkolem této názorné demonstrace je oživit „školení o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci“, které se provádí na začátku výuky v každém fyzikálním praktiku. O proudovém chrániči (tzv. „fíčku“) se hovoří v každé elektrotechnické publikaci zabývající se problematikou rozvodu elektrické energie [1 – 5]. Princip činnosti je jednoduchý. Magnetickým obvodem rozdílového transformátoru, který tvoří základ proudového chrániče, prochází vodič, kterým prochází proud do spotřebiče a současně vodič, kterým se proud vrací do sítě (uzavřený elektrický obvod). Za normálních okolností jsou oba proudy stejné a výsledné magnetické pole v jádře rozkladného transformátoru se blíží nule. Při vzniku poruchového proudu, který teče jinudy než přes rozdílový transformátor (ochranným vodičem, do země apod.), má výsledné magnetické pole již nenulovou hodnotu, v pomocné cívce se indukuje proud, který vykoná potřebnou akci (odpojí spotřebič od sítě).

Obr. 1 Ukázka provedení profesionálního přenosného proudového chrániče

Ukázka profesionálního výrobku je na obr. 1. Jedná se o výrobek z nabídkového katalogu *CONRAD* (IVT GmbH A516) a jde o přenosný proudový chránič, který poskytuje kvalitní dodatečnou ochranu osob

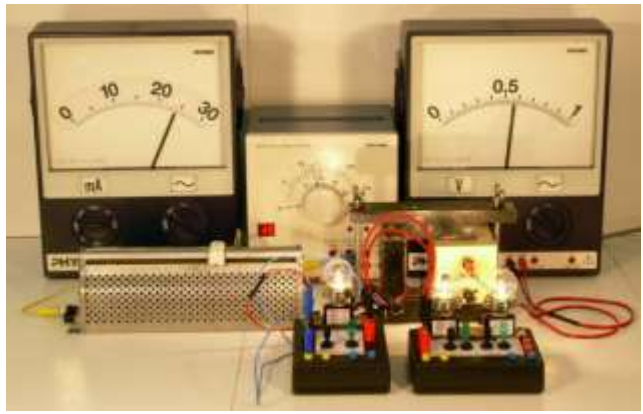
v prostorách se zvýšenou možností úrazu elektrickým proudem (koupelna, dílna, garáž, zahrada).

Následující experiment s rozkladným transformátorem ukazuje, o jak citlivé a náročné zařízení se jedná. Blokové schéma experimentu je na obr. 2. Celá demonstrační aparatura je napájena ze střídavého zdroje SZD (regulační transformátor *PHYWE*), který je nastaven na 12 V (při odběru proudu do 10 A). Proud z tohoto střídavého zdroje prochází otvorem v jádře (může tvořit i několik závitů) rozkladného transformátoru RT do spotřebiče, kterým je v tomto případě jedna až tři autožárovky $Ž_1$ … $Ž_3$ (12V/45W/40W, využívá se tlumené vlákno 40 W) a zpět. Poruchový proud, který neteče přes rozkladný transformátor, se realizuje pomocí reostatu $R = 1\,450\,\Omega$ a je měřen demonstračním multimetrem M_1 (*PHYWE* ADM2, střídavý miliampérmetr s rozsahem 30 mA). Rozkladný transformátor může mít buď proudový výstup (v tomto případě použijeme jako pomocnou cívku cívku se 60 závity a citlivý střídavý ampérmetr se zanedbatelným vstupním odporem, který ovšem nebývá ve škole obvykle k dispozici) a nebo napěťový výstup - pomocná cívka má v tomto případě 12 000 závitů a použitý multimetr M_2 (stejného typu jako M_1) je nastaven jako střídavý milivoltmetr.



Obr. 2 Blokové schéma zapojení modelu proudového chrániče

Praktické uspořádání měřicí aparatury je na obr. 3. Zde je dvojice „rozdílových“ vodičů (pro dokonalejší symetrii „rozdílového“ vinutí) realizována plochou dvoulinkou ($2 \times 1{,}5\ \mathrm{mm}^2$), která je pro jednoduchost pouze protažena „okénkem“ jádra rozkladného transformátoru. Pro zvýšení citlivosti aparatury můžeme ale také dvoulinku 2 až 3krát ovinout kolem jádra transformátoru (stejně jako u profesionálních chrániců).



Obr. 3 Pohled na praktické uspořádání modelu proudového chrániče

Při ještě větším počtu závitů „rozdílové“ dvoulinky (další zvýšení citlivosti) je vhodné ji upravit do tvaru cívky – obr. 4. Cívka na obr. 4a má pět závitů a samonosnou konstrukci, cívka na obr. 4b má deset závitů a je navinuta na kostřičce (např. instalatérská novodurová trubka o průměru 60 mm).

Obr. 4 Různá provedení „rozdílové“ cívky: bez kostřičky (a) a s kostřičkou (b)

Nastavování poruchového proudu pomocí reostatu bylo poněkud „neohrabané“ a proto byl vyroben (dodatečně) ještě jeden přípravek (drátový potenciometr 330 Ω zapojený do série s odporem 220 Ω až 390 Ω ve vhodné krabičce doplněné přístrojovými svorkami a také tolik potřebným vypínačem). Tento přípravek umožňuje pohotové a precizní nastavení nebo vypnutí poruchového proudu - obr. 5.

Obr. 5 Přípravek pro nastavení poruchového proudu

Měření byla prováděna pouze s pomocnou cívkou 12 000 závitů (již zmiňovaný napěťový výstup) pro čtyři různé velikosti zátěže a pro pět různých způsobů provedení „rozdílového“ vinutí. Získané výsledky (tj. velikost napětí na pomocné cívce) jsou uvedeny přehledně v tabulkách 1-5.

Tabulky 1 – 5 Naměřené hodnoty výstupního napětí na modelu proudového chrániče pro různou velikost zátěže a různé provedení „rozdílového“ vinutí

TAB. 1	Rovný vodič (dvoulinka) provlečený okénkem jádra RT			
Poruchový	Napětí na pomocné cívce při spotřebiči (žárovce **ž**):			
proud	žádná **ž**	1 **ž** (40 W)	2 **ž** (80 W)	3 **ž** (120 W)
0 mA	10 mv	184 mV	290 mV	360 mV
30 mA	84 mV	255 mV	350 mV	420 mV

TAB. 2	Vodič (dvoulinka) třikrát otočený kolem jádra RT			
Poruchový	Napětí na pomocné cívce při spotřebiči (žárovce **ž**):			
proud	žádná **ž**	1 **ž** (40 W)	2 **ž** (80 W)	3 **ž** (120 W)
0 mA	9 mV	140 mV	240 mV	300 mV
30 mA	290 mV	430 mV	500 mV	540 mV

TAB. 3	Cívka pět závitů vodiče (dvoulinky) na jádru RT			
Poruchový	Napětí na pomocné cívce při spotřebiči (žárovce **ž**):			
proud	žádná **ž**	1 **ž** (40 W)	2 **ž** (80 W)	3 **ž** (120 W)
0 mA	8 mV	170 mV	380 mV	455 mV
30 mA	305 mV	490 mV	570 mV	650 mV

TAB. 4	Cívka deset závitů vodiče (dvoulinky) na jádru RT			
Poruchový	Napětí na pomocné cívce při spotřebiči (žárovce **ž**):			
proud	žádná **ž**	1 **ž** (40 W)	2 **ž** (80 W)	3 **ž** (120 W)
0 mA	12 mV	256 mV	430 mV	560 mV
30 mA	800 mV	1000 mV	1150 mV	1250 mV

TAB. 5	Dva oddělené vodiče provlečené okénkem jádra RT			
Poruchový	Napětí na pomocné cívce při spotřebiči (žárovce **ž**):			
proud	žádná **ž**	1 **ž** (40 W)	2 **ž** (80 W)	3 **ž** (120 W)
0 mA	11 mV	170 mV	260 mV	365 mV
30 mA	84 mV	240 mV	310 mV	425 mV

Z naměřených hodnot je možné udělat následující závěr:

- Nahrazení jednotlivých vodičů dvoulinkou má menší vliv, než se původně předpokládalo (plyne z porovnání tabulek 1 a 5).
- Obě části rozdílového vinutí přes veškerou pozornost, která byla věnována jejich výrobě, nejsou úplně přesně stejné – s rostoucím proudem do spotřebiče úměrně roste napětí na pomocné cívce a to se sčítá s příspěvkem poruchového proudu (plyne ze všech tabulek).
- Pokud se nepodaří vykompenzovat uvedenou nesymetrii (což se zatím jednoduchými prostředky nepodařilo), je třeba omezit demonstrace pouze na jednu žárovku, kde příspěvek poruchového proudu je nejmarkantnější (plyne z tabulek 2 – 4). Čím má „rozdílová“ cívka více závitů, tím je pokus přesvědčivější. Více než deset závitů však je již na újmu průhlednosti experimentu.

Na závěr ještě jedna technická poznámka: podle uspořádání experimentu se příspěvek poruchového proudu buďto přičítá nebo odčítá k příspěvku v důsledku nesymetrie vinutí. Nedá se toho však jednoduše využít ke kompenzaci této nesymetrie (zavedením vhodného pomocného konstantního střídavého proudu), protože tato nesymetrie není konstantní, ale je úměrná proudu zátěže.

Literatura

[1] *Brož, K.*: Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím. SNTL, Praha 1976.
[2] *Sládek, D.*: Příručka elektromontéra domovních rozvodů. SNTL, Praha 1982.
[3] *Alberty, J.*: Rukoväť revízneho technika elektrických zariadení. Práca, Bratislava 1985.
[4] *Raška, R. – Struška, J. – Vlček, D.*: Trivium elektrotechnika. Iris, Havířov 1995.
[5] *Honys,V.*: Nová příručka pro zkoušky elektrotechniků 1996. Stro.m, Praha 1996.