

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

**223433**  
(11) (B1)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

[22] Přihlášeno 14 01 82  
[21] (PV 276-82)

[51] Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 01 F 19/00

[40] Zveřejněno 28 01 83

[45] Vydáno 15 03 86

(75)

Autor vynálezu

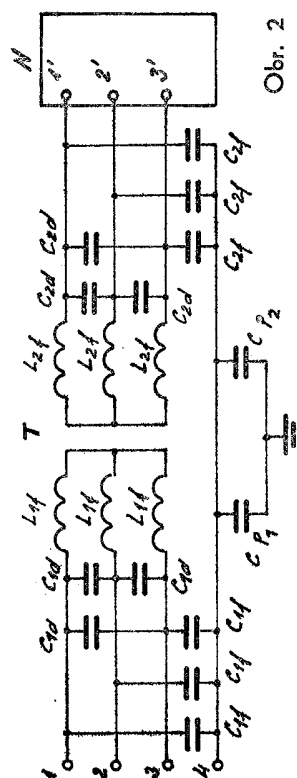
VACULÍKOVÁ POLINA ing., KMÍNEK ZDENĚK ing., NEJDL JAN ing.,  
PRAHA

(54) Zapojení transformátoru, zejména pro výkonové polovodičové měniče

1

Předmětem vynálezu je zapojení transformátoru pro výkonové polovodičové měniče, které využívá útlumových vlastností transformátoru pro kmitočty vyšší než pracovní. Podstatou vynálezu je, že alespoň na jedné straně transformátoru je bezprostředně na začátku vinutí fázových cívek zapojen příčný odrušovací člen tvořený kondenzátory, zapojenými například do hvězdy nebo do trojúhelníku, případně je mezi společný bod hvězdy a zemnicí svorku zapojen další kondenzátor.

2



Obr. 2

Vynález se týká zapojení transformátoru, zejména pro výkonové polovodičové měniče.

Při provozu výkonových polovodičových zařízení vznikají rušivá napětí, jejichž velikost vysoko překračuje přípustné meze rušení.

Pro odrušení polovodičových zařízení se zpravidla používá LC filtr v provedení L, T nebo  $\lambda$  článku, zapojený do síťových přívodů. Tlumivky, které jsou nezbytnou a nejdražší částí filtru, jsou svými rozměry a hmotností srovnatelné s rozměry a hmotností samotného odrušovacího zařízení.

V případě použití tlumivek s proudovou kompenzací se sice značně zmenší rozměry a hmotnost filtru, ale zvyšuje se jeho cena. Kromě toho lze v některých případech vystačit, vzhledem k vysokým požadavkům na útlum filtru, jen s jednočládkovým filtrem.

Součástí některých výkonových měničů je silový transformátor, který je umístěn buď ve stejné skříni, rozváděči, jako měnič, nebo je prostorově od něho oddělen. V těchto případech je odrušení provedeno tak, že filtr je zapojen před nebo za transformátorem. Tento způsob odrušení měniče má oproti výše popsaným tu výhodu, že přítomností transformátoru se zvyšuje potlačení rušivých napětí v pásmu 0,15 až 30 MHz oca o 10 dB, avšak zařízení pro odrušení zůstává stejně objemné. Další nevýhodou je, že dochází ke ztrátám energie na tlumivkách. Útlum silového napájecího transformátoru pro kmitočty vyšší než pracovní vyplývá z jeho fyzikálních vlastností a z toho, že na vyšších kmitočtech na přenos signálu začínají působit parazitní indukčnosti a kapacity transformátoru.

Uvedené nevýhody do značné míry odstraňuje zapojení transformátoru, zejména pro výkonové polovodičové měniče podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že alespoň na jedné jeho straně je bezprostředně na začátku vinutí cívek zapojen příčný odrušovací člen tvořený kondenzátory.

Alternativně jsou kondenzátory odrušovacího členu zapojeny do hvězdy tak, že každý z kondenzátorů je vždy zapojen mezi začátek vinutí fázových cívek a vstupní, respektive výstupní svorku transformátoru a nulový vodič. Mezi společný bod kondenzátorů zapojených do hvězdy a zemnicí svorku je zapojen další kondenzátor.

V další alternativě jsou kondenzátory odrušovacího členu zapojeny do trojúhelníku tak, že každý z nich je zapojen vždy mezi začátky dvou sousedních fázových cívek a vstupní, resp. výstupní svorky transformátoru. V dalším možném zapojení transformátoru podle vynálezu jsou kondenzátory odrušovacího členu zapojeny jednak do hvězdy a jednak do trojúhelníku.

Hlavní výhoda zapojení transformátoru, zejména pro výkonové polovodičové měniče podle vynálezu spočívá v zjednodušení celého odrušovacího zařízení měniče, protože

využitím útlumových vlastností transformátoru se odrušovací filtr stává jeho součástí. Zároveň je celé zařízení při srovnání se zařízením dosud využívaným méně objemné a má menší hmotnost.

Dále je výhodné, že kondenzátory tvoří s rozptylovou indukčností transformátoru L nebo  $\lambda$  článek s podstatně vyšším vlastním rezonančním kmitočtem, než je dosažen u samostatně zapojených filtrů.

Na výkrseu je na obr. 1 náhradní schéma transformátoru pro vysvětlení jeho funkce z hlediska útlumu pro kmitočty vyšší než pracovní, a na obr. 2 je schéma zapojení transformátoru podle vynálezu.

Na obr. 1a je pro srovnání znázorněno známé náhradní schéma transformátoru, jehož jednotlivé prvky se uplatňují při nižších (pracovních) kmitočtech. Schéma sestává ze zdroje napětí s vnitřním odporem  $R_1$  a ze sériově zapojeného odporu a indukčnosti primárního vinutí  $R_{v1}$  a  $L_1$ , přičemž paralelně k indukčnosti primárního vinutí  $L_1$  je zapojen magnetický odpor  $R_m$ . Na sekundární straně je obdobně do série zapojen odpor a indukčnost sekundárního vinutí  $p^2R_{v2}$ , (kde  $p$  je převod transformátoru) a  $L^2$ . Paralelně je připojen zatěžovací odpor  $R_2$ . Mezi primárním a sekundárním vinutím je uvažována vzájemná indukčnost  $M$ .

Na obr. 1b je znázorněno náhradní schéma transformátoru v pásmu vyšších kmitočtů, které sestává z paralelní kombinace vnitřního odporu  $R_1$  a náhradního kondenzátoru  $C_1$  s kapacitou primárního vinutí vůči zemi a z paralelní kombinace zatěžovacího odporu  $R_2$  a náhradního kondenzátoru  $C_2$  s kapacitou sekundárního vinutí vůči zemi, přičemž tyto dvě paralelní kombinace jsou spojeny prostřednictvím další sérioparalelní kombinace, tvořené sériovým spojením odporu a rozptylové indukčnosti primárního vinutí  $R_{v1}$  a  $L_{s1}$ , odporu a rozptylové indukčnosti  $p^2R_{v2}$  a  $L_{s2}/p^2$ , k němuž je paralelně zapojen náhradní kondenzátor  $C_{12}$  s kapacitou mezi primárním a sekundárním vinutím.

Na obr. 1c je zjednodušené náhradní schéma transformátoru pro stanovení jeho útlumu, které sestává z vnitřního odporu  $R_1$ , celkového odporu  $R$ , celkové rozptylové indukčnosti  $L_s$  a výsledného náhradního kondenzátoru  $C$  s celkovou kapacitou.

Na obr. 2 je znázorněno schéma zapojení trojfázového transformátoru podle vynálezu.

Vstupní svorky transformátoru T jsou označeny 1, 2, 3, výstupní svorky spojené se vstupem měniče N jsou značeny 1', 2', 3'. Bezprostředně na začátky fázových cívek  $L_{1f}$  primárního vinutí je zapojen příčný odrušovací člen, tvořený v tomto případě odrušovacími kondenzátory  $C_{1f}$  zapojenými do hvězdy a odrušovacími kondenzátory  $C_{1d}$  zapojenými do trojúhelníka. Obdobně bezprostředně na začátky fázových cívek  $L_{2f}$

sekundárního vinutí je zapojen příčný odrušovací člen, tvořený opět odrušovacími kondenzátory  $C_{2f}$  spojenými do hvězdy a odrušovacími kondenzátory  $C_{2d}$ , zapojenými do trojúhelníka. Mezi společný bod odrušovacích kondenzátorů  $C_{1f}$  na primární straně transformátoru T a zemnicí svorku je zapojen další odrušovací kondenzátor  $C_{p1}$  a obdobně na sekundární straně je zapojen odrušovací kondenzátor  $C_{p2}$ . Pro vysvětlení funkce transformátoru v oblasti vyšších kmitočtů vyjdeme z náhradního schématu znázorněného na obr. 1. V pásmu vyšších kmitočtů magnetický tok transformátoru klesne natolik, že magnetizační indukčnost v porovnání s rozptylovou indukčností  $L_s$  má zanedbatelně malou hodnotu. V důsledku poklesu induktivní vazby přestává platit základní vztah určující převod transformátoru

$$\rho = \frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

kde

$U_1$  je primární napětí,  
 $U_2$  je sekundární napětí,  
a začíná platit

$$\rho = \frac{U_1}{U_2} = \frac{C_{12} + C_2}{C_{12}}$$

Vložný útlum  $b_h$  v tomto pásmu se skládá z útlumu  $b_{hL}$  způsobeného rozptylovými indukčnostmi  $L_s$  a útlumu  $b_{hc}$ , způsobeného kapacitami vinutí, tj.

$$b_h = b_{hL} + b_{hc} = 20 \log \left[ \left( \frac{\omega L_s}{R_1 + R} \right)^2 + \left( \omega C \frac{R_1 - R}{R_1 + R} \right)^2 + 2 \right]$$

Z uvedeného vyplývá, že útlum transformátoru pro obor vyšších kmitočtů lze zvýšit zvětšením jeho rozptylových indukčností a parazitních kapacit vůči zemi. Zvýšení rozptylových indukčností není zpravidla žádoucí pro zvýšení ztrát v normálním pracovním režimu, kdežto zvýšení parazitních kapacit vůči zemi neovlivní normální pracovní režim, ale může značně zvýšit útlum transformátoru.

Uvedené útlumové vlastnosti transformátoru lze využít pro omezení rušení, generovaného polovodičovými měniči uspořádáním podle vynálezu. Toto zapojení se vyznačuje tím, že odrušovací kondenzátory  $L_{1f}$ , resp.

$L_{2f}$ , případně  $L_{1d}$ , resp.  $L_{2d}$  jsou umístěny přímo na vývodech vinutí transformátoru, jsou jeho neoddělitelnou součástí a u transformátoru s nádobou se nachází uvnitř nádoby. Přitom body připojení kondenzátorů nemusí být jen na koncových bodech vinutí, ale s ohledem na dostupnost kondenzátoru s odpovídajícím průrazným napětím, mohou být tyto body připojení i na odbočce vinutí transformátoru. Hodnota kapacity odrušovacích kondenzátorů je určována z rozptylových indukčností transformátoru, které nahrazují indukčnosti filtru a z požadovaného útlumu.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zapojení transformátoru, zejména pro výkonové polovodičové měniče, vyznačené tím, že alespoň na jedné jeho straně jsou bezprostředně na začátku vinutí fázových cívek ( $L_{1f}$ , resp.  $L_{2f}$ ) zapojeny příčné odrušovací kondenzátory ( $C_{1f}$ , resp.  $C_{2f}$ , případně  $C_{1d}$ , resp.  $C_{2d}$ ).

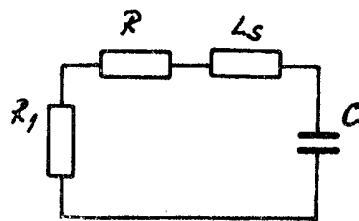
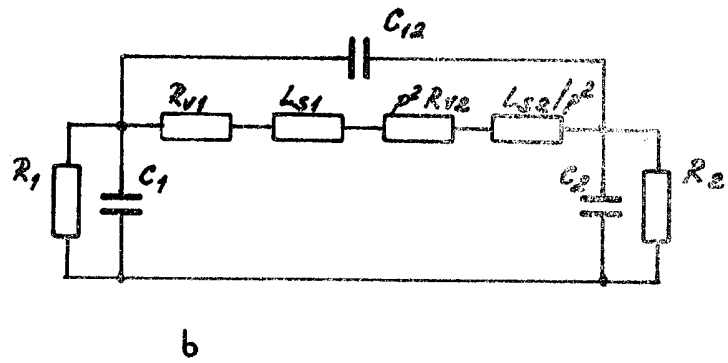
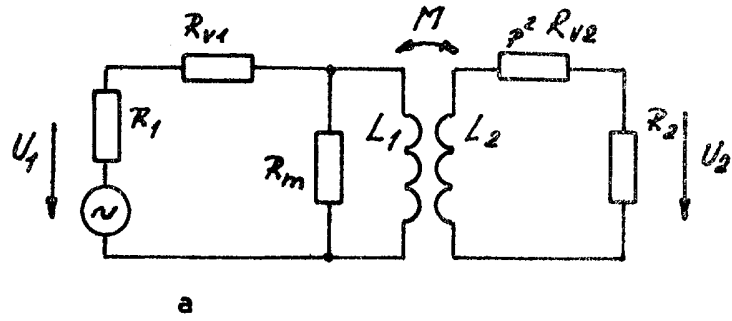
2. Zapojení transformátoru podle bodu 1 vyznačené tím, že každý z odrušovacích kondenzátorů ( $C_{1f}$ , resp.  $C_{2f}$ ) je vždy zapojen mezi začátek vinutí fázových cívek ( $L_{1f}$ , resp.  $L_{2f}$ ) a vstupní (1, 2, 3), resp. výstupní svorku (1', 2', 3') transformátoru a nulový vodič.

3. Zapojení transformátoru podle bodů 1 a 2, vyznačené tím, že mezi společný bod od-

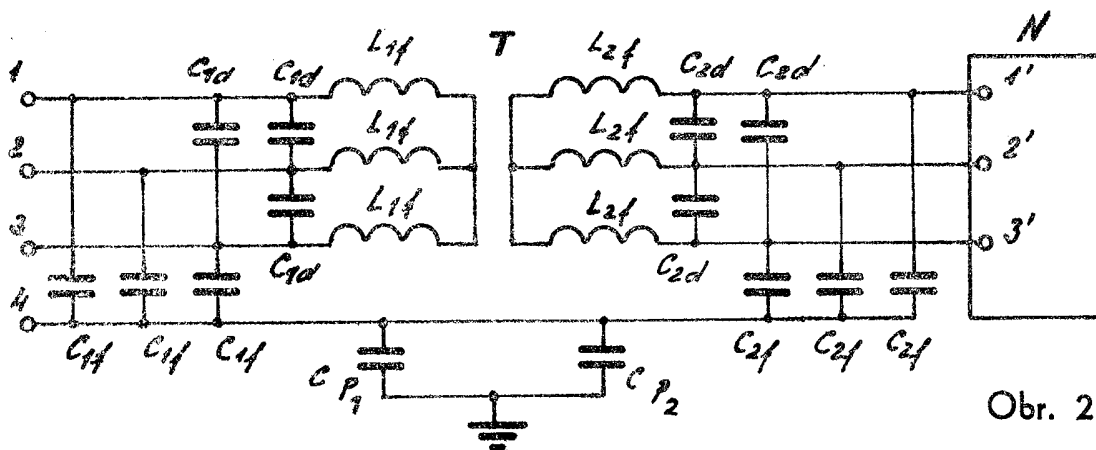
rušovacích kondenzátorů ( $C_{1f}$ , resp.  $C_{2f}$ ) zapojených do hvězdy a zemnicí svorku je zapojen další odrušovací kondenzátor ( $C_{p1}$ , resp.  $C_{p2}$ ).

4. Zapojení transformátoru podle bodu 1, vyznačené tím, že každý z odrušovacích kondenzátorů ( $C_{1d}$ , resp.  $C_{2d}$ ) je zapojen vždy mezi začátky vinutí dvou sousedních fázových cívek ( $L_{1f}$ , resp.  $L_{2f}$ ) a vstupní (1, 2, 3), resp. výstupní (1', 2', 3') svorky transformátoru.

5. Zapojení transformátoru podle bodu 1, vyznačené tím, že odrušovací kondenzátory ( $C_{1f}$ , resp.  $C_{2f}$ ) jsou zapojeny jednak do hvězdy, a odrušovací kondenzátory ( $C_{1d}$ , resp.  $C_{2d}$ ) do trojúhelníku.



c Obr. 1



Obr. 2