

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(21) PV 1292-87.B
(22) Přihlášeno 26 02 87

(40) Zveřejněno 12 01 89
(45) Vydáno 15 01 90

265 076

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁴
H 02 J 3/01

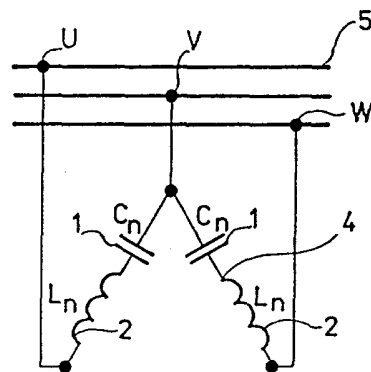
(75)
Autor vynálezu

RADA JOSEF prof. ing. DrSc.,
NOVOTNÝ MILOSLAV ing., PRAHA

(54)

Filtry pro vyšší harmonické složky proudů
v třífázových sítích

(57) Jedná se o problém zjednodušení filtrů pro vyšší harmonické složky proudů. Filtry sestávají pouze ze dvou sériových rezonančních obvodů, z nichž každý sestává z jedné tlumivky a jednoho kondenzátoru, naladěných na kmitočet příslušné harmonické složky a zapojených do "V" k jednotlivým fázím třífázové sítě. Vhodný pro filtraci (zkratování) vyšších harmonických složek proudů u indukčních pecí, u pohonů s tyristorovou regulací, u fázově řízených usměrňovačů, apod.



265 076

Vynález se týká filtrů pro vyšší harmonické složky proudů v třífázových sítích.

Dosud se filtry pro vyšší harmonické složky proudu prováděly symetrické ve všech třech fázích třífázové sítě v zapojení buď do hvězdy, nebo do trojúhelníka. K tomu je třeba tří stejných a úplných rezonančních sériových obvodů složených ze stejných kapacit a indukčností, naladěných na kmitočet příslušné harmonické složky proudu. Toto uspořádání má nevýhodu v tom, že zejména indukčnosti jsou prostorově náročné a zpravidla prostor potřebný pro instalaci indukčností převyšuje prostorové nároky kondenzátorových baterií. Kromě toho výroba indukčností přináší některé výrobní a ekonomické problémy.

Tyto nevýhody ostraňují filtry pro vyšší harmonické složky proudů v třífázových sítích podle vynálezu, jehož podstata pozůstává v tom, že každý filtr je složen ze dvou sériových rezonančních obvodů, sestávajících z jedné tlumivky a z jednoho kondenzátoru, jejichž sériová rezonanční frekvence se rovná frekvenci filtrované vyšší harmonické složky proudu a zapojených do "V".

Výhodou filtrů podle vynálezu je jejich jednoduchost, protože u každého filtru se šetří jeden sériový rezonanční

obvod nebo celá tlumivka jednoho rezonančního obvodu, což představuje především prostorové úspory, ale klesne tím i cena a výrobní pracnost filtru pro příslušnou harmonickou.

Příklad zapojení filtrů podle vynálezu je na připojeném výkresu, kde na obr. 3 je zapojení filtru pro obecnou harmonickou v případě, že nevádí nesymetrie filtru pro 1. harmonickou, na obr. 4 je zapojení filtru pro případ úplné symetrie pro 1. harmonickou a na obr. 5 je konkrétní provedení skupiny filtrů pro 5., 7. a 11. harmonickou s úplnou symetrií pro 1. harmonickou. Dosavadní zapojení tří jednofázových filtrů do hvězdy je znázorněno na obr. 1 a na obr. 2 je totéž zapojení do trojúhelníka.

Filtr (obr. 3) sestává ze dvou sériových rezonančních obvodů 4, z nichž každý je tvořen sériově zapojeným kondenzátorem 1 o kapacitě C_n a tlumivkou 2 o indukčnosti L_n . Oba sériové rezonanční obvody 4 tvoří tak větve zapojení, které lze označit jako zapojení do "V", jakožto obdoba zapojení do hvězdy nebo do trojúhelníka. Vrchol zapojení do "V" a konce obou větví jsou připojeny k jednotlivým fázím třífázové sítě. Tak např. jedna větev je připojena jedním koncem k první fázi se svorkou U třífázové sítě 5, vrchol ke druhé fázi se svorkou V a druhá větev je připojena ke třetí fázi se svorkou W. Filtr znázorněný na obr. 4 je zapojen stejně jako filtr na obr. 3 s tím, že konce obou větví sériového rezonančního obvodu 4 jsou spojeny kompenzačním kondenzátorem 3 o kapacitě C'_n . Zapojení podle obr. 5 je pro konkrétní harmonické o požadovaném čísle 5, 7 a 11, přičemž zapojení jednotlivých filtrů je stejné jako u obr. 4. Za účelem zvýšení symetrie filtračního působení na jednotlivé fáze jsou sériové rezonanční filtry pro různé harmonické připojeny k různým fázím soustavy. U nejvyšší harmonické, v tomto případě 11., bývá frekvenční charakteristika filtru upravena dalšími pomocnými obvody, např. sériovým RC členem zapojeným paralelně k tlumivce 2 o indukčnosti L_{11} .

Dá se jednoduše matematicky dokázat, že proudy sudých i lichých harmonických složek, jejichž pořadové číslo je dělitelné třemi, tečou v jinak symetrickém třífázovém systému ve všech třech fázích souběžně a konfázně. Chovají se tedy obdobně, jako nulové složky proudů při rozkladu nesymetrického třífázového proudu na složky symetrické /sousedné a zpětné/ a nulové. Nemohou se proto uzavírat, nemá-li třífázová síť nulový (střední) vodič. Týká se to tedy 3., 9., 15., 21. atd. liché harmonické a 6., 12., 18., 24. atd. sudé harmonické. Proudů ostatních harmonických, jejichž pořadové číslo není dělitelné třemi, jsou v symetrickém třífázovém systému třífázové, symetrické a jsou tedy tvořeny zpětnými či souslednými složkami. Suma jejich proudů je v každém okamžiku rovna nule, a proto nepotřebují nulový /střední/ vodič a uzavírají se jen ve třech krajních vodičích třífázové sítě. Mají ovšem n -krát vyšší kmitočet než 1. harmonická /základní/, kde n je pořadové číslo harmonické. Platí to tedy pro 5., 7., 11., 13. atd. lichou harmonickou a pro 4., 8., 10., 14. atd. sudou harmonickou. Protože se však normálně v sítích vyskytují jen liché harmonické proudy, je možno se nadále zabývat filtry jen na liché harmonické. Pro ně platí, že vznikly rozkladem průběhu funkce, jejíž hodnoty z první poloviny periody se opakují v druhé polovině s opačným znaménkem, tj. $f / x + \pi / = - f / x /$. Sudé harmonické by vznikly rozkladem funkce, jejíž hodnoty z první poloviny periody se opakují ve druhé polovině s týmž znaménkem, tj. $f / x + \pi / = f / x /$, což je však v elektrických sítích neobvyklé.

Porovnáním obr. 3 a obr. 1 nebo 2 lze zjistit, že při zapojení podle vynálezu je vynechán celý jeden sériový rezonanční obvod. Oba sériové rezonanční obvody 4 jsou naladěny na kmitočet příslušné vyšší harmonické složky. Jestliže

je totiž pro příslušnou harmonickou složku proudu zkrat podle obr. 3 mezi fázemi se svorkami U a V a mezi fázemi se svorkami V a W, potom je pro tuto harmonickou složku zkrat i mezi fázemi se svorkami U a W. Filtr tedy zcela normálně působí. Provedení podle obr. 3 platí pro případ, kdy výrazně převažuje filtrační účinek filtru pro n -tou harmonickou nad kompenzačním účinkem, tedy nad účinkem filtru pro 1. harmonickou. Pokud by vadila nesymetrie filtru pro 1. harmonickou složku tím, že mezi fázemi se svorkami U a V a mezi fázemi se svorkami V a W jsou kapacity C_n , ale mezi fázemi se svorkami U a W žádná kapacita není, je možno ji mezi fáze se svorkami U a W připojit. Tato připojená kompenzační kapacita je na obr. 4 označena jako C'_n . Dá se matematicky odvodit, že kompenzační kapacita C'_n bude pro zachování symetrie filtru pro první harmonickou proudu rovna hodnotě

$$C'_n = \frac{C_n}{1 - \frac{1}{n^2}},$$

kde n je pořadové číslo harmonické složky proudu, pro niž je filtr určen. Prostorově lze jednotlivé kompenzační kapacity C'_n sdružit do jedné celkové. Celková, centrální kapacita je rovna sumě kompenzačních kapacit C'_n více filtrů při respektování zapojení kompenzačních kapacit C'_n k různým fázím. I při tomto řešení se ušetří celá jedna indukčnost L_n u každého filtru. Kompenzační kapacita C'_n je prakticky rovna kapacitě C_n , protože např. pro 5. harmonickou bude

$$C'_n = \frac{C_n}{1 - \frac{1}{5^2}} = 1,04166 C_n,$$

pro 7. harmonickou bude

$$C'_n = \frac{C_n}{1 - \frac{1}{7^2}} = 1,02083 C_n$$

a pro 11. harmonickou bude

$$C'_n = \frac{C_n}{1 - \frac{1}{11^2}} = 1,00833 C_n \text{ .}$$

Pro ještě vyšší harmonické se bude C'_n od C_n lišit ještě méně. Z toho lze učinit závěr, že pro všechny harmonické $C'_n = C_n$. To je výhodné z hlediska stavebnicovosti celého filtračního zařízení.

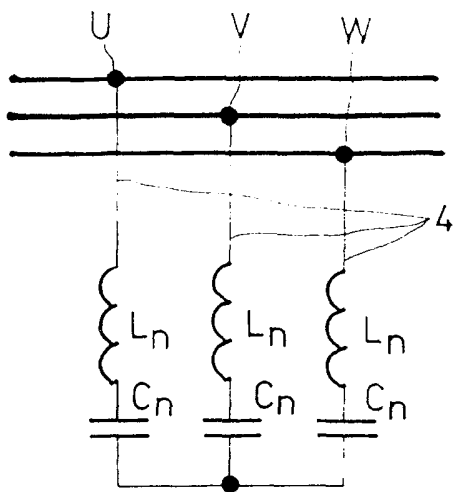
Vynález lze využít všude tam, kde se až dosud prováděly filtry se zapojením do hvězdy nebo do trojúhelníka, tj. u indukčních pecí, u elektrických pohonů s tyristorovou regulací, u fázově řízených usměrňovačů pro galvanické pokovování, pro elektrolyzy apod. Rozhodující oblastí použití vynálezu je filtrace vyšších harmonických složek, jejichž pořadové číslo n je liché a není dělitelné třemi. V případě lichých harmonických dělitelných třemi je zapojení podle vynálezu použitelné pouze tehdy, vznikají-li v síti sousledné či zpětné složky těchto harmonických, tedy při fázově nesymetrické zátěži.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

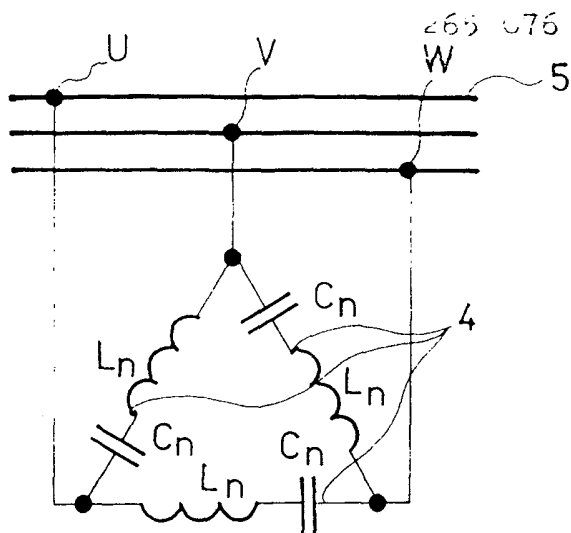
265 076

1. Filtry pro vyšší harmonické složky proudů v třífázových sítích, vyznačující se tím, že každý filtr je složen ze dvou sériových rezonančních obvodů (4), sestávajících z jedné tlumivky (2) a z jednoho kondenzátoru (1), jejichž sériová rezonanční frekvence se rovná frekvenci filtrované vyšší harmonické složky proudu a zapojených do "V".
2. Filtry pro vyšší harmonické složky proudů podle bodu 1, vyznačující se tím, že mezi konce obou větví zapojení do "V" je zapojen kompenzační kondenzátor /3/.
3. Filtry pro vyšší harmonické složky proudů podle bodu 2, vyznačující se tím, že kompenzační kondenzátor /3/ má stejnou kapacitu, jako je kapacita v rezonančních obvodech /4/.
4. Filtry pro vyšší harmonické složky proudů podle bodu 2, vyznačující se tím, že kapacita kompenzačního kondenzátoru (3) se rovná podílu kapacit kondenzátoru (1) v rezonančních obvodech (4) a rozdílu čísla jedna a převrácené hodnoty druhé mocniny pořadového čísla (n) harmonické složky proudu, pro níž je filtr určen.

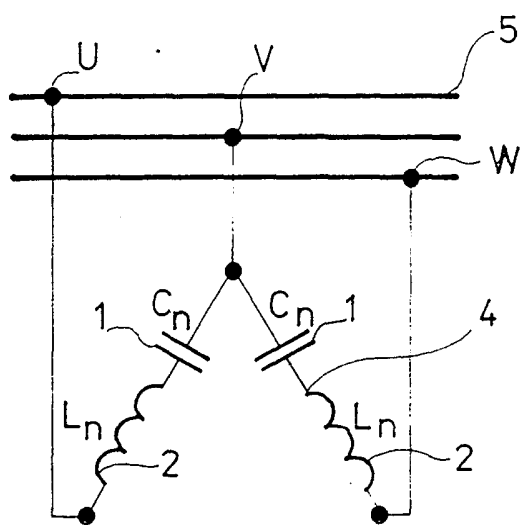
1 výkres



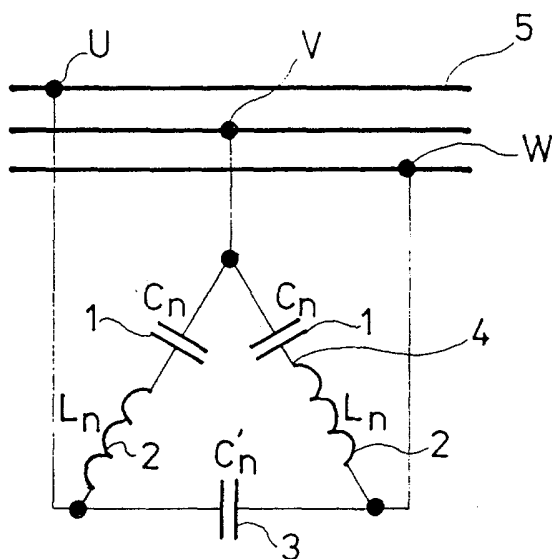
Obr. 1



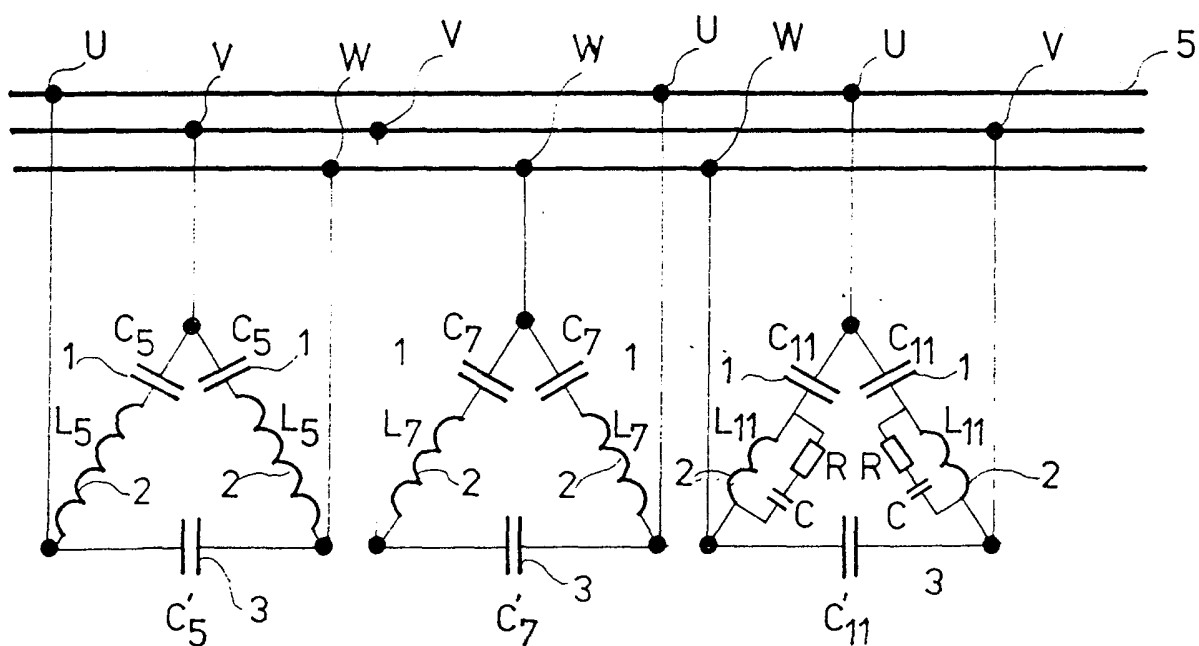
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5