

Sterowniki impulsowe, część 3

Przetwornice

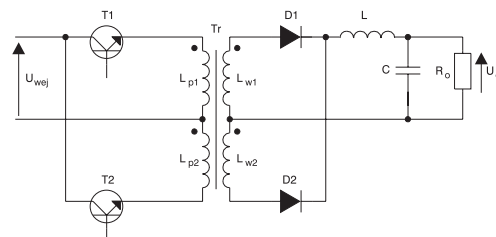
Kontynuujemy prezentację zagadnień teoretycznych związanych z najczęściej spotykanymi typami przetwornic impulsowych.

W trzeciej części artykułu szczegółowo omawiamy przetwornice przeciwsołbne, półmostkowe oraz mostkowe.

Przetwornica przeciwsołbna

Przetwornica przeciwsołbna stanowi pewną odmianę przetwornicy przepustowej. Jej podstawowy schemat ideowy przedstawia rys.15.

W przetwornicy przeciwsołbnej strona pierwotna oraz strona wtórna składają się z dwóch uzwojeń, przy czym dla zachowania symetrii pracy istnieje wymóg, aby uzwojenia pierwotne oraz uzwojenia wtórne były identyczne (tzn. żeby $L_{p1}=L_{p2}$ oraz $L_{w1}=L_{w2}$).



Rys. 15. Schemat ideowy przetwornicy przeciwsołbnej.

Tranzystory T1 oraz T2 pełnią funkcję kluczy i są sterowane przez dwa symetryczne i rozsunęte w czasie przebiegi. Przebiegi sterujące nie mogą się na siebie nakładać, gdyż powoduje to jednoczesne przewodzenie tranzystorów i przepływ tzw. prądu skrośnego o bardzo dużej wartości, powodującego uszkodzenie tranzystorów. Dla tranzystorów bipolarnych podczas ich wyłączania (wyprowadzanie ze stanu nasycenia) bardzo ważny jest czas przeciągania (związany z wyprowadzaniem nośników z obszaru bazy), który powoduje, że pomiędzy wyłączeniem jednego tranzystora, a załączeniem drugiego musi istnieć minimalny przedział czasu, w którym oba tranzystory są nieaktywne. Utrudnia to zwiększanie częstotliwości pracy przetwornicy i sprawia, że przy dużych częstotliwościach są preferowane tranzystory MOSFET, w których ten efekt nie występuje.

Ponieważ przetwornica przeciwsołbna jest odmianą przetwornicy przepustowej, zatem wzory opisujące jej pracę są identyczne. Dlatego ograniczono się tylko do omówienia istotnych różnic pomiędzy tymi przetwornicami.

Jak już wspomniano, tranzystory przełączające pracują naprzemiennie. W pierwszym okresie czasu (w przedziale czasu $(0;\tau)$) przewodzi tranzystor T1. W uzwojeniu pierwotnym płynie narastający liniowo prąd (analogicznie jak w przetwornicy przepustowej). Na stronie wtórnej przetransformowane napięcie we-

że dioda D1 przewodzi, natomiast dioda D2 jest spolaryzowana zaporowo. Ilustruje to rys.16. Prąd przepływający przez dławik L także narasta liniowo i jest opisany wzorami analogicznymi jak dla przetwornicy przepustowej.

W momencie wyłączenia obydwu tranzystorów nie przewodzą. Jednakże warunek ciągłości wartości strumienia w rdzeniu powoduje, że obydwie diody zaczynają przewodzić zapewniając przepływ w obwodzie wtórnym prądu magnesowania. Wartość strumienia dla idealnego przypadku jest stała i równa ϕ_{max} . Dla dławika strona wtórna przedstawia sobą zwarcie umożliwiając przepływ prądu obciążenia I_o . W tym przypadku prawdziwe są wzory:

$$I_{D2}(t) - I_{D1}(t) = I_m(t),$$

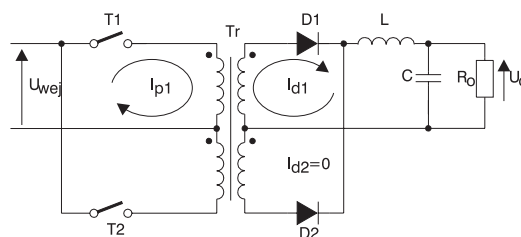
$$I_{D2}(t) + I_{D1}(t) = I_o(t),$$

$$\phi = [(I_{D2}(t) - I_{D1}(t)) * z_w] / R_m = \phi_{max} = const.$$

Sytuację tę ilustruje rys.17.

Po upływie czasu $T/2$ załączony jest drugi tranzystor. Prąd w uzwojeniu pierwotnym znów narasta liniowo, natomiast strumień ϕ w rdzeniu transformatora opada liniowo aż do wartości ϕ_{min} , którą osiąga w chwili czasu $T/2 + \tau$ (tzn. gdy wyłączony jest drugi tranzystor).

Następnie obydwie klucze są nieaktywne,

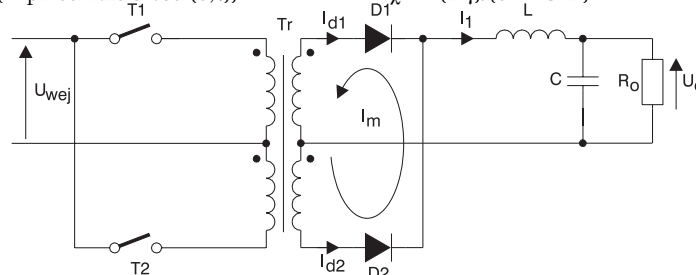


Rys.16. Przetwornica przeciwsołbna-pierwsza faza pracy.

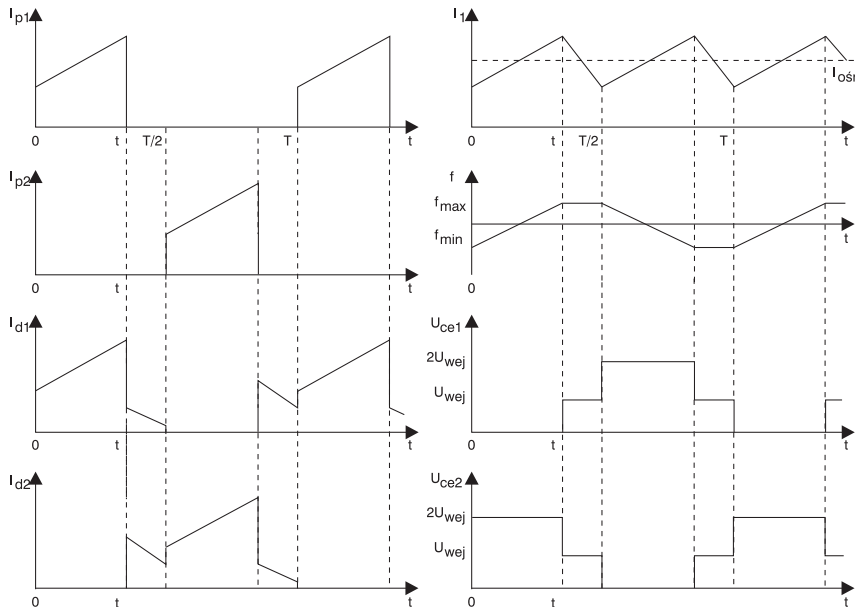
a diody umożliwiają przepływ prądu magnesującego umożliwiającego utrzymanie w rdzeniu wartości strumienia ϕ_{min} . Po czasie T cały proces powtarza się. Najbardziej istotne przebiegi prądów i napięć w obwodzie przetwornicy przeciwsołbnej przedstawia rys.18.

Ponieważ od strony uzwojenia wtórnego zasada działania oraz wzory opisujące pracę są dla przetwornicy przeciwsołbnej analogiczne jak dla przetwornicy przepustowej, zatem sposób obliczenia współczynnika tętnień jest identyczny. Współczynnik tętnień jest zatem równy (dla przepływu ciągłego):

$$\chi = (1-\gamma)/(8 * L * C * F)$$



Rys.17. Przetwornica przeciwsołbna-faza wyłączenia obu kluczy.



Rys.18. Przebiegi napięć i prądów w obwodzie przetwornicy przeciwsoonej.

Dla przetwornicy przeciwsoonej charakterystyczne jest, że częstotliwość wyjściowa jest dwukrotnie większa od częstotliwości przełączania tranzystorów. Jest to cecha bardzo korzystna, gdyż współczynnik tętnień maleje czterokrotnie w porównaniu z przetwornicą przepustową. Ponadto przetwornica przeciwsoona umożliwia pracę z dużym współczynnikiem wypełnienia przebiegu sterującego, co sprawia, że licznik wyrażenia równy $1-\gamma$ osiąga małą wartość.

W przetwornicy przeciwsoonej lepsze jest także wykorzystanie rdzenia transformatora. Mając na uwadze maksymalną wartość indukcji nasycenia B_{max} , bipolarne zmiany wartości strumienia umożliwiają zmniejszenie wielkości rdzenia bez obawy o jego nasycenie, albo też dwukrotne zwiększenie zmian wartości strumienia w rdzeniu. Mniejsze są także straty energii związane z histerezą materiału ferromagnetycznego rdzenia (straty te są proporcjonalne do pola powierzchni obejmowanego przez pętlę histerezy). Przy przetwarzaniu takiej samej mocy w porównaniu z przetwornicą przepustową, z uwagi na podwojenie częstotliwości przetwarzania, przetwornica przeciwsoona zapewnia dwukrotne zmniejszenie przekładni transformatora. To z kolei powoduje zmniejszenie indukcyjności rozproszeń oraz poprawia sprawność konwertera (mniej energii traczone jest na rezystancji uzwojenia). Podwojenie częstotliwości przetwarzania powoduje także, że maksymalna wartość prądu płynącego w uzwojeniu pierwotnym jest mniejsza niż w przypadku przetwornicy przeciw-

soonej, co zmniejsza przepięcia podczas wyłączenia tranzystorów kluczujących, a więc zmniejsza poziom zakłóceń na wyjściu konwertera.

Przetwornica przeciwsoona posiada zatem wiele korzystnych cech w porównaniu z przetwornicą zaporową i przepustową, co preferuje ją do konstrukcji konwerterów o małym poziomie zakłóceń i tętnień wyjściowych.

Przetwornica półmostkowa

Przetwornica półmostkowa stanowi odmianę przetwornicy przeciwsoonej. Jej podstawowy schemat ideowy przedstawia rys.19.

W tej przetwornicy strona pierwotna składa się tylko z jednego uzwojenia, które jest naprzemiennie przyłączane do napięć $U_{wej}/2$ oraz $-U_{wej}/2$ uzyskiwanych z pojemnościowego dzielnika napięcia (zrealizowanego z kondensatorów C_1 i C_2 , gdzie $C_1=C_2$). Upraszcza to znacznie konstrukcję transformatora kosztem większego skomplikowania układu sterującego tranzystorami przełączającymi.

Tranzystory te są mniej narażane napięciowo (maksymalne napięcie U_{ce} jest równe napięciu wejściowemu U_{wej}), jednakże dla zachowania takiej samej przenoszonej mocy muszą przewodzić dwukrotnie większy prąd. Dla przetwornic obniżających napięcie, rozwiązanie przetwornicy półmostkowej jest korzystne, gdyż można dwukrotnie zmniejszyć przekładnię transformatora, co zmniejsza indukcyjności rozproszenia i tym samym zmniejsza wytwarzane zakłócenia. Natomiast dla

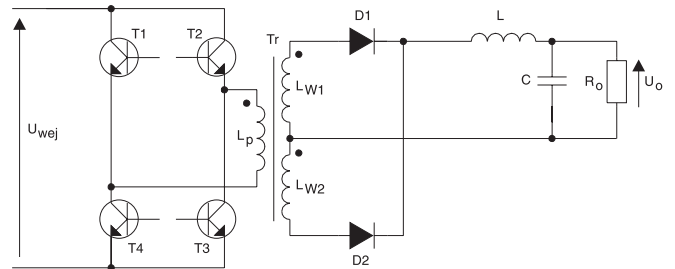
przetwornic podwyższających napięcie, a zwłaszcza pracujących przy niskim napięciu wejściowym, istnieje konieczność dwukrotnego zwiększenia przekładni, co odpowiednio zwiększa indukcyjności rozproszeń i poziom generowanych zakłóceń. Dlatego przetwornica taka jako podwyższająca napięcie z punktu widzenia zakłóceń nie jest korzystna.

Przetwornica mostkowa

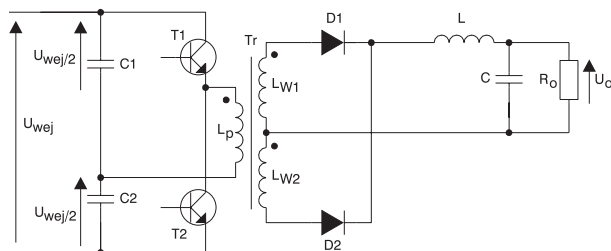
Przetwornica mostkowa stanowi kolejną odmianę przetwornicy przeciwsoonej. Jej podstawowy schemat ideowy przedstawia rys.20.

Także i w tym przypadku strona pierwotna składa się z jednego uzwojenia. Tranzystory kluczujące pracują parami i naprzemiennie (tzn. T1 i T3 oraz T2 i T4). Poprzez naprzemienne sterowanie tych tranzystorów uzwojenie pierwotne jest dołączane do napięcia U_{wej} lub $-U_{wej}$. Przebiegi prądów i napięć na stronie wtórnej są analogiczne jak dla przetwornicy przeciwsoonej. Identyfikacyjnie zachowuje się także strumień magnetyczny w rdzeniu transformatora. Przetwornica mostkowa eliminuje dla przetwornicy podwyższającej napięcie konieczność zwiększania przekładni, jednak bardzo komplikuje się sterowanie tranzystorami. Poza tym dla niskich napięć wejściowych maksymalne napięcie przyłożone do uzwojenia pierwotnego jest równe tylko $U_{wej}-2U_{ce_{sat}}$, natomiast dla klasycznej przetwornicy przeciwsoonej jest większe i wynosi $U_{wej}-U_{ce_{sat}}$. Jeżeli chodzi o wielkość tętnień i zakłócających impulsów szpilkowych, to są one podobne jak w przetwornicy przeciwsoonej, lecz komplikacje związane ze sterowaniem tranzystorów są cechą niekorzystną.

Adam Myalski



Rys.20. Schemat ideowy przetwornicy mostkowej.



Rys.19. Schemat ideowy przetwornicy półmostkowej.