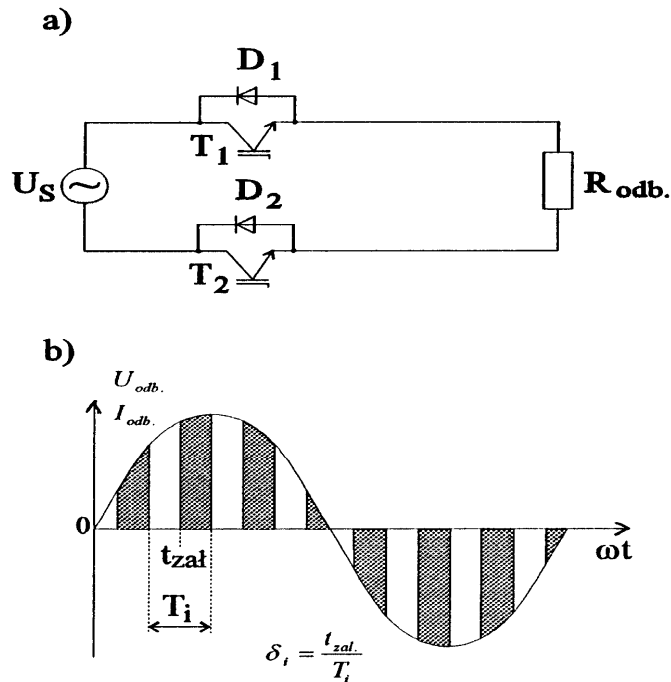


1. Zasada regulacji impulsowej napięcia przemiennego

Sterowanie impulsowe polega na załączaniu i wyłączaniu zaworów (w pełni sterowalnych) z częstotliwością wielokrotnie większą od częstotliwości napięcia zasilającego. Schemat ideowy jednofazowego sterownika napięcia przemiennego przedstawiony jest na rys. 1.

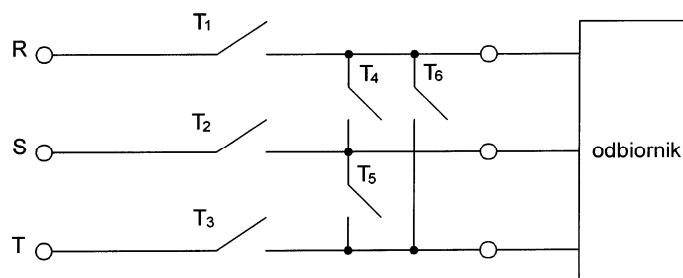


Rys. 1. Sterownik 1-fazowy napięcia przemiennego obciążony R sterowany impulsowo:

a) schemat ideowy, b) przebieg napięcia i prądu odbiornika o charakterze R

2. Sterowanie z „czasem martwym”

Poniżej przedstawiono uproszczony schemat zastępczy obwodu głównego trójfazowego sterownika napięcia przemiennego o sterowaniu impulsowym.

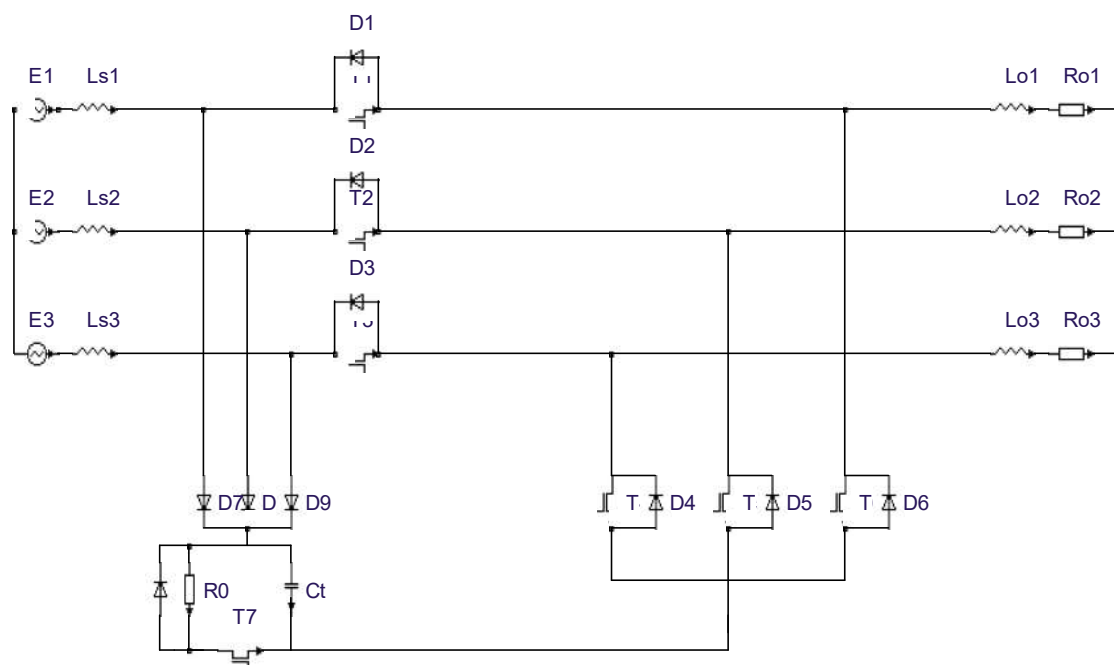


Rys. 2. Schemat zastępczy 3-fazowego sterownika napięcia przemiennego o sterowaniu impulsowym

Obwód sterownika składa się z łączników źródła (T1, T2, T3) oraz z łączników odbiornika (T4, T5, T6). Obie grupy zaworów wyzwalane są naprzemiennie. W celu wyeliminowania zwarć międzyfazowych źródła podczas komutacji łączników źródła i odbiornika stosuje się sterowanie tych łączników z „czasem martwym”. „Czasem martwym” nazywamy przedział Δt między impulsami załączającymi łączniki źródła a impulsami załączającymi łączniki odbiornika. Jest on niezbędny do odzyskania zdolności zaporowych tych łączników.

3. Trójfazowy sterownik napięcia przemiennego sterowany impulsowo

Uproszczony schemat ideowy 3-fazowego sterownika napięcia przemiennego przedstawiono na rys. 3.

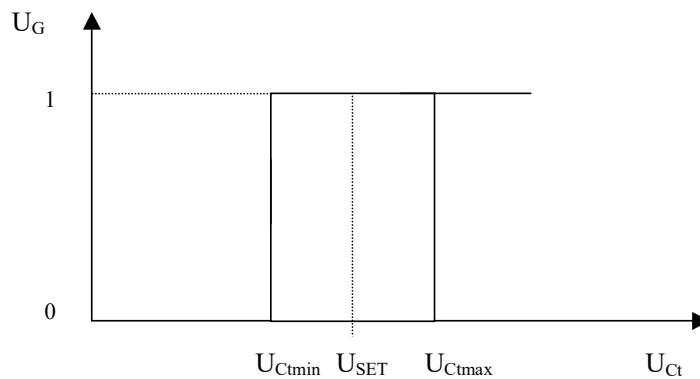


Rys. 3. Schemat ideowy obwodu silnoprądowego sterownika napięcia o sterowaniu impulsowym

Tranzystory T1, T2, T3 (łączniki źródła) służą do okresowego włączania i wyłączania trójfazowego źródła zasilającego odbiornik. W czasie ich przewodzenia odbiornik jest przyłączony do źródła. Tranzystory T4, T5, T6 (łączniki odbiornika) są wykorzystywane do zwierania odbiornika, umożliwiając przepływ prądu odbiornika (wymuszony przez indukcyjności odbiornika) przy wyłączonych łącznikach źródła. Kiedy

tranzystory T4, T5, T6 są włączone, odbiornik jest zwarty. Przy wyłączonych wszystkich tranzystorach („czas martwy”) odbiornik jest w stanie odłączenia. Diody D1÷D6 spełniają dwie funkcje: umożliwiają przepływ prądów odbiornika w stanie włączenia i zwarcia odbiornika oraz przepływ prądów w układzie obejściowo - tłumiącym w stanie odłączenia odbiornika.

Diody D7, D8, D9, eliminujące oscylacje pomiędzy pojemnością C_t a indukcyjnością sieci. Kondensator tłumiący C_t , rezystor obciążający R_o , dioda zwrotna D_o oraz tranzystor T7 tworzą układ obejściowo – tłumiący. Zastosowanie tego układu ma na celu ograniczenie poziomu przepięć na tranzystorach T1÷T6 powstających w stanach odłączenia i w stanach zwarcia odbiornika. Amplitudy tych przepięć ograniczone są do wartości napięcia na kondensatorze C_t . Wartość napięcia na kondensatorze utrzymywana jest za pomocą obciążenia aktywnego. W układzie tym w celu wyeliminowania strat mocy przy wyłączeniu lub pełnym wysterowaniu sterownika rezystor R_o obciążający kondensator C_t jest włączony za pomocą tranzystora T7 o histerezowej charakterystyce załączania.

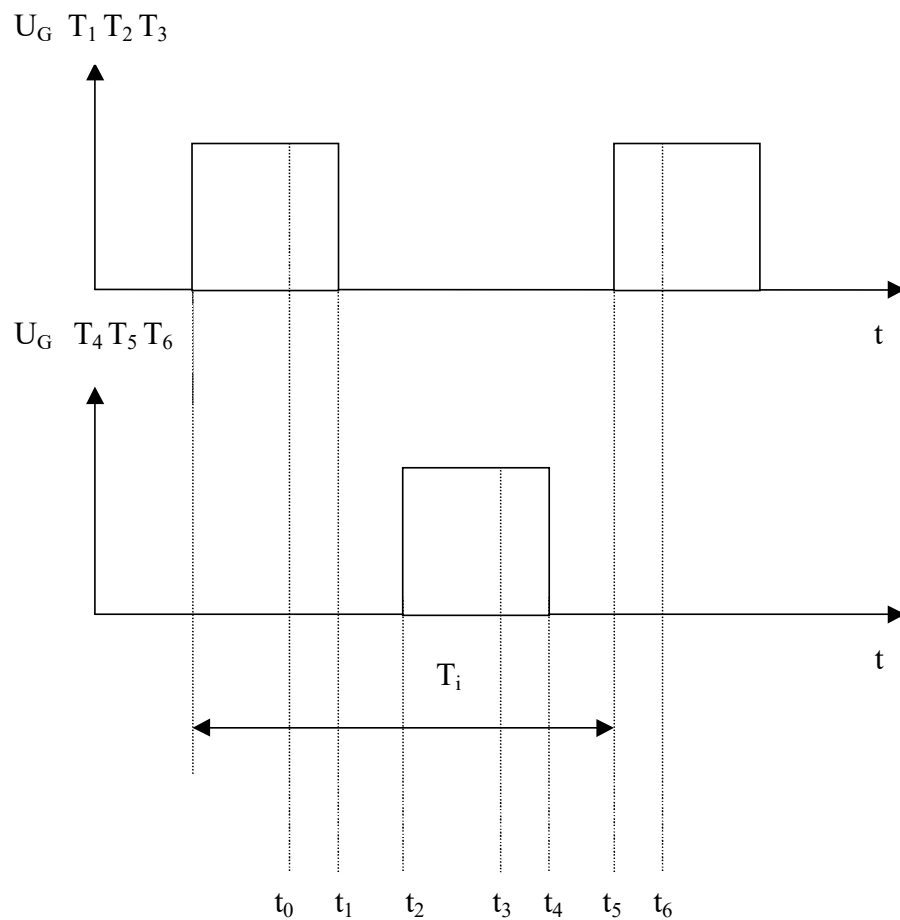


Rys. 4. Charakterystyka statyczna załączania tranzystora T7.

Przekroczenie zadanej wartości maksymalnej U_{Ctmax} powoduje załączenie tranzystora T7 i rozładowanie kondensatora przez opornik obciążający R_o do wartości U_{Ctmin} i w efekcie wyłączenie tranzystora T7. Proces ten powtarza się cyklicznie. Dioda D_o (bocznikująca rezystor R_o) zapobiega uszkodzeniu tranzystora T7, mogącego powstać w wyniku przepięć wywołanych SEM samoindukcji w ewentualnych indukcyjnościach rezystora R_o .

4. Algorytm sterowania trójfazowym sterownikiem napięcia przemiennego o sterowaniu impulsowym

Sekwencja sterowania poszczególnymi kluczami układu (rys. 3) została zaprezentowana poniżej.



Rys. 5. Przedziały czasu w cyklu łączeniowym

Dla łatwiejszego zrozumienia działania obwodu silnopiędowego założyć można, że w przedziałach czasu $(t_0 - t_1)$ i $(t_5 - t_6)$, kiedy łączniki źródła są załączone, prądy i_{S1} , i_{S2} płyną ze źródła przez tranzystory T1, T2 do odbiornika, sumują się i wracają do źródła E₃ poprzez diodę D3 w postaci prądu i_{S3} (zgodnie z prawem Kirchoffa: $i_{S3} = i_{S1} + i_{S2}$).

W przedziale czasowym ($t_1 - t_2$) („czas martwy”) rozpoczyna się stan nieustalony spowodowany wyłączeniem łączników źródła (T1, T2, T3), w którym następuje:

- wyindukowanie SEM samoindukcji w indukcjach źródła oraz odbiornika,
- ograniczenie wartości indukowanych SEM do wartości napięcia U_{C_t} na kondensatorze C_t układu obejściowo – tłumiącego.

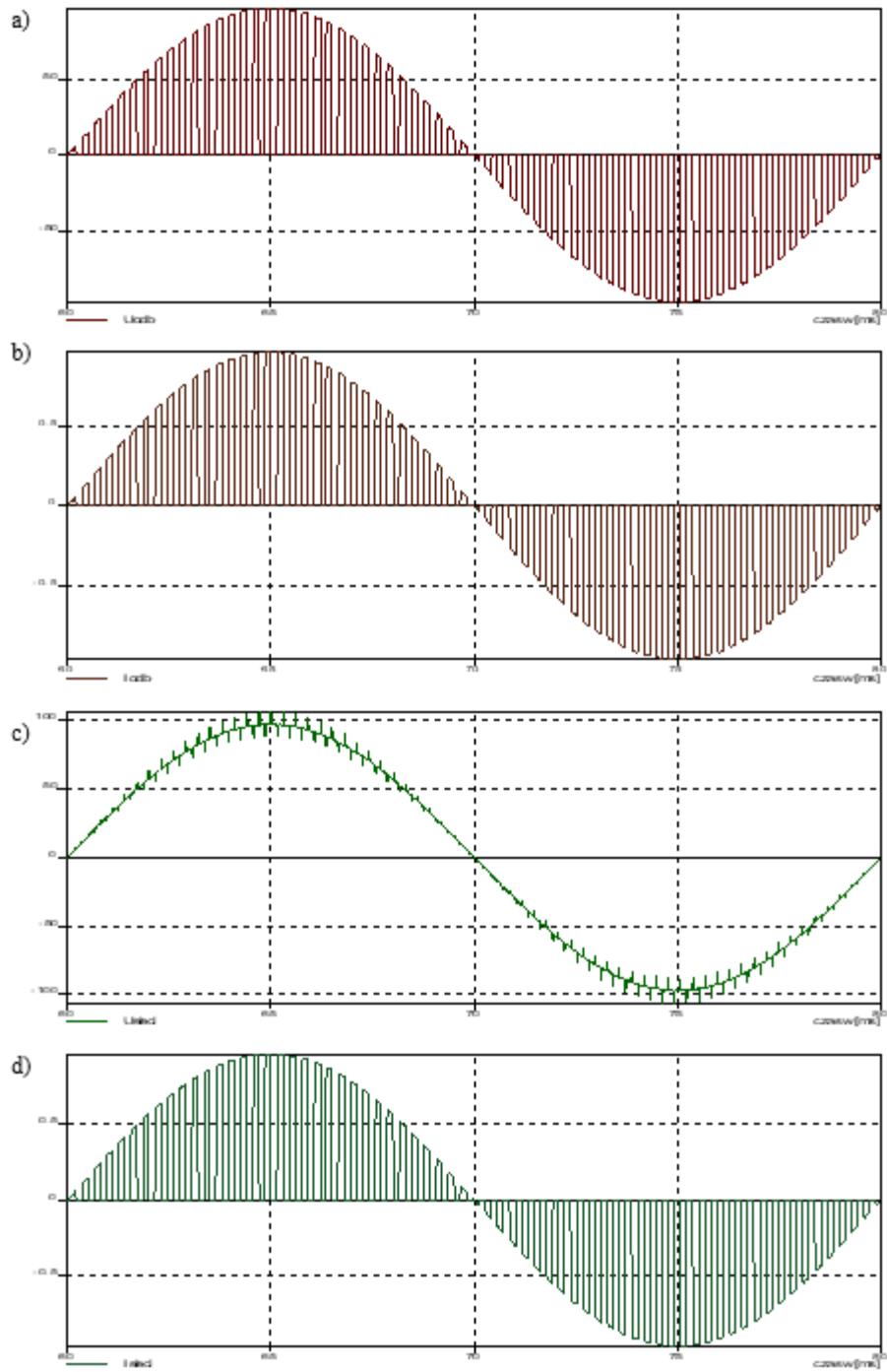
Prąd źródła i_{S3} nie zmienia wartości, natomiast na skutek energii zgromadzonej w indukcjach źródła zostaje wymuszony przepływ prądów i_{S1} , i_{S2} , które przepływają przez diody D7, D8, kondensator C_t , diody D5, D6, odbiornik oraz diodę D3 do źródła E_3 . W konsekwencji przepływów tych prądów kondensator ładuje się.

W przedziale czasu ($t_2 - t_3$) po włączeniu łączników odbiornika kontynuowany jest stan nieustalony zaniku prądów źródła i rozpoczyna się zanik prądu i_{S3} oraz występuje stan zwarcia odbiornika. Napięcia fazowe odbiornika przyjmują w tym stanie wartości zerowe.

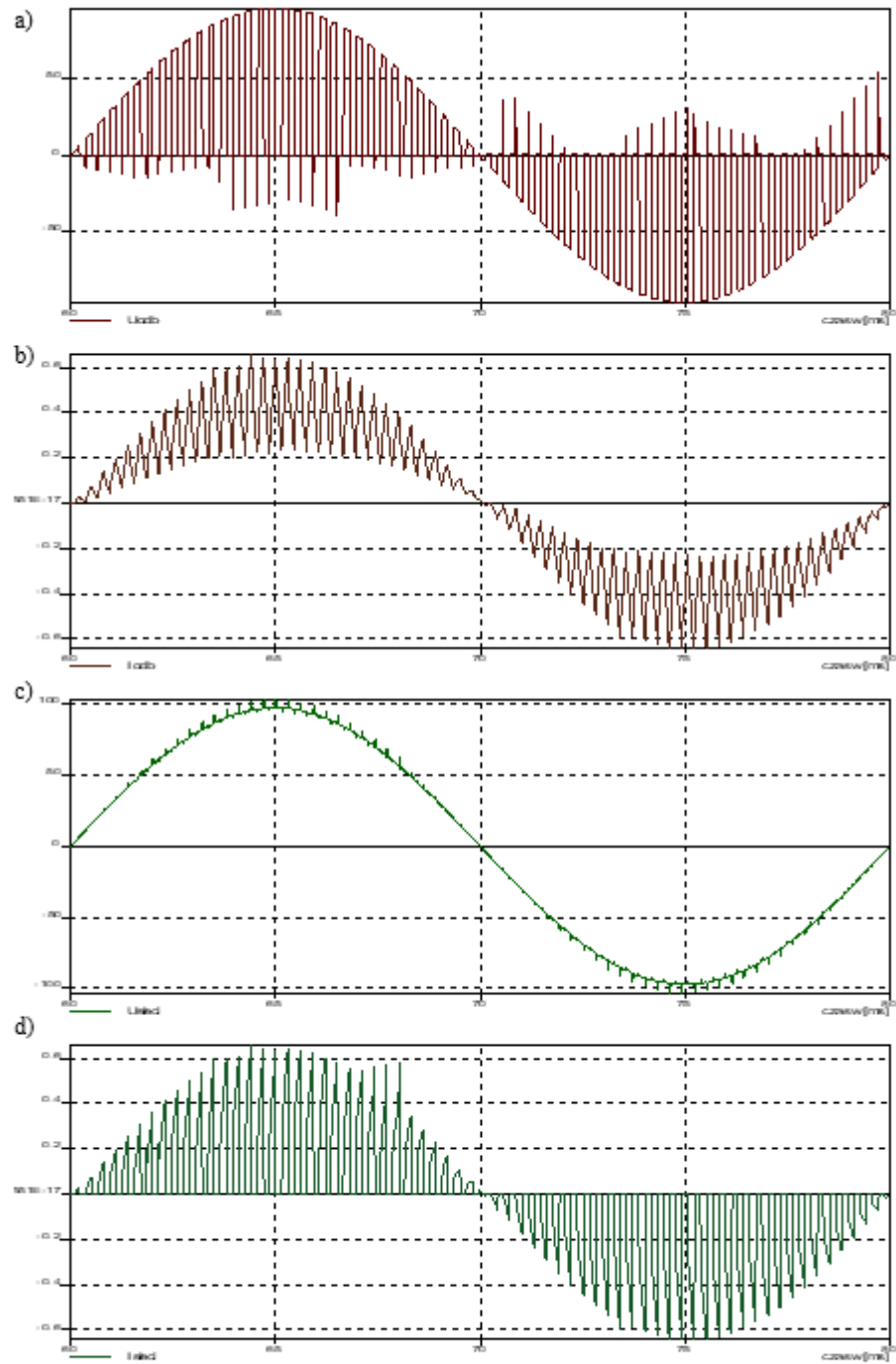
W przedziale czasu ($t_3 - t_4$) w stanie zwarcia odbiornika zanik prądów źródła jest zakończony, natomiast prądy odbiornika wymuszone energią zmagazynowaną w jego indukcjach płyną przez tranzystor T4, diody D5, D6 z powrotem do odbiornika.

W przedziale czasu ($t_4 - t_5$) („czas martwy”) po wyłączeniu łączników odbiornika, rozpoczyna się drugi w okresie impulsowania stan nieustalony ze zjawiskami podobnymi jak w przedziale ($t_1 - t_2$). Występuje wówczas zjawisko przeciwdziałania zmianie wartości prądów odbiornika przez wyindukowanie w indukcjach odbiornika sił elektromotorycznych, powodujących przepływ prądów źródeł i_{S1} , i_{S2} . Prądy te płyną przez diody D7, D8, kondensator C_t , diody D5, D6, odbiornik oraz diodę D3 do źródła.

5. Przykładowe przebiegi wybranych sygnałów dla odbiornika o charakterze rezystancyjnym i rezystancyjno – indukcyjnym



Przebiegi napięć i prądów fazowych przy obciążeniu R ($R_o = 100\Omega$) dla $f_i = 3.33 \text{ kHz}$, $\delta = 0.5$; a) napięcie odbiornika, b) prąd odbiornika, c) napięcie sieci, d) prąd sieci.



Przebiegi napięć i prądów fazowych przy obciążeniu RL ($R_0 = 100\Omega$, $L_0 = 15\text{mH}$) dla $f = 3.33\text{ kHz}$, $\delta = 0.5$; a) napięcie odbiornika, b) prąd odbiornika, c) napięcie sieci, d) prąd sieci.