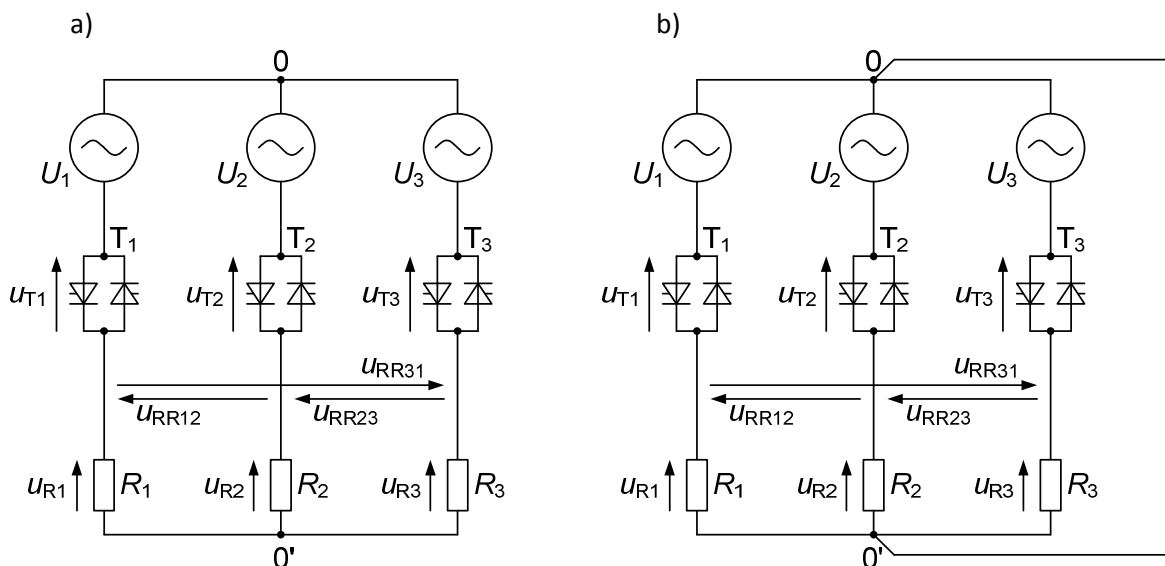


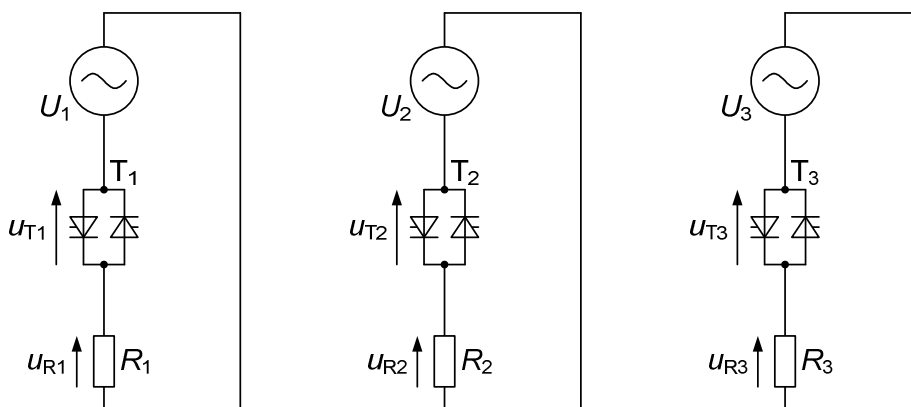
Trójfazowy, tyrystorowy regulator napięcia przemiennego

Schematy trójfazowego, tyrystorowego regulatora napięcia przemiennego zamieszczono na rysunku 1. Rysunek 1a przedstawia trójfazowy, tyrystorowy regulator napięcia przemiennego bez przewodu neutralnego, natomiast rysunek 1b przedstawia regulator z dodatkowym przewodem neutralnym.



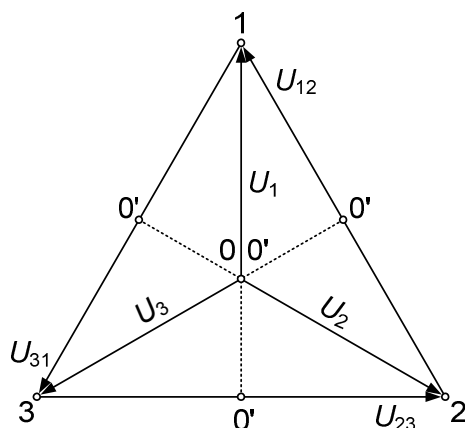
Rysunek 1: Schemat trójfazowego, tyrystorowego regulatora napięcia przemiennego, a) bez przewodu neutralnego, b) z przewodem neutralnym.

Analiza trójfazowego, tyrystorowego regulatora napięcia przemiennego z dodatkowym przewodem neutralnym (rysunek 1b) jest bardzo prosta. Z uwagi na dołączony przewód neutralny, układ ten można rozdzielić na trzy niezależne układy jednofazowe (rysunek 2).



Rysunek 2: Trzy niezależne układy jednofazowe regulatora napięcia przemiennego.

Sytuacja komplikuje się dla układu bez przewodu neutralnego (rysunek 1a). Do analizy tego układu niezbędny jest wykres wskazowy (rysunek 3).



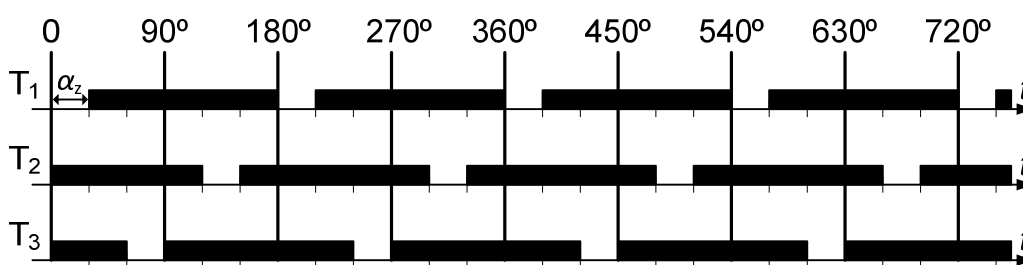
Rysunek 3: Wykres wskazowy.

Na wykresie wskazowym zamieszczono wektory napięć zasilających: fazowych (U_1, U_2, U_3) oraz międzyfazowych (U_{12}, U_{23}, U_{31}), symbolem 0 oznaczono potencjał punktu neutralnego, natomiast symbolem $0'$ oznaczono możliwe położenia potencjału punktu zerowego odbiornika.

Gdy w układzie przewodzą wszystkie trzy fazy, potencjał punktu zerowego odbiornika $0'$ znajduje się w środku wykresu wskazowego ($0 = 0'$). Gdy przewodzą tylko dwie fazy, potencjał punktu zerowego odbiornika $0'$ znajduje się w połowie jednego z trzech wektorów napięć międzyfazowych U_{12}, U_{23} lub U_{31} .

Gdy przewodzą fazy 1 i 2, potencjał punktu zerowego $0'$ znajduje się w połowie wektora U_{12} , gdy przewodzą fazy 2 i 3, potencjał punktu zerowego $0'$ znajduje się w połowie wektora U_{23} , natomiast gdy przewodzą fazy 1 i 3, potencjał punktu zerowego $0'$ znajduje się w połowie wektora U_{31} .

Aby wykreślić przebiegi trójfazowego, tyrystorowego regulatora napięcia przemiennego bez przewodu neutralnego należy najpierw określić chwile przewodzenia poszczególnych grup tyrystorów (T_1, T_2, T_3). Chwile przewodzenia poszczególnych grup tyrystorów określa się w zależności od wartości kąta załączenia α_z . Na rysunku 4 zamieszczono przykładowe wykresy obrazujące przewodzenie poszczególnych grup tyrystorów dla kąta załączenia wynoszącego $\alpha_z = 30^\circ$.



Rysunek 4: Wykresy obrazujące przewodzenie poszczególnych grup tyrystorów oraz kąt załączenia α_z .

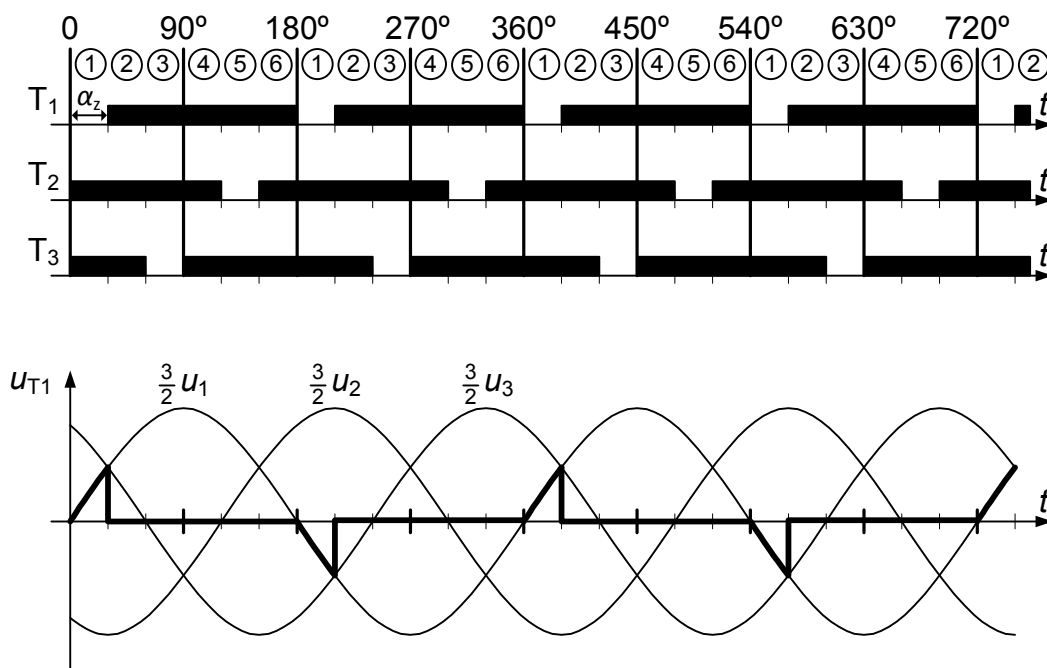
Warto zwrócić uwagę, że każdy z wykresów jest przesunięty względem pozostałych o 120° . Tyrystory mogą przewodzić, gdy wartość kąta załączenia zawiera się w przedziale od 0 do 120° . Dla kątów wyższych niż 120° wszystkie tyrystory są wyłączone, prąd nie płynie w żadnej fazie.

Korzystając z wykresu wskazowego (rysunek 3) oraz z wykresów obrazujących przewodzenie poszczególnych grup tyrystorów (rysunek 4), można wyznaczyć przebiegi trójfazowego, tyrystorowego regulatora napięcia przemiennego.

Na rysunku 5 zamieszczono przebiegi napięcia u_{T1} dla kąta załączenia $\alpha_z = 30^\circ$. W celu ułatwienia analizy, wprowadzono sześć przedziałów. Przedziały oznaczono symbolami od ① do ⑥. W przedziale ① grupa tyrystorów T_1 nie przewodzi, nie płynie też prąd przez rezystor R_1 , dlatego

spadek napięcia $u_{R1} = 0$, w związku z tym napięcie u_{T1} jest równe różnicy potencjałów: fazy pierwszej U_1 oraz punktu zerowego $0'$. Z wykresu wskazowego można odczytać, że napięcie $u_{T1} = 3/2u_1$ (potencjał punktu zerowego $0'$ znajduje się w połowie wektora napięcia U_{23}).

W przedziałach od ② do ⑥ grupa tyrystorów T_1 przewodzi prąd, dlatego napięcie $u_{T1} \approx 0$.



Rysunek 5: Przebiegi napięcia u_{T1} wraz z wykresami obrazującymi przewodzenie poszczególnych grup tyrystorów T_1, T_2, T_3 , dla kąta załączenia $\alpha_z = 30^\circ$.

Na rysunku 6 zamieszczono przebiegi napięcia u_{RR12} dla kąta załączenia $\alpha_z = 30^\circ$. Podobnie jak powyżej, w celu ułatwienia analizy, wprowadzono sześć przedziałów.

W przedziale ① na podstawie powyższej analizy wiadomo, że $u_{R1} = 0$, dlatego napięcie u_{RR12} jest różnicą potencjałów: punktu neutralnego $0'$ oraz fazy drugiej U_2 . Posiłkując się wykresem wskazowym można odczytać, że $u_{RR12} = -1/2u_{23}$ (potencjał punktu zerowego $0'$ znajduje się w połowie wektora napięcia U_{23}).

W przedziałach ②, ③ i ④ przewodzą grupy tyrystorów T_1 oraz T_2 , spadek napięcia na przewodzących tyrystorach jest w przybliżeniu równy zero: $u_{T1} \approx 0$ oraz $u_{T2} \approx 0$. Dlatego napięcie $u_{RR12} = u_{12}$.

W przedziale ⑤ przestaje przewodzić grupa tyrystorów T_2 , dlatego spadek napięcia $u_{R2} = 0$. W związku z tym napięcie u_{RR12} jest różnicą potencjałów: fazy pierwszej U_1 oraz punktu neutralnego $0'$. Posiłkując się wykresem wskazowym można odczytać, że $u_{RR12} = -1/2u_{31}$ (potencjał punktu zerowego $0'$ znajduje się w połowie wektora napięcia U_{31}).

W przedziale ⑥ ponownie przewodzą grupy tyrystorów T_1 oraz T_2 , dlatego podobnie jak w przedziałach ②, ③ i ④, napięcie $u_{RR12} = u_{12}$.

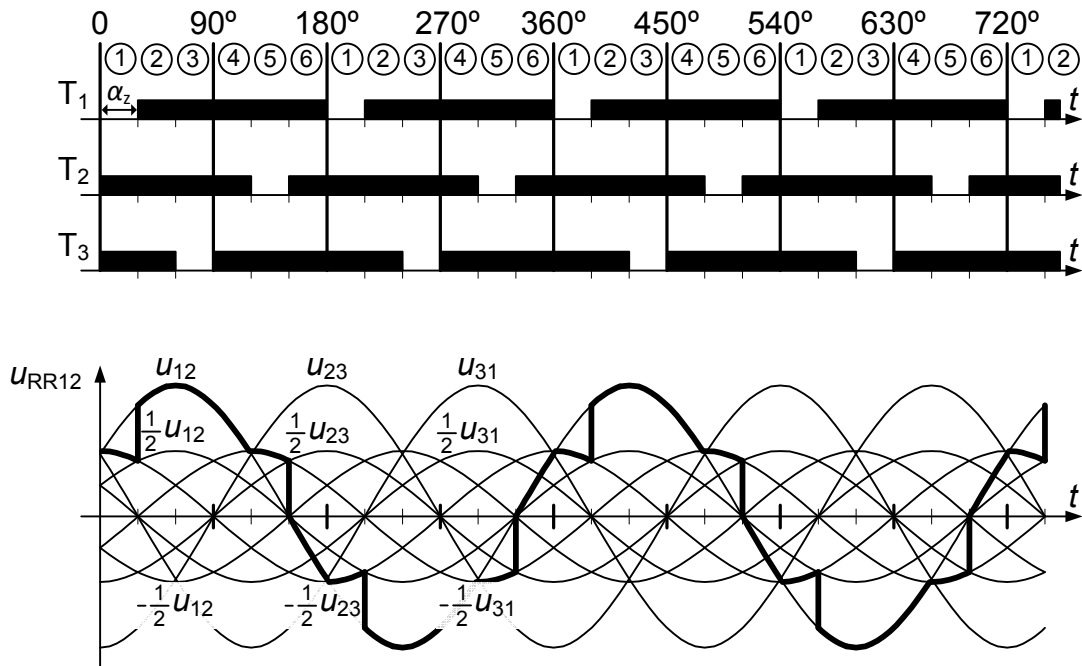
Na rysunku 7 zamieszczono przebiegi napięcia u_{R1} dla kąta załączenia $\alpha_z = 30^\circ$. Podobnie jak powyżej, w celu ułatwienia analizy, wprowadzono sześć przedziałów.

W przedziale ① na podstawie powyższej analizy wiadomo, że $u_{R1} = 0$.

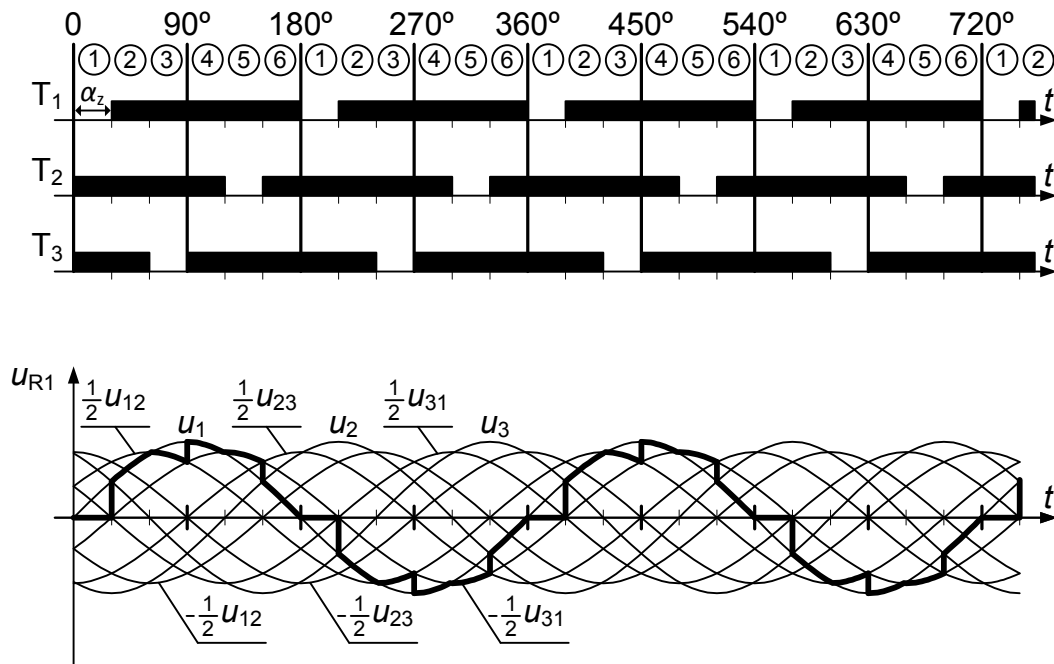
W przedziałach ②, ④ oraz ⑥ przewodzą wszystkie trzy grupy tyrystorów (T_1, T_2, T_3), dlatego potencjał punktu zerowego $0'$ znajduje się w środku wykresu wskazowego i jest równy potencjałowi punktu neutralnego ($0' = 0$). Ponieważ przewodzi grupa tyrystorów T_1 , dlatego napięcie u_{R1} jest równe różnicy potencjałów: fazy pierwszej U_1 oraz punktu neutralnego 0 , czyli po prostu $u_{R1} = u_1$.

W przedziale ③ nie przewodzi grupa tyrystorów T_3 , dlatego potencjał punktu zerowego $0'$ znajduje się w połowie wektora U_{12} , stąd na podstawie wykresu wskazowego można odczytać, że $u_{R1} = -1/2u_{23}$.

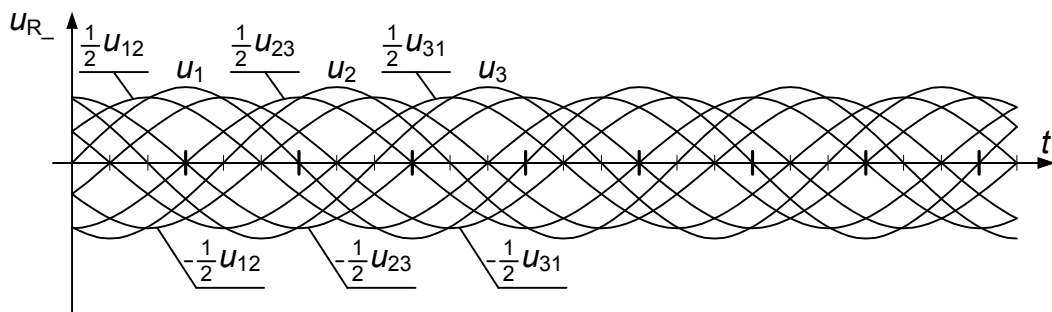
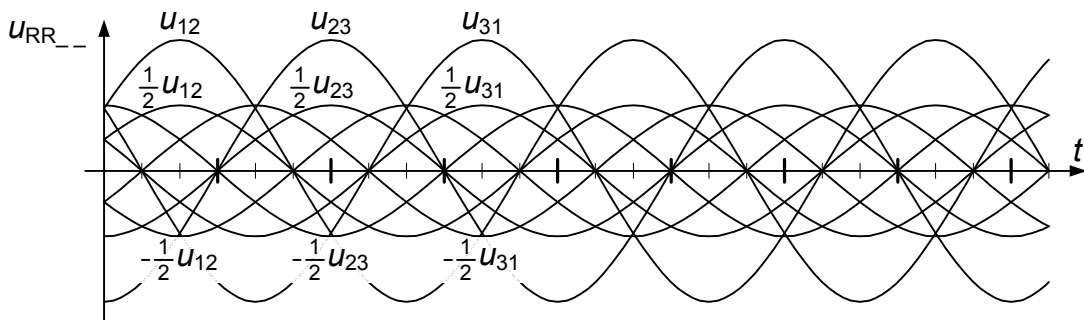
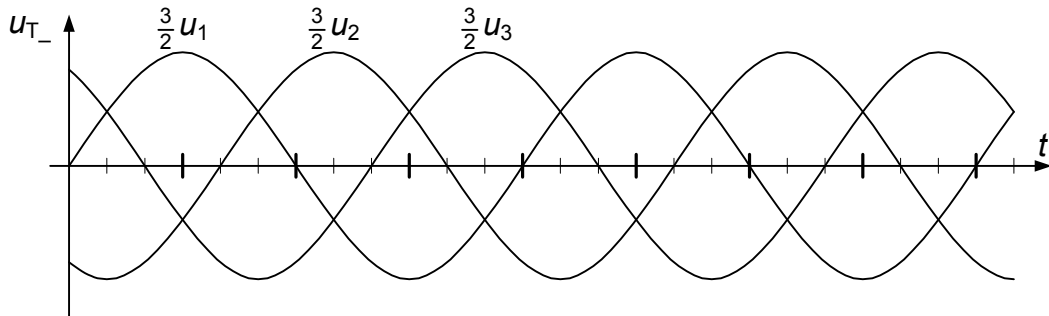
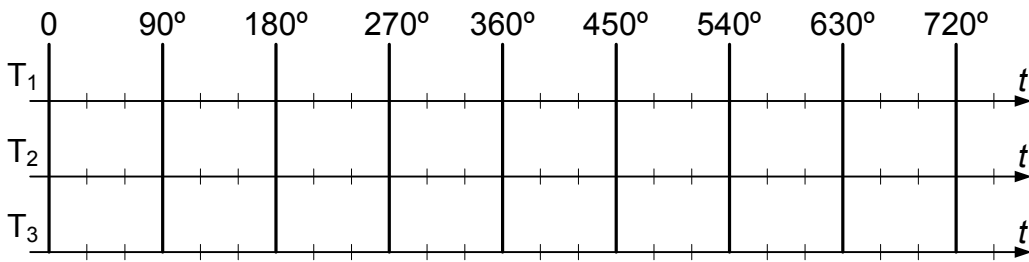
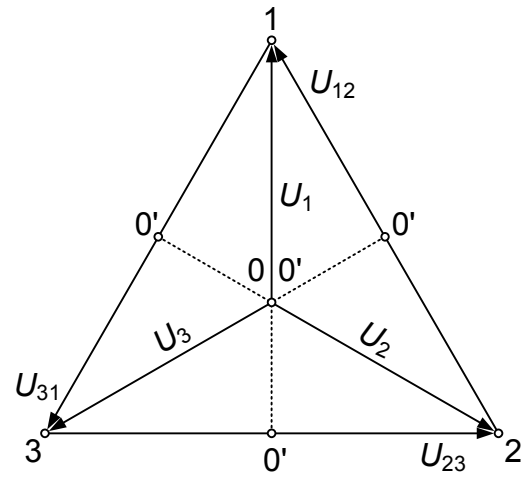
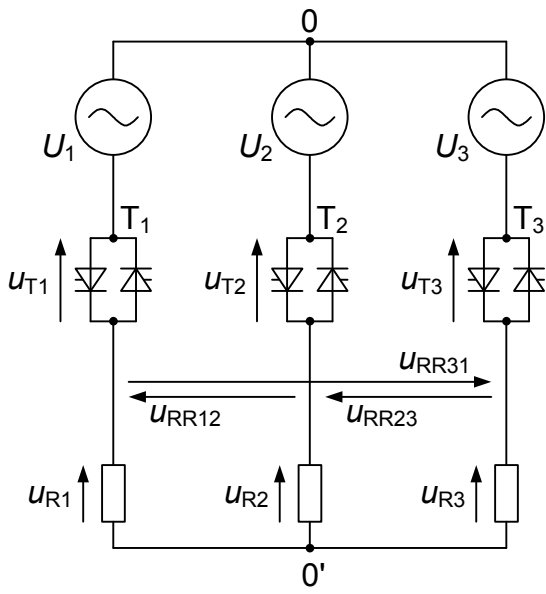
W przedziale ⑤ nie przewodzi grupa tyrystorów T_2 , dlatego potencjał punktu zerowego O' znajduje się w połowie wektora U_{31} , stąd na podstawie wykresu wskazowego można odczytać, że $u_{R1} = -1/2 u_{31}$.



Rysunek 6: Przebiegi napięcia u_{RR12} wraz z wykresami obrazującymi przewodzenie poszczególnych grup tyrystorów T_1 , T_2 , T_3 , dla kąta załączenia $\alpha_z = 30^\circ$.



Rysunek 7: Przebiegi napięcia u_{R1} wraz z wykresami obrazującymi przewodzenie poszczególnych grup tyrystorów T_1 , T_2 , T_3 , dla kąta załączenia $\alpha_z = 30^\circ$.



Trójfazowy, tyrystorowy regulator napięcia przemiennego

Autor: Dawid Makiela

Licencja: CC BY 4.0