

## Prostownik sterowany

Przedmiotem wynalazku jest prostownik sterowany służący do zasilania odbiorników i sieci napięcia stałego, zwłaszcza o wartości przewyższającej amplitudę napięcia zasilającego.

Znany z opisu patentowego PL 167855 oraz *European Patent Office* 660 498 A2 20.12.1994 układ wielofazowego prostownika sterowanego zawiera  $n$  mostków prostowniczych sterowanych jednofazowych, gdzie  $n$  jest liczbą naturalną, przy czym każdy diodowy mostek prostowniczy swym wyjściem stałoprądowym włączony jest pomiędzy dwie gałęzie mostka prostowniczego  $n$ -fazowego oraz na wyjściu stałoprądowym zawiera łącznik półprzewodnikowy. Wejście przemiennoprądowe każdego z mostków prostowniczych jednofazowych jest włączone do źródła napięcia zasilającego mostek prostowniczy  $n$ -fazowy lub przyłączone do napięcia fazowego.

Niedogodnością znanego układu PL 167855 jest to, że nie ma możliwości wyłączenia prądu zasilającego prostownik sterowany. Celem wynalazku jest umożliwienie wyłączenia prądu zasilającego prostownik sterowany.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że mostek prostowniczy jednofazowy zawiera co najmniej jedną gałąź mostka przyłączoną do wyjścia stałoprądowego mającą elementy prostownicze tyrystorowe, których wspólny zacisk jest połączony ze źródłem napięcia przemiennego. Druga gałąź mostka ma elementy prostownicze diodowe.

Obciążenie składa się z dwóch szeregowo połączonych odbiorników z równolegle połączonymi kondensatorami, których zacisk wspólny jest połączony do zacisku przemiennonapięciowego gałęzi zawierającej elementy prostownicze diodowe. Do odbiornika są połączone równolegle dwa kondensatory szeregowo, których zacisk wspólny jest połączony do zacisku przemiennonapięciowego gałęzi zawierającej elementy prostownicze diodowe.

Korzystnymi skutkami wynalazku są możliwość regulacji początkowego prądu ładowania elementów pojemnościowych w obwodzie napięcia stałego oraz możliwość wyłączenia prądu pobieranego przez prostownik z sieci napięcia przemiennego.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładach wykonania na rysunkach, na którym fig.1 przedstawia schemat układu prostownika z jednym napięciem stałym na wyjściu, fig.2 przedstawia schemat układu prostownika z dwoma napięciami stałymi na wyjściu, a fig.3- schemat układu prostownika z jednym napięciem stałym na wyjściu i dwoma szeregowymi kondensatorami.

Układ prostownika sterowanego według fig. 1 ma na wejściu zasilającym włączony szeregowo ze źródłem  $\underline{V}$  element indukcyjny  $\underline{Ld}$ . Wyjście elementu indukcyjnego  $\underline{Ld}$  jest połączone z pierwszym zaciskiem  $\underline{a1}$  wejścia przemiennonapięciowego prostownika sterowanego  $\underline{DP}$ , którego drugi zacisk  $\underline{a2}$  jest połączony ze źródłem napięcia  $\underline{V}$  szeregowo połączonym z elementem indukcyjnym  $\underline{Ld}$ . Do zacisku  $\underline{a1}$  prostownika sterowanego  $\underline{DP}$  jest przyłączona gałąź z elementami prostowniczymi sterowanymi o komutacji zewnętrznej w postaci tyrystorów  $\underline{DY1}$ ,  $\underline{DY2}$  a do drugiego zacisku  $\underline{a2}$  prostownika sterowanego  $\underline{DP}$  jest przyłączona gałąź prostownika sterowanego z elementami prostowniczymi niesterowanymi w postaci diod  $\underline{D13}$ ,  $\underline{D14}$ . Z tymi gałęziami elementów prostowniczych połączony jest łącznik półprzewodnikowy  $\underline{D1}$ , który stanowi

przełączający tranzystor mocy zwierający i rozwierający wyjście stałoprądowe prostownika sterowanego DP. Wyjście stałoprądowe mostka prostowniczego DP jest połączone poprzez element prostowniczy niesterowany D15 z zaciskiem wyjściowym napięcia stałego +Vdc1. Drugie wyjście stałoprądowe mostka prostowniczego DP jest połączone poprzez element prostowniczy niesterowany D12 z drugim zaciskiem wyjściowym napięcia stałego -Vdc2. Do zacisków wyjściowych napięcia stałego +Vdc1, -Vdc2 połączony jest równolegle do odbiornika LOD element pojemnościowy CD, w postaci kondensatora lub baterii akumulatorów.

Prostownik DP jest zasilany ze źródła napięcia przemiennego V poprzez element indukcyjny Ld oraz poprzez element pomiarowy prądu DUPI, którego wyjście pomiarowe lad jest podawane do układu regulacji prostownika sterowanego DS. Napięcie zasilające jest mierzone układem pomiarowym napięcia DUPV, którego wyjście pomiarowe Vad jest podawane do układu regulacji DS. Wyjście ST1 układu regulacji DS steruje pracą dwustanowego łącznika półprzewodnikowego D1. Sygnał z wyjścia SDY1 układu regulacji DS steruje pracą tyrystora DY1. Sygnał z wyjście SDY2 układu regulacji DS steruje pracą drugiego tyrystora DY2.

Układ działa w sposób niżej opisany. Praca prostownika sterowanego polega na sekwencyjnym przełączaniu łącznika półprzewodnikowego D1 przy jednoczesnym podaniu ciągłego sygnału z wyjścia SDY1 wyzwalającego przewodzenie tyrystora DY1 oraz przy jednoczesnym podaniu ciągłego sygnału z wyjścia SDY2 wyzwalającego przewodzenie drugiego tyrystora DY2. W chwili czasowej, gdy przemienne napięcie zasilające na zacisku a1 względem napięcia na zaciska 2 osiągnie wartość zero i po osiągnięciu wartości zerowej zaczyna narastać w kierunku wartości dodatnich, następuje zwarcie tranzystora - łącznika

półprzewodnikowego D1, powodując narastanie prądu zasilającego lad pobieranego ze źródła napięcia przemiennego V poprzez tyrystor DY1 i element prostowniczy niesterowany D14 i magazynowanie energii elektrycznej w elemencie indukcyjnym Ld. W chwili gdy prąd lad przekroczy wartość zadaną ldr następuje wyłączenie łącznika półprzewodnikowego D1 i energia zmagazynowana w elemencie indukcyjnym Ld oraz energia elektryczna pochodząca ze źródła napięcia zasilającego V jest przekazywana do wyjścia mostka prostowniczego DP poprzez tyrystor DY1 i element prostowniczy niesterowany D15, element pojemnościowy CD i równolegle połączony odbiornik LOD oraz poprzez elementy prostownicze niesterowane D12 i D14. Podczas przekazywania energii ze źródła napięcia przemiennego V i energii zgromadzonej w elemencie indukcyjnym LD do obwodu napięcia stałego złożonego z elementu pojemnościowego CD oraz odbiornika LOD prąd obwodu lad maleje. Z chwilą zmniejszenia prądu lad poniżej wartości zadanej ldr następuje ponowne załączanie łącznika tranzystorowego D1 i zaczyna się cykl ponownego kontrolowanego przekazywania energii z obwodu napięcia przemiennego do obwodu napięcia stałego.

W chwili czasowej, gdy przemienne napięcie zasilające na zacisku a1 względem zacisku a2 osiągnie wartość zero i po osiągnięciu wartości zerowej zaczyna narastać w kierunku wartości ujemnych, następuje zwarcie tranzystora w postaci łącznika D1, powodując narastanie prądu zasilającego lad pobieranego ze źródła napięcia przemiennego V poprzez elementy prostownicze D13 i DY2 i magazynowanie energii elektrycznej w elemencie indukcyjnym Ld. W chwili gdy prąd lad przekroczy wartość zadaną ldr następuje wyłączenie łącznika półprzewodnikowego D1 i energia zmagazynowana w elemencie indukcyjnym Ld oraz energia elektryczna pochodząca ze źródła napięcia przemiennego V są przekazywane do wyjścia mostka prostowniczego DP poprzez element

prostowniczy niesterowane D13 i D15 oraz przez element prostowniczy niesterowany D12 i przez tyrystor DY2. Następuje zasilanie elementu pojemnościowego CD i równolegle połączonego odbiornika LOD. Podczas przekazywania energii ze źródła napięcia przemiennego V i energii zgromadzonej w elemencie indukcyjnym LD do obwodu napięcia stałego złożonego z elementu pojemnościowego CD i równolegle połączonego odbiornika LOD, prąd obwodu I<sub>ad</sub> maleje. Z chwilą zmniejszenia prądu I<sub>ad</sub> poniżej wartości zadanej I<sub>rd</sub> następuje ponowne załączanie łącznika półprzewodnika D1 i zaczyna się cykl ponownego kontrolowanego przekazywania energii z obwodu napięcia przemiennego do obwodu napięcia stałego.

Jeżeli prąd zasilający I<sub>ad</sub> przekroczy wartość zadaną I<sub>c1</sub> to nastąpi wyłączenie sygnałów na wyjściach SDY1 i SDY2 podawanych na bramki łączników o komutacji zewnętrznej tyrystorów DY1 i DY2 powodując, w wyniku zaniku prądu wywołanego napięciem przemiennym zablokowanych tyrystorów, to następuje wyłączenie prądu zasilającego prostownik sterowany DP. Wyłączenie sygnałów wyzwalających tyrystorów DY1 i DY2 nastąpi również na skutek podania sygnału I<sub>c2</sub> na wejście układu regulacji DS. Wyłączenie prądu zasilającego poprzez komutację zewnętrzną tyrystorów jest bardzo szybkie gdyż nie trwa dłużej niż połowa okresu napięcia zasilającego. Funkcja wyłączenia prądu zasilającego poprzez tyrystory jest bardzo korzystna dla zapobiegnięcia negatywnym skutkom przeciążeń i zwarc.

Ponadto fazowe sterowanie pracą tyrystorów DY1 i DY2 pozwala na kontrolowane ładowanie elementu pojemnościowego CD w chwili przyłączenia prostownika sterowanego do źródła napięcia przemiennego V.

Układ prostownika sterowanego według fig. 2 ma na wejściu zasilającym włączony szeregowo ze źródłem V element indukcyjny L<sub>d</sub>. Wyjście elementu

indukcyjnego  $L_d$  jest połączone z pierwszym zaciskiem  $a_1$  wejścia przemiennonapięciowego prostownika sterowanego  $DP$ , którego drugi zacisk  $a_2$  jest połączony ze źródłem napięcia  $V$  oraz z zaciskiem  $0$  powstałym poprzez podział napięcia wyjściowego z użyciem dwóch kondensatorów  $CD_1$ ,  $CD_2$ , do których połączone są równolegle odbiorniki  $LO_1$ ,  $LO_2$ . Do zacisku  $a_1$  prostownika sterowanego  $DP$  jest przyłączona gałąź z elementami prostowniczymi sterowanymi o komutacji zewnętrznej w postaci tyrystorów  $DY_1$ ,  $DY_2$  a do drugiego zacisku  $a_2$  prostownika sterowanego  $DP$  jest przyłączona gałąź prostownika sterowanego z elementami prostowniczymi niesterowanymi w postaci diod  $D_{13}$ ,  $D_{14}$ . Z tymi gałęziami elementów prostowniczych połączony jest łącznik półprzewodnikowy  $D_1$ , który stanowi przełączający tranzystor mocy zwierający i rozwierający wyjście stałoprądowe prostownika sterowanego  $DP$ . Wyjście stałoprądowe mostka prostowniczego  $DP$  jest połączone poprzez element prostowniczy niesterowany  $D_{15}$  z zaciskiem wyjściowym napięcia stałego  $+V_{dc1}$ . Drugie wyjście stałoprądowe mostka prostowniczego  $DP$  jest połączone poprzez element prostowniczy niesterowany  $D_{12}$  z drugim zaciskiem wyjściowym napięcia stałego  $-V_{dc2}$ .

Prostownik  $DP$  jest zasilany ze źródła napięcia przemiennego  $V$  poprzez element indukcyjny  $L_d$  oraz poprzez element pomiarowy prądu  $DUPI$ , którego wyjście pomiarowe  $I_{ad}$  jest podawane do układu regulacji prostownika sterowanego  $DS$ . Napięcie zasilające jest mierzone układem pomiarowym napięcia  $DUPV$ , którego wyjście pomiarowe  $V_{ad}$  jest podawane do układu regulacji  $DS$ . Wyjście  $ST_1$  układu regulacji  $DS$  steruje pracą dwustanowego łącznika półprzewodnikowego  $D_1$ . Sygnał z wyjścia  $SDY_1$  układu regulacji  $DS$  steruje pracą tyrystora  $DY_1$ . Sygnał z wyjścia  $SDY_2$  układu regulacji  $DS$  steruje pracą drugiego tyrystora  $DY_2$ .

Układ działa w sposób niżej opisany. Praca prostownika sterowanego polega na sekwencyjnym przełączaniu łącznika półprzewodnikowego D1 przy jednoczesnym podaniu ciągłego sygnału z wyjścia SDY1 wyzwalającego przewodzenie tyrystora DY1 oraz przy jednoczesnym podaniu ciągłego sygnału z wyjścia SDY2 wyzwalającego przewodzenie drugiego tyrystora DY2. W chwili czasowej, gdy przemienne napięcie zasilające na zacisku a1 względem napięcia na zaciska 2 osiągnie wartość zero i po osiągnięciu wartości zerowej zaczyna narastać w kierunku wartości dodatnich, następuje zwarcie tranzystora - łącznika półprzewodnikowego D1, powodując narastanie prądu zasilającego ład pobieranego ze źródła napięcia przemiennego V poprzez tyrystor DY1 i element prostowniczy niesterowany D14 i magazynowanie energii elektrycznej w elemencie indukcyjnym Ld. W chwili gdy prąd lad przekroczy wartość zadaną ldr następuje wyłączenie łącznika półprzewodnikowego D1 i energia zmagazynowana w elemencie indukcyjnym Ld oraz energia elektryczna pochodząca ze źródła napięcia zasilającego V jest przekazywana do wyjścia mostka prostowniczego DP poprzez tyrystor DY1 i element prostowniczy niesterowany D15, do elementu pojemnościowego CD1 i odbiornika LO1 oraz poprzez elementy prostownicze niesterowane D12 i D14. Podczas przekazywania energii ze źródła napięcia przemiennego V i energii zgromadzonej w elemencie indukcyjnym Ld do obwodu napięcia stałego zawierającego element pojemnościowy CD2 oraz odbiornik LO2 prąd obwodu lad maleje. Z chwilą zmniejszenia prądu lad poniżej wartości zadanej lrd następuje ponowne załączenie łącznika tranzystorowego D1 i zaczyna się cykl ponownego kontrolowanego przekazywania energii z obwodu napięcia przemiennego do obwodu napięcia stałego.

Jeżeli prąd zasilający lad przekroczy wartość zadaną lc1 to nastąpi wyłączenie sygnałów na wyjściach SDY1 i SDY2 podawanych na bramki

tyrystorów DY1 i DY2 powodując, w wyniku zaniku prądu wywołanego napięciem przemiennym zablokowanych tyrystorów, to następuje wyłączenie prądu zasilającego prostownik sterowany DP. Wyłączenie sygnałów wyzwalających tyrystory DY1 i DY2 nastąpi również na skutek podania sygnału lc2 na wejście układu regulacji DS. Wyłączenie prądu zasilającego poprzez komutację zewnętrzną tyrystorów jest bardzo szybkie gdyż nie trwa dłużej niż połowa okresu napięcia zasilającego. Funkcja wyłączenia prądu zasilającego poprzez tyrystory jest bardzo korzystna dla zapobiegnięcia negatywnym skutkom przeciążeń i zwarć.

Ponadto fazowe sterowanie pracą tyrystorów DY1 i DY2 pozwala na kontrolowane ładowanie elementów pojemnościowych CD1, CD2 w chwili przyłączenia prostownika sterowanego do źródła napięcia przemiennego V.

Układ prostownika sterowanego według fig. 3 ma na wejściu zasilającym włączony szeregowo ze źródłem V element indukcyjny Ld. Wyjście elementu indukcyjnego Ld jest połączone z pierwszym zaciskiem a1 wejścia przemiennonapięciowego prostownika sterowanego DP, którego drugi zacisk a2 jest połączony ze źródłem napięcia V oraz z zaciskiem 0 powstałym poprzez podział napięcia wyjściowego z użyciem dwóch kondensatorów CD1, CD2, a do wyjścia prostownika sterowanego DP jest dołączony odbiornik LO. Do zacisku a1 prostownika sterowanego DP jest przyłączona gałąź z elementami prostowniczymi sterowanymi o komutacji zewnętrznej w postaci tyrystorów DY1, DY2 a do drugiego zacisku a2 prostownika sterowanego DP jest przyłączona gałąź prostownika sterowanego z elementami prostowniczymi niesterowanymi w postaci diod D13, D14. Z tymi gałęziami elementów prostowniczych połączony jest łącznik półprzewodnikowy D1, który stanowi przełączający tranzystor mocy zwierający i rozwierający wyjście stałoprądowe prostownika sterowanego DP. Wyjście stałoprądowe mostka prostowniczego DP jest połączone poprzez element

prostowniczy niesterowany D15 z zaciskiem wyjściowym napięcia stałego +Vdc1. Drugie wyjście stałoprądowe mostka prostowniczego DP jest połączone poprzez element prostowniczy niesterowany D12 z drugim zaciskiem wyjściowym napięcia stałego -Vdc2.

Prostownik DP jest zasilany ze źródła napięcia przemiennego V poprzez element indukcyjny Ld oraz poprzez element pomiarowy prądu DUPI, którego wyjście pomiarowe lad jest podawane do układu regulacji prostownika sterowanego DS. Napięcie zasilające jest mierzone układem pomiarowym napięcia DUPV, którego wyjście pomiarowe Vad jest podawane do układu regulacji DS. Wyjście ST1 układu regulacji DS steruje pracą dwustanowego łącznika półprzewodnikowego D1. Sygnał z wyjścia SDY1 układu regulacji DS steruje pracą tyrystora DY1. Sygnał z wyjścia SDY2 układu regulacji DS steruje pracą drugiego tyrystora DY2.

Układ działa w sposób niżej opisany. Praca prostownika sterowanego polega na sekwencyjnym przełączaniu łącznika półprzewodnikowego D1 przy jednoczesnym podaniu ciągłego sygnału z wyjścia DY1S wyzwalającego przewodzenie tyrystora DY1 oraz przy jednoczesnym podaniu ciągłego sygnału z wyjścia SDY2 wyzwalającego przewodzenie drugiego tyrystora DY2. W chwili czasowej, gdy przemienne napięcie zasilające na zacisku a1 względem napięcia na zacisku a2 osiągnie wartość zero i po osiągnięciu wartości zerowej zaczyna narastać w kierunku wartości dodatnich, następuje zwarcie tranzystora - łącznika półprzewodnikowego D1, powodując narastanie prądu zasilającego lad pobieranego ze źródła napięcia przemiennego V poprzez tyrystor DY1 i element prostowniczy niesterowany D14 i magazynowanie energii elektrycznej w elemencie indukcyjnym Ld. W chwili gdy prąd lad przekroczy wartość zadaną ldr następuje wyłączenie łącznika półprzewodnikowego D1 i energia zmagazynowana

w elemencie indukcyjnym  $L_d$  oraz energia elektryczna pochodząca ze źródła napięcia zasilającego  $V$  jest przekazywana do wyjścia mostka prostowniczego  $DP$  poprzez tyrystor  $DY1$  i element prostowniczy niesterowany  $D15$ , do elementu pojemnościowego  $CD1$ . Podczas przekazywania energii ze źródła napięcia przemiennego  $V$  i energii zgromadzonej w elemencie indukcyjnym  $L_d$  do obwodu napięcia stałego zawierającego element pojemnościowy  $CD2$  oraz odbiornik  $LO2$  prąd obwodu  $i_{ad}$  maleje. Z chwilą zmniejszenia prądu  $i_{ad}$  poniżej wartości zadanej  $I_{rd}$  następuje ponowne załączanie łącznika tranzystorowego  $D1$  i zaczyna się cykl ponownego kontrolowanego przekazywania energii z obwodu napięcia przemiennego do obwodu napięcia stałego.

W chwili czasowej, gdy przemienne napięcie zasilające zacisk  $a_2$  osiągnie wartość zero i po osiągnięciu wartości zerowej zaczyna narastać w kierunku wartości ujemnych, następuje zwarcie tranzystora w postaci łącznika  $D1$ , powodując narastanie prądu zasilającego  $i_{ad}$  pobieranego ze źródła napięcia przemiennego  $V$  poprzez elementy prostownicze  $DY2$  i  $D13$  i magazynowanie energii elektrycznej w elemencie indukcyjnym  $L_d$ . W chwili gdy prąd  $i_{ad}$  przekroczy wartość zadaną  $I_{dr}$  następuje wyłączenie łącznika  $D1$  i energia zmagazynowana w elemencie  $L_d$  oraz energia elektryczna pochodząca ze źródła napięcia zasilającego  $V$  jest przekazywana do wyjścia mostka prostowniczego  $DP$  poprzez element prostowniczy  $DY2$  i element  $D12$  do elementu pojemnościowego  $CD2$ , który poprzez szeregowo włączony element pojemnościowy  $CD1$  przekazuje energię do odbiornik  $LO$ . Podczas przekazywania energii ze źródła  $V$  i energii zgromadzonej w elemencie indukcyjnym  $L_d$  do obwodu napięcia stałego zawierającego element pojemnościowy  $CD2$ , element pojemnościowy  $CD1$  do odbiornik  $LO$ , prąd obwodu  $i_{ad}$  maleje. Z chwilą zmniejszenia prądu  $i_{ad}$  poniżej wartości zadanej  $I_{rd}$  następuje ponowne załączanie łącznika

tranzystorowego D1 i zaczyna się cykl ponownego kontrolowanego przekazywania energii z obwodu napięcia przemiennego do obwodu napięcia stałego.

Jeżeli prąd zasilający lad przekroczy wartość zadaną lc1 to nastąpi wyłączenie sygnałów na wyjściach SDY1 i SDY2 podawanych na bramki tyristorów DY1 i DY2 powodując, w wyniku zaniku prądu wywołanego napięciem przemiennym zablokowanych tyristorów, to następuje wyłączenie prądu zasilającego prostownik sterowany DP. Wyłączenie sygnałów wyzwalających tyristorów DY1 i DY2 nastąpi również na skutek podania sygnału lc2 na wejście układu regulacji DS. Wyłączenie prądu zasilającego poprzez komutację zewnętrzną tyristorów jest bardzo szybkie gdyż nie trwa dłużej niż połowa okresu napięcia zasilającego. Funkcja wyłączenia prądu zasilającego poprzez tyristory jest bardzo korzystna dla zapobieżenia negatywnym skutkom przeciążeń i zwarc.

Ponadto fazowe sterowanie pracą tyristorów DY1 i DY2 pozwala na kontrolowane ładowanie elementów pojemnościowych CD1, CD2 w chwili przyłączenia prostownika sterowanego do źródła napięcia przemiennego V.

Układ zgodnie z wynalazkiem pozwala na kształtowanie pobieranego prądu ze źródła przemiennonapięciowego wówczas gdy elementy prostownicze sterowane o komutacji zewnętrznej – tyristory są wysterowane do stanu przewodzenia. Wówczas gdy sterowany łącznik półprzewodnikowy jest w stanie przewodzenia następuje zwarcie obwodu zasilania ze źródła napięcia przemiennego i prąd źródła narasta. Z chwilą wyłączenia sterowanego łącznika półprzewodnikowego prąd źródła napięcia przemiennego zamyka się poprzez jedną z diod oraz poprzez element prostowniczy sterowany o komutacji zewnętrznej – tyristor mostka jednofazowego prostowniczego oraz poprzez co najmniej jedną z diod gałęzi układu prostowniczego, źródło napięcia przemiennego, poprzez element indukcyjny połączony szeregowo ze źródłem

napięcia przemiennego, element pojemnościowy lub źródło napięcia stałego i równoległy odbiornik. W ten sposób poprzez ładowanie elementu pojemnościowego oraz zasilanie odbiornika następuje przekazywanie energii z obwodu przemiennonapięciowego do obwodu napięcia stałego. Z chwilą przerwania sygnałów wyzwalających elementy prostownicze sterowane tyrystorowe o komutacji zewnętrznej, prąd źródła napięcia przemiennego zanika i po uzyskaniu prądu wartości zero element prostowniczy o komutacji zewnętrznej –tyrystor nie jest w stanie uzyskać stanu przewodzenia wskutek czego następuje odłączenie obwodu napięcia przemiennego od obwodu napięcia stałego a prąd obwodu napięcia stałego zanika i po rozładowaniu elementów pojemnościowych wynosi zero.

