

Własności i zastosowania diod półprzewodnikowych

1. Czas trwania: 6h

2. Cel ćwiczenia

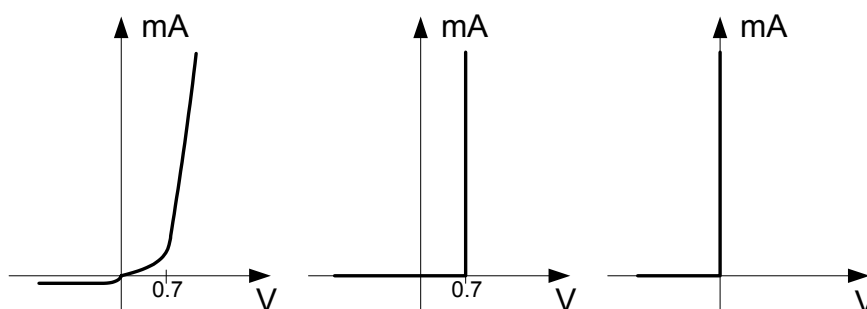
- Badanie charakterystyk prądowo-napięciowych różnych typów diod półprzewodnikowych.
- Montaż i badanie wybranych układów, w których wykorzystywane są diody półprzewodnikowe, w szczególności układów zasilaczy.

3. Wymagana znajomość pojęć

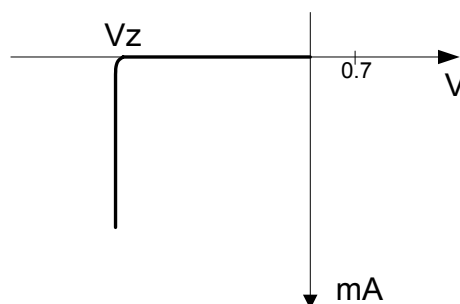
- zasada działania diody prostowniczej, Zenera, LED,
- zasada działania transformatora,
- połówkowy, dwupołwkowy układ prostujący, układ Greatz'a,
- stabilizator z diodą Zenera,
- ogranicznik diodowy,
- wartość średnia, skuteczna, chwilowa,
- konstrukcja zasilacza bazującego na scalonych stabilizatorach serii 78 i 79.

4. Wstęp

Dioda jest elementem nieliniowym, który spełnia funkcję zaworu. Dioda przepuszcza prąd płynący tylko w jednym kierunku: od anody do katody (kierunku przewodzenia), praktycznie nie przepuszcza prądu płynącego w drugim kierunku (kierunku zaporowym). Można przyjąć, że w kierunku przewodzenia dioda stanowi zwarcie a w kierunku zaporowym rozwarcie. W zależności od konstrukcji i materiału, z którego jest wykonana wyróżnia się diody o różnych charakterystykach i przeznaczeniu. Do najpopularniejszych należą diody prostownicze i diody świecące (LED). Krzemowe diody prostownicze w praktyce zaczynają przewodzić od napięcia 0.7V. Na diodach LED polaryzowanych w kierunku przewodzenia odkłada się napięcie (zależne od emitowanego koloru: od podczerwieni do nadfioletu) od 1.4 do 3V. Diody wielobarwne uzyskuje się poprzez wykonanie różnych diod w jednej strukturze półprzewodnikowej. Diody Zenera w kierunku przewodzenia zachowują się jak zwykłe diody. Polaryzowane w kierunku zaporowym aż do przebicia Zenera, w którym prąd wsteczny gwałtownie rośnie, mogą spełniać funkcję źródeł napięcia odniesienia np. w układach stabilizacyjnych.



Rys. 1 Rzeczywista i uproszczone charakterystyki krzemowej diody prostowniczej.

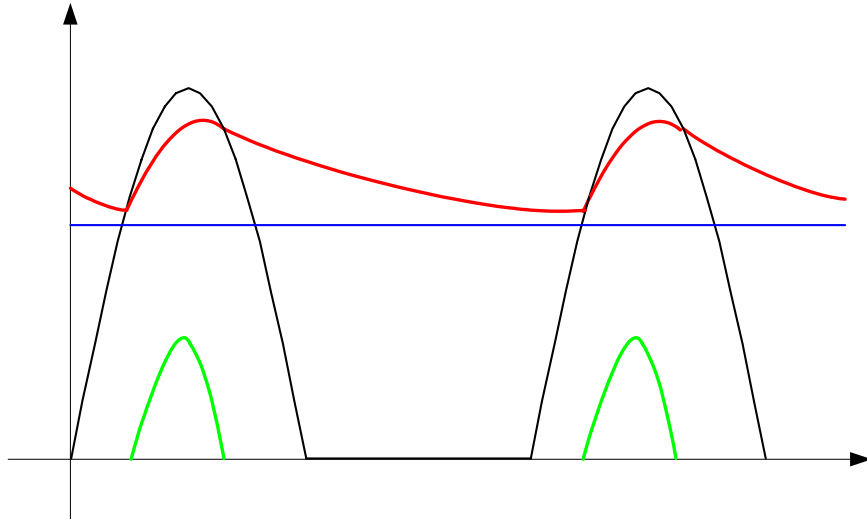


Rys. 2 Charakterystyka diody Zenera w kierunku zaporowym

Nieliniowa charakterystyka diody prostowniczej znajduje zastosowanie min. w sieciowych układach prostowniczych, w których napięcie przemienne (np. z transformatora) zamieniane jest na napięcie jednokierunkowe. Typowe przebiegi napięcia wyjściowego (kolor czarny) i prądu wejściowego (kolor zielony) w prostowniku z filtrem RC przedstawione są na rys. 3. Jak widać napięcie po wyprostowaniu jest jednokierunkowe, ale nie jest stałe. Aby otrzymać napięcie stałe sygnał należy wygładzić (kolor czerwony), w tym celu stosuje się filtr dolnoprzepustowy. Kondensator elektrolityczny (o dużej pojemności) spełnia rolę elementu gromadzącego energię. Kondensator ładuje się gdy dioda przewodzi i oddaje energię do obciążenia gdy dioda nie przewodzi. Szybkość rozładowania kondensatora zależy od stałej czasowej filtra $\tau = R_L \cdot C$ (gdzie R_L jest rezystancją obciążenia). Stałą czasową τ należy tak dobrać aby $\tau \gg 1/f$ (gdzie f to częstotliwość tętnień). Wartość międzyszczytowa tętnień zależy również od prądu obciążenia I_L i można ją obliczyć wg przybliżonych wzorów:

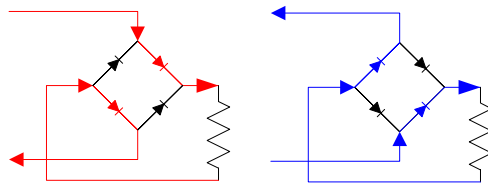
$$\Delta U = \frac{I_L}{fC} \quad \text{dla prostownika półokowego oraz:}$$

$$\Delta U = \frac{I_L}{2fC} \quad \text{dla prostownika dwupółokowego.}$$



Rys. 3 Przebiegi napięciowe i prądowe w prostowniku.

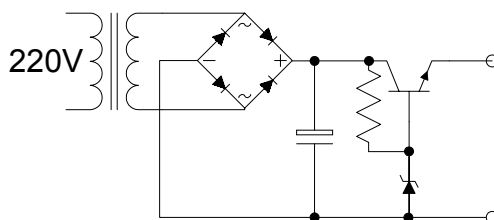
W zależności od ilości i sposobu połączenia diod wyróżnia się wiele typów układów prostowniczych. Do najskuteczniejszych zalicza się prostowniki dwupółokowe, w których prostuje się zarówno dodatnią jak i ujemną półokę sinusiody. Przebieg prądów w układzie mostkowym Grectz'a przedstawiony jest na rys. 4.



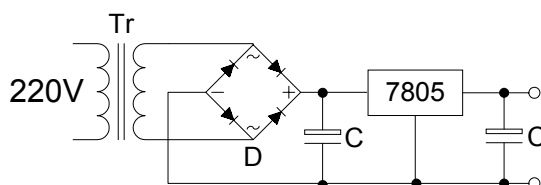
Rys. 4 Przebieg prądu w mostku Grectz'a.

Wyprostowane i wygładzone w prostowniku napięcie zwykle poddaje się dodatkowej stabilizacji (kolor niebieski na rys 3). W prostych układach stabilizatorem może być dioda Zenera. Zastosowanie w stabilizatorze dodatkowego wtórnika tranzystorowego zmniejsza rezystancję wyjściową poprawiając właściwości zasilacza.

Bardziej rozbudowane stabilizatory scalone posiadają dodatkowe funkcje jak np. ograniczanie maksymalnego pobieranego prądu, ograniczniki termiczne itp.



Rys. 5 Zasilacz z filtrem i stabilizatorem na diodzie Zenera i wtórniku emiterowym.



Rys. 6. Zasilacz z filtrem i stabilizatorem 7805.

Przy projektowaniu zasilacza należy wziąć pod uwagę sprawność transformatora, spadki napięć występujące na diodach spolaryzowanych w kierunku przewodzenia oraz amplitudę tętnień na kondensatorze filtrującym. Należy również uwzględnić spadek napięcia na układzie stabilizacyjnym. Ponieważ w układzie prostownika prąd ze źródła przez diody płynie impulsowo dopuszczalny prąd przewodzenia diody musi być znacznie większy od prądu dostarczanego do obciążenia.

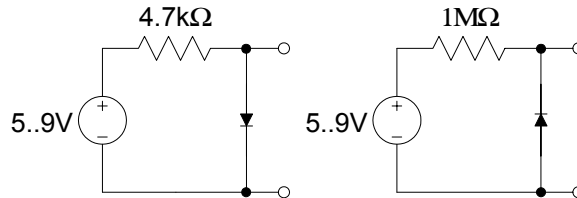
Projektując przykładowy zasilacz napięcia stałego +5V/100mA należy przyjąć (minimum): 1.4V spadku napięcia na stabilizatorze 7805, 1.4V spadku napięcia na prostowniku dwupołówkowym oraz zakładając xxmV tętnień oraz 75% sprawność transformatora sieciowego do konstrukcji należy zastosować transformator dostarczający napięcie 7.5V i kondensator filtrujący o ok. pojemności 470 μ F.

5. Zadania pomiarowe

5.1. Pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych diody.

W układzie przedstawionym na rys. 7 zmierzyć charakterystyki diody prostowniczej, diody LED i diody Zenera metodą punkt po punkcie. W kierunku przewodzenia należy pamiętać, aby nie został przekroczony maksymalny, nominalny prąd, a w kierunku zaporowym zastosować rezystor 1M Ω tak, aby możliwy był pomiar prądu wstecznego. W przypadku diody Zenera pomiar należy przeprowadzić również w zakresie polaryzacji wstecznej aż do uzyskania

przebiega Zenera. Wyniki pomiarów zanotować w tabeli, wykreślić na wspólnym wykresie charakterystyki diod, zaznaczyć obszary przewodzenia i zaporowy. Porównać i skomentować otrzymane wyniki.



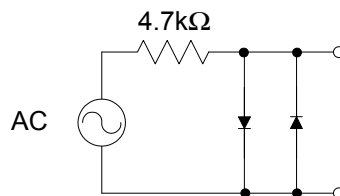
Rys. 7. Układy do pomiaru charakterystyk prądowo napięciowych diod.

U_{we}			
U_R			
$I_D = U_R/R$			

Tab. 1. Pomiar charakterystyk diod.

5.2. Ogranicznik diodowy.

Zrealizować ogranicznik diodowy o parametrach zadanych przez prowadzącego. Na wejście podać sygnał sinusoidalny o częstotliwości ok. 1kHz. Za pomocą oscyloskopu zaobserwować sygnał wyjściowy. Odrysować oscylogram. Jakże może być zastosowanie takiego układu?

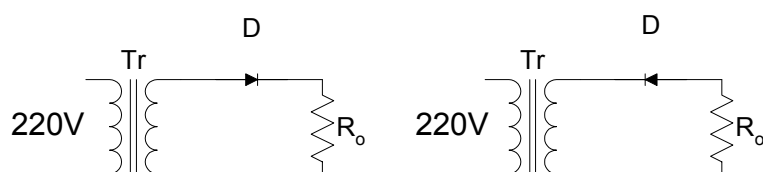


Rys. 8. Układ do pomiaru ogranicznika diodowego.

5.3. Prostownik jednopółkowy.

Zrealizować układy prostowników jednopółkowych pokazany na rys. 9. Jako rezystora R_0 użyć drutowego rezystora nastawnego. Układy mają być zasilane z transformatora sieciowego konsolki analogowej. Zaobserwować na oscyloskopie i odrysować przebiegi napięć wejściowego i wyjściowego.

UWAGA! Ponieważ transformator jest zasilany z 220V, w trakcie pomiarów, należy zastosować szczególną ostrożność.

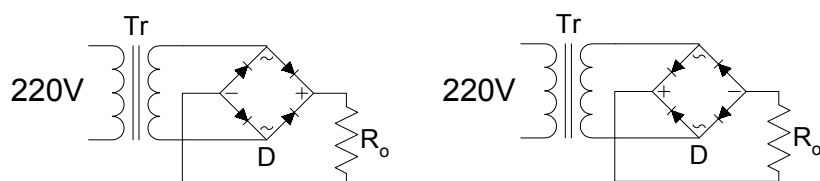


Rys. 9. Prostownik jednopółkowy.

5.4. Prostownik dwupółkowy w układzie Greatz'a

Zrealizować układ prostownika dwupółkowego pokazany na rys. 10. Jako rezystora R_0 użyć drutowego rezystora nastawnego. Zaobserwować na oscyloskopie i odrysować przebiegi napięcia wejściowego i wyjściowego. Zwrócić uwagę na wzajemne zależności czasowe przebiegów.

UWAGA! Ponieważ transformator jest zasilany z 220V, w trakcie pomiarów, należy zastosować szczególną ostrożność.

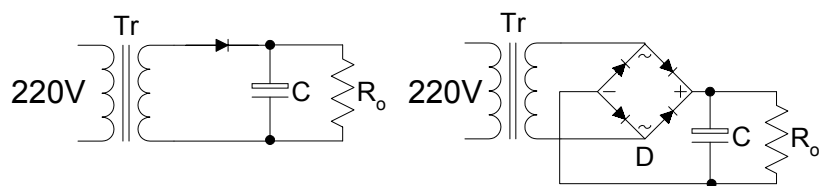


Rys. 10. Prostownik dwupółkowy w układzie Greatz'a.

5.5. Prostownik z obciążeniem o charakterze pojemnościowym.

Zrealizować układy prostowników z filtrem pojemnościowym i obciążeniem R_0 (drutowy rezystor nastawny) przedstawione na rys. 11. Zmieniając wartości filtra pojemnościowego C przy stałej wartości rezystora R_0 oszacować tętnienia i napięcie wyjściowe. Dołączając kondensator elektrolityczny należy pamiętać o jego poprawnej polaryzacji. Wyniki zanotować w tabeli. Jaki wpływ na tętnienia ma wartość kondensatora filtrującego? Powtórzyć pomiar dla prostownika dwupółkowego. Jak zmieniają się tętnienia w porównaniu z układem półkowym?

UWAGA! Ponieważ transformator jest zasilany z 220V, w trakcie pomiarów, należy zastosować szczególną ostrożność.



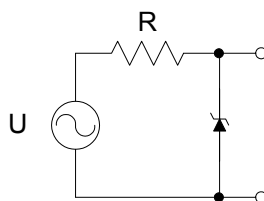
Rys. 11. Prostownik z filtrem pojemnościowym.

C	U_{AC} tętnień (2k Ω)	U_{WY} (2k Ω)	U_{AC} tętnień (10k Ω)	U_{WY} (10k Ω)
470nF				
47 μ F				
470 μ F				

Tab. 2. Pomiar napięcia tętnień prostowników.

5.6. Stabilizator na diodzie Zenera.

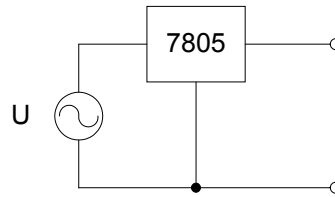
Zrealizować i sprawdzić działanie układu stabilizatora na diodzie Zenera pokazany na rys. 12. Na wejście układu należy podać z generatora stały sygnał U_0 z nałożonym sygnałem zmiennym o niewielkiej amplitudzie U_i (Uwaga w jaki sposób należy w tym celu ustawić pokrętkę regulacyjną generatora?).



Rys. 12. Stabilizator na diodzie Zenera.

5.7. Stabilizator scalony 7805.

W układzie jak na rys. 13 zmierzyć charakterystykę prądowo-napięciową stabilizatora LM7805. Na wejście układu należy podać z generatora stały sygnał U_0 z nałożonym sygnałem zmiennym o niewielkiej amplitudzie U_i . Porównać napięcia tętnień na wejściu i wyjściu stabilizatora scalonego i na diodzie Zenera. Wyciągnąć wnioski.



Rys. 13. Scalony stabilizator 7805.

5.8. Zasilacz kalkulatorowy.

Zaprojektować, zrealizować i sprawdzić działanie układu zasilacza kalkulatorowego, którego schemat przedstawiony jest na rys. 6. UWAGA! Ponieważ transformator jest zasilany z 220V, w trakcie pomiarów, należy zastosować szczególną ostrożność.

6. Przyrządy

Zasilacz, transformator, generator, miernik uniwersalny, oscyloskop.

7. Literatura

P.Horowitz, W.Hill, „Sztuka elektroniki”, WKŁ 1995, ISBN 83-206-1128-8, Tom 1, str.55-64.
R.Śledziwski, „Elektronika dla fizyków”, PWN 1982, ISBN 83-01-04076-9, str.32-36, 55-62, 228-235.