

Wydział Mechaniczno-Energetyczny Laboratorium Elektroniki

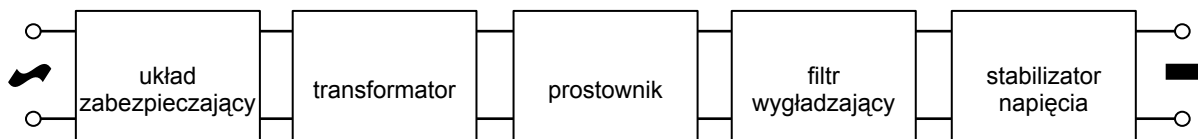
Badanie zasilaczy ze stabilizacją napięcia

1. Wstęp teoretyczny

Prawie wszystkie układy elektroniczne (zarówno analogowe, jak i cyfrowe) do poprawnej pracy wymagają zasilania napięciem o ustalonej, stałej w czasie, wartości (np. 5V). Źródłem energii będącym do dyspozycji jest najczęściej sieć elektroenergetyczna (napięcie przemiennego o wartości skutecznej 230V i częstotliwości 50Hz). Do przekształcenia napięcia sieciowego w odpowiadające potrzebom zasilanych układów napięcie stałe służą urządzenia zwane zasilaczami stabilizowanymi.

W skład zasilacza stabilizowanego wchodzi następujące bloki funkcjonalne (rys.1):

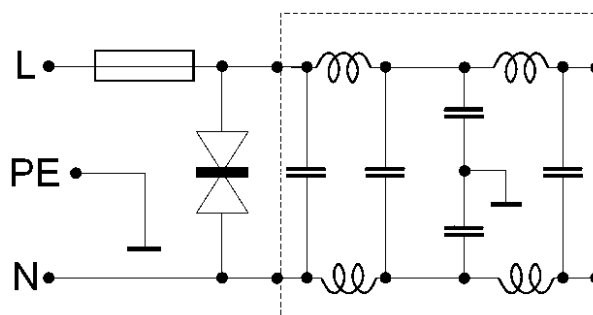
- układ zabezpieczający
- transformator
- prostownik
- filtr wygładzający
- stabilizator napięcia



Rys.1. Schemat blokowy zasilacza

1.1. Układ zabezpieczający

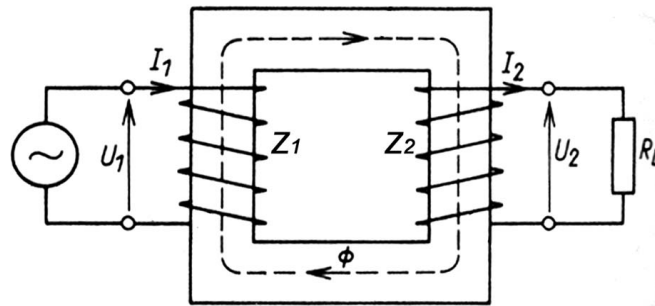
W układzie zabezpieczającym musi znajdować się bezpiecznik mający za zadanie odciąć zasilanie w przypadku poboru prądu o nadmiernym natężeniu (np. na skutek zwarcia). Wartość bezpiecznika dobiera się odpowiednio do zakładanego obciążenia zasilacza. Dodatkowo zastosowane mogą być układy przeciwprzepięciowe, eliminujące gwałtowne skoki napięcia sieciowego oraz filtry przeciwzakłóceń, zapobiegające przenoszeniu zakłóceń o wyższych częstotliwościach między siecią, a zasilanym urządzeniem (w obu kierunkach). Przykładową realizację układu zabezpieczającego pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Układ zabezpieczający zasilacza

1.2. Transformator

Transformator jest elementem elektromagnetycznym przenoszącym energię z obwodu wejściowego do wyjściowego. Zbudowany jest z dwóch uzwojeń nawiniętych na wspólnym rdzeniu. Stosunek ilości zwojów uzwojenia wtórnego (wyjściowego) do pierwotnego (wejściowego) zwany jest przekładnią zwojową. Stosunek wartości prądów w obu uzwojeniach jest odwrotnie proporcjonalny do przekładni zwojowej, natomiast stosunek napięć jest do niej proporcjonalny wprost (przy założeniu braku strat). Transformator nie zmienia częstotliwości prądu. Schemat ilustrujący działanie transformatora pokazano na rys.3.



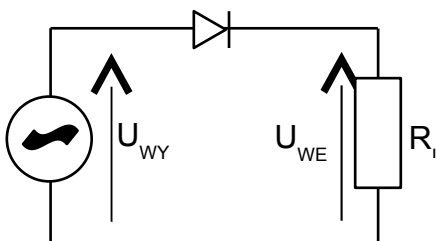
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

rys. 3. Schemat działania transformatora

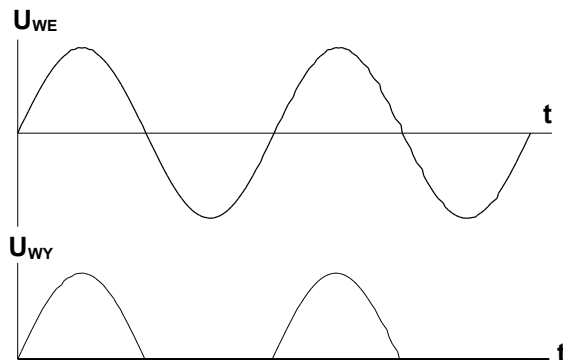
W zasilaczu podstawowym zadaniem transformatora jest zmiana napięcia przemiennego dostarczanego z sieci w napięcie przemiennie o wartości dobranej do napięcia wejściowego stabilizatora. Drugą istotną funkcją jest zapewnienie galwanicznej separacji układu elektronicznego od sieci czyli uniemożliwienie – w przypadku awarii – niepożądanego przepływu prądu od strony zasilania.

1.3. Prostownik

Prostownik służy do przekształcenia prądu przemiennego na prąd jednokierunkowy. Podstawą działania prostownika jest element przewodzący prąd tylko w jednym kierunku, najczęściej jest to dioda półprzewodnikowa. Najprostszy układ prostownika z jedną diodą pokazano na rys. 4, natomiast jego przebiegi wejściowego i wyjściowego napięcia na rys. 5.



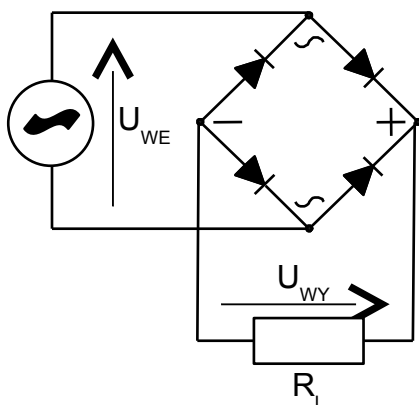
Rys.4. Prostownik jednopółprzewodnikowy



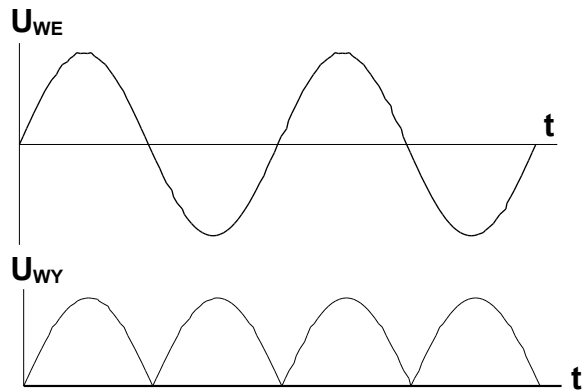
Rys. 5. Przebieg napięć w prostowniku jednopółprzewodnikowym

Jak widać, w takim prostowniku napięcie wyjściowe występuje jedynie przez połowę okresu sinusoidy. Układ ten zwany jest prostownikiem jednopółkowym. Do jego wad należą: niska sprawności i duży współczynnik tętnień (duża zmienność wartości) napięcia wyjściowego.

Znacznie lepsze właściwości mają prostowniki dwupółkowe (tzn. przewodzące w całym okresie sinusoidy). Najczęściej stosowany jest układ zwany mostkiem Graetza. Tworzą go cztery diody połączone tak, że w każdej połowie okresu dwie z nich znajdują się w stanie przewodzenia, a dwie pozostałe są w stanie nieprzewodzenia (rys. 6). Przebiegi napięcia wejściowego i wyjściowego takiego prostownika pokazano na rys. 7. Jak widać częstotliwość tętnień na wyjściu jest podwojoną częstotliwością sieci.



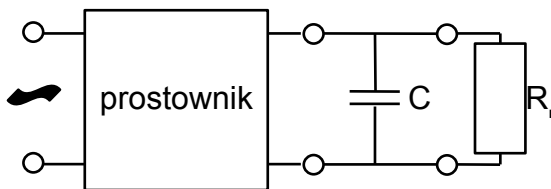
Rys. 6. Prostownik dwupółkowy (Mostek Graetza)



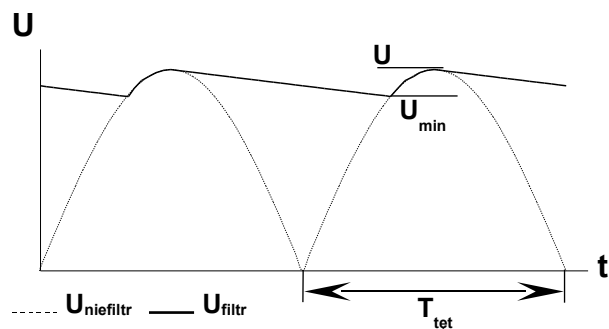
Rys. 7. Przebieg napięć w prostowniku dwupółkowym

1.4. Filtr wygładzający

Napięcie jednokierunkowe uzyskane z prostownika ma stały znak, jednak jego wartość zmienia się cyklicznie (rys. 7). Tymczasem stabilizatory napięcia mają określoną minimalną wartość napięcia wejściowego poniżej której nie mogą zapewnić właściwego napięcia na wyjściu. Konieczne jest więc wygładzenie przebiegu napięcia za prostownikiem tak, aby jego wartość zawsze przekraczała dopuszczalne minimum. Rolę filtra wygładzającego pełni kondensator o odpowiedniej pojemności, podłączony równolegle na wyjściu z prostownika (rys. 8). Kondensator ten jest ładowany podczas narastającego zbocza przebiegu napięcia, natomiast w pozostałej części okresu oddaje energię do obciążenia. Dzięki temu amplituda tętnień zostaje znacząco zmniejszona. Wygładzony przebieg pokazano na rys. 9



Rys 8. Filtr wygładzający w układzie



Rys. 9. Przebieg napięć w filtrze wygładzającym

Pojemność kondensatora filtrującego C dla prostownika dobiera się według wzoru

$$C = \frac{I \cdot T_{\text{tętnę}}}{(U - U_{\text{min}})} = \frac{I}{(U - U_{\text{min}}) \cdot f_{\text{tętnę}}}$$

gdzie: I – prąd obciążenia, $f_{\text{tętnę}}$ – częstotliwość tętnień (dla dwupołkowego prostownika $f_{\text{tętnę}} = 2 \cdot 50\text{Hz} = 100\text{Hz}$), U – szczytowa wartość napięcia za prostownikiem, U_{min} – minimalna dopuszczalna wartość napięcia na wejściu stabilizatora.

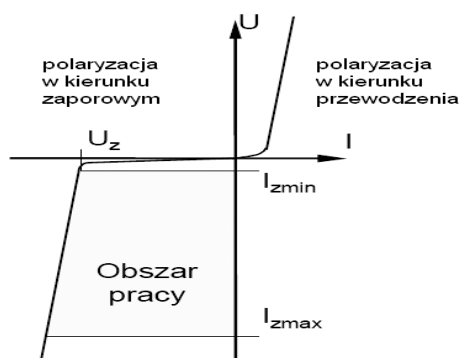
1.5. Stabilizator napięcia

Napięcie na wyjściu prostownika z filtrem, choć jest wygładzone (czyli ma niewielką amplitudę tętnień), to jednak nie jest stabilne. Jego wartość zależy od wahań napięcia w sieci, obciążenia oraz innych czynników. Z tej przyczyny, w celu uzyskania stałej wartości napięcia, konieczne jest stosowanie stabilizatorów.

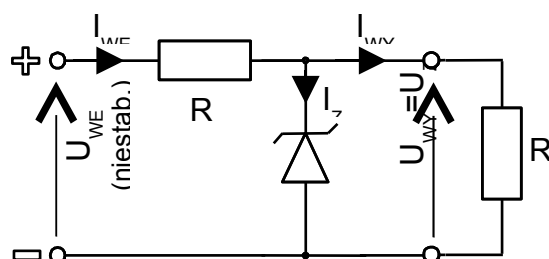
Istnieje wiele różnych rodzajów stabilizatorów, spośród których w niniejszej instrukcji zostaną omówione trzy wybrane układy.

1.5.1. Stabilizator z diodą Zenera

Rolę elementu stabilizującego napięcie w tym układzie pełni dioda Zenera. Jest to element półprzewodnikowy wykorzystujący zjawisko przebicia Zenera (lub przebicia lawinowego), mający charakterystykę jak na rys. 10. Przy polaryzacji w kierunku zaporowym napięcie na diodzie pozostaje - w szerokim zakresie płynących przez nią prądów - na niemalże stałym, określonym dla danej diody poziomie (zwanym napięciem Zenera). Zakres pracy diody ograniczony jest z jednej strony prądem minimalnym potrzebnym do wystąpienia przebicia ($I_{z\text{min}}$), z drugiej zaś prądem maksymalnym wynikający z dopuszczalnej mocy wydzielanej na diodzie ($I_{z\text{max}} = P_{\text{max}}/U_Z$).



Rys. 10. Charakterystyka diody Zenera

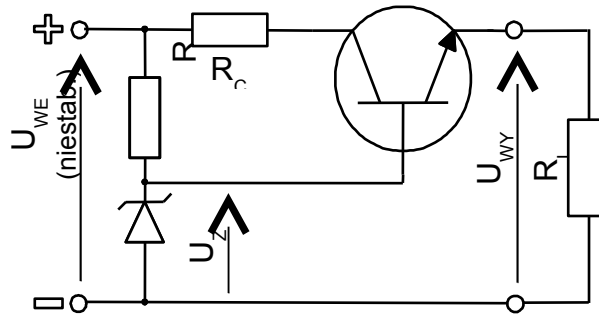


Rys. 11. Stabilizator z diodą Zenera

Przy zmianach napięcia wejściowego U_{WE} , przy stałym R_L , ulega zmianie natężenie prądu I_{WE} , ale w zasadzie tylko kosztem zmiany natężenia prądu I_Z . W efekcie na rezystorze szeregowym R odkłada się praktycznie cały przyrost napięcia wejściowego, a napięcie wyjściowe U_{WY} pozostaje na prawie niezmiennym poziomie. Jeżeli natomiast przy stałym U_{WE} wzrośnie opór R_L , to zmieni się rozdział prądu I_{WE} pomiędzy diodę a odbiornik. Prąd I_{WY} zmaleje, a prąd diody I_Z wzrośnie tak, aby prąd $I_{WE} = I_{WY} + I_R$ pozostał stały. W tym przypadku również napięcie U_{WY} niemal się nie zmieni. Z ostatniej zależności widać, że prąd diody jest tym większy im mniej prądu pobiera odbiornik. Nie obciążona dioda będzie musiała rozproszyć największą moc.

1.5.2. Stabilizator z diodą Zenera i wtórnikiem emiterowym

W układzie takim (patrz rys. 12) dioda Zenera oddzielona jest od obciążenia za pomocą wtórnika emiterowego. Prąd obciążenia praktycznie nie ma wpływu na prąd przepływający przez diodę. Pozwala to na poprawienie stabilizacji oraz umożliwia stosowanie diod o zdecydowanie mniejszej mocy.

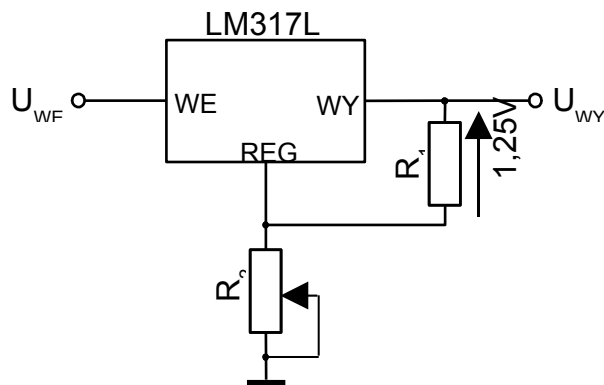


Rys. 12. Stabilizator z diodą Zenera i wtórnikiem emiterowym

W układzie z wtórnikiem napięcie wyjściowe U_{WY} jest zmniejszone w stosunku do napięcia U_Z o spadek na złączu baza-emiter tranzystora. Rezystor R_C spełnia rolę ogranicznika prądu, chroniąc tranzystor przed zniszczeniem w przypadku chwilowego zwarcia wyjścia.

1.5.3. Stabilizator z układem LM317L

Układ LM317L jest trzykońcówkowym scalonym stabilizatorem nastawnym. Posiada on trzy wyprowadzenia. Wyprowadzenie WE łączy się ze źródłem napięcia zasilania. Odbiornik podłącza się do wyprowadzenia WY. Wyprowadzenie REG służy do podłączania rezystorów regulacji napięcia. Pierwszy (R_1) z nich podłącza się między wyprowadzenia REG i WY. Drugi rezystor (R_2) podłącza się między REG a masę. Na rezystorze R_1 zawsze wymuszone jest napięcie 1,25V. Prąd płynący przez wyprowadzenie REG jest pomijalnie mały.



Rys. 13. Stabilizator z układem LM317L

Wartość napięcia wyjściowego U_{wy} można wyznaczyć z zależności:

$$U_{wy} = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

Stosując jako rezystor R_2 potencjometr (patrz rys. 13) można płynnie zmieniać wartość napięcia wyjściowego w szerokim zakresie.

2. Zadania do wykonania

2.1. Zadania dla układu transformator + prostownik + filtr tętnień

- Zbadać oscyloskopem przebiegi napięcia przed (U_{AC}) i za (U_{DC}) prostownikiem.
- Obliczyć przekładnię transformatora.
- Zmierzyć oscyloskopem amplitudę i częstotliwość tętnień za kondensatorem.
- Dla ustalonego prądu obciążenia (I) zweryfikować wzór na wartość tętnień.

$$\Delta U = \frac{I}{f_{t\text{tętni}} \cdot C}$$

2.2. Zadania dla układów stabilizacji

- Zaobserwować przebiegi napięć na wyjściu stabilizatora
- Zmieniając obciążenie wyznaczyć charakterystykę prądowo-napięciową $U=f(I)$
- Zmieniając obciążenie wyznaczyć zależność tętnień od obciążenia $\Delta U=f(I)$

Na podstawie wyników pomiarów porównać właściwości układów stabilizacji.

3. Pytania kontrolne

1. Wymienić podstawowe bloki funkcyjne, z których składa się zasilacz.
2. Podać wzór na amplitudę tętnień dla dwupołkowego prostownika z filtrem .
3. Określić na jakich dwóch zjawiskach opiera się działanie diody stabilizacyjnej.

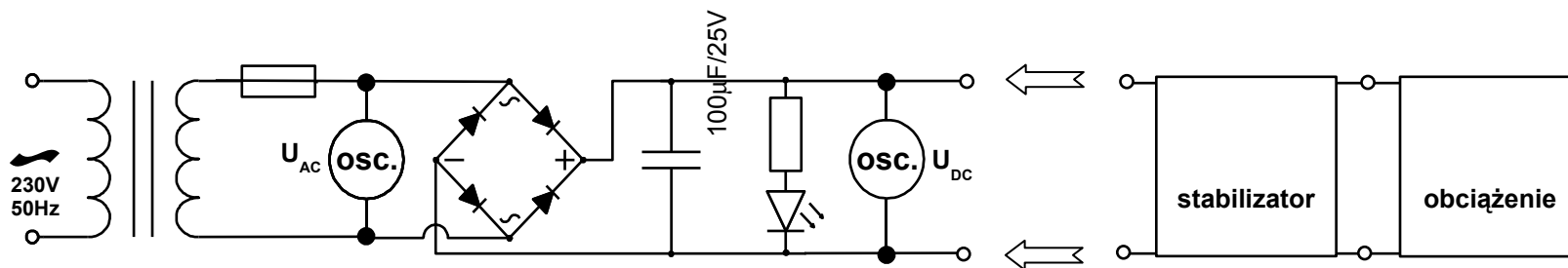
Literatura:

- [1] Horowitz P., Hill W., *Sztuka elektroniki*, WKŁ, Warszawa, 2006
[2] Rusek M, Ćwirko R., Marciniak W., *Przewodnik po elektronice*, WNT, Warszawa, 1986
[3] <http://www.national.com/ds/LM/LM317L.pdf> - karta katalogowa układu LM317L

instrukcję opracował: mgr inż. Przemysław Kobel

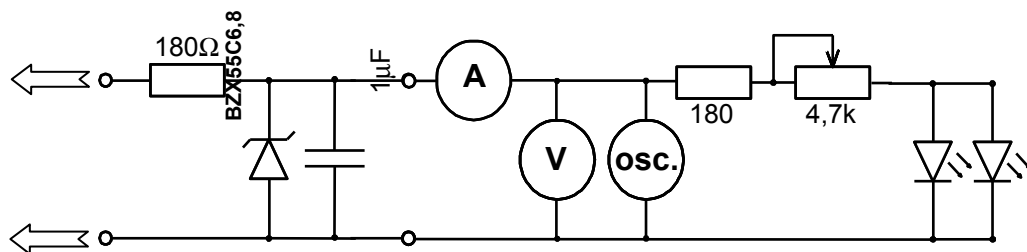
Schemat układu pomiarowego

Transformator + prostownik + filtr tętnień

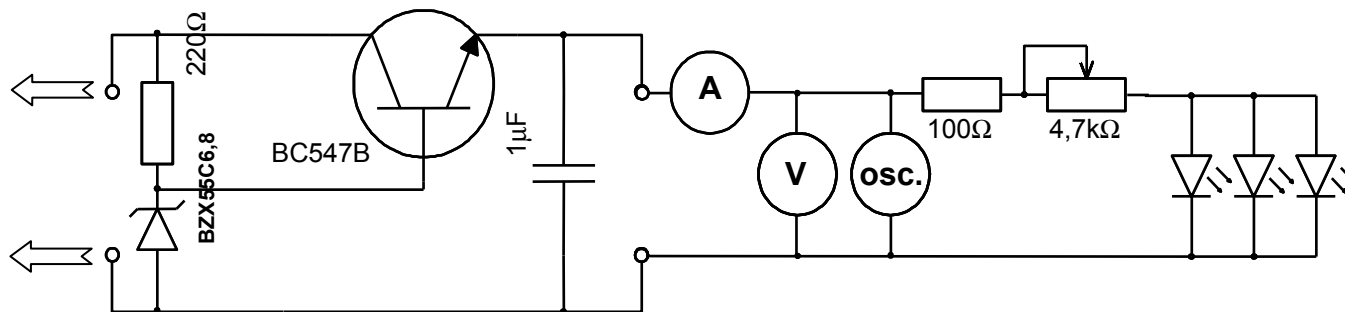


Badane stabilizatory (z obciążeniem)

Stabilizator z diodą Zenera (A)



S. z diodą Zenera i wtórnikiem emiterowym (B)



Stabilizator z układem LM317 (C)

