



AKADEMIA MORSKA W SZCZECINIE

JEDNOSTKA ORGANIZACYJNA:
ZAKŁAD KOMUNIKACYJNYCH TECHNOLOGII MORSKICH

INSTRUKCJA

ELEKTROTECHNIKA I ELEKTRONIKA
Laboratorium
Ćwiczenie nr 5: Zasilacze

| | |
|----------------------------|--|
| Opracował: | dr inż. Marcin Mąka, dr inż. Piotr Majzner |
| Zatwierdził: | dr inż. Piotr Majzner |
| Obowiązuje od: 24. IX 2012 | |

Spis treści

5.1. Cel i zakres ćwiczenia

5.2. Opis stanowiska laboratoryjnego

5.3. Przebieg ćwiczenia

5.4. Warunki zaliczenia

5.5. Część teoretyczna

5.6. Literatura

5.7. Efekty kształcenia

5. ZASILACZE

5.1. Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest opanowanie wiedzy z zakresu budowy, parametrów, charakterystyk i zastosowania zasilaczy.

Zagadnienia

1. Definicja zasilacza.
2. Budowa blokowa zasilacza sieciowego.
3. Układy prostownicze.
4. Filtracja w zasilaczu.
5. Stabilizacja w zasilaczu.
6. Stabilizatory impulsowe

Pytania kontrolne

1. Omówić podstawowe typy prostowników
2. Omówić budowę blokową zasilacza.
3. Omówić znaczenie poszczególnych części zasilacza.
4. Na jakiej zasadzie realizuje się prostowanie ?
5. Co nazywamy prostownikiem ?
6. Co nazywamy prostownikiem jednopółkownym ?
7. Co nazywamy prostownikiem dwupółkownym ?
8. Co to jest prostownik w układzie mostkowym (Graetza) ?
9. Co nazywamy współczynnikiem tętnień ?
10. Jakie są zalety i wady podstawowych układów prostowniczych ?
11. Jaka rolę odgrywają filtry umieszczone na wyjściu prostownika ?
12. Jakie typy filtrów stosuje się na wyjściu prostownika ?
13. Co to są układy stabilizujące ?
14. Jak działa najprostszy stabilizator napięcia z dioda Zenera ?
15. Jak działa stabilizator szeregowy z tranzystorem ?
16. Co to jest stabilizator szeregowy z dodatkowym wzmacniaczem ?

5.2. Opis układu pomiarowego

Zestaw urządzeń:

1. Autotransformator,
2. Transformator,
3. Oscyloskop jednokanałowy,
4. Woltomierz,
5. Układ badany.

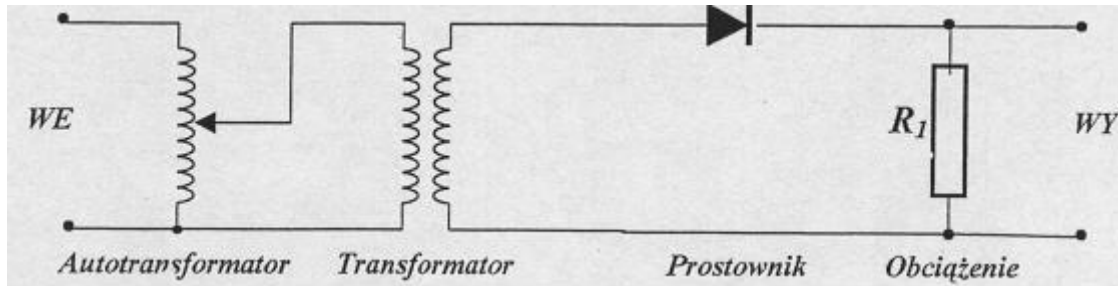
W pierwszej części ćwiczenia wykorzystuje się oscyloskop. Układami badanymi są w tym przypadku odstawowe układy prostownicze zbudowane na diodach półprzewodnikowych. W drugiej części ćwiczenia bada się wpływ filtru na przebieg napięcia wyjściowego oraz wpływ obciążenia na napięcie wyjściowe prostowników. W trzeciej części ćwiczenia bada się zależność napięcia wyjściowego stabilizatorów od napięcia wejściowego. Wykorzystuje się autotransformator, transformator oraz woltomierz. Obiektami badanymi są: zasilacz z dioda Zenera, zasilacz ze stabilizatorem tranzystorowym i zasilacz monolityczny.

5.3. Wykonanie ćwiczenia

UWAGA! AUTOTRANSFORMATOR WŁĄCZAC TYLKO ZA POZWOLENIEM PROWADZĄCEGO ĆWICZENIE.

5.3.1. Badanie układów prostowniczych

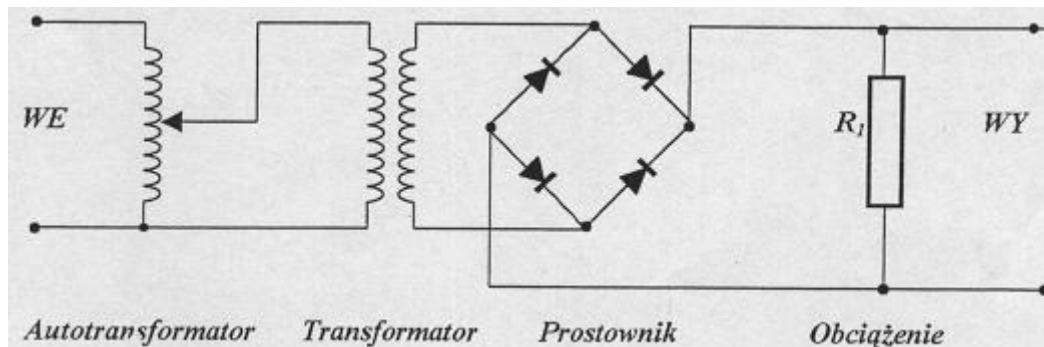
Zmontować układ pomiarowy z rys. 5.3.1.



Rys. 5.3.1. Układ pomiarowy do badania prostownika jednopołówkowego

Przerysować przebiegi napięcia zdjęte oscyloskopem na wejściu i wyjściu układu. Pomierzyć i zanotować amplitudę napięcia na na wejściu i na wyjściu oraz jego okres.

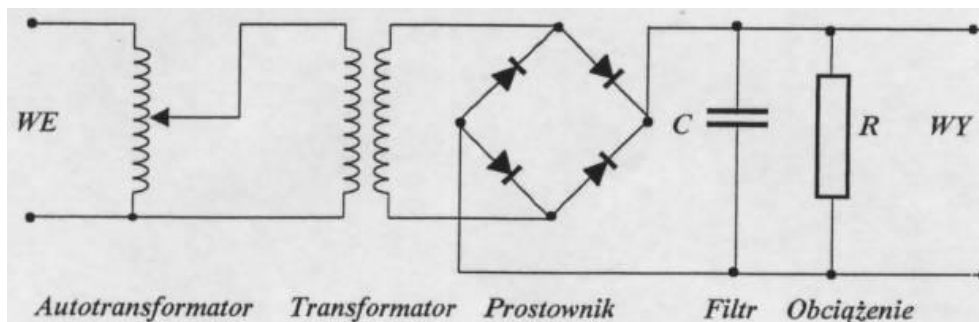
Zmontować układ pomiarowy z rys. 5.3.2.



Rys. 5.3.2. Układ pomiarowy do badania prostownika dwupołówkowego

Przerysować przebiegi napięcia zdjęte oscyloskopem na wejściu i wyjściu układu. Pomierzyć i zanotować amplitudę napięcia na na wejściu i na wyjściu oraz jego okres.

5.3.2. Badanie wpływu filtra na przebieg napięcia wyjściowego



Rys. 5.3.3. Układ pomiarowy do badania filtrów prostowniczych

Połączyć układ jak na rysunku 5.3.3.

Podłączyć rezystancje obciążenia R_1 . Zmieniając kolejno kondensatory w filtrze przerysować przebiegi C_1 , C_2 oraz C_3 .

Pomierzyć współczynnik tętnień na wyjściu dla wszystkich dziewięciu kombinacji opornika obciążenia i kondensatora w filtrze.

$$C_1 = 47 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 470 \mu\text{F}$$

$$C_3 = 1000 \mu\text{F}$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 0,5 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 0,3 \text{ k}\Omega$$

UWAGA! POMIAR WSPÓLCZYNNIKA TĘTNIENÍ OSCYLOSKOPEM

Współczynnik tętnień jest zdefiniowany następująco:

$$k_f = \frac{U_{\approx}}{U_{=}} \cdot 100\%$$

gdzie:

k_f - współczynnik tętnień,

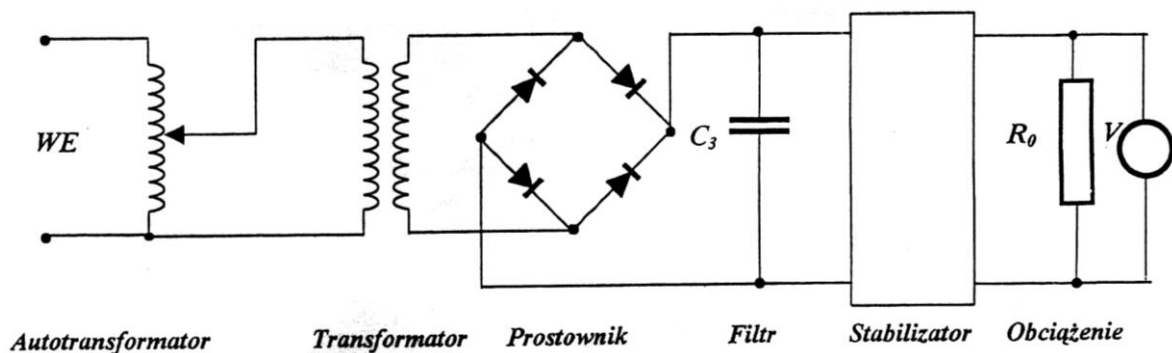
U_{\approx} - wartość składowej zmiennej,

$U_{=}$ - wartość składowej stałej,

W ćwiczeniu za wartość składowej zmiennej należy przyjąć amplitudę tętnień. Na początku należy wyzerować oscyloskop na zakresie 2 V przy pomiarze ze składową stałą. Linię zerową należy ustawić na dole ekranu tak by mieć do dyspozycji pełen ekran. Podłączyć przebieg badany. Zmierzyć wartość składowej stałej przebiegu dla dziewięciu kombinacji R i C licząc ją od ustawionej wcześniej linii 0 V. Po zmierzeniu składowej stałej należy przełączyć oscyloskop na pomiar składowej zmiennej (AC). Zwiększyć wzmocnienie oscyloskopu tak, aby składowa zmienna zajmowała możliwie największą część ekranu. Zmierzyć amplitudę składowej zmiennej dla dziewięciu kombinacji R i C .

5.3.3. Badanie charakterystyk przejściowych $U_{wy} = f(U_{we})$ stabilizatorów

Zmontować układ pomiarowy z rys. 5.3.4.



Rys. 5.3.4. Układ pomiarowy do badania stabilizatorów

Dla wszystkich trzech stabilizatorów przy obciążeniu początkowo $R_0 = \infty$ (rozwarcie), następnie $R_0 = R_1, R_2, R_3$ zdjąć charakterystykę $U_{wy} = f(U_{we})$ zmieniając napięcie na autotransformatorze od 110 V do 220 V wykorzystując w tym celu skalę autotransformatora. Jako filtr podłączyć kondensator C_3 .

5.4. Warunki zaliczenia ćwiczenia

Warunkiem zaliczenia ćwiczenia jest:

- napisanie z wynikiem pozytywnym krótkiego sprawdzianu na początku zajęć;
- wykonanie ćwiczenia;
- sporządzenie sprawozdania według instrukcji zawartej poniżej;
- obrona sprawozdania na następnych zajęciach;
- potwierdzenie opanowania zakresu ćwiczenia na ostatnich zajęciach zaliczeniowych;

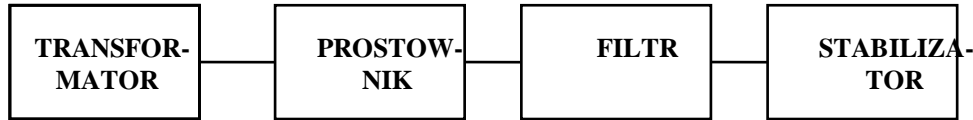
Sprawozdanie powinno zawierać:

- schematy układów pomiarowych,
- schematy układów prostowniczych, filtrów i stabilizatorów - oscylogramy zdjęte w punkcie 5.3.1,
- tabele wraz z wykresem charakterystyki $k_f = f(\tau)$, gdzie $\tau = RC$ jest stałą czasową,
- wyjaśnienie, jaki jest wpływ filtru na współczynnik tętnień,
- wyjaśnienie, jaki jest wpływ rezystancji obciążenia na współczynnik tętnień,
- wyjaśnienie, jaki jest wpływ stałej czasowej na współczynnik tętnień,
- tabele wraz z trzema wykresami $U_{wy} = f(U_{we}, R_0)$ dla każdego stabilizatora przy różnych rezystancjach obciążenia,
- własne wnioski i spostrzeżenia

5.5. Podstawy teoretyczne

5.5.1. Schemat blokowy zasilacza

Zasilacz jest układem elektronicznym służącym do zamiany napięcia zmiennego powszechnie dostępnego w sieci, na napięcie stałe wymagane do zasilania układów elektronicznych. Zasilacz zbudowany jest zazwyczaj z czterech podstawowych bloków jak na poniższym rysunku:



Rys 5.5.1 Schemat blokowy zasilacza

5.5.2. Transformator

Transformator jest elementem indukcyjnym składającym się z co najmniej dwu uzwojeń, przeznaczonym do przekazywania energii z uzwojenia pierwotnego do wtórnego. W elektronice transformator służy najczęściej do podwyższania lub obniżania napięcia, oraz do dopasowywania rezystancji obciążenia umieszczonego po stronie wtórnej do rezystancji źródła znajdującego się po stronie pierwotnej. Często transformatory stosuje się jako elementy sprzęgające poszczególne stopnie we wzmacniaczach. Przekładnią p transformatora nazywa się stosunek ilości zwojów uzwojenia wtórnego n_2 do ilości zwojów uzwojenia pierwotnego n_1 . W transformatorze idealnym tzn. bezstratnym mamy następujące zależności między zwojami, napięciami i prądami:

$$p = \frac{n_2}{n_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Jeśli chcemy uzyskać dopasowanie oporności, należy tak dobrać przekładnię transformatora, aby była ona równa:

$$p = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}$$

gdzie: R_1 jest rezystancją źródła, a R_2 rezystancją obciążenia.

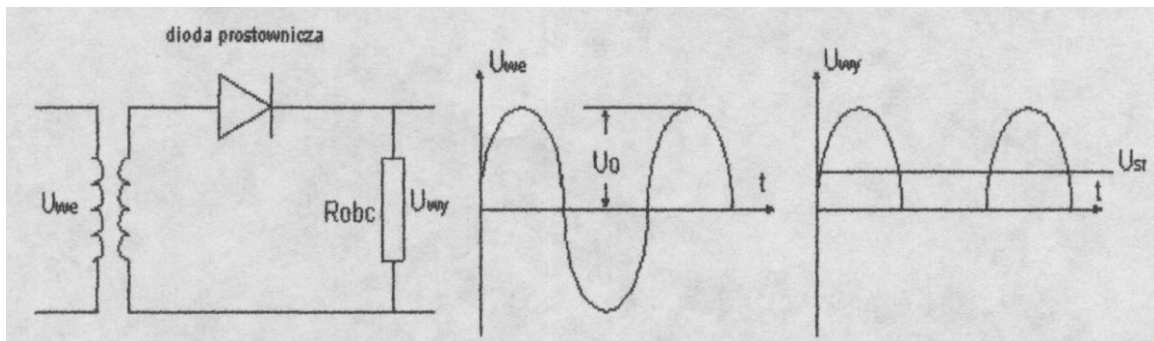
5.5.3. Prostownik

Prostowanie polega na przekształceniu przebiegu elektrycznego zawierającego wartości dodatnie i ujemne na przebieg posiadający tylko wartości jednego znaku, albo dodatnie albo ujemne. Dla realizacji prostowania należy przepuścić prąd przez element nieliniowy posiadający właściwości jednokierunkowego przewodzenia prądu. Współcześnie rolę takiego elementu, zwłaszcza w układach elektronicznych, pełni zazwyczaj dioda półprzewodnikowa. Prostowanie wykorzystuje się między innymi w zasilaczach i demodulatorach. Prostowanie można realizować w prostownikach jednopółkowych zwanych inaczej półokresowymi i w prostownikach dwupółkowych zwanych inaczej pełnokresowymi. Prostownikiem jednopółkowym nazywamy taki prostownik, w którym w wyniku prostowania przebieg zmienny zostaje przekształcony na przebieg o wartościach jednego znaku poprzez wyeliminowanie wartości znaku przeciwnego. Układ takiego prostownika i przebiegi na jego wejściu i wyjściu przy sterowaniu sygnałem sinusoidalnym przedstawiono na poniższym rysunku 5.5.2:

Dioda jest tak załączona że przewodzi tylko dla dodatnich półówek przebiegu wejściowego, gdyż tylko wtedy napięcie jest większe niż potencjał na katodzie (powinno być większe o co najmniej wartość napięcia bariery potencjału diody tj. 0.2 V dla diod germanowych lub 0.65 V dla diod krzemowych). Wartość średnia U_{sr} napięcia uzyskanego z prostowania napięcia sinusoidalnego o wartości skutecznej U i amplitudzie u_m jest równa:

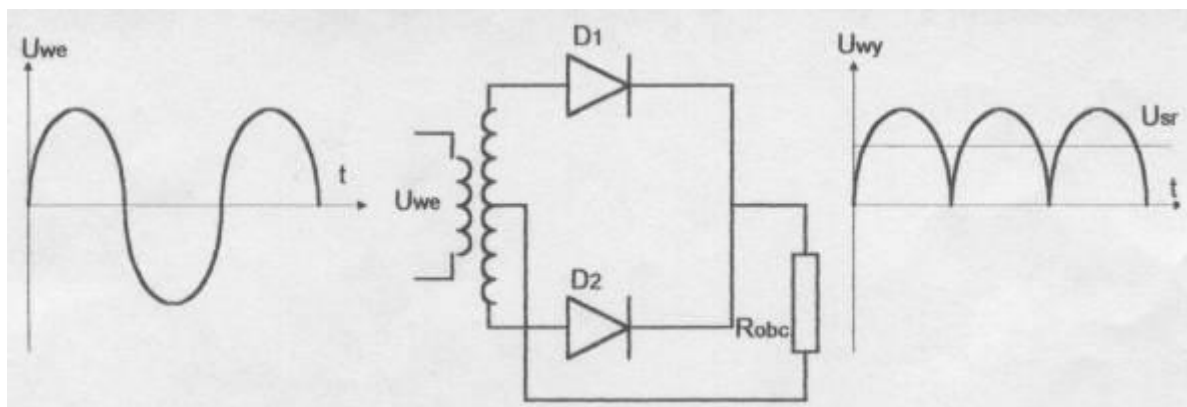
$$U_{SR} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U = 0.45U = 0.318U_m$$

W półokresie ujemnym dioda nie przewodzi i całe napięciem doprowadzono do prostownika pojawia się na diodzie, dlatego diodę należy tak dobrać, aby jej maksymalne napięcie pracy było wyższe niż amplituda napięcia prostowanego.



Rys 5.5.2 Prostownik jednopołówkowy

Prostowanie dwupołówkowe można realizować na dwa sposoby, w układzie z dzielonym uzwojeniem transformatora i w układzie mostkowym. Układ prostownika z dzielonym uzwojeniem transformatora oraz przebiegi przy sterowaniu sygnałem sinusoidalnym przedstawiono na poniższym rysunku:



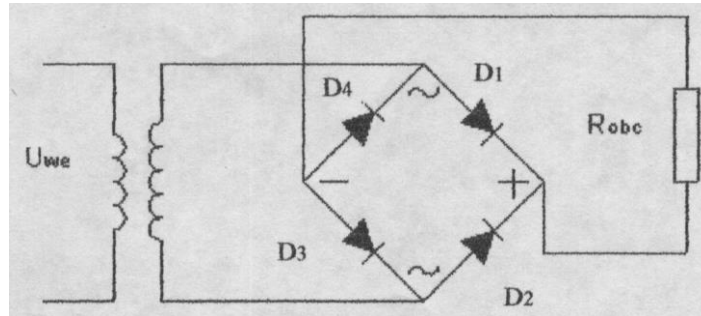
Rys 5.5.3 Prostownik z dzielonym uzwojeniem transformatora

Ponieważ środek uzwojenia transformatora jest uziemiony, a więc na potencjale zerowym, przy dodatniej półowce napięcia przewodzi dioda D_1 , a nie przewodzi dioda D_2 . Z kolei przy ujemnej półowce napięcia przewodzi dioda D_2 , a nie przewodzi dioda D_1 . Przez opornik obciążenia prąd przy obu półowkach płynie w tym samym kierunku. Wartość średnia napięcia na wyjściu prostownika dwupołówkowego jest dwukrotnie większa niż w przypadku prostownika jednopołówkowego.

Prostownik dwupołówkowy w układzie mostkowym, zwanym również układem Graetz'a oraz przebiegi przy sterowaniu prostownika sygnałem sinusoidalnym przedstawiono na rysunku 5.5.4.

Dla dodatniej półowki napięcia przewodzą diody D_1 i D_3 , a nie przewodzą diody D_2 i D_4 , prąd płynie więc od górnej końcówki uzwojenia przez diodę D_1 , opornik obciążenia, diodę D_3 do dolnej końcówki uzwojenia. Przy ujemnej półowce napięcia przewodzą diody D_2 i D_4 , a nie przewodzą diody D_1 i D_3 , prąd płynie więc od dolnej końcówki uzwojenia przez diodę D_2 , opornik obciążenia i diodę D_4 do górnej końcówki uzwojenia transformatora. Łatwo zauważyć,

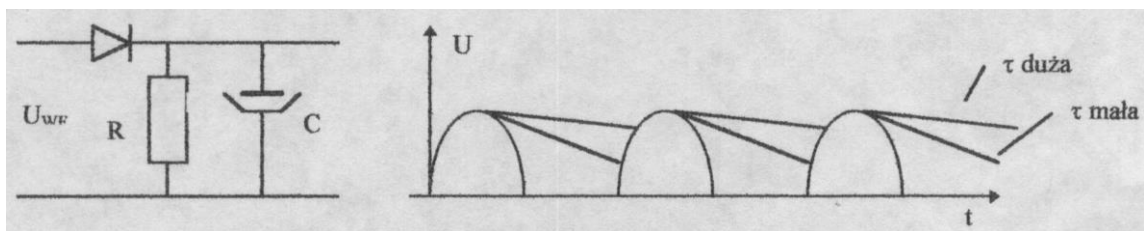
że przez opornik obciążenia prąd w obu przypadkach płynie w tym samym kierunku. W układzie mostkowym uzyskujemy dwa razy większe napięcie wyjściowe niż w układzie z dzielonym uzwojeniem przy takiej samej ilości zwojów na uzwojeniu wtórnym transformatora.



Rys 5.5.4 Prostownik w układzie mostkowym

5.5.4. Filtr

Zadaniem filtra jest doprowadzenie uzyskanego na wyjściu prostownika przebiegu do postaci możliwie maksymalnie zbliżonej do napięcia stałego tzn. maksymalne „wygładzenie” przebiegu napięcia. Najprostszym, a jednocześnie najczęściej stosowanym w układach elektronicznych filtrem jest kondensator elektrolityczny o odpowiednio dużej pojemności dołączony równolegle do obciążenia jak przedstawiono na poniższym rysunku:



Rys 5.5.5 Zasada filtracji

Działanie filtra jest następujące:

W czasie narastania napięcia na wyjściu prostownika następuje ładowanie się kondensatora. Ponieważ ładowanie kondensatora odbywa się w obwodzie o bardzo małej oporności (diody spolaryzowane w kierunku przewodzenia), proces ładowania jest bardzo szybki. Gdy napięcie na wyjściu prostownika zaczyna się obniżać, zaczyna się proces rozładowania kondensatora. Rozładowanie odbywa się przez oporność obciążenia (diody są teraz spolaryzowane w kierunku zaporowym). W zależności od wartości pojemności i oporności obciążenia, a ściślej mówiąc w zależności od stałej czasowej $\tau = RC$ proces rozładowania może trwać krócej lub dłużej. Większa stała czasowa, a więc większa pojemność i oporność obciążenia (czyli większy ładunek zgromadzony w kondensatorze i mniejszy prąd rozładowania), powoduje wydłużenie czasu rozładowania, napięcie staje się bardziej stałe.

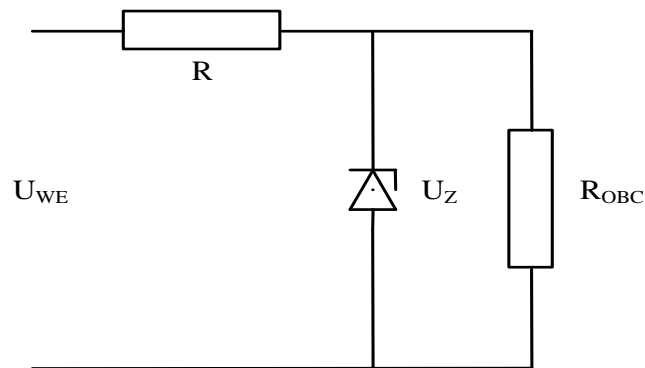
Miarą jakości filtracji jest wartość współczynnika tętnień. Współczynnikiem tętnień k_f nazywamy stosunek wartości skutecznej składowej zmiennej napięcia na wyjściu filtra do wartości składowej stałej na tym wyjściu. Im mniejszy współczynnik tętnień, tym lepsza filtracja.

Lepszą filtrację można uzyskać jeżeli zamiast kondensatora włączymy szeregowo z obciążeniem dławik. Jest to jednak element znacznie większy, cięższy i droższy dlatego też, jest stosowany jedynie wówczas, gdy istnieją szczególnie wysokie wymagania odnośnie filtracji napięcia wyjściowego.

Należy zwrócić uwagę na to, że współczynnik tętnień zależy nie tylko od zastosowanego filtra, ale również od obciążenia. Zwiększanie obciążenia, czyli poboru prądu z zasilacza powoduje wzrost wartości współczynnika tętnień.

5.5.5. Stabilizator

Stabilizatorem nazywamy układ służący do otrzymania stałej (ściślej: prawie stałej) wartości napięcia lub prądu wyjściowego z zasilacza przy zmianach napięcia zasilającego lub zmianach obciążenia. Podstawowym elementem stosowanym obecnie do budowy stabilizatorów jest dioda Zenera. Z charakterystyki diody Zenera wynika, że przy przepływie przez nią prądu w kierunku zaporowym, niezależnie o wartości tego prądu napięcie na diodzie jest prawie stałe i równe tzw. napięciu Zenera. Diody Zenera są wykonywane na różne napięcia w zakresie od kilku do kilkudziesięciu V. Najlepsze charakterystyki bo najmniej zależne od temperatury posiadają diody na napięcia w granicach 6 - 7 V.



Rys 5.5.6 Prosty stabilizator z diodą Zenera

Jeżeli napięcie wejściowe jest niższe od napięcia Zenera, prąd przez diodę nie płynie i napięcie na obciążeniu jest równe napięciu wejściowemu. Nie ma w tym wypadku stabilizacji. Jeżeli napięcie wejściowe przekracza napięcie Zenera, przez diodę płynie prąd tym większy im wyższe jest napięcie wejściowe, na oporniku R pojawia się spadek napięcia proporcjonalny do płynącego prądu, a napięcie na obciążeniu jest stałe i równe napięciu Zenera diody. Jest więc stabilizacja napięcia.

Przedstawiony układ stabilizatora może być stosowany jedynie przy małym poborze prądu, z uwagi na ograniczone moce admisyjne diod Zenera. Dla zwiększenia możliwości poboru prądu w stabilizatorach często stosuje się dodatkowe tranzystory. W takim przypadku dioda Zenera jest elementem określającym napięcie wyjściowe, natomiast tranzystor służy do jego regulacji.

Obecnie coraz częściej spotyka się stabilizatory monolityczne, w których cały układ stabilizatora wykonany jest w formie układu scalonego. Charakteryzują się one większą dokładnością stabilizacji.

Bardzo często zasilacze posiadają dodatkowe układy ograniczenia prądowego lub stabilizacji prądowej. Pozwalają one na ustawienie maksymalnego prądu pobieranego z zasilacza. Układ ograniczający zabezpiecza z jednej strony zasilacz przed przeciążeniem, a z drugiej strony zabezpiecza badany układ dołączony do zasilacza przed zniszczeniem.

5.6 Literatura

1. Rusek M., Pasierbiński J., *Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach*, WNT 1997.
2. Koziej E., Sochoń B., *Elektrotechnika i elektronika*, Warszawa 1986.
3. Przeździecki F., *Elektrotechnika i elektronika*, Warszawa, PWN 1985.
4. *Elektrotechnika i elektronika dla nieelektryków*, Praca zbiorowa, WNT 2006.
5. Jaczewski J., Opolski A., Stolz J., *Podstawy elektroniki i energoelektroniki*, WNT 1981.
6. Pilawski M., *Podstawy elektrotechniki*, WSiP 1982.
7. Rusek A., *Podstawy elektroniki*, WSiP 1989.
8. Staciewicz T., Kotlicki A., *Elektronika w laboratorium naukowym*, PWN 1994.

5.7 Efekty kształcenia

| Metody i kryteria oceny | | | | |
|--|--|--|--|---|
| EK1 | Ma podstawową wiedzę w zakresie pojęć, praw z zakresu elektrotechniki i elektroniki. | | | |
| Metody oceny | egzamin pisemny, egzamin ustny, sprawdziany i prace kontrolne w semestrze. | | | |
| Kryteria/ Ocena | 2 | 3 | 3,5 - 4 | 4,5 - 5 |
| Kryterium 1 Wiedza w zakresie pojęć elektrotechniki i elektroniki. | Brak lub niewystarczająca podstawowa wiedza w zakresie pojęć i definicji związanych z tematem. | Opanowana podstawowa wiedza w zakresie pojęć i definicji związanych z tematem. | Zna i potrafi scharakteryzować/o mówić podstawowe pojęcia i definicje Zna i potrafi scharakteryzować/o mówić podstawowe i rozszerzone pojęcia, definicje. | Zna i potrafi przeanalizować pojęcia i definicje oraz wskazać możliwości ich wykorzystania w technice morskiej Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej. |
| Kryterium 2 Wiedzę w zakresie praw elektrotechniki i elektroniki. | Brak lub niewystarczająca podstawowa wiedza w zakresie praw związanych z tematem. | Opanowana podstawowa wiedza w zakresie praw związanych z tematem. | Zna i potrafi scharakteryzować/o mówić podstawowe prawa Zna i potrafi scharakteryzować/o mówić podstawowe i rozszerzone prawa. | Zna i potrafi przeanalizować prawa oraz wskazać możliwości ich wykorzystania w technice morskiej Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej. |
| EK2 | Posiada umiejętność wykorzystania podstawowych praw elektrotechniki i elektroniki do analizy rachunkowej podstawowych elementów i obwodów elektronicznych. | | | |
| Metody oceny | zaliczenie ćwiczeń, laboratoriów/ symulatorów, sprawozdanie/ raport. | | | |
| Kryteria/ Ocena | 2 | 3 | 3,5 - 4 | 4,5 - 5 |
| Kryterium 1 Umiejętność wykorzystania podstawowych praw elektrotechniki i elektroniki do analizy rachunkowej podstawowych elementów i obwodów elektronicznych. | Brak lub niewystarczająca podstawowa wiedza w zakresie wykorzystania pojęć, definicji i praw związanych z tematem. | Opanowana podstawowa wiedza w zakresie wykorzystania pojęć, definicji i praw związanych z tematem. | Zna i potrafi wykorzystać podstawowe pojęcia, definicje i prawa do analizy podstawowych obwodów Zna i potrafi wykorzystać podstawowe i pochodne pojęcia, definicje i prawa do analizy podstawowych obwodów w technice morskiej. | Zna i potrafi wykorzystać podstawowe i pochodne pojęcia, definicje i prawa oraz wzajemne zależności między nimi w technice morskiej Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej. |
| EK3 | Ma podstawową wiedzę teoretyczną w zakresie struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów elektrycznych. | | | |
| Metody oceny | egzamin pisemny, egzamin ustny, sprawdziany i prace kontrolne w semestrze. | | | |
| Kryteria/ Ocena | 2 | 3 | 3,5 - 4 | 4,5 - 5 |

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| Kryterium 1 Podstawowa wiedza teoretyczna w zakresie struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów elektrycznych. | Brak lub niewystarczająca podstawowa wiedza w zakresie struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów. | Opanowana podstawowa wiedza w zakresie struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów. | Zna i potrafi scharakteryzować/omówić podstawowe pojęcia z zakresu struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów Zna i potrafi scharakteryzować/omówić podstawowe i rozszerzone pojęcia z zakresu struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów występujących w technice morskiej. | Zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów występujących w technice morskiej Biegłe zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów występujących w technice morskiej. |
| EK4 | Posiada umiejętności pomiarów, analizy i przetwarzania sygnałów elektrycznych. | | | |
| Metody oceny | zaliczenie ćwiczeń, laboratoriów/ symulatorów, sprawozdanie/ raport. | | | |
| Kryteria/ Ocena | 2 | 3 | 3,5 - 4 | 4,5 - 5 |
| Kryterium 1 Umiejętności pomiarów, analizy i przetwarzania sygnałów elektrycznych. | Brak lub niewystarczające podstawowe umiejętności w zakresie pomiarów, analizy i przetwarzania sygnałów. | Opanowane podstawowe umiejętności w zakresie pomiarów i analizy sygnałów. | Opanowane podstawowe umiejętności w zakresie pomiarów, analizy i przetwarzania sygnałów Opanowane w stopniu dobrym podstawowe umiejętności w zakresie pomiarów, analizy i przetwarzania sygnałów występujących w technice morskiej. | Opanowane w stopniu bardzo dobrym podstawowe umiejętności w zakresie pomiarów, analizy i przetwarzania podstawowych sygnałów występujących w technice morskiej Biegłe zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu pomiarów, analizy i przetwarzania złożonych sygnałów występujących w technice morskiej. |
| EK5 | Ma podstawową wiedzę w zakresie zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń elektronicznych. | | | |
| Metody oceny | egzamin pisemny, egzamin ustny, sprawdziany i prace kontrolne w semestrze. | | | |
| Kryteria/ Ocena | 2 | 3 | 3,5 - 4 | 4,5 - 5 |

| | | | | |
|---|--|--|---|---|
| Kryterium 1 Wiedza w zakresie zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń elektronicznych. | Brak lub niewystarczająca podstawowa wiedza w zakresie zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń. | Opanowana podstawowa wiedza w zakresie zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń. | Zna i potrafi scharakteryzować/omówić podstawowe i rozszerzone pojęcia z zakresu zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń. | Zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń Biegłe zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń występujących w technice morskiej. |
| EK6 | Posiada umiejętność analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń elektronicznych. | | | |
| Metody oceny | zaliczenie ćwiczeń, laboratoriów/ symulatorów, sprawozdanie/ raport. | | | |
| Kryteria/ Ocena | 2 | 3 | 3,5 - 4 | 4,5 - 5 |
| Kryterium 1 Umiejętność analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń elektronicznych. | Brak lub niewystarczające podstawowe umiejętności w zakresie analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk. | Opanowane podstawowe umiejętności w zakresie analizy działania i pomiaru parametrów podstawowych obwodów i urządzeń. | Opanowane podstawowe umiejętności w zakresie analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń Opanowane w stopniu dobrym podstawowe umiejętności w zakresie analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń. | Opanowane w stopniu bardzo dobrym analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń Biegłe opanowane umiejętności w zakresie analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń występujących w technice morskiej. |