

Technikum Łączności
im. Obrońców Poczty Polskiej w Gdańsku

Pracownia Konstrukcji i Eksploatacji Urządzeń Elektronicznych

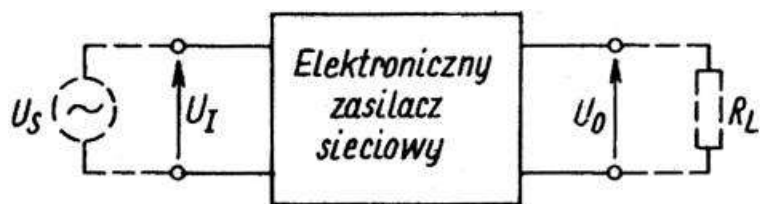
BADANIE ZASILACZY NIESTABILIZOWANYCH

opracowali:
Henryk Kiersnowski
Marek Przybylski

Najważniejsze parametry oraz elementy składowe zasilaczy

(Na podstawie: <http://www.bryk.pl/wypracowania/pozosta%C5%82e/elektrotechnika/14657-zasilacze.html>)

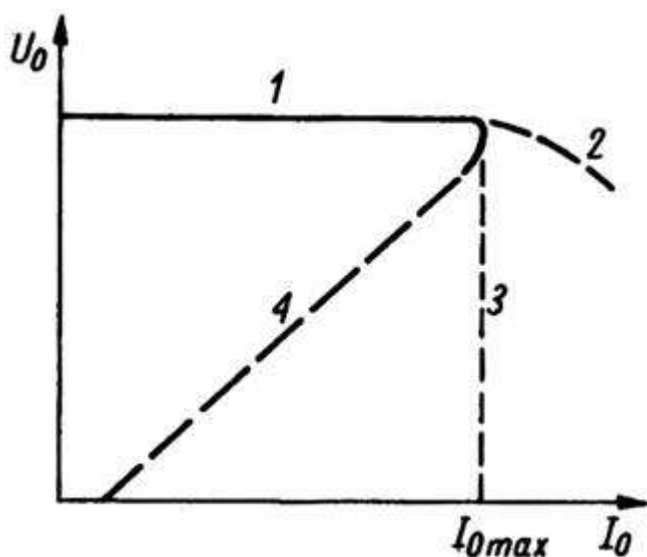
Symbol blokowy zasilacza sieciowego



Do najbardziej istotnych parametrów użytkowych zasilaczy elektronicznych należą:

- wartość skuteczne napięcia zasilającego,
- częstotliwość napięcia zasilającego,
- wartość średnia napięcia wyjściowego, czyli składowa stała tego napięcia,
- maksymalny prąd obciążenia, a co za tym idzie maksymalna moc, która może wydzielać się na obciążeniu,
- wartość napięcia tętnień na wyjściu, czyli parametr zwany pod nazwą współczynnika tętnień,
- impedancja wyjściowa,
- współczynnik stabilizacji napięcia,
- warunki eksploatacji zasilacza, zwłaszcza dopuszczalny zakres temperatury otoczenia i wilgotność powietrza.

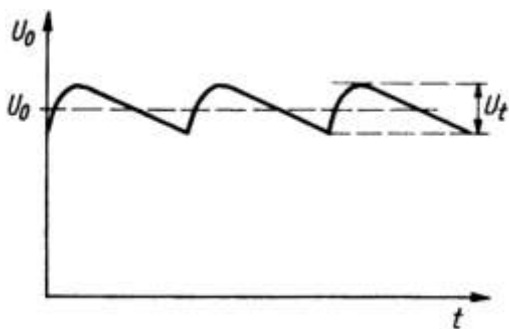
Bardzo ważna jest również wyjściowa charakterystyka obciążeniowa zasilacza, która przedstawia zależność napięcia wyjściowego od wyjściowego prądu zasilacza. Charakterystyka ta jest pokazana na poniższym rysunku.



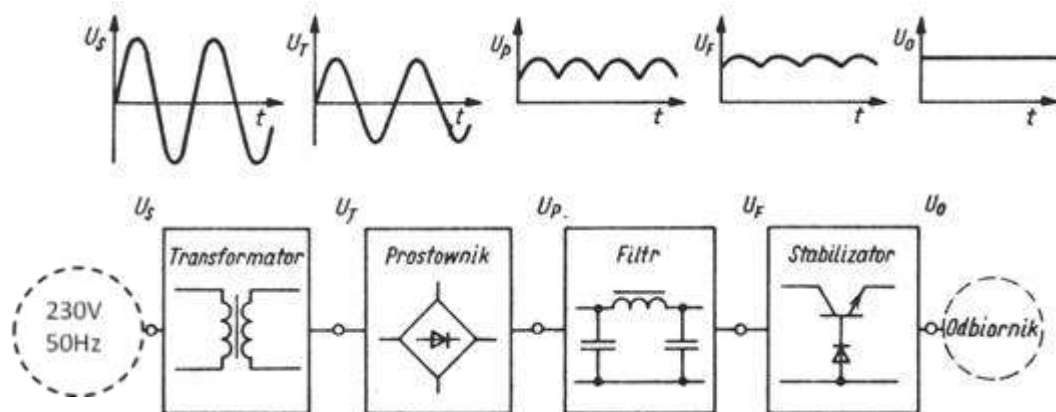
Cyframi oznaczono charakterystyki wyjściowe zasilacza w następujących przypadkach:

1. gdy $I_0 < I_{0max}$,
2. gdy doszło do przeciążenia, takiego jak zwarcie, w przypadku gdy zasilacz nie jest wyposażony w ograniczenie nadprądowe,
3. gdy doszło do przeciążenia, a zasilacz jest wyposażony w ograniczenie stałe,
4. gdy doszło do przeciążenia, a zasilacz jest wyposażony w ograniczenie progresywne.

Poniższy wykres ilustruje schemat przebiegu napięcia wyjściowego z prostownika w funkcji czasu



Blokowo - funkcjonalny schemat elektronicznego zasilacza sieciowego wyposażonego w stabilizator o działaniu ciągłym



Każda z wymienionych wcześniej grup zasilaczy różni się od siebie w istotny sposób budową oraz właściwościami. W zasilaczu stabilizowanym przedstawionym na schemacie powyżej napięcie zmiennej sieci elektrycznej przetwarzane jest w ciągły sposób w kolejnych blokach zasilacza, aż do momentu uzyskania napięcia stałego którym zasilany jest odbiornik. Najlepsza stabilizacja napięcia wyjściowego oraz najmniejsze tętnienia i mała impedancja wyjściowa uzyskiwana jest właśnie w tego typu zasilaczach. Cechą niekorzystną jest stosunkowo mała sprawność tych zasilaczy, która oscyluje w granicach 30 - 40%, wynika ona z dużych strat mocy na elemencie regulacyjnym stabilizatora.

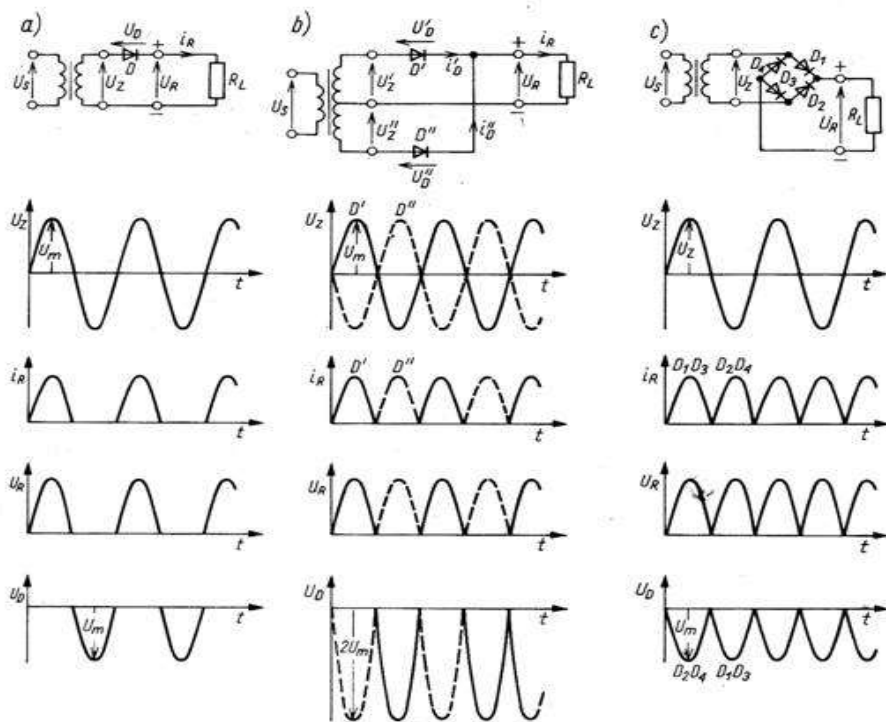
W konstrukcji każdego zasilacza niewątpliwą rolę pełni układ prostowniczy. **Układ prostowniczy** służy do przekształcania prądu zmiennego na prąd jednokierunkowy, jak sama nazwa wskazuje: prostuje przebieg napięciowy. Poza układem prostowniczym w skład zasilacza elektronicznego wchodzi także transformator, odpowiedni filtr wygładzający, stabilizator oraz układy i elementy zabezpieczające. **Transformator** pełni rolę dopasowania napięć zasilających oraz odizolowania obwodów zasilanych z sieci elektrycznej od obwodów zasilanego urządzenia elektrycznego. **Filtr wygładzający**, którego przykładem jest zwykły układ całkujący, służy do tłumienia tętnienia czyli składowej zmiennej napięcia które jest na wyjściu układu prostowniczego. Główną rolą **stabilizatora** jest odpowiednie utrzymywanie napięcia wyjściowego na stałym poziomie, pomimo wystąpienia pewnych czynników zakłócających. Najprostszym elementem, który chroni zasilacz przed uszkodzeniami, mogącymi powstać z powodu wydzielania się na nim zbyt wielkiej mocy, jest bezpiecznik topikowy. Nie jest on jednak zawsze skutecznym zabezpieczeniem, w przypadku niewielkich przeciążeń lub przepięć, koniecznym staje się stosowanie odpowiednich układów zabezpieczających.

Układy prostownicze

Ważnym elementem zasilacza stabilizowanego jest układ prostowniczy, który służy do prostowania prądu zmiennego w jednokierunkowy pulsujący prąd, zwany prądem wyprostowanym. Istotną rolę w działaniu układu prostowniczego odgrywa element prostowniczy. Jednostka ta charakteryzuje się wyraźną asymetrią rezystancji, która zależy od biegunowości doprowadzanego do niej napięcia. Rezystancja ta jest bardzo mała dla kierunku przewodzenia elementu prostowniczego oraz bardzo duża dla kierunku zaporowego. Powszechnie stosowanym we współczesnych układach prostowniczych małej mocy elementem prostowniczym jest dioda półprzewodnikowa. Sterowane elementy prostownicze,

takie jak tyrystory, stosuje się zazwyczaj w układach prostowniczych dużej mocy. Przeznaczone są one do zasilania urządzeń energetycznych.

Trzy podstawowe diodowe układy prostownicze



Na powyższym rysunku zostały przedstawione trzy podstawowe diodowe układy prostownicze wraz z odpowiadającymi im czasowymi przebiegami prądów i napięć na wyjściu i wejściu układu. Założone zostało, że obciążenie zasilacza jest czysto rezystancyjne, zaś diody prostownicze i transformator są idealnymi elementami.

Najprostszy układ prostowniczy przedstawiony na rysunku a) zawiera pojedynczą diodę półprzewodnikową. Kiedy zmienne napięcie zasilania ma wartość dodatnią $+U_Z$, dioda znajduje się w stanie przewodzenia, a anoda spolaryzowana jest dodatnio względem katody. Przez obwód płynie prąd I_D , który powoduje odłożenie na rezystorze R_L napięcia o wartości identycznej jak napięcie zasilania U_Z o biegunowości identycznej jak na rysunku.

Prostowniczy układ pełnokresowy, przedstawiony na rysunku b), można rozpatrzyć jako układ złożony z dwóch jednopółkresowych prostowników, połączonych w ten sposób, że obie diody D' i D'' kolejno przewodzą prąd w następujących po sobie półokresach napięcia zasilania: U_Z' i U_Z'' . Wypadkowy prąd I_D stanowi sumę prądów składowych obu prostowników, natomiast spadek napięcia U_D powstały na rezystancji obciążenia R_L , który jest tym prądem wywołany, posiada kształt i biegunowość pokazane na rysunku.

Prostowniczy układ mostkowy, którego przykładem jest układ Graetza, jest przedstawiony na rysunku z oznaczeniem c). Zawiera on w sobie cztery diody: D_1, D_2, D_3, D_4 połączone w taki sposób, że w każdej chwili dwie z nich przewodzą, tym samym dostarczając prąd do obciążenia, natomiast pozostałe dwie są w stanie zaporowym i nie przewodzą. Na przykład, jeśli w dodatniej półówce napięcia zasilania $+U_Z$ przewodzą zarówno diody D_1 jak i D_3 , to w półówce ujemnej napięcia zasilania $-U_Z$ przewodzą diody D_2 i D_4 . W wyniku tego zarówno prąd, który płynie przez obciążenie, jak i spadek napięcia, który on wywołuje na rezystancji obciążenia, posiadają w obu półówkach takie same kierunki.

Parametry układu prostowniczego w dużej mierze zależą od liczby i rodzaju elementów prostowniczych, a także od sposobu zasilania, czyli sposobu połączenia uzwojeń zasilającego transformatora, liczby faz napięcia zasilania, oraz rodzaju obciążenia, czyli obciążenia rezystancyjnego i reaktancyjnego.

Najważniejszymi parametrami opisującymi działanie każdego układu prostowniczego są:

- średnia wartość napięcia wyprostowanego, czyli wyjściowego U_D ,
- skuteczne i maksymalna wartość napięcia zasilającego, czyli wejściowego U_1 ,
- szczytowa, czyli maksymalna wartość napięcia wstecznego cechującej pojedynczą diodę D ,
- podstawowa częstotliwość tętnień f_t ,

- sprawność napięciowa η_U , która stanowi iloraz średniej wartości napięcia wyprostowanego oraz maksymalnej wartości napięcia zasilającego.

Poniższa tablica zawiera podstawowe parametry prostowniczych układów diodowych

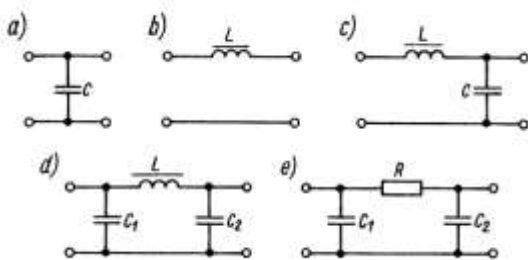
Rodzaj układu prostowniczego	Półokresowy	Pełnookresowy	
		mostkowy	z wyprowadzonym środkiem uzwojenia wtórnego transformatora
Napięcie zasilające (wartość skuteczna)	U	U	U (a)
Liczba diod	1	4	2
Napięcie wsteczne na pojedynczej diodzie (wartość maksymalna)	$\sqrt{2}U$	$\sqrt{2}U$	$2\sqrt{2}U$
Napięcie wyprostowane (wartość średnia)	0,45 U	0,9 U	0,9 U
Częstotliwość podstawowa tętnień(b)	f	2f	2f
Sprawność napięciowa	0,318	0,637	0,637

- a. napięcie odłożone na połowie uzwojenia wtórnego $U'' = U' = U$
 b. określona wartością częstotliwości napięcia zasilającego f

Przedstawione na powyższym rysunku układy prostownicze charakteryzują się stosunkowo dużymi tętnieniami wyprostowanego napięcia. **Współczynnik tętnień t** jest zdefiniowany jako iloraz skutecznej wartości składowej zmiennej oraz składowej stałej wyprostowanego napięcia. Największy współczynnik posiada układ półokresowy $t = 1,21$, natomiast układ pełnookresowy posiada wartość tego współczynnika na poziomie $t = 0,48$.

Filtry wygładzające

Napięcie, które występuje bezpośrednio na wyjściu układu prostowniczego wraz z obciążeniem rezystancyjnym posiada pulsacyjny charakter. Aby zmniejszyć tętnienia na obciążeniu, należy pomiędzy wyjście prostownika, a obciążenie dołączyć filtr dolnoprzepustowy, zwany również filtrem całkującym lub wygładzającym. kilka przykładów filtrów dolnoprzepustowych pokazanych jest na poniższych rysunkach.



Najprostszy filtr dolnoprzepustowy przedstawiony na rysunku a) zawiera jedynie kondensator. Pomimo swojej prostoty filtr ten cechuje się wysoką skutecznością tłumienia tętnień napięcia. Im większa pojemność kondensatora, tym większa skuteczność działania filtru. Z powodu zależności pojemności danego kondensatora od jego rozmiarów, aby zminimalizować rozmiary filtru stosowane są kondensatory elektrolityczne, których pojemność jednostkowa jest

największa. Filtr z rysunku a) stosowany jest powszechnie w układach zasilających małej mocy. Należy zastanowić się nad działaniem prostownika półokresowego wyposażonego w prosty filtr pojemnościowy obciążonego czystą rezystancją. Obecność kondensatora C, który połączony jest równolegle z rezystorem R_L powoduje płynięcie prądu przez diodę D tylko w krótkich okresach, kiedy ona przewodzi, ładując tym samym kondensator do napięcia identycznego z napięciem zasilania U_1 prostownika. Rozładowywanie kondensatora z kolei następuje poprzez rezystor obciążenia w dłuższym czasie, w którym dioda nie przewodzi. W wyniku tego działania zmiany napięcia wyjściowego odkładanego na obciążeniu są znacznie niższe niż w układzie bez filtru wygładzającego. Znacznie większa jest również średnia wartość napięcia wyprostowanego, która jest bardzo bliska maksymalnej wartości napięcia zasilającego. Znacznie mniejsze są tętnienia napięcia. Wadą układu jest zwiększanie napięcia wstecznego na diodzie, które osiąga dwukrotną wartość szczytowego napięcia zasilającego. Jakość filtracji zależy w dużym stopniu od obciążenia prostownika. Przykładowo, kiedy natężenie prądu w obciążeniu rośnie na skutek zmniejszenia rezystancji obciążenia R_L , powoduje to tym samym silniejsze

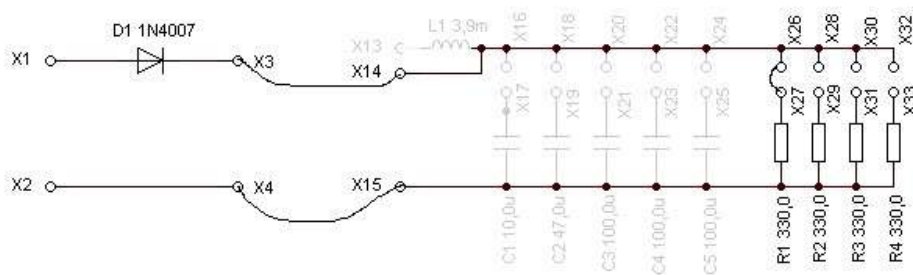
rozładowanie kondensatora. Idąc dalej tym tropem następuje wydłużenie czasu ładowania oraz zwiększenie prądu ładowania kondensatora, w związku z czym tętnienia wyjściowego napięcia stają się większe. Zjawisku temu można przeciwdziałać poprzez stosowanie kondensatora o większej pojemności, prowadzi to jednak do zwiększenia szczytowej wartości prądu przewodzenia diody. Znacznie lepsze rezultaty można uzyskać stosując prostownik pełnookresowy, ponieważ identyczne jakościowo zjawiska powtarzają się dwukrotnie w czasie pojedynczego okresu prostowanego przebiegu. Niezależnie od stosowanego układu, najbardziej niekorzystne dla diody warunki pracy występują w momencie włączenia napięcia zasilania, kiedy kondensator C jeszcze nie jest naładowany. Wtedy bowiem przez diody, które przewodzą płynie bardzo duży prąd, który wstępnie ładuje kondensator ograniczony tylko niewielkimi rezystancjami szeregowymi komponentów, które znajdują się w obwodzie prostownika. Należy więc starannie dobierać elementy, aby zapobiec ewentualnemu uszkodzeniu układu. Aby zmniejszyć impuls prądu występującego zaraz po uruchomieniu układu, celowo wprowadza się w obwód prostownika szeregowo rezystor o stosunkowo niewielkiej wartości rezystancji.

Filtry wygładzające, które zawierają jedynie cewkę indukcyjną, jak filtr z rysunku b), stosowane są bardzo rzadko. Stosowane są właściwie jedynie w pełno okresowych układach wielofazowych o dużej mocy. Stąd wynika, że skuteczność tego filtru, czyli odpowiednie zmniejszenie tętnień jest tym większe im mniejsza jest rezystancja obciążenia, a co za tym idzie także pobierana moc. Częściej stosowane są filtry LC, takie jak filtry typu L pokazane na rysunku c) oraz filtry typu p pokazane na rysunku d). Poprzez odpowiedni dobór elementów L oraz C tych filtrów możliwe jest uzyskanie znaczącego zmniejszenia tętnień oraz stosunkowo małe zmiany napięcia wyjściowego w dość dużym zakresie zmian natężenia prądu obciążenia. Wadą filtrów LC jest duża masa oraz rozmiar cewki indukcyjnej, szczególnie w przypadku układów pracujących w przedziale częstotliwości od 50 Hz do 200 Hz. Przy projektowaniu układów pracujących w częstotliwościach od 20 kHz do 300 kHz filtry tego typu są chętnie wykorzystywane, zwłaszcza w zasilaczach impulsowych. Dzieje się tak za sprawą cewki indukcyjnej która może być niewielkich rozmiarów przy pracy w wyższych częstotliwościach. W zasilaczach niewielkiej mocy często stosowanymi filtrami są filtry wygładzające RC, których przykład przedstawiono na rysunku e). Pomimo powszechnego stosowania charakteryzują się one niezbyt dobrą skutecznością filtrowania, a przy tym znacząco uzależniają wartość napięcia wyjściowego od natężenia prądu obciążenia, co jest zasługą dodatkowego spadku napięcia na rezystorze wchodzącym w skład filtru. Znaczącą poprawę zarówno filtracji jak i napięcia wyjściowego można uzyskać przez odpowiednie wykorzystanie stabilizatorów elektronicznych.

Imię i nazwisko:	Klasa:	Stanowisko:	Nr w dzienniku:
Skład grupy:			
1.			
2.			
3.			
4.			
Temat ćwiczenia: BADANIE ZASILACZY NIESTABILIZOWANYCH			Data wykonania ćwiczenia:
Ocena z przeprowadzonego ćwiczenia:		Podpis nauczyciela:	

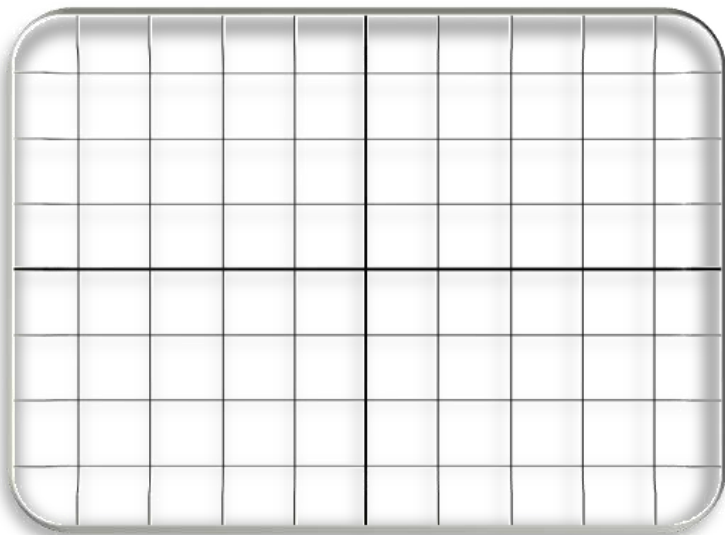
Przebieg ćwiczenia - prostownik jednopółkowy niestabilizowany.

Schemat połączeń:



Czynności pomiarowe.

1. Połącz układ wg. powyższego schematu. Zaciski X1-X2 zasil napięciem z transformatora obniżającego napięcie sieciowe, jako obciążenia użyj rezystora R1.
2. Podłącz oscyloskop tak, by w kanale CH1 obrazowany był przebieg napięcia na zaciskach X1-X2 (wejście prostownika), a w kanale CH2 przebieg napięcia na zaciskach X14-X15 (wyjście prostownika).
3. Do zacisków X1-X2 podłącz woltmierz V1, do zacisków X14-X15 podłącz woltmierz V2.
4. Przygotuj oscyloskop do pracy dwukanałowej (CH1 w trybie DC, CH2 w trybie DC)



- Pomierz (przy pomocy woltomierza V1) wartość skuteczną napięcia wejściowego prostownika oraz wartość średnią tego napięcia. Pomierz (przy pomocy woltomierza V2) wartość skuteczną napięcia tętnień na wyjściu prostownika oraz wartość średnią tego napięcia. Przerysuj z ekranu oscyloskopu przebiegi U_{we} i U_{wy} . Zapisz nastawy oscyloskopu i zanotuj wartości pomierzonego napięcia, oblicz współczynnik tętnień.
- Dołączaj kolejne kondensatory wygładzające obserwując ich wpływ na składową zmienną napięcia wyprostowanego, przy obciążeniu R1.

C [μ F]	U_o	$U_{t\ sk}$	t [%]	Opis:
10				
57				
157				
257				
357				

- Pozostaw tylko kondensator filtrujący C3. Wykonaj pomiary potrzebne do narysowania charakterystyki obciążenia zasilacza, a następnie narysuj charakterystykę $U_{wy} = f(I)$. Zaobserwuj wpływ zmian obciążenia na wielkość tętnień.

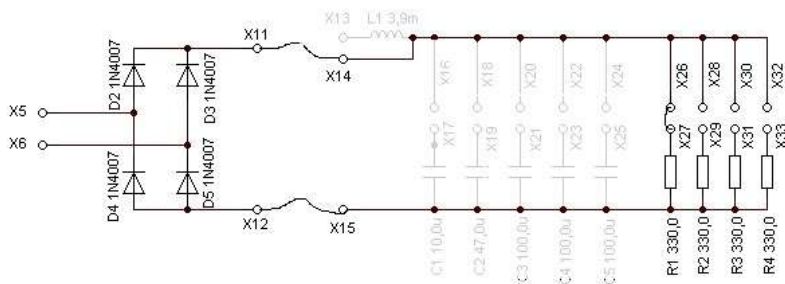
R[Ohm]	U [V]	$I_o = U_o/R$ [mA]	U_o	$U_{t\ sk}$	t [%]	Opis:

330						
165						
110						
82						



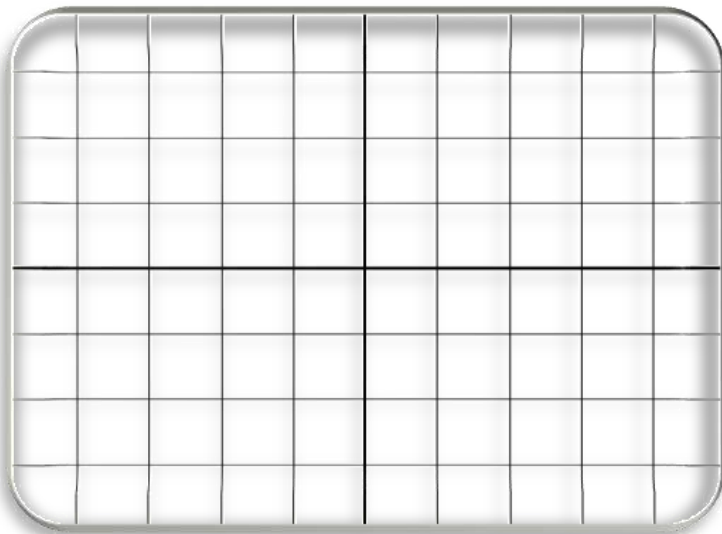
Przebieg ćwiczenia - prostownik mostkowy niestabilizowany.

Schemat połączeń:



Czynności pomiarowe.

1. Połącz układ wg. powyższego schematu. Zaciski X5-X6 zasil napięciem z transformatora obniżającego napięcie sieciowe, jako obciążenia użyj rezystora R1.
2. Podłącz oscyloskop tak, by w kanale CH2 obrazowany był przebieg napięcia na zaciskach X14-X15 (wyjście prostownika).
3. Do zacisków X5-X6 podłącz woltomierz V1, do zacisków X14-X15 podłącz woltomierz V2.
4. Przygotuj oscyloskop do pracy dwukanałowej (CH1 w trybie GND, CH2 w trybie DC)



5. Pomierz (przy pomocy woltomierza V1) wartość skuteczną napięcia wejściowego prostownika oraz wartość średnią tego napięcia. Pomierz (przy pomocy woltomierza V2) wartość skuteczną napięcia tętnień na wyjściu prostownika oraz wartość średnią tego napięcia. Przerysuj z ekranu oscyloskopu przebieg U_{we} i U_{wy} . Zapisz nastawy oscyloskopu i zanotuj wartości pomierzonego napięcia, oblicz współczynnik tętnień.

6. Dołączaj kolejne kondensatory wygładzające obserwując ich wpływ na składową zmienną napięcia wyprostowanego, przy obciążeniu R1.

C [μ F]	U _o	U _{t sk}	t [%]	Opis:
10				
57				
157				
257				
357				

7. Pozostaw tylko kondensator filtrujący C3. Wykonaj pomiary potrzebne do narysowania charakterystyki obciążenia zasilacza, a następnie narysuj charakterystykę $U_{wy} = f(I)$. Zaobserwuj wpływ zmian obciążenia na wielkość tętnień.

R[Ohm]	U [V]	I _o =U _o /R [mA]	U _o	U _{t sk}	t [%]	Opis:

330						
165						
110						
82						



Spostrzeżenia i wnioski: