

Ćwiczenie 1

Zasilacze niestabilizowane

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową i właściwościami podstawowych układów prostowniczych: prostownika jednopółwkowego, dwupółwkowego z dzielonym uzwojeniem transformatora oraz prostownika mostkowego.

2. Przygotowanie do realizacji ćwiczenia

Przed przystąpieniem do ćwiczenia każda grupa studencka otrzymuje parametry mierzonego układu prostowniczego: jego rodzaj, dwie wartości pojemności filtrujących (C_1 i C_2) oraz dwie wartości rezystancji obciążenia (R_{01} , R_{02}). W Tabeli 1 należy umieścić zadane przez prowadzącego wartości elementów badanego układu prostowniczego.

Tabela 1. Zadane wartości elementów badanego układu prostowniczego

C_1 [μF]	C_2 [μF]	R_{01} [Ω]	R_{02} [Ω]

Przed przystąpieniem do wykonania ćwiczenia należy obliczyć parametry badanego układu prostowniczego, a wyniki obliczeń zamieścić w Tabeli 2. Sposób wykonania obliczeń opisano w drugiej części dodatku do instrukcji do ćwiczenia pt.: „**Projektowanie i analiza prostowników**”. Należy obliczyć następujące parametry prostowników:

- U_0 - średnią wartość napięcia wyjściowego,
- U_{tpp} - międzyszczytową wartość napięcia tętnień,
- $U_{0\text{min}}$ - minimalną wartość napięcia wyjściowego,
- U_{00} - napięcia biegu jałowego (nie obciążonego) prostownika,
- I_0 - wartość średnią prądu obciążenia prostownika,
- I_{max} - wartość szczytową prądu diod,
- R_S – rezystancję wewnętrzną uzwojenia wtórnego transformatora.

Obliczenia należy wykonać dla następujących kombinacji wartości pojemności filtrujących oraz wartości rezystancji obciążenia prostownika:

- pojemność filtrująca $C = C_1$, rezystancja obciążenia $R_0 = R_{01}$,

- pojemność filtrująca $C = C_1$, rezystancja obciążenia $R_0 = R_{02}$,
- pojemność filtrująca $C = C_1 + C_2$, rezystancja obciążenia $R_0 = R_{01}$,
- pojemność filtrująca $C = C_1 + C_2$, rezystancja obciążenia $R_0 = R_{02}$.

Należy także obliczyć maksymalną wartość prądu diod dla prostownika bez pojemności filtrujących obciążonego, dla obu wartości rezystancji obciążenia R_{01} i R_{02} .

Obliczenia należy wykonać dla następujących parametrów transformatora sieciowego (dostępnego na stanowisku laboratoryjnym):

- znamionowe napięcie skuteczne $U_{2sk} = 10V$,
- znamionowy prąd skuteczny $I_{2sk} = 0.63A$,
- napięcie skuteczne biegu jałowego $U_{2sk0} = 12.5V$,
- przekładnia $p = 18.4$,
- współczynnik strat napięcia $s_U = 1.25$,
- rezystancji uzwojenia pierwotnego $r_{pierwotne} = 279\Omega$
- rezystancji uzwojenia wtórnego $r_{wtorne} = 3.85\Omega$.

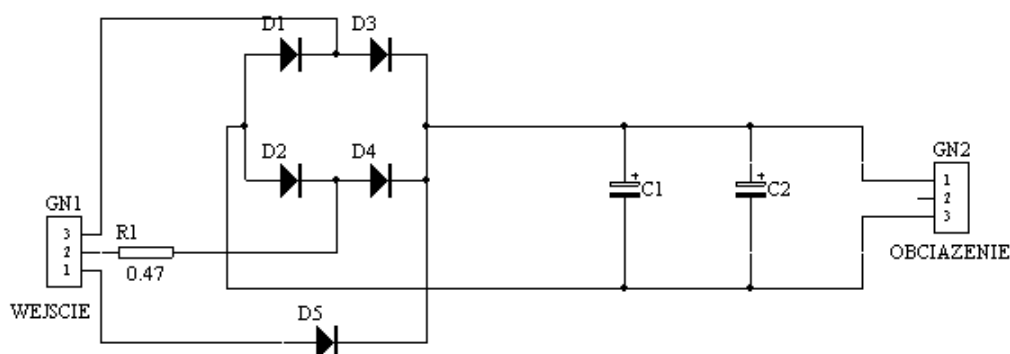
Warunkiem przystąpienia do ćwiczenia jest wykonanie ww. obliczeń!

Tabela 2. Wyników obliczeń i pomiarów

	C =..... R ₀ =			C =..... R ₀ =			C =..... R ₀ =			C =..... R ₀ =			Pomiar bez pojemności filtrujących			
													R ₀ =		R ₀ =	
Parametr	Obliczenia metodą analityczną lub graficzną	Wyniki analizy komputerowej	Wyniki pomiarów	Obliczenia metodą analityczną lub graficzną	Wyniki analizy komputerowej	Wyniki pomiarów	Obliczenia metodą analityczną lub graficzną	Wyniki analizy komputerowej	Wyniki pomiarów	Obliczenia metodą analityczną lub graficzną	Wyniki analizy komputerowej	Wyniki pomiarów	Obliczenia	Wyniki pomiarów	Obliczenia	Wyniki pomiarów
U ₀ [V]													-----	-----	-----	-----
U _{tp} [V]													-----	-----	-----	-----
U _{0min} [V]													-----	-----	-----	-----
U ₀₀ [V]													-----	-----	-----	-----
U _{2m} [A]	-----	-----		-----	-----		-----	-----		-----	-----					
I ₀ [A]													-----	-----	-----	-----
I _{max} [A]																
R _S [Ω]		-----			-----			-----			-----		-----	-----	-----	-----

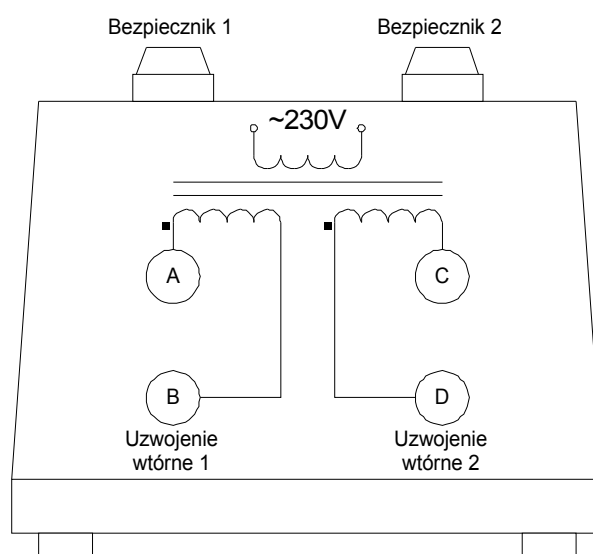
3. Montaż układu

Układ prostownika należy zmontować, wykorzystując przygotowaną płytkę montażową. Widok płytki wraz z rozmieszczeniem elementów umieszczono na rys. 10. Poniżej, na rys. 1, przedstawiono schemat połączeń na płycie pomiarowej.



Rys. 1. Schemat połączeń na płycie pomiarowej układów prostowniczych

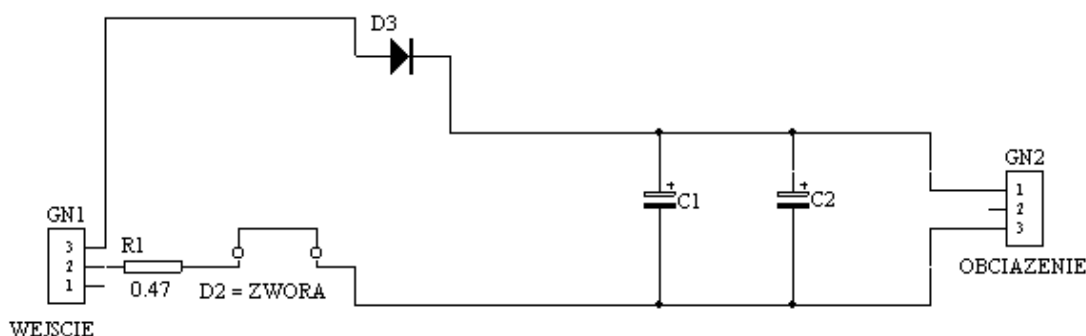
Napięcie z transformatora sieciowego (przedstawionego na rys.2) jest doprowadzone przewodami do gniazda GN1. Transformator ma dwa niezależne uzwojenia wtórne. W zależności od układu prostownika jaki będzie badany podczas ćwiczenia, wykorzystane będzie jedno lub oba uzwojenia wtórne transformatora. Na płycie można zrealizowania trzy układy prostownicze: prostownik jednopółwkowy, prostownik dwupółwkowy z dzielonym uzwojeniem transformatora oraz prostownik mostkowy. W zależności od badanego układu prostowniczego, montuje się odpowiednie diody prostownicze (D1 – D5). W razie konieczności wybrane diody zastępuje się zworami. Rezystor R1 służy do pomiaru prądu płynącego przez diody. Rezystancję obciążenia dołącza się do gniazda wyjściowego GN2 (zaciski 1 i 3). Szczegóły montażowe dotyczące każdego z układów prostowniczych omówiono w punktach 3.1 – 3.3.



Rys.2. Widok płyty czołowej transformatora sieciowego

3.1. Prostownik jednopołówkowy

Na rys. 3 przedstawiono schemat prostownika jednopołówkowego wraz z pojemnościami filtrującymi. Układ wykorzystuje jedno z uzwojeń wtórnych transformatora sieciowego - zaciski C i D (lub A i B) łączymy z zaciskami 2 i 3 gniazda GN1.

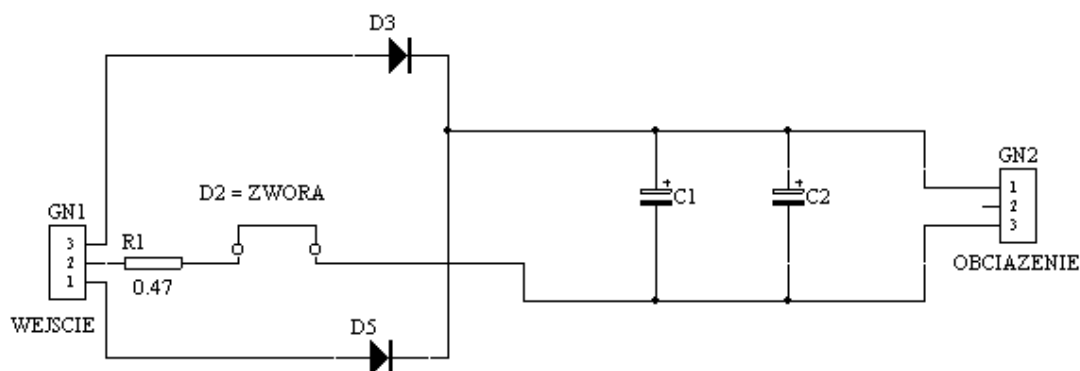


Rys. 3. Schemat połączeń na płytce pomiarowej dla prostownika jednopołówkowego

Na płytce pomiarowej układu prostownika jednopołówkowego należy wmontować jedynie diodę D3 oraz w miejscu diody D2 włutować zworę. Następnie montujemy gniazda GN1, GN2 oraz rezystor R1. Pojemności filtrujące oraz rezystancję obciążenia należy montować zgodnie z zaleceniami podanymi w punkcie 5 instrukcji.

3.2. Prostownik dwupołówkowy z dzielonym uzwojeniem transformatora

Schemat układu prostownika przedstawiono na rys. 4. Układ prostownika dwupołówkowego z dzielonym uzwojeniem transformatora wykorzystuje dwa uzwojenia wtórne transformatora sieciowego (zaciski B i D transformatora należy zewrzeć i połączyć z zaciskiem 2 gniazda GN1; pozostałe zaciski transformatora A i C łączymy odpowiednio z zaciskami 1 i 3 gniazda GN1).

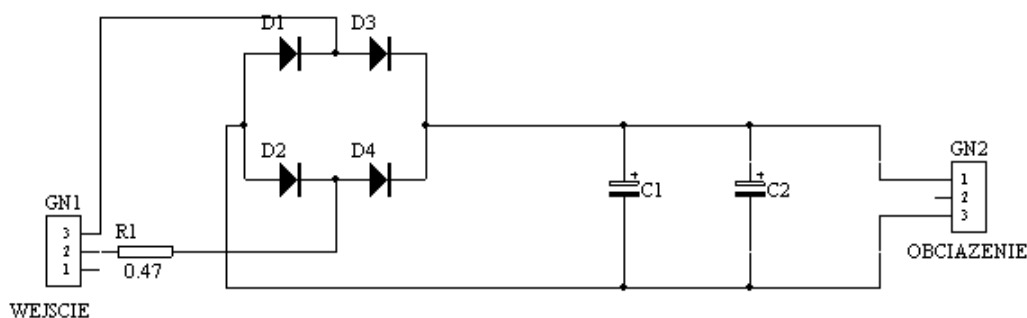


Rys. 4. Schemat prostownika dwupołówkowego z dzielonym uzwojeniem transformatora

W celu zrealizowania na płycie pomiarowej układu prostownika dwupołówkowego z dzielonym uzwojeniem transformatora montujemy jedynie diody D3 i D5, a diodę D2 zastępujemy zwozą. Następnie montujemy gniazda GN1, GN2 oraz rezystor R1. Pojemności filtrujące oraz rezystancję obciążenia należy montować zgodnie z zaleceniami podanymi w punkcie 5 instrukcji.

3.3. Prostownik mostkowy

Schemat układu prostownika mostkowego przedstawiono na rys. 5. Układ wykorzystuje jedno z uzwojeń wtórnych transformatora sieciowego (zaciski C i D lub A i B transformatora łączymy odpowiednio z zaciskami 2 i 3 gniazda GN1). Schemat połączeń prostownika mostkowego przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Schemat połączeń prostownika mostkowego

W celu zmontowania prostownika mostkowego na płycie pomiarowej montujemy diody D1 – D4. Następnie montujemy gniazda GN1, GN2 oraz rezystor R1. Pojemności filtrujące oraz rezystancję obciążenia należy montować zgodnie z zaleceniami podanymi w punkcie 5 instrukcji.

3.4. Ogólne uwagi dotyczące montażu układów

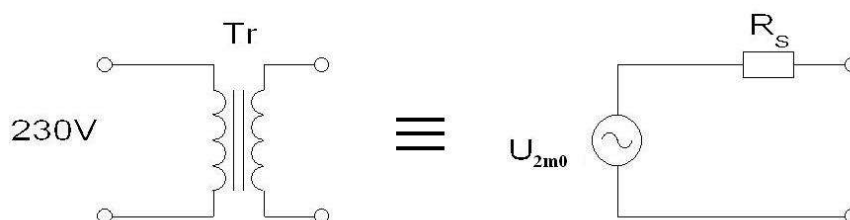
Temperatura grotu lutowniczego powinna być równa 250 °C. Lutujemy cyną i kalafonią, tzn. wykorzystujemy minimalną ilość cyny, a następnie stosując kalafonię doprowadzamy do rozpląnięcia się cyny po lutowanej powierzchni. Elementy półprzewodnikowe są wrażliwe na temperaturę. Dlatego podczas lutowania nie należy zbyt długo (max. kilka sekund) podgrzewać końcówek elementu, ponieważ może to doprowadzić do jego uszkodzenia wskutek przegrzania.. Kondensatory elektrolityczne mają określoną biegunowość – odwrotne włączenie kondensatora może spowodować jego uszkodzenie, a także doprowadzić do eksplozji. Katody diod półprzewodnikowych są zwykle oznaczone paskiem na obudowie. Na obudowach niektórych diod jest narysowany ich symbol.

4. Prezentacja wyników pomiarów oraz sposób wykonania pomiarów badanego prostownika

Wszystkie wyniki pomiarów należy umieścić w Tabeli 2 oraz na przykładowych przebiegach napięć i prądów w prostowniku, pokazanych na rys. 8 i 9. Na rys. 8 zaprezentowano przykładowe przebiegi napięć: na uzwojeniu wtórnym transformatora i na obciążeniu prostownika bez pojemności filtrującej. Natomiast na rys. 9 przedstawiono przebiegi napięć i prądów w prostowniku z pojemnością filtrującą. **Przed przystąpieniem do ćwiczenia należy przygotować dwie kopie rys. 8 i cztery kopie rys. 9.**

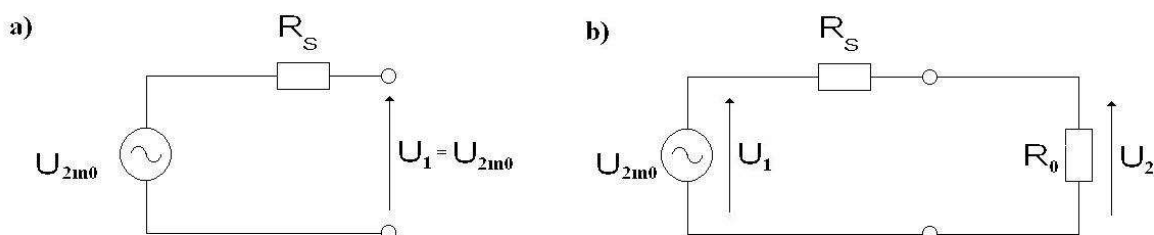
4.1. Wyznaczanie rezystancji wewnętrznej uzwojenia wtórnego transformatora (R_s)

Podczas wykonywania pomiaru transformator traktujemy jako źródło napięciowe o rezystancji wewnętrznej R_s (rys. 6).

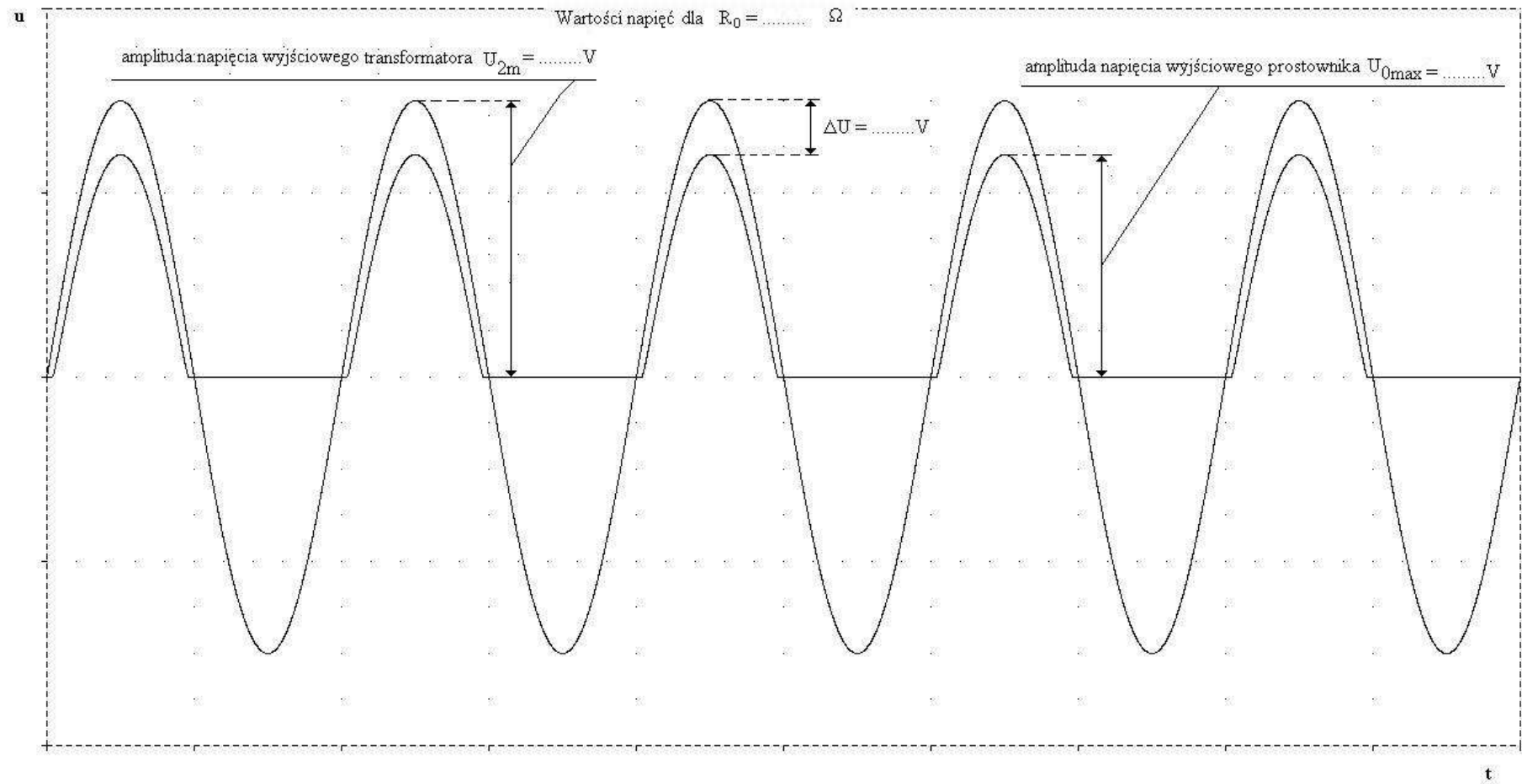


Rys. 6. Transformator sieciowy i równoważny mu schemat zastępczy uzwojenia wtórnego

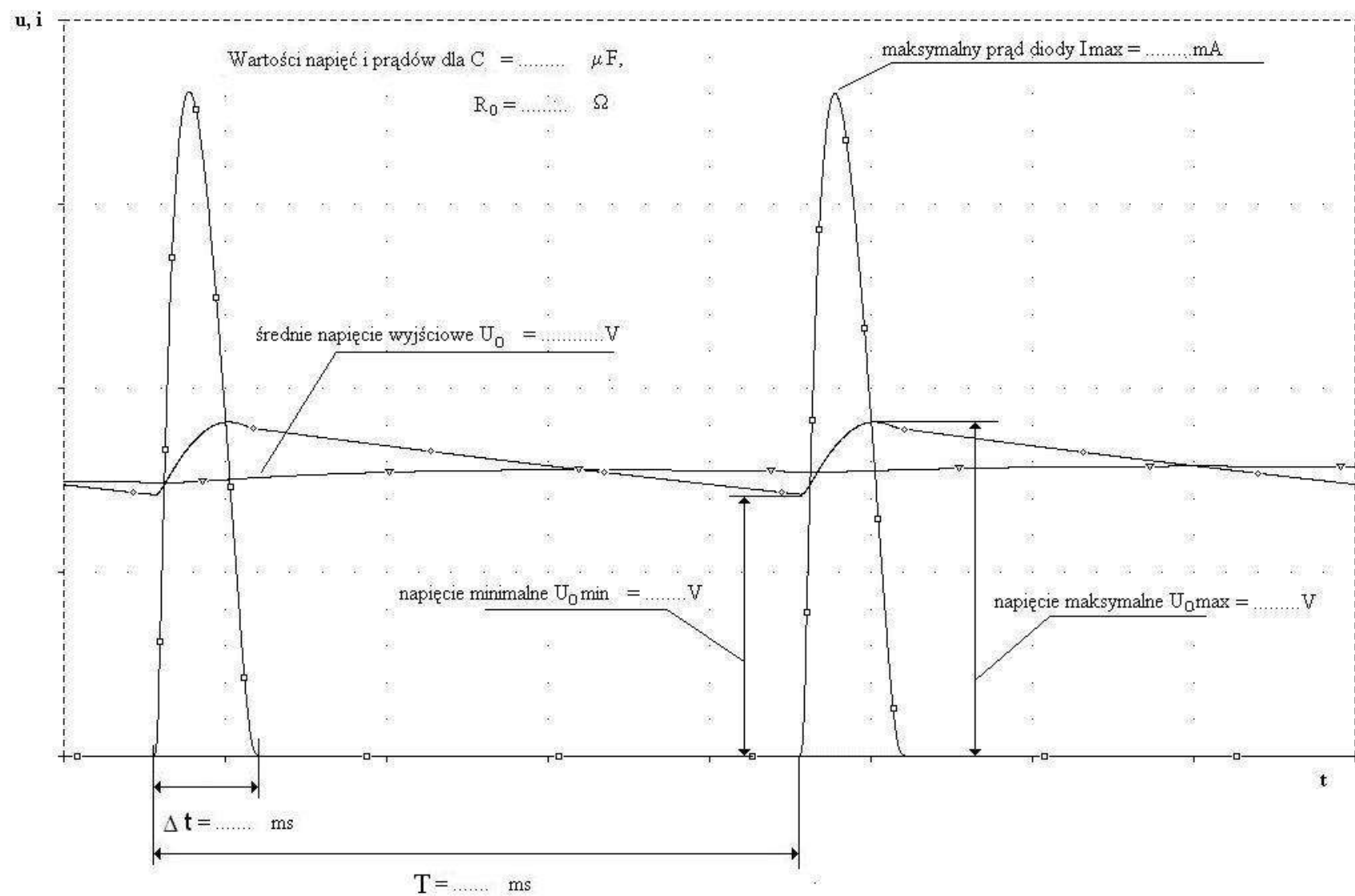
Wtedy rezystancję wewnętrzną R_s uzwojenia wtórnego transformatora można wyznaczyć wykonując dwa pomiary napięcia zmiennego na zaciskach jednego z uzwojeń wtórnych transformatora (para A i B lub para C i D). Pierwszy pomiar napięcia (U_1) wykonujemy przy pracy jałowej transformatora (transformator nie obciążony – rys. 7a). Drugi pomiar napięcia (U_2) (rys. 7b) wykonujemy na dołączonym do zacisków uzwojenia wtórnego rezystorze R_0 o znanej wartości (np. $100\ \Omega$ - dostępne na stanowisku).



Rys. 7. Wyznaczanie rezystancji wewnętrznej transformatora: a) pomiar napięcia biegu jałowego, b) pomiar napięcia na zaciskach obciążonego transformatora



Rys. 8. Przebiegi prądu i napięcia w prostowniku bez filtra pojemnościowego



Rys. 9. Przebiegi napięć i prądów w prostowniku z filtrem pojemnościowym

Następnie korzystając z zależności na dzielnik napięcia (rys. 7b):

$$U_2 = U_1 \frac{R_0}{R_s + R_0},$$

po jej przekształceniu wyznaczamy wartość rezystancji wewnętrznej uzwojenia wtórnego transformatora:

$$R_s = R_0 \frac{U_1 - U_2}{U_2},$$

gdzie:

U_1 – napięcie biegu jałowego transformatora (U_{2m0}),

U_2 – napięcie na obciążonym transformatorze,

R_0 – rezystancja obciążająca transformator.

4.2. Pomiar amplitudy napięcia na uzwojeniu wtórnym transformatora z podłączonym prostownikiem (U_{2m})

Pomiar amplitudy napięcia na uzwojeniu wtórnym transformatora (U_{2m}) wykonujemy za pomocą oscyloskopu mierząc napięcie pomiędzy zaciskami 2 i 3 gniazda wejściowego prostownika GN1. Masę oscyloskopu podłączamy do zacisku 2 gniazda (jedna z końcówek rezystora R_1).

4.3. Pomiar napięcia biegu jałowego prostownika (U_{00})

Pomiar napięcia biegu jałowego U_{00} prostownika wykonujemy woltomierzem napięcia stałego. Mierzmy wartość napięcia na wyjściu nie obciążonego prostownika (bez rezystora R_0) z wmontowanym jednym z kondensatorów filtrujących (C_1 lub C_2).

4.4. Pomiar średniej wartości napięcia na obciążeniu prostownika (U_0)

Pomiar napięcia U_0 wykonujemy podłączając woltomierz napięcia stałego do rezystora obciążającego badany prostownik.

4.5. Pomiar napięcia tętnień prostownika (U_{tpp})

Pomiar napięcia tętnień U_{tpp} prostownika wykonujemy za pomocą oscyloskopu, mierząc międzyszczytową wartość napięcia zmiennego na obciążeniu prostownika. Należy pamiętać o tym, że masę sondy oscyloskopu łączymy z masą układu prostownika (np. zacisk 3 gniazda GN2).

4.6. Pomiar napięcia minimalnego prostownika (U_{0min})

Pomiar napięcia minimalnego prostownika wykonujemy oscyloskopem na obciążeniu prostownika. Mierzmy wartość U_{0min} pokazaną na rys. 9.

4.7. Pomiar prądu maksymalnego (szczytowego) diod prostowniczych (I_{\max})

Pomiar wartości szczytowej prądu diod prostowniczych wykonujemy metodą pośrednią, poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorze R_1 , przez który przepływa wyżej wspomniany prąd. Pomiar wykonujemy za pomocą oscyloskopu, mierząc wartość maksymalną napięcia na R_1 . W celu uzyskania wartości płynącego prądu wartość zmierzonego oscyloskopem napięcia dzielimy przez wartość rezystancji R_1 . Masę sondy oscyloskopu podłączamy do końcówki rezystora R_1 połączonej do zacisków transformatora.

5. Program ćwiczenia

Wyniki wszystkich pomiarów należy umieścić w Tabeli 2 oraz nanieść na przebiegi przedstawione na rys. 8 i 9. Tabelę wraz z rysunkami należy dołączyć do sprawozdania.

5.1. Zmierzyć i wyznaczyć rezystancję wewnętrzną uzwojenia wtórnego transformatora metodą techniczną, opisaną w rozdziale 4.1.

5.2. Zmontować wybrany przez prowadzącego układ prostowniczy. Nie montować pojemności filtrujących.

5.3. Dla zadanych wartości rezystancji obciążenia (R_{01} i R_{02}) zmierzyć oscyloskopem wartość maksymalną napięcia na obciążeniu prostownika oraz amplitudę napięcia na zaciskach transformatora (rozdział 4.2). Na podstawie wyników pomiaru napięcia na obciążeniu, znając wartość rezystancji obciążenia, wyznaczyć wartość maksymalnego prądu diod prostowniczych (prąd płynący przez diody jest równy prądowi płynącemu przez obciążenie).

5.4. Odłączyć od układu rezystancję obciążenia. Wmontować jedną z pojemności filtrujących i zmierzyć wartość napięcia biegu jałowego prostownika metodą opisaną w rozdziale 4.3.

5.5. Podłączając następnie rezystancję obciążenia R_{01} zmierzyć:

- wartość średnią napięcia wyjściowego prostownika (rozdział 4.4),
- wartość napięcia tętnień (wg oznaczeń na rys.9 $U_{\text{tpp}} = U_{\text{max}} - U_{\text{min}}$; rozdział 4.5)
- wartość minimalną napięcia wyjściowego (rozdział 4.6),
- wartość szczytową prądu diod (rozdział 4.7).

5.6. Następnie podłączyć do prostownika rezystancję obciążenia R_{02} i ponownie wykonać pomiary opisane w rozdziale 5.5.

5.7. Zwiększyć wartość pojemności filtrującej prostownika poprzez wlutowanie do układu prostownika kondensatora C_2 . Zamontować ponownie rezystancję obciążenia R_{01} . Ponownie wykonać pomiary parametrów układu opisane w punkcie **5.5**.

5.8. Dołączyć do prostownika rezystancję obciążenia R_{02} i wykonać, przedstawione w punkcie **5.5**, pomiary parametrów prostownika.

6. Zagadnienia do przygotowania.

- zalety i wady prostowników: jednopółkowych, dwupółkowych i mostkowych,
- wykresy Schadego i ich zastosowanie przy projektowaniu układów prostowniczych,
- praca układów prostowniczych z filtrem pojemnościowym, przebiegi napięć i prądów,
- cel stosowania rezystora rozruchowego w układach prostowniczych,
- napięcia wsteczne diod w układach prostowniczych przy zastosowaniu i braku filtra pojemnościowego,
- przebiegi czasowe prądu w obciążeniu prostownika z filtrem indukcyjnym,
- wykorzystanie transformatora przy pracy z prostownikiem jednopółkowym i dwupółkowym,
- symetryczne i niesymetryczne podwajacze napięcia.

7. Literatura

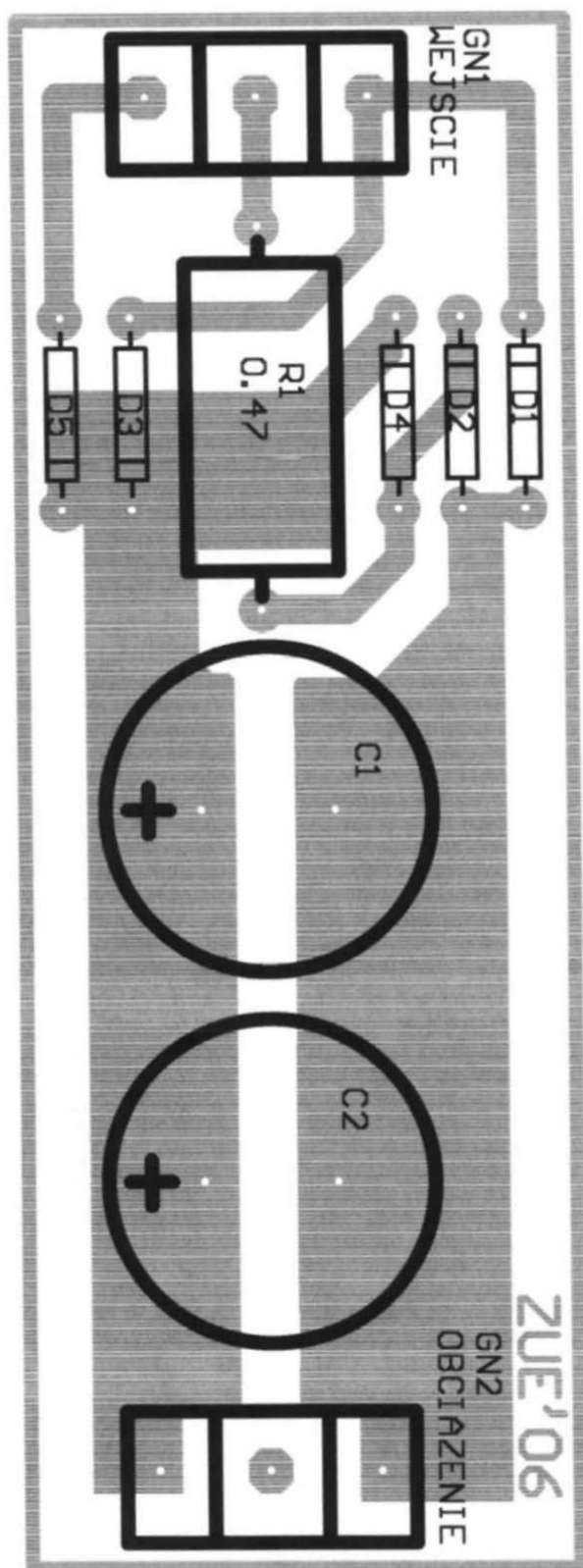
[1] Wykład z Układów Elektronicznych 1

[2] J. Baranowski, G. Czajkowski, Układy elektroniczne, cz. II, Układy analogowe i impulsowe, WNT, Warszawa 1994.

[2] K. Lewiński, A. Lewińska, Prostowniki, WKŁ, Warszawa 1971

[3] Laboratorium Układów Elektronicznych cz. 2, pod red. A. Prałata, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001.

[4] U. Tietze, Ch. Schenk, Układy półprzewodnikowe, WNT, Warszaw



Rys. 10. Widok montażowy płytki prostownika