

INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA NR 4.

Stabilizacja napięcia.

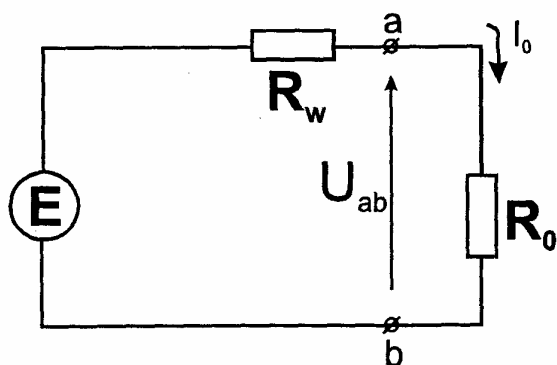
Wstęp.

Stabilizację napięcia stałego uzyskuje się stosując elementy zwane stabilizatorami napięcia. Charakterystyczną cechą tych elementów jest to, że podczas przewodzenia przez nie prądu utrzymuje się na nich stałe napięcie. Historycznie najpierw stosowano stabilizatory lampowe (jarzeniówki), są to lampy jonowe o zimnej katodzie. Jarzeniówka wymaga dość wysokiego napięcia do zapłonu, po którym zaczyna przewodzić. Później zostały one zastąpione przez specjalne diody krzemowe tzw. diody Zenera. Coraz szerzej stosowanym elementem stabilizacyjnym są specjalne stabilizatory scalone zawierające szeregowy stabilizator kompensacyjny.

1. Stabilizacja napięcia.

Stabilizacja napięcia polega na utrzymaniu stałej wartości napięcia, niezależnie od czynników destabilizujących tj. takich, których zmiana powoduje zmiany napięcia wyjściowego. Do takich czynników zalicza się:

- zmiany napięcia sieci zasilającej prostownik,
- zmiany napięć żarzenia (w układach lampowych),
- zmiany kształtu napięcia przemiennego,
- zmiany częstotliwości sieci (szczególnie w stabilizatorach magnetycznych napięcia przemiennego),
- zmiany obciążenia zasilacza stabilizowanego.



Rys. 1 Najprostszy obwód ze źródłem o sile elektromotorycznej E_0 i oporności wewnętrznej R_w obciążony rezystancją R_0 .

Jeżeli zanalizujemy najprostszy obwód ze źródłem o sile elektromotorycznej E_0 i oporności wewnętrznej R_w , to otrzymamy wyrażenie na napięcie

$$U_{ab} = \frac{E \cdot R_0}{R_w + R_0} = \frac{E \cdot \frac{R_0}{R_w}}{1 + \frac{R_0}{R_w}}$$

Jak widać napięcie wyjściowe zależy od stosunku oporności obciążenia R_0 do oporności wewnętrznej źródła R_w . Stałość napięcia U_{ab} wystąpi gdy:

- $R_0 = 0$, czyli w stanie jałowym ($I_0 = 0$)
- Gdy stosunek obu oporności jest dużo większy od jedności $R_0 / R_w \gg 1$

Jeżeli więc napięcie zasilacza jest stabilizowane, to jego oporność wewnętrzna ulega zmniejszeniu.

Istnieją dwie podstawowe metody stabilizacji napięcia:

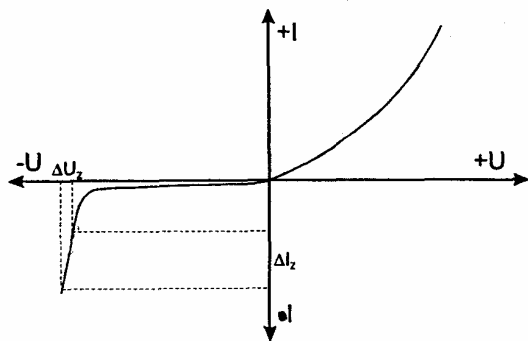
1. Stabilizacja przy użyciu elementów stabilizujących, o których była mowa poprzednio. Jest to stabilizacja parametryczna. Wykorzystuje się w tym wypadku bezpośrednio parametry elementu.
2. Stabilizacja przy użyciu układów kompensacyjnych, w których wielkość napięcia wyjściowego jest porównywana z niezmiennym napięciem wzorcowym. Powstałe różnice między napięciami działają na człon wykonawczy tak, że następuje kompensacja napięcia wyjściowego.

2. Przebieg ćwiczenia.

W ćwiczeniu należy zapoznać się z parametrycznym stabilizatorem półprzewodnikowym, diodą Zenera, a następnie z zasadą działania prostego stabilizatora tranzystorowego.

2.1. Badanie diody Zenera.

Diody Zenera, są to takie diody, w których wytworzone jest cienkie złącze p-n, dzięki silnej koncentracji domieszek. Przy polaryzacji wstecznej powstaje w łączy silne pole elektryczne to znaczy duży spadek napięcia na jednostkę jego długości V/cm. Elektronów doznają znacznych przyspieszeń i może powstać przebicie złącza, wywołane efektem tunelowania; w kierunku polaryzacji przewodzącej omawiana dioda ma charakterystykę normalną dla każdej diody. W kierunku zaporowym, ze względu na wspomniany poprzednio efekt, od pewnego napięcia U_z , zwanego napięciem Zenera, prąd diody zaczyna gwałtownie wzrastać przy niezmiennym napięciu na diodzie U_z .



Rys. 2 Przebieg charakterystyki statycznej diody Zenera

Ważniejszymi parametrami tych diod są:

1. Napięcie Zenera, przy którym prąd w kierunku zaporowym zaczyna narastać.
2. Dopuszczalny prąd, jest to największy prąd, który może płynąć przez diodę przy napięciu Zenera bez jej uszkodzenia (z powodu cieplnego uszkodzenia doprowadzeń).
3. Dopuszczalna moc (admisyjna), która może wydzielć się na złączy.
4. Oporność dynamiczna diody w obszarze Zenera, wyznaczana, jako: $R_{dyn} = \Delta U_z / \Delta I_z$

2.1.1. Wyznaczanie charakterystyki statycznej (napięciowo - prądowej) diody Zenera.

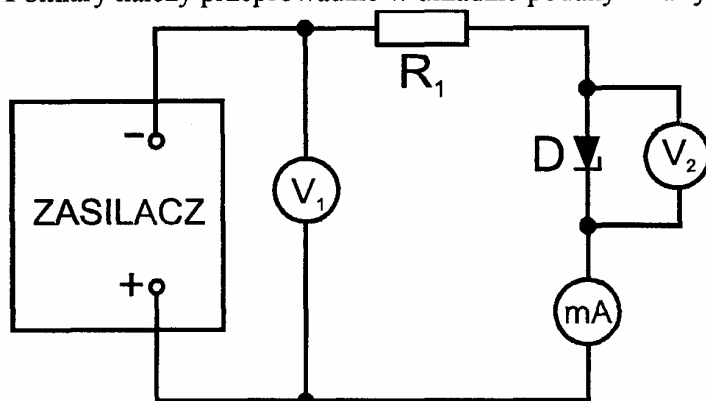
Typ diody

$U_z = \dots\dots\dots$ V

$I_z = \dots\dots\dots$ A

$P_{max} = \dots\dots\dots$ W

Pomiary należy przeprowadzić w układzie podanym na rysunku 3.



Rys. 3 Schemat do wyznaczania charakterystyki statycznej diody Zenera

Użyte przyrządy:

Z - zasilacz tranzystorowy, R_1 - opornik suwakowy (około 80 Ω),

V_1 - woltmierz ME (może być na zasilaczu)

V_2 - woltmierz ME, do pomiaru spadku napięcia na diodzie Zenera,

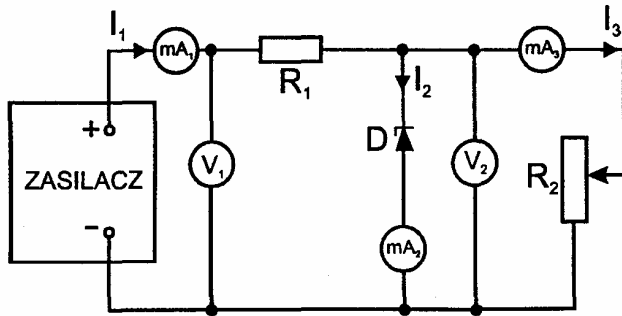
mA - miliamperomierz ME.

Układ należy przygotować do pomiaru tak, aby nie uszkodzić diody. Przy suwaku rezystora R ustawionym na wartość maksymalną, nastawić napięcie zasilacza tranzystorowego na na-

pięcie nieco wyższe od napięcia Zenera badanej diody, a następnie regulując oporność R_1 doprowadzić prąd do maksymalnie dopuszczalnej wielkości dla danej diody. Następnie zmniejszając wartość przyłożonego napięcia należy odczytywać odpowiednie wartości U_1 , U_2 oraz I . Na podstawie wyników wykreślić należy zależność $I = f / U_2 /$.

2.1.2 Charakterystyka stabilizacji.

Charakterystyka stabilizacji podaje zdolności stabilizacyjne diody przy różnym prądzie obciążenia. Jest to zatem zależność $U_2 = f(U_1)$ dla różnych prądów obciążenia diody. Pomiaru należy przeprowadzić w układzie podanym na rysunku 4.



Rys. 4 Schemat do wyznaczenia charakterystyki stabilizacyjnej

Użyte przyrządy:

- Z - zasilacz tranzystorowy,
- V_1 - woltomierz ME (na zasilaczu),
- mA_1 - miliamperomierz ME (na zasilaczu),
- mA_2 - miliamperomierz ME, mierzy prąd płynący przez diodę,
- V_2 - woltomierz ME, mierzy napięcie U_2 ,
- mA_3 - miliamperomierz ME, do pomiaru prądu obciążenia,
- R_1 - opornik suwakowy ograniczający prąd diody,
- R_2 - opornik suwakowy obciążenia około 2000Ω .

Opornik R_1 jest nastawiony tak, jak w punkcie poprzednim. Wielkość prądu obciążenia I_3 zmieniamy regulując oporność obciążenia R_2 . Dla wybranych wartości prądu obciążenia, należy zmieniać napięcie zasilania U_1 od zera aż do możliwej największej wartości i odczytywać odpowiednie wartości napięcia wyjściowego U_2 . Na podstawie wyników zestawionych w tabelce należy wykonać wykres (rysunek 6.).

$R_2 = \dots \Omega$					$R_2 = \dots \Omega$					$R_2 = \dots \Omega$				
U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3
V	V	mA	mA	mA	V	V	mA	mA	mA	V	V	mA	mA	mA

2.1.3 Wyznaczenie charakterystyki obciążenia.

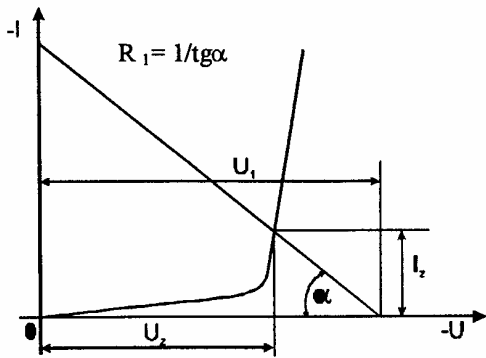
Charakterystyka obciążenia podaje zależność napięcia wyjściowego U_2 od prądu obciążenia I_3 . Pomiaru należy przeprowadzić w układzie jak w punkcie poprzednim. Zachowując stałą wartość napięcia zasilającego U_1 , należy regulując opornik R_2 , odczytywać odpowiednie wartości napięcia U_2 oraz prądów I_1, I_2, I_3 . Należy zwrócić uwagę, że powinna występować zawsze równość:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

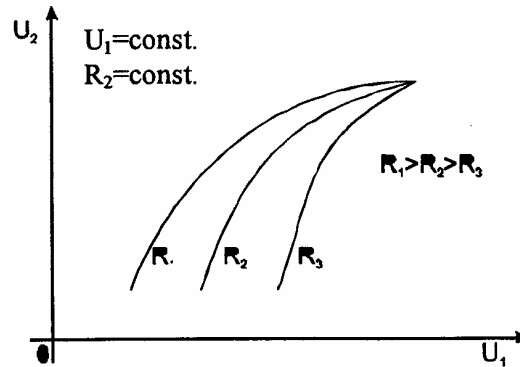
Pomiar należy powtórzyć dla dwu różnych napięć zasilających U_1 . Na podstawie pomiaru należy wykonać wykres $U_2 = f(I_3)$ (rysunek 7.).

$U_1 = \dots V$				$U_1 = \dots V$			
U_2	I_1	I_2	I_3	U_2	I_1	I_2	I_3

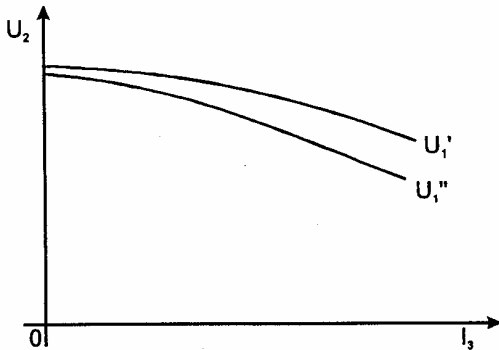
2.1.4. Wykresy $I = f(U)$, $U_2 = f(U_1)$, $U_2 = f(I_3)$.



Rys. 5 Charakterystyka statyczna.



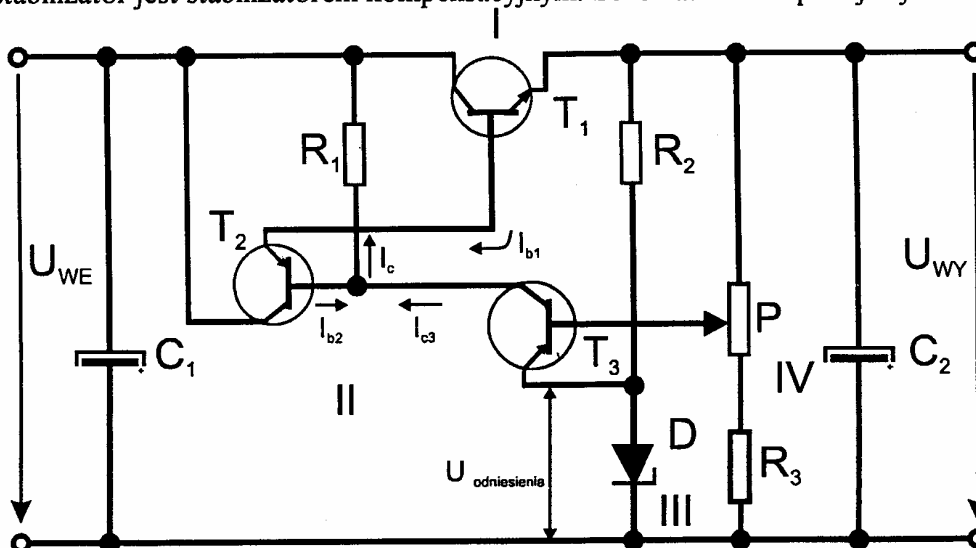
Rys. 6 Charakterystyka stabilizacji.



Rys. 7.
Charakterystyka obciążenia.

3. Badanie stabilizatora tranzystorowego prądu stałego.

Badany stabilizator jest stabilizatorem kompensacyjnym. Schemat układu podaje rysunek 8.



Rys. 8. Schemat tranzystorowego stabilizatora napięcia.

3.1. Opis układu stabilizatora.

Układ składa się z poszczególnych członów:

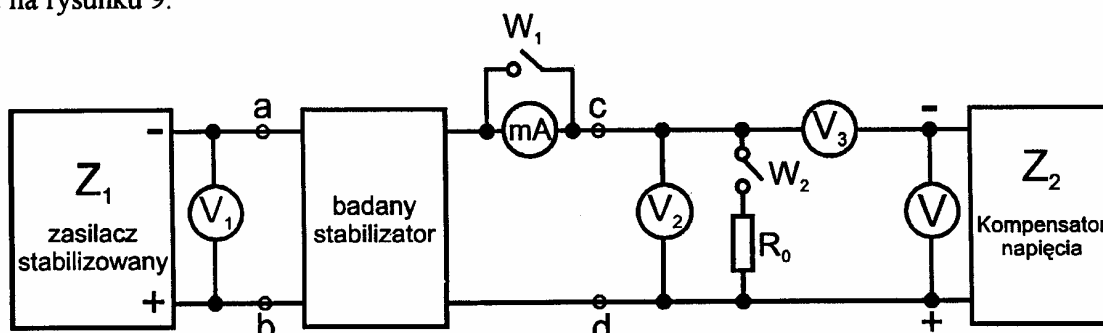
- I. człon wykonawczy, którym jest tranzystor T_1 ,
- II. człon sterujący złożony z tranzystorów T_2 i T_3 , człon ten jest pewnego rodzaju czujnikiem, reagującym na zmiany napięcia wyjściowego i jednocześnie wzmacnia amplitudę tych zmian.
- III. człon napięcia odniesienia, którym jest dioda Zenera D . Względem tego napięcia określany jest uchyb napięcia wyjściowego.
- IV. człon sprzężenia zwrotnego, które realizowane jest przez potencjometr P .

3.1.1. Zasada działania układu.

Napięcie emitera tranzystora T_3 jest ustalone, ponieważ jest to napięcie na diodzie Zenera D. Napięcie bazy tego tranzystora jest uzależnione od spadku napięcia na potencjometrze P, pośrednio więc od napięcia wyjściowego U_{wy} . Jeżeli np. wskutek zmiany obciążenia, napięcie wyjściowe zmaleje, to zmaleje również napięcie $U_{ab} = U_{cb}$. Ten fakt pociągnie za sobą zmniejszenie prądu kolektora tranzystora T_3 , I_{c3} , i dalej wzrost prądu bazy tranzystora $T_2 - I_{b2}$, wskutek tego wzrośnie prąd kolektora tego tranzystora I_{c2} , który jest prądem bazy tranzystora wykonawczego T_1 . Ten ostatni nasycy się i zmniejsza wskutek tego swoją oporność, powodując zwiększenie napięcia wyjściowego, a więc kompensuje poprzedni spadek napięcia. Jeżeli napięcie wyjściowe wzrośnie, to opisane poprzednio procesy zachodzą w ten sposób, że prąd bazy tranzystora T_1 maleje i napięcie wyjściowe zmniejsza się.

3.2. Charakterystyka stabilizacji $U_{wy} = f(U_{we})$ przy prądzie obciążenia $I_o = const$.

Do przeprowadzenia pomiarów można użyć metody kompensacyjnej. Układ pomiarowy podany jest na rysunku 9.



Rys. 9. Układ pomiarowy charakterystyki stabilizacji.

Użyte przyrządy:

Z_1 - zasilacz stabilizowany,

V_1 - woltomierz ME (może być na zasilaczu),

V_2, V_3 - lampowe woltomierze prądu stałego,

Z_2 - zasilacz stabilizowany napięcia kompensacyjnego,

R_0 - opornik suwakowy obciążenia,

W_1, W_2 - wyłączniki jednobiegunowe,

mA - miliamperomierz ME do pomiaru prądu obciążenia.

UWAGA !!!

W czasie pomiarów nie należy przekraczać prądu obciążenia $I_o = 300$ mA. Nawet krótkotrwałe zwarcie wyjścia stabilizatora może spowodować zniszczenie tranzystora T_1 .

Charakterystykę stabilizacji należy wyznaczyć dla kilku obciążeń: stanu jałowego $I_o = 0$, $I_o = \dots \dots \dots$ mA, $I_o = \dots \dots \dots$ mA (I_o zawsze mniejsze od 300 mA).

Pomiar w stanie jałowym należy przeprowadzić przy otwartym wyłączniku W_2 i zamkniętym W_1 . Przed pomiarem ustalić napięcie wejściowe z zasilacza Z_1 $U_{we} = 20$ V, napięcie wyjściowe $U_{wy} = 10$ V. Napięcie z zasilacza kompensacyjnego Z_2 dobrać tak, aby woltomierz V_3 wychylał się w pobliżu środka skali (na zakresie 3V). Następnie, zmieniając napięcie wejściowe od 12V do 25V, odczytywać uchyb napięcia wyjściowego ΔU_{wy} na woltomierzu V_3 . Uchyb napięcia wyjściowego ΔU_{wy} został spowodowany uchybem napięcia zasilania $\Delta U_{we} = 20V - U_{we}$. Przed przystąpieniem do pomiarów przy obciążeniu, należy zewrzeć wyłącznik W_2 i przy $U_{we} = 20$ V oraz $U_{wy} = 10$ V, nastawić wymagany prąd obciążenia, na czas pomiaru tego prądu rozwiera się W_1 , a następnie amperomierz ponownie powinien być zwarty. Dalszy pomiar przeprowadza się jak poprzednio, wyznaczając wielkość i znaki uchybów. Wyniki pomiarów należy zestawić w tabelce. Z wyznaczonych uchybów wyliczyć względną zmianę napięcia wyjściowego do względnej zmiany napięcia wejściowego, czyli tzw. współczynnik skuteczności stabilizacji.

$$S_u = \frac{\frac{\Delta U_{wy}}{U_{wy}}}{\frac{\Delta U_{we}}{U_{we}}} = \frac{1}{\frac{\Delta U_{wy}}{U_{wy}} \cdot \frac{U_{we}}{\Delta U_{we}}}$$

Na podstawie pomiarów należy wykonać wykres $U_{wy} = f(U_{we})$.

$I_0 = \dots\dots\dots \text{mA}$					$I_0 = \dots\dots\dots \text{mA}$					$I_0 = \dots\dots\dots \text{mA}$				
ΔU_{we}	U_{we}	ΔU_{we}	U_{we}	S_u	ΔU_{we}	U_{we}	ΔU_{wy}	U_{we}	S_u	ΔU_{we}	U_{we}	ΔU_{wy}	U_{we}	S_u
V	V	V	V	-	V	V	V	V	-	V	V	V	V	-

3.3. Charakterystyka obciążenia (zewnętrzna).

Jest to zależność napięcia wyjściowego od prądu obciążenia, przy stałym napięciu wejściowym $U_{wy}=f(I_0)$ przy $U_{we}=\text{const}$. Pomiar należy przeprowadzić w układzie poprzednim. Napięcie zasilające jak zawsze $U_{we}=20\text{V}$. Przy pomocy opornika R_0 należy zmieniać prąd obciążenia i odczytywać przyrost napięcia wyjściowego (wskazania woltomierza V_3).

UWAGA !!!

Przy odczycie napięcia wyjściowego miliamperomierz powinien być zwarty wyłącznikiem W_1 .

Napięcie wyjściowe określa się jako algebraiczną napięcia wyjściowego w stanie jałowym i odczytanego przyrostu napięcia:

$$U_{wy} = U_{wy0} \pm \Delta U_{wy}$$

Na podstawie pomiarów należy wykonać wykres zależności.

$U_{wy0}=10\text{V}$

I_0	mA				
ΔU_{wy}	V				
U_{wy}	V				

3.4. Charakterystyka zasilacza Z1 bez stabilizatora (zewnętrzna).

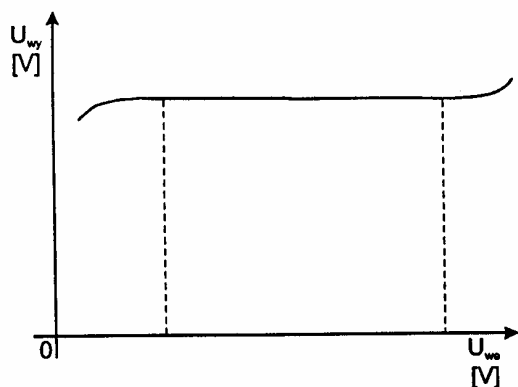
Pomiar ten służy do porównania pracy zasilacza ze stabilizatorem i bez niego. Stabilizator zostaje wyłączony (zwarne punkty a-b oraz b-d). Napięcie wyjściowe

$U_{wy}=10\text{V}$. Przy zmianach prądu obciążenia odczytywać należy zmiany napięcia wyjściowego ΔU_{wy} na woltomierzu V_3 . Całkowite napięcie wyjściowe będzie jak poprzednio będzie:

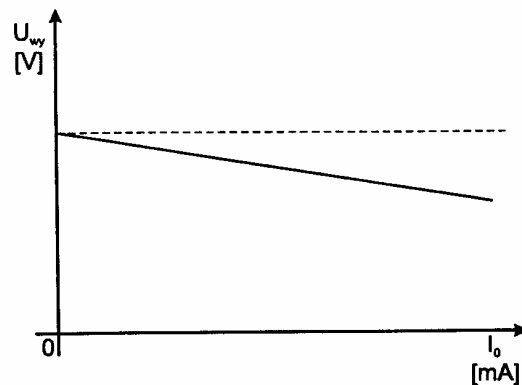
$$U_{wy} = 10\text{V} \pm \Delta U_{wy}$$

U_{wy}	V						
I_0	mA						
ΔU_{wy}	V						

Na podanych niżej rysunkach znajdują się przebiegi wyznaczanych charakterystyk.



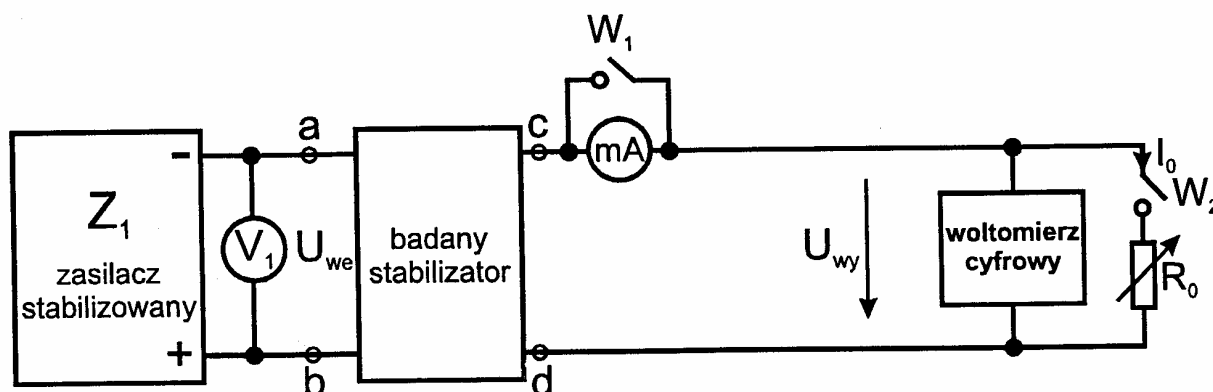
Rys.10. Charakterystyka stabilizacji.



Rys.11. Charakterystyka zewnętrzna zasilacza za stabilizatorem i bez stabilizatora.

3.5 Pomiary przy użyciu woltomierza cyfrowego.

Wszystkie poprzednio omówione pomiary można wykonać w prostszym układzie, jeżeli jest możliwość użycia woltomierza cyfrowego. Ze względu na to, że woltomierz cyfrowy wskazuje bardzo niewielkie wahania napięcia, można pominąć metodę kompensacyjną uchybu, która jest zawsze dość kłopotliwa. Na woltomierzu cyfrowym wykonuje się bezpośredni odczyt uchybu napięcia wyjściowego U_{wy} , przy jednoczesnym bezbłędnym określeniu znaku tego uchybu. Wszystkie omówione poprzednio pomiary wykonuje się w następującym układzie. Metoda postępowania przy pomiarach została uprzednio podana.



Rys.12. Schemat pomiarowy do badania stabilizatora tranzystorowego, przy użyciu woltomierza cyfrowego do pomiaru napięcia wyjściowego.

Pytania:

1. Dlaczego dioda Zenera może służyć jako parametryczny stabilizator napięcia ?
2. Jak wpływa obciążenie diody na jej zdolności stabilizacyjne ?
3. Omówić zasadę pomiaru uchybu napięcia wyjściowego metodą kompensacyjną.