

Ćw. 40. Badanie stabilizatorów napięcia stałego

Wprowadzenie

Cel ćwiczenia: Poznanie budowy, zasady działania, podstawowych parametrów i sposobu ich pomiaru oraz rodzajów stabilizatorów napięcia stałego.

Znaczna część współczesnych układów elektrycznych i elektronicznych, do swojej poprawnej pracy, wymaga stałego i stabilnego napięcia zasilania. Układami, które zapewniają takie zasilanie są stabilizatory.

Stabilizatory napięcia stałego są to układy utrzymujące na swoim wyjściu stałą wartość napięcia niezależnie od prądu obciążenia, zmian napięcia wejściowego, temperatury oraz innych czynników zakłócających.

Podstawowe parametry stabilizatorów napięcia:

1. Znamionowe napięcie wyjściowe U_{wy} – napięcie na wyjściu, na które stabilizator został zaprojektowany i wykonany.
2. Zakres napięcia wyjściowego – odnosi się tylko do stabilizatorów o regulowanym napięciu wyjściowym.
3. Zakres napięcia wejściowego – minimalne i maksymalne napięcie podane na wejście gwarantujące prawidłową pracę stabilizatora (napięcie niższe od min. może powodować niepoprawną pracę, a wyższe od maksymalnego może doprowadzić do uszkodzenia stabilizatora lub zadziałania układu zabezpieczeń).
4. Maksymalny prąd wyjściowy – maksymalne dopuszczalne natężenie prądu jakie może być pobierane ze stabilizatora.
5. Współczynnik stabilizacji napięcia S_U – wskazuje, ile razy wahania napięcia wyjściowego są mniejsze od wahań napięcia zasilania, im mniejsza jego wartość tym lepiej.

$$S_U = \frac{\Delta U_{wy}}{\Delta U_{we}}$$

6. Różnica pomiędzy napięciem wejściowym a wyjściowym – minimalna i maksymalna wartość napięcia między niestabilizowanym napięciem wejściowym a stabilizowanym napięciem wyjściowym. Wartość minimalna określa minimalny spadek napięcia na stabilizatorze, niezbędny dla rozpoczęcia stabilizacji (*ang. Dropout Voltage U_{DO}*).
7. Rezystancja wyjściowa R_{wy} – określana jest jako zmiana napięcia wyjściowego powstała pod wpływem zmiany prądu obciążenia. Ten parametr decyduje o przebiegu charakterystyki zewnętrznej $U_{wy} = f(I_{wy})$ stabilizatora.

$$R_{wy} = \frac{\Delta U_{wy}}{\Delta I_{wy}}$$

8. Sprawność η – określa się zależnością

$$\eta = \frac{P_{wy}}{P_{we}} \cdot 100\%$$

gdzie: $P_{wy} = U_{wy} \cdot I_{wy}$, $P_{we} = U_{we} \cdot I_{we}$.

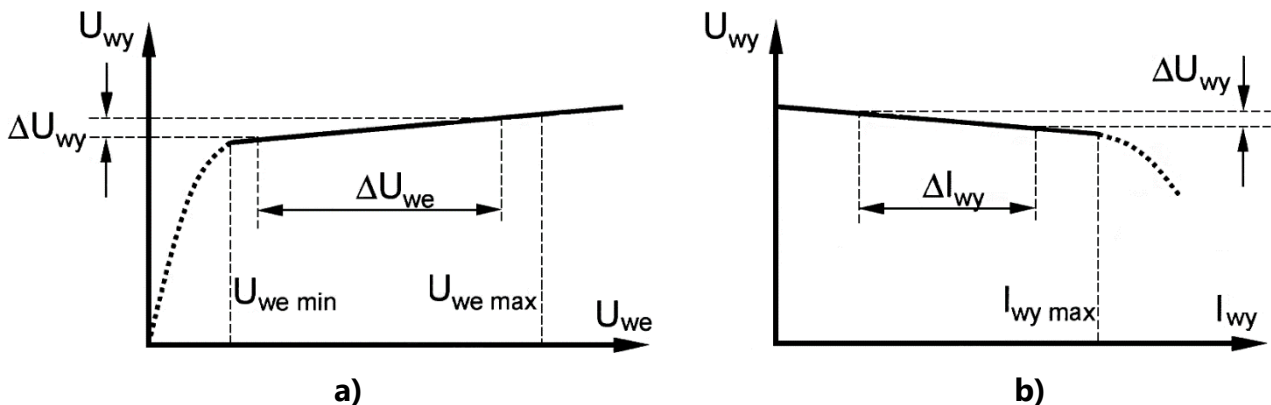
9. Maksymalna moc strat P_{max} - maksymalna moc jaka może się wydzielić na pracującym stabilizatorze w postaci ciepła. Przekroczenie tej mocy prowadzi do uszkodzenia elementów układu stabilizatora lub zadziałania układu zabezpieczeń termicznych, jeżeli układ posiada takie.

$$P_{max} = (U_{we} - U_{wy}) \cdot I_{we}$$

Podstawowe charakterystyki stabilizatorów napięcia

Podstawowymi charakterystykami stabilizatorów napięcia stałego są:

- charakterystyka napięciowa $U_{wy} = f(U_{we})$, przy $I_{wy} = \text{const.}$,
- charakterystyka zewnętrzna (obciążenia) $U_{wy} = f(I_{wy})$, przy $U_{we} = \text{const.}$



Rys. 1. Charakterystyki stabilizatorów napięcia stałego:

- napięciowa $U_{wy} = f(U_{we})$,
- zewnętrzna (obciążenia) $U_{wy} = f(I_{wy})$.

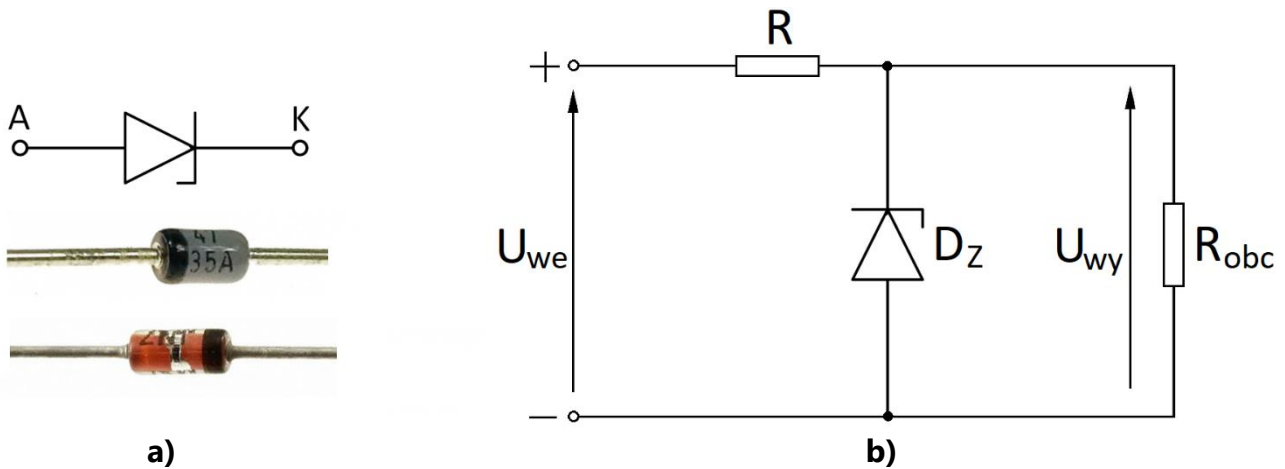
Klasyfikacja stabilizatorów

Ze względu na zasadę działania stabilizatory możemy podzielić na:

- stabilizatory parametryczne
- stabilizatory kompensacyjne, (o działaniu ciągłym lub impulsowym).

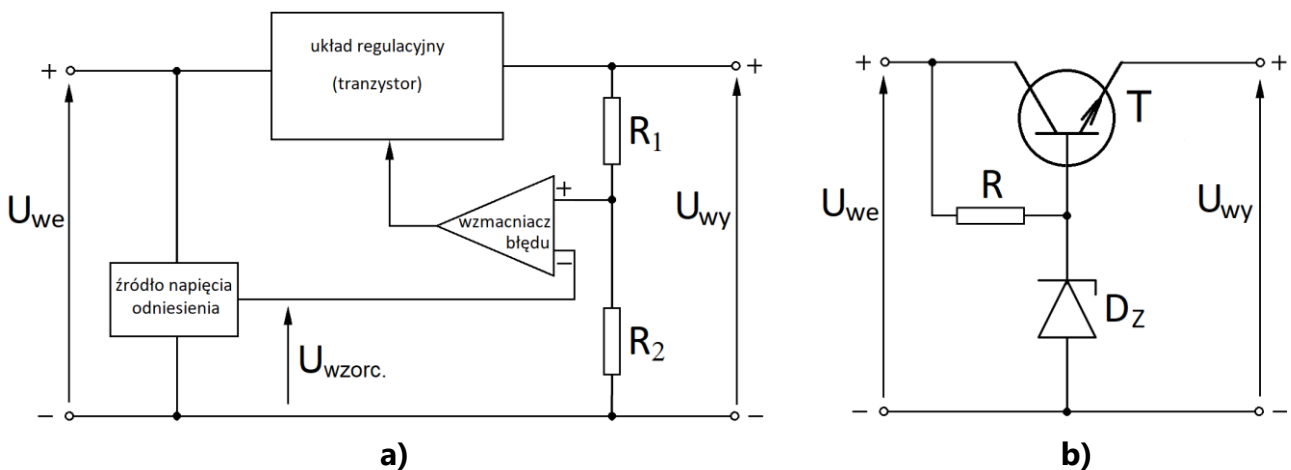
Stabilizatory parametryczne wykorzystują nieliniowe charakterystyki napięciowo-prądowe elementów, najczęściej diod Zenera. Cechą charakterystyczną tych stabilizatorów jest brak zewnętrznego obwodu sprzężenia zwrotnego, który zapewniałby porównanie napięcia

wyjściowego z napięciem wzorcowym. W związku z tym parametry tego typu stabilizatora są niskie co ogranicza ich zastosowanie. Wykorzystuje się je do zasilania układów niewymagających zasilania o bardzo dobrych parametrach stabilizacyjnych.



Rys. 2. a) symbol diody Zenera oraz zdjęcia przykładowych diod Zenera, b) schemat podstawowego stabilizatora parametrycznego z diodą Zenera.

Stabilizatory kompensacyjne o działaniu ciągłym – w tego typu układach (rys. 3a), następuje porównanie napięcia stabilizowanego (wyjściowego) z wzorcowym napięciem odniesienia. Gdy napięcia te nie są równe, wówczas ich różnica po wzmocnieniu podawana jest na układ regulacyjny zmieniając jego rezystancję, co skutkuje korektą napięcia wyjściowego.



Rys. 3. a) schemat blokowy stabilizatora kompensacyjnego o działaniu ciągłym, b) schemat podstawowego stabilizatora kompensacyjnego o działaniu ciągłym, o ustalonym napięciu.

Na rys. 3b przedstawiono schemat prostego stabilizatora kompensacyjnego, w którym jako element regulacyjny wykorzystano tranzystor T , a źródłem napięcia wzorcowego jest dioda stabilizacyjna (dioda Zenera) D_Z . Napięcie wyjściowe tego stabilizatora ustalone jest przez

napięcie Zenera U_Z zastosowanej diody pomniejszone o spadek napięcia występujący na złączu baza-emiter tranzystora T. Dla zastosowanego tu tranzystora bipolarnego wynosi ok. 0,7 V.

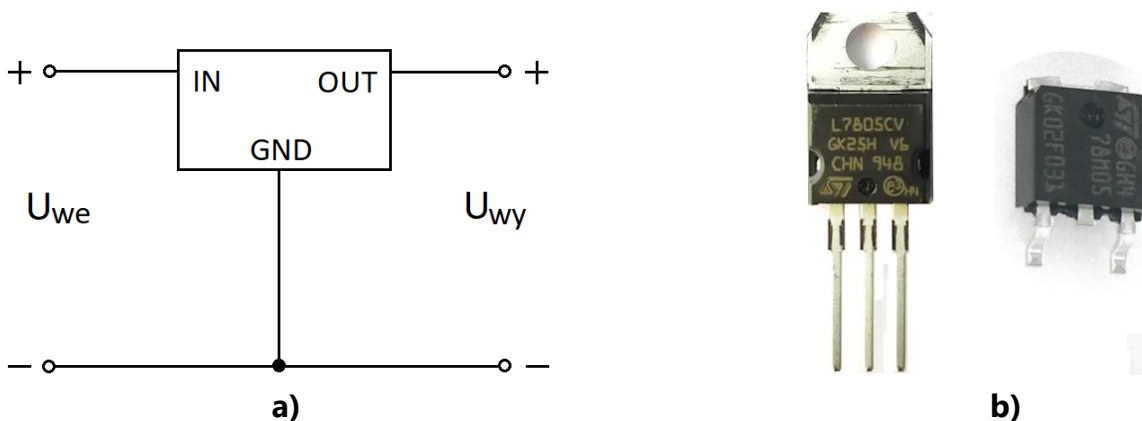
Na przykład, jeżeli napięcie stabilizacyjne diody Zenara wynosi 5,6 V to U_{wy} stabilizatora będzie wynosiło ok. 4,9 V. Przedstawiony układ cechuje się prostotą układową i niewielką liczbą elementów, ale jego parametry stabilizacyjne nie są dobre, dlatego znajduje zastosowanie w niewymagających układach.

Znacznie lepsze takie parametry posiadają bardziej rozbudowane stabilizatory, w których rolę wzmacniacza błędów (układu regulacyjnego), pełnią wzmacniacze wielostopniowe lub układy różnicowe. Dzięki takim rozwiązaniom wzmacniacz ma duże wzmocnienie, dużą rezystancję wejściową, niski poziom szumów o raz mały dryft termiczny. Również źródło napięcia odniesienia jest zbudowane jako rozbudowany układ skompensowany temperaturowo.

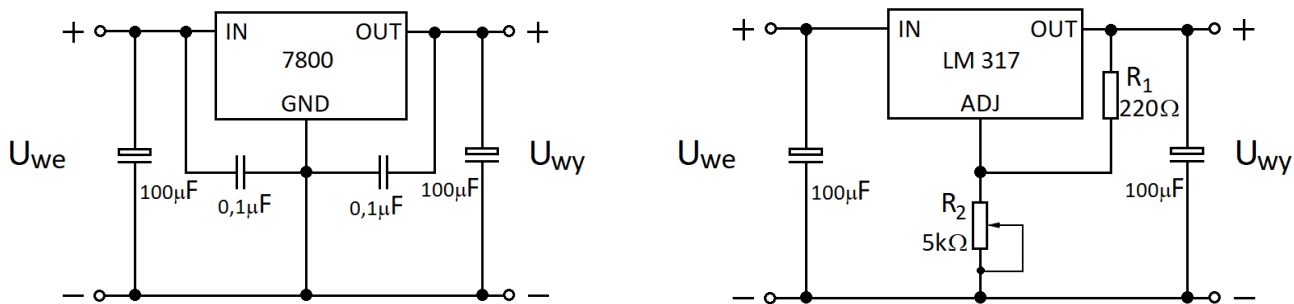
Wykonanie rozbudowanego źródła napięcia odniesienia i wzmacniacza błędów z elementów dyskretnych sprawiało dużo trudności, nie ma jednak większych kłopotów z ich realizacją w układach scalonych. Dlatego współcześnie głównie wykorzystuje się gotowe, o bardzo dobrych parametrach, proste w aplikacji, łatwo dostępne z szerokiej gamy oferowanych na rynku, stabilizatory w układach scalonych.

Opracowano wiele typów scalonych stabilizatorów napięcia, przy czym ogromna większość z nich to wygodne do stosowania stabilizatory trójkońcówkowe. Znaczna część z nich to układy z ustalonym napięciem wyjściowym, np. bardzo popularna seria 7800.

Mniejszą grupę stanowią układy z możliwością ustawiania napięcia wyjściowego przez użytkownika, jako przykład może tu posłużyć często wykorzystywana rodzina LM317.



Rys. 4. a) schemat blokowy stabilizatora scalonego trójkońcówkowego, b) zdjęcia stabilizatorów serii 7800.



Rys. 5. a) schemat podłączenia stabilizatora scalonego serii 7800, b) schemat podłączenia stabilizatora scalonego LM317 o regulowanym napięciu wyjściowym w zakresie 1,3-30V.

Coraz większą popularnością cieszą się układy scalone stabilizatory Low Drop Out (LDO). Dzięki swojej największej zaletce – niskiemu napięciu U_{DO} (patrz parametr nr 6, dla LDO – może wynosić nawet 0,25 V, dla typowych stabilizatorów ok. 3 V), stosowane są w urządzeniach zasilanych z akumulatorów i baterii, gdzie pozwalają wykorzystać praktycznie całą pojemność baterii. Zwykły stabilizator, nawet z napięciem U_{DO} 2 V wymagałby zastosowania jednego ogniwa więcej, albo nie pozwoliłby wykorzystać całej pojemności baterii.

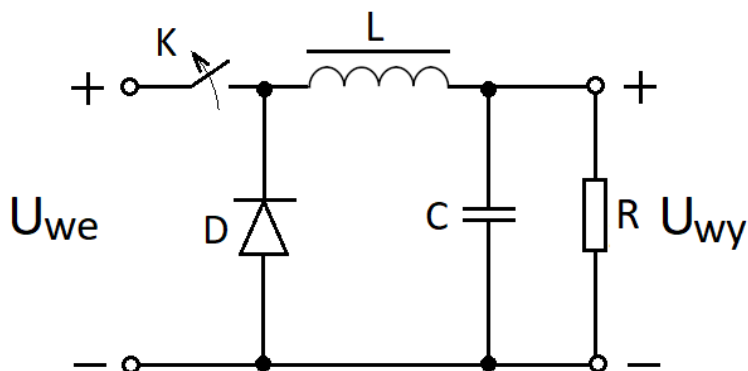
Stabilizatory kompensacyjne o działaniu przerywanym (impulsowe) - w tego typu stabilizatorach układ regulacyjny nie pracuje w sposób ciągły, lecz jako przełącznik elektroniczny (klucz). Rolę przełącznika elektronicznego spełnia najczęściej tranzystor, sterowany impulsami przesuwanymi punkt jego pracy z obszaru nasycenia w obszar odcięcia. Stan nasycenia – zamknięcie przełącznika, stan odcięcia – jego otwarcie.

W czasie zamknięcia klucza (K – rys 6.) do obciążenia jest dołączane, przez filtr LC zmniejszający tętnienia napięcie wyjściowe, a przez diodę D zamyka się obwód prądu wyjściowego, gdy klucz jest otwarty. Napięcie wyjściowe wynosi (po pominięciu spadku napięcia na cewce L):

$$U_{wy} = U_{we} \cdot \gamma$$

gdzie γ – współczynnik wypełnienia impulsów sterujących klucz.

Zmieniając współczynnik wypełnienia γ , czyli stosunek czasu zamknięcia przełącznika do okresu powtarzania, można zmieniać wartość napięcia wyjściowego.



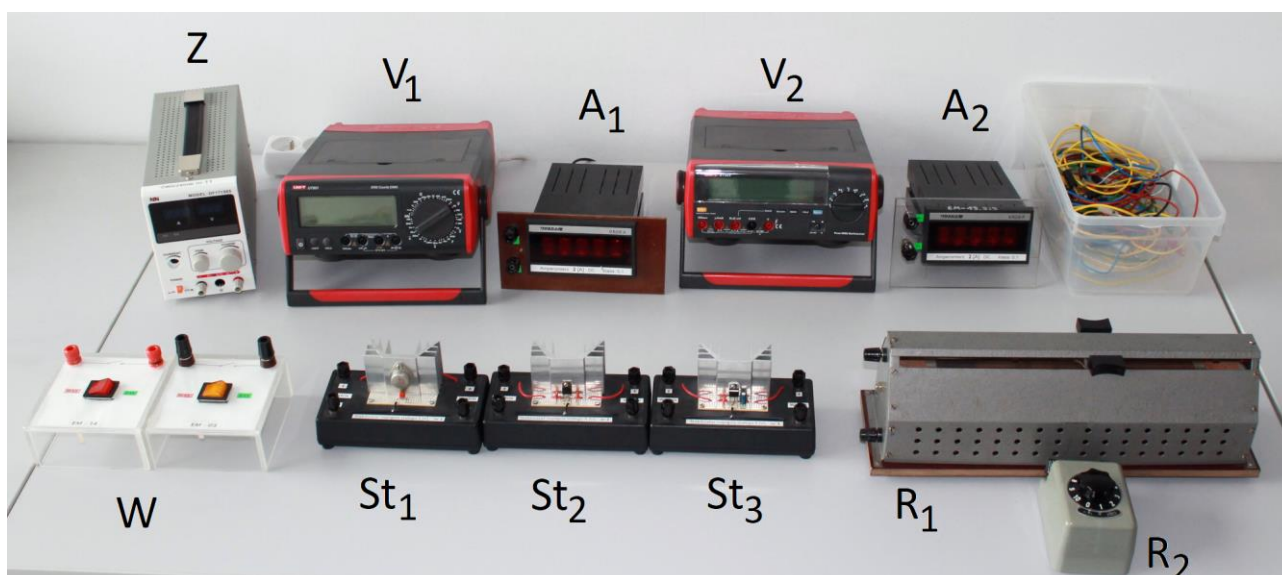
Rys. 6. Zasada działania stabilizatora impulsowego.

Stabilizatory kompensacyjne mogą pracować jako układy samooscyłujące lub jako układy sterowane zewnątrz. W samooscyłujących impulsy kluczujące wytwarzane są w układach wewnętrznych stabilizatora, natomiast w sterowanych zewnątrz – wykorzystywane są impulsy z dodatkowego generatora.

Stabilizatory impulsowe ze względu na swoją wysoką sprawność (ok. 90%), stosuje się przede wszystkim w urządzeniach, w których aspekt ekonomiczny ma duże znaczenie. Do wad tych układów należą gorsze parametry stabilizacyjne, większe napięcie tętnień w porównaniu ze stabilizatorami ciągłymi.

Wykonanie ćwiczenia

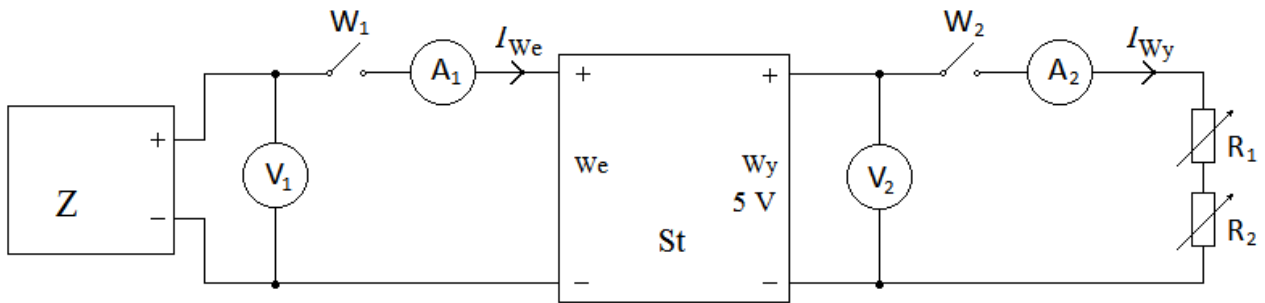
Zad. 1. Wyznaczenie charakterystyki obciążenia stabilizatora napięcia $U_{wy} = f(I_{wy})$ oraz jego sprawności.



Rys. 7. Zestaw przyrządów: **Z** - zasilacz stabilizowany; **V₁** - woltomierz UT 801; **V₂** - woltomierz UT 803; **A₁**, **A₂** – amperomierze V628 A; **W** – wyłączniki, **St** – badane stabilizatory; **R₁** - opornica suwakowa 5 ÷ 10 Ω, **R₂** – opornik dekadowy 0 ÷ 100 Ω.

1. Połączyć obwód pomiarowy wg schematu z rys. 8.
2. Przy wyłączonych wyłącznikach W_1 i W_2 , włączyć zasilacz Z i ustawić napięcie wyjściowe zasilacza na 10V.
3. Załączyć wyłącznik W_1 , a następnie W_2 .
4. Zmieniać natężenie prądu obciążenia stabilizatora opornikami R_1 i R_2 w zakresie od 0,05 A do 1 A. Wykonać co najmniej 10 punktów pomiarowych.
5. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisać w tabeli nr 1.
6. Dokonać obliczeń mocy wejściowej P_{we} i mocy wyjściowej P_{wy} oraz sprawności η stabilizatora.

7. Narysować na jednym rysunku wykresy $U_{wy} = f(I_{wy})$ dla badanych stabilizatorów, a w innym układzie współrzędnych - wykresy $\eta = f(I_{wy})$.
8. Na podstawie otrzymanych wyników obliczeń, pomiarów i sporządzonych wykresów sformułować i zapisać wnioski.



Rys. 8. **Z** – zasilacz stabilizowany; **V₁**, – woltomierz UT 801; **V₂**, – woltomierz UT 803; **A₁**, **A₂** – amperomierze V628A; **St** – badany stabilizator 5V DC; **W₁**, **W₂** – wyłączniki; **R₁**, – opornica suwakowa 5 ÷ 10 Ω, **R₂** – opornik dekadowy 0 ÷ 100 Ω.

Nr i typ stabilizatora							
I. p.	U₁ [V]	I₁ [A]	U₂ [V]	I₂ [A]	P_{we} [W]	P_{wy} [W]	η [%]
1							
.							
.							
.							

Tabela nr 1.

Sprawność stabilizatora:

$$\eta = \frac{P_{wy}}{P_{we}} \cdot 100\%$$

Stabilizator nr 1 – parametryczny z wtórnikiem emiterowym,
 Stabilizator nr 2 – kompensacyjny, monolityczny, typ: LM 7805,
 Stabilizator nr 3 – kompensacyjny, monolityczny, LDO*, typ: L 4941.

*LDO - (*Low Drop Out*)

Zagadnienia do kolokwium:

1. Charakterystyka diody Zenera.
2. Podstawowe parametry stabilizatora napięcia stałego.
3. Rodzaje stabilizatorów napięcia stałego.
4. Podstawowe charakterystyki stabilizatorów napięcia.

Literatura:

1. W. Pietrzyk (red), Laboratorium z elektrotechniki (Wydawnictwa Uczelniane PL, 2003).
2. A. Chwaleba, B. Moeschke, G. Płoszajski, Elektronika (Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne).
3. A. Borkowski, Zasilanie urządzeń elektronicznych (Wydawnictwa Komunikacji i Łączności).
4. A. Chwaleba, B. Moeschke, M. Pilawski, pracownia elektroniczna (Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne).

Opiekun ćwiczenia: mgr Krzysztof Zabielski