

UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY W BYDGOSZCZY
WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ
INSTYTUT EKSPLOATACJI MASZYN I TRANSPORTU
ZAKŁAD STEROWANIA



ELEKTROTECHNIKA I ELEKTRONIKA

ĆWICZENIE: **E3**

BADANIE WŁAŚCIWOŚCI POŁĄCZEŃ ŹRÓDEŁ NAPIĘCIA STAŁEGO

Piotr Kolber, Daniel Perczyński
Bydgoszcz 2011

1. Cel ćwiczenia

Sprawdzenie właściwości połączeń źródeł napięcia stałego.

2. Wstęp

Jednym z najczęściej używanych źródeł prądu stałego jest ogniwo galwaniczne. W ogniwie tym podczas poboru prądu, zachodzą reakcje chemiczne między materiałami elektrod i elektrolitem - w wyniku zachodzących procesów następuje przemiana energii chemicznej w energię elektryczną. Ze względu na działanie wyróżniamy ogniwa pierwotne i wtórne.

Ogniwa pierwotne (nieodwracalne) są to ogniwa, w których w czasie przekształcania energii chemicznej w energię elektryczną zużywane są materiały, tak że proces nie może być odwrócony.

Ogniwa wtórne (odwracalne) to takie, które po wyładowaniu można doprowadzić do stanu pierwotnego zasilając z obcego źródła. Kierunek przepływu prądu musi być wtedy przeciwny temu, który występuje, gdy ogniwo oddaje energię elektryczną. Każde ogniwo charakteryzuje się siłą elektromotoryczną, pojemnością i rezystancją wewnętrzną. Siła elektromotoryczna ogniwa zależy od rodzaju materiału elektrod, składu chemicznego i stężenia elektrolitu, ale nie zależy od rozmiarów geometrycznych elektrod i ich rozstawienia. Siła elektromotoryczna jest wielkością stałą, lecz podczas poboru prądu wobec zmian zachodzących w ogniwie może ulegać zmianom.

Pojemność ogniwa określa się wielkością ładunku elektrycznego, który ogniwo może oddać przy wyładowywaniu. Pojemność wyraża się w amperogodzinach / $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ As}$ / wzorem:

$$Q = I \cdot t \quad [\text{Ah}] \quad (1)$$

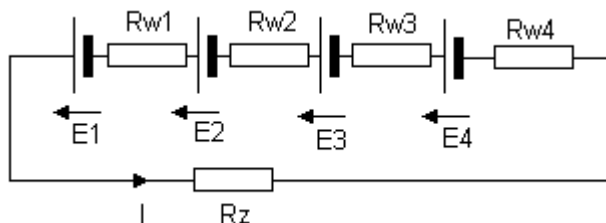
W miarę upływu czasu ogniwa tracą pojemność; wywoływane to jest wysychaniem elektrolitu, lub zachodzącymi zmianami chemicznymi wskutek zanieczyszczeń materiału elektrod i elektrolitu. Rezystancja ogniwa zależy od stężenia elektrolitu, stanu elektrod i temperatury. Rezystancja wewnętrzna ogniwa rośnie wraz z jego wyladowaniem na skutek wymienionych wyżej dwóch pierwszych czynników. W celu uzyskania źródła napięcia o odpowiednich właściwościach stosuje się łączenie ogniw w baterie.

3. Połączenie szeregowe źródeł napięcia.

Przy łączeniu szeregowym źródeł napięcia zawsze łączymy plus pierwszego ogniwa z minusem drugiego, plus drugiego ogniwa z minusem trzeciego itd. tak, aby w obwodzie kierunki wszystkich sem. były takie same. Wypadkowa siła elektromotoryczna baterii jest równa sumie wszystkich sem. poszczególnych ogniw.

$$E_b = \sum_k E_k \quad (2)$$

Rozpatrzmy obwód elektryczny, w którym połączonych zostało n ogniw o siłach elektromotorycznych E_1, E_2, \dots, E_n i rezystancjach wewnętrznych $R_{W1}, R_{W2}, \dots, R_{Wn}$ z rezystancją zewnętrzną odbiornika R_z - rys. 1.



Rys.1. Szeregowe połączenie źródeł napięcia

Zgodnie z II prawem Kirchoffa możemy zapisać:

$$E_1 + E_2 + \dots + E_n = I / (R_{W1} + R_{W2} + \dots + R_{Wn} + R_z) \quad (3)$$

Jeśli sem. i rezystancje wewnętrzne wszystkich ogniw są sobie równe wówczas powyższe równanie możemy zapisać:

$$n \cdot E = \frac{I}{n \cdot R_w + R_z} \quad (4)$$

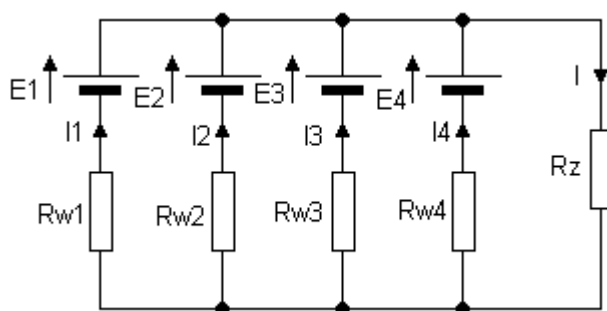
Z ostatniego wzoru wynika, że przy połączeniu szeregowym takich samych ogniw, siła elektromotoryczna baterii E_b jest n razy większa od sem. jednego ogniwa $E_b = nE$, a rezystancja wewnętrzna baterii R_{wb} , jest n razy większa od rezystancji wewnętrznej R_w jednego ogniwa:

$$R_{wb} = nR_w \quad (5)$$

Natężenie prądu pobieranego z takiej baterii nie może przekraczać prądu znamionowego jednego ogniwa. Tak więc pojemność baterii przy połączeniu szeregowym ogniw jest równa pojemności jednego ogniwa. Połączenie szeregowe ogniw jest korzystne wtedy, kiedy rezystancja zewnętrzna (odbiornika) jest duża w porównaniu z rezystancją wewnętrzną baterii, którą możemy w przybliżonych warunkach pominąć.

4. Połączenie równoległe źródeł napięcia

Przy połączeniu równoległym źródeł napięcia zaciski dodatnie wszystkich ogniw łączymy ze sobą; podobnie łączymy między sobą zaciski ujemne - rys. 2.



Rys.2. Równoległe połączenie źródeł napięcia

Rozpatrzmy cztery równoległe połączone jednakowe źródła napięcia, których siły elektromotoryczne i rezystancje wewnętrzne są równe.

$$R_{W1} = R_{W2} = R_{W3} = R_{Wn}, \quad E_1 = E_2 = E_3 = E_4 \quad (6)$$

Na podstawie I prawa Kirchoffa możemy zapisać

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I \quad (7)$$

Ponieważ wszystkie prądy są jednakowe (gdyż sem. i rezystancje wewnętrzne są równe), zatem:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = \frac{1}{4} I \quad (8)$$

Napięcie między węzłami na poszczególnych gałęziach wyniesie:

$$U = E_1 - I_1 R_{W1} = E_2 - R_{W2} I_2 = E_3 - R_{W3} I_3 = E_4 - R_{W4} I_4 \quad (9)$$

Przy jednakowych źródłach napięcia otrzymamy:

$$U = E - \frac{1}{4} R_W I = E - \frac{R_W}{4} I \quad (10)$$

Jeżeli zamiast czterech ogniw połączonych równolegle mamy m takich samych ogniw połączonych równolegle, to wzór ogólny na napięcie ma postać:

$$U = E - I \frac{R_W}{m} \quad (11)$$

Ponieważ napięcie między zaciskami źródeł napięcia jest równe napięciu zewnętrznemu na odbiorniku $U = IR_z$, więc możemy zapisać

$$R_z I = E - \frac{R_W}{m} I \quad (12)$$

Stąd

$$I = \frac{E}{\frac{R_W}{m} + R_z} \quad (13)$$

Rezystancja wewnętrzna tego zastępczego źródła jest m razy mniejsza od rezystancji pojedynczego ogniwa zostanie połączonych równolegle m jednakowych ogniw, to siła

elektromotoryczna nie ulegnie zmianie, rezystancja wewnętrzna zmaleje m razy, a pojemność wzrośnie m razy. Baterie złożone z ogniw połączonych równolegle korzystnie stosuje się przy stosunkowo małej rezystancji obwodu zewnętrznego w porównaniu z rezystancją wewnętrzną pojedynczego ogniwa. Przy połączeniu równoległym źródeł napięcia w zasadzie należy łączyć źródła o równych sem. lub różniących się stosunkowo mało.

5. Połączenie szeregowo-równoległe źródeł napięcia

Źródła napięcia łączy się szeregowo-równoległe wtedy, gdy odbiornik trzeba zasilać wyższym napięciem i większym prądem od tego, jakie mogą dostarczać poszczególne źródła. Przy połączeniach mieszanych źródła napięcia tworzą gałęzie obwodu, w tych gałęziach źródła są ze sobą połączone szeregowo, a gałęzie łączy się równolegle. Jeżeli liczbę jednakowych źródeł napięcia połączonych w gałęzi szeregowo oznaczmy literą n , sem. jednego źródła przez E i rezystancję wewnętrzną przez R_w , to siła elektromotoryczna jednej gałęzi wyniesie nE , a rezystancja wewnętrzna tej gałęzi jest równa nR_w .

Jeżeli tych gałęzi połączonych równolegle będzie m , to rezystancja wewnętrzna baterii będzie miała wartość nR_w/m , a prąd zasilający źródeł połączonych wyniesie:

$$I = \frac{nE}{\frac{nR_w}{m} + R_z} \quad (14)$$

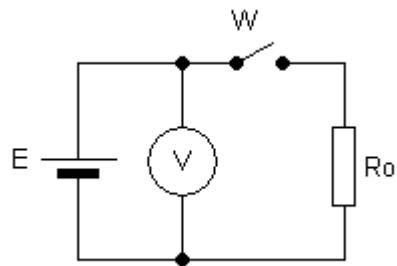
Napięcie między zaciskami baterii ogniw połączonych szeregowo-równoległe wynosi:

$$U = nE - \frac{nR_w}{m} I = IR_z \quad (15)$$

6. Pomiary laboratoryjne

6.1. Wyznaczenie sem. i rezystancji wewnętrznej ogniwa

Połączyć układ wg schematu na rys. poniżej



Rys.3. Schemat obwodu do badania pojedynczych źródeł napięcia

E – sem. badanego ogniwa

R_0 – rezystor obciążenia 20Ω

Sem. ogniwa określamy na podstawie wskazań woltomierza o dużej rezystancji wewnętrznej. Obciążając następnie źródło badane rezystorem R_0 (tylko na czas odczytu wskazań miernika) mierzymy napięcie źródła.

$$U = E - I \cdot R_w, \text{ gdzie } I = \frac{E}{R_w + R_0} \quad (16)$$

więc

$$U = E \left(1 - \frac{R_w}{R_w + R_0} \right) \quad (17)$$

stąd

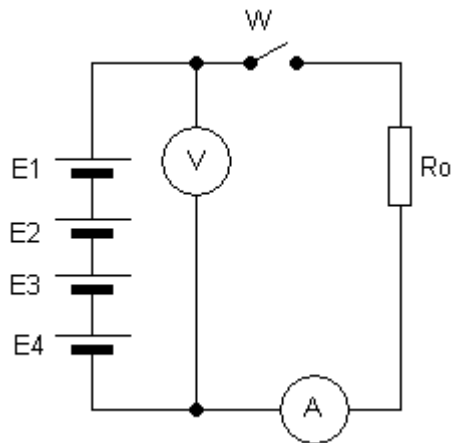
$$R_w = R_0 \left(\frac{E}{U} - 1 \right) \quad (18)$$

Wyniki pomiarów i obliczeń dla poszczególnych ogniw notujemy w tablicy jak poniżej

| Lp. | E | U | R_w |
|-----|---|---|----------|
| | V | V | Ω |
| 1. | | | |
| | | | |

6.2.. Wyznaczenie sem. i rezystancji wewnętrznej baterii ogniów połączonych szeregowo

Połączyć układ z n ogniwami połączonymi szeregowo jak na poniższym rysunku.



Rys.4. Schemat obwodu do badania źródeł napięcia połączonych szeregowo

Zmierzyć sem. i prąd płynący przez rezystor R_0 oraz wyznaczyć rezystancję wewnętrzną baterii ogniów połączonych szeregowo.

$$R_{wb} = (R_0 + R_a) \cdot \left(\frac{E_b}{U_b} - 1 \right) \quad (19)$$

gdzie: R_a – rezystancja wewnętrzna amperomierza.

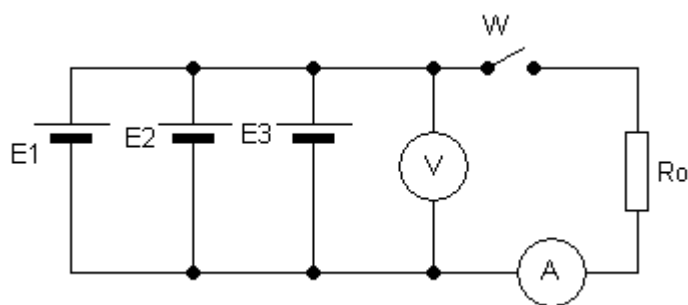
Wyniki pomiarów i obliczeń porównać z wynikami odpowiednich obliczeń wykonanych na podstawie pomiarów z p.6.1

$$E_b = \sum_k E_k, \quad R_{wb} = \sum_k R_{wk} \quad (20)$$

$$I = \frac{E_b}{R_{wb} + R_0 + R_a} \quad (21)$$

6.3. Wyznaczenie sem. i rezystancji wewnętrznej baterii ogniów połączonych równolegle

Połączyć układ z m jednakowymi (lub o zbliżonych wartościach) ogniwami połączonymi równolegle jak na poniższym rysunku.



Rys.5. Schemat obwodu do badania źródeł napięcia połączonych równolegle

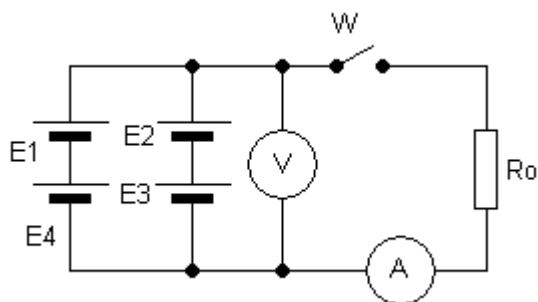
Zmierzyć sem i prąd płynący przez rezystor R_0 oraz wyznaczyć rezystancję wewnętrzną baterii ogniw połączonych równolegle. Wyniki pomiarów i obliczeń porównać z wynikami odpowiednich obliczeń wykonanych na podstawie pomiarów z p.6.1.

$$E_b = E, \quad \frac{1}{R_{wb}} = \sum_k \frac{1}{R_{wk}} \quad (22)$$

Wyznaczyć prąd zasilający na podstawie zależności (21)

6.4. Wyznaczenie sem. i rezystancji baterii ogniw połączonych szeregowo-równolegle

Połączyć układ wg poniższego schematu dobierając odpowiednio ogniwa.



Rys.6. Schemat obwodu do badania źródeł napięcia połączonych szeregowo-równolegle

Zmierzyć sem. i prąd płynący przez rezystor R_0 oraz wyznaczyć rezystancję wewnętrzną baterii ogniw. Wyniki pomiarów i obliczeń porównać z wynikami odpowiednich obliczeń wykonanych na podstawie pomiarów z p.6.1.

6.5. Sformułować wnioski, co do dokładności pomiarów oraz właściwości połączeń źródeł napięcia stałego, porównać wartości zmierzone i obliczone.

6.6. Podać numery i dane przyrządów użytych do pomiarów.

7. Zagadnienia do przygotowania

- 1). Łączenie źródeł napięcia i ich właściwości
 - a) szeregowo
 - b) równoległe
 - c) szeregowo-równoległe
- 2). Zastosowanie połączeń źródeł napięcia.

Literatura

1. B. Chęciński, R.Ksycki, J. Mierzbiczak. Laboratorium elektrotechniki i elektroniki.
2. T, Masewicz, S. Paul. Podstawy elektrotechniki.