



INSTYTUT ELEKTRONIKI
I SYSTEMÓW STEROWANIA

WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA



LABORATORIUM FIZYKI

Ćwiczenie NR E-2

Budowa i badanie ogniw Volty o zmiennej wydajności

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie zasady działania ogniów galwanicznych. Zbudowanie ogniwa i stosu Volty, zbadanie ich podstawowych parametrów oraz zaobserwowanie reakcji chemicznych zachodzących podczas pracy ogniwa galwanicznego.

2. Wstęp teoretyczny

Ogniwa galwaniczne były znane ludziom już w czasach starożytnych. Potwierdzają to znaleziska archeologiczne i odkrycie tzw. baterii z Bagdadu. Rozwój i rozpowszechnienie ogniów galwanicznych nastąpiło w XVIII i XIX wieku. Zawdzięczamy to Luigi Galvaniemu, który poświęcił swe badania „elektryczności zwierzęcej” i odkrył zjawisko generowania i przepływu energii elektrycznej przez ciało żaby przy kontakcie z dwoma różnymi metalami, co wywoływało skurcz mięśni żaby i w konsekwencji ruch jej ciała. Alessandro Volta zainspirowany badaniami Galvaniego po wykonaniu szeregu swoich badań podważył jego teorię, twierdząc, że błędnie powstająca energia elektryczna przypisywana jest energii pochodzącej od zwierząt. Alessandro Volta w swoich doświadczeniach zastąpił ciała żab, płynnym elektrolitem (wodą morską, kwasem siarkowym VI) umieszczając dwa różne metale (miedź, cynk) w naczyniu z elektrolitem. W ten sposób powstało ogniwo generujące energię elektryczną prądu stałego, które zostało nazwane ogniwo galwanicznym. W późniejszym czasie pojedyncze ogniwo galwaniczne przerodziło się w tzw. stos Volty, który był zbudowany z krążków miedzi oraz cynku i bibuły nasączonej elektrolitem, która znajdowała się pomiędzy tymi metalami. Na przestrzeni lat w oparciu o zbudowane przez Voltę ogniwo powstało wiele udoskonalonych konstrukcyjnie ogniów galwanicznych wykorzystujących nowe dostępne materiały do ich budowy, aż po konstrukcje współcześnie używanych baterii i akumulatorów, które wciąż są udoskonalane.

Ogniwo galwaniczne zbudowane jest z dwóch różnego rodzaju elektrod (katoda, anoda) oraz elektrolitu. Jest źródłem energii elektrycznej prądu stałego. Energia elektryczna w ogniwie galwanicznym generowana jest na skutek reakcji chemicznych zachodzących w układzie. Ogniwa galwaniczne możemy podzielić na pierwotne i wtórne:

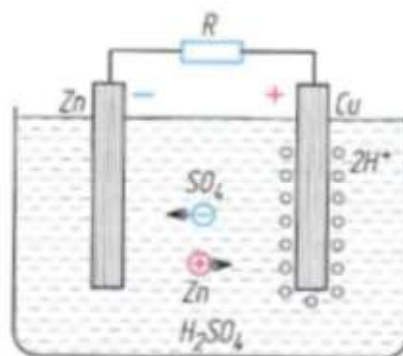
- pierwotne (nieodwracalne) – ich działanie jest jednokierunkowe. Reakcje chemiczne zachodzące w ogniwie generują powstanie energii elektrycznej. Ilość reakcji chemicznych jest

ograniczona, co powoduje, że po pewnym czasie użytkowania reakcje zanikną, a ogniwo nie będzie nadawało się do dalszego użytkowania. Przykładem tego typu ogniw są baterie.

- wtórne (odwracalne) – ich działanie jest dwukierunkowe. Reakcje chemiczne zachodzące w ogniwie generują powstanie energii elektrycznej. Ogniwa wtórne w odróżnieniu od pierwotnych przed użytkowaniem trzeba naładować z zewnętrznego źródła energii elektrycznej. Ładowanie ogniwa powoduje, że dostarczana energia elektryczna zamieniana jest na chemiczną, z której po odłączeniu zewnętrznego zasilania możemy czerpać ponownie energię elektryczną. Proces ładowania możemy powtarzać wielokrotnie. Przykładem tego typu ogniw są akumulatory.



Rys. 2.1. Stos Volty



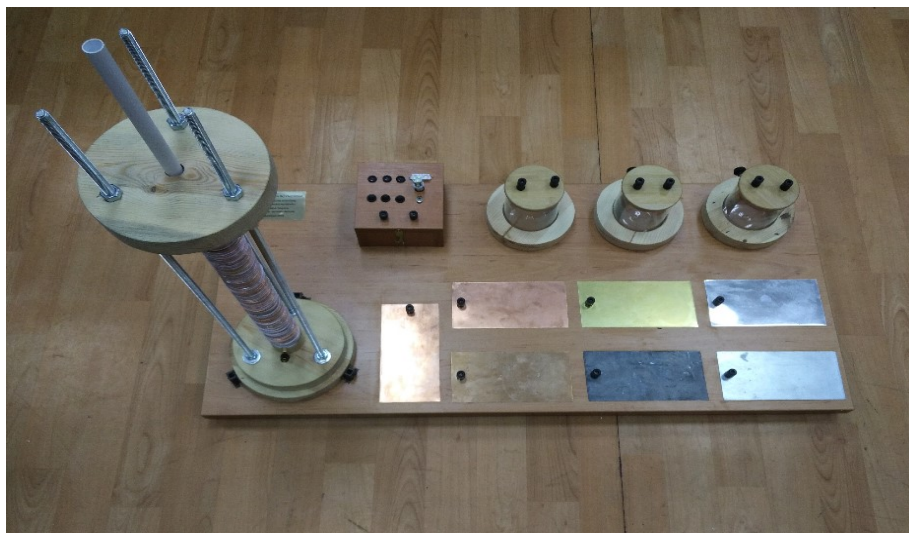
Rys. 2.2. Schemat budowy ogniwa Volty

3. Opis stanowiska laboratoryjnego

Stanowisko laboratoryjne składa się trzech rodzajów ćwiczeń, które możemy na nim przeprowadzić oraz z walizki narzędziowej, w której przechowywany jest niezbędny osprzęt pozwalający na przeprowadzenie badań. Na stanowisku dydaktycznym znajdują się również odbiorniki elektryczne, które możemy zasilić energią elektryczną wygenerowaną przez zbudowane ogniwa galwaniczne.

Ćwiczenia znajdujące się na stanowisku laboratoryjnym:

- formatki metalowe
- ogniwa galwaniczne zalewane
- stos napięciowy



Rys. 3.1. Stanowisko laboratoryjne do budowy ogniw Volty o zmiennej wydajności



Rys. 3.2. Walizka narzędziowa wraz z osprzętem

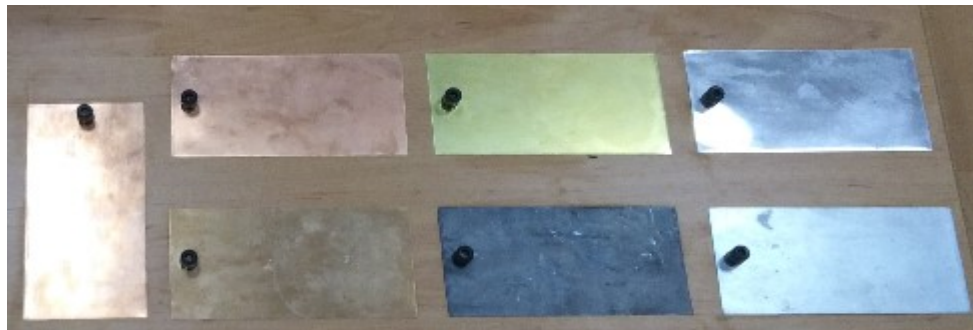
4. Przebieg ćwiczenia

Wszystkie pomiary na stanowisku laboratoryjnym należy przeprowadzać z zachowaniem wszelkiej ostrożności i rozwagi. Ze względu na używanie różnego rodzaju kwasów jako elektrolitu podczas wykonywania pomiarów należy je przeprowadzać w odzieży ochronnej (okulary, maska, fartuch, rękawiczki). Używanych kwasów nie należy mieszać ze sobą oraz nie należy dopuszczać ich do kontaktu z wodą.



Rys. 4.1. Odzież ochronna

4.1 Formatki metalowe



Rys. 4.2. Formatki metalowe

Formatki metalowe to blachy o wymiarach 10 cm x 20 cm wykonane z różnego rodzaju metali takich jak; stal ocynkowana, aluminium, ołów, mosiądz, brąz, miedź (x2). Ćwiczenie to polega na zbadaniu różnego typu blach pod kątem generowanego przez nie napięcia. Aby otrzymać napięcie elektryczne z tego rodzaju blach należy połączyć je w obwód, w którym to dotyk dłoni człowieka będzie go zamykał i służył jako elektrolit. Pomiary możemy przeprowadzić na sucho (suche dłonie) oraz na mokro (dłonie zamoczone w wodzie).

Przebieg ćwiczenia (formatki metalowe):

- podłączyć miernik napięcia elektrycznego (woltomierz) do zacisków dwóch wybranych formatek metalowych ustawiając odpowiedni zakres pomiarowy na mierniku
- umieścić dłonie na powierzchni badanych formatek (dotyk stabilny i wykonany całą powierzchnią dłoni)
- wpisać wartość wygenerowanego napięcia do tabeli pomiarowej
- pomiary wykonać dla każdej możliwej konfiguracji blach
- pomiary wykonać na sucho i na mokro (zwilżając dłonie wodą przed każdym dotykem)

Tabela 4.1. Zależność napięcia generowanego przez ogniwa (formatki metalowe) w zależności od wykorzystanych metali (suche dłonie/mokre dłonie) (elektrolit – dotyk)

Użyte elektrody	U [V]
miedź - stal ocynkowana	
miedź - aluminium	
miedź - ołów	
miedź - brąz	
miedź - mosiądz	
miedź - miedź	
stal ocynkowana - aluminium	
stal ocynkowana - ołów	
stal ocynkowana - brąz	
stal ocynkowana - mosiądz	
aluminium - ołów	
aluminium - brąz	
aluminium - mosiądz	
ołów - brąz	
ołów - mosiądz	
mosiądz - brąz	

4.2 Ogniwa galwaniczne zalewane



Rys. 4.3. Ogniwa galwaniczne zalewane

Ogniwa galwaniczne zalewane to szklane naczynia z wieczkiem (izolatorem), z którego zostały wyprowadzone zaciski pomiarowe ze specjalnym przedłużeniem służącym do mocowania metalowych elektrod do wieczka. Elektrody zostały wykonane z różnego rodzaju metali takich jak; stal ocynkowana, aluminium, ołów, mosiądz, brąz, miedź. Ćwiczenie to polega na zbudowaniu ogniw galwanicznych zalewanych (konstrukcja ogniwa Volty) oraz zbadania ich poprzez szereg pomiarów pod kątem generowanego przez nie napięcia oraz obserwację zjawisk chemicznych zachodzących podczas ich pracy. Ogniwa galwaniczne zalewane podczas wykonywania pomiarów powinny każdorazowo być mocno dokręcone do stołu laboratoryjnego poprzez pokrętkę, wieczko z elektrodami stabilnie osadzone w naczyniu, a elektrody prawidłowo osadzone na zaciskach. Po każdym pomiarze elektrody należy niezwłocznie wyczyścić i osuszyć z elektrolitu za pomocą ręcznika papierowego gdyż brak tego zabiegu spowoduje szybkie zniszczenie metalowych elektrod. Nalewanie kwasu do ogniwa oraz każdorazowe zlewanie elektrolitu do specjalnych pojemników służących do jego przechowywania należy wykonywać za pomocą lejka oraz naczynia z podziałką. Podstawowe elektrody używane w badaniach to paski blach o szerokość 2,5 cm, a używany elektrolit (ze względu na bezpieczeństwo) to kwas solny (solanka w stosunku 1/6, sól/woda).



Rys. 4.4. Montaż elektrod i ogniwa galwanicznego zalewanego do stołu laboratoryjnego



Rys. 4.5. Osprzęt służący do nalewania i zlewania elektrolitu

Wszystkie przewidziane rodzaje badań wykonywane na ogniwach galwanicznych zalewanych należy przeprowadzać tak samo stosując się do przebiegu ćwiczenia.

Przebieg ćwiczenia (ogniwa galwaniczne zalewane):

- stabilnie dokręcić szklaną obudowę ogniwa galwanicznego za pomocą pokrętła
- stabilnie dokręcić wybrane metalowe elektrody do zacisków mocujących na wieczku za pomocą klucza
- zalać ogniwo galwaniczne przygotowanym elektrolitem (na około 7 cm)
- szczelnie zamknąć ogniwo galwaniczne za pomocą wieczka z elektrodami
- przyłączyć miernik napięcia elektrycznego (woltomierz) do zacisków pomiarowych ogniwa
- wpisać wartość wygenerowanego napięcia do tabeli pomiarowej
- ostrożnie otworzyć wieczko i zlać elektrolit (przy przeprowadzaniu ostatniego pomiaru)
- oczyścić i osuszyć elektrody ręcznikiem papierowym

Tabela 4.2. Zależność napięcia generowanego przez ogniwa zalewane w zależności od wykorzystanych metali (różne metale) (elektrolit – kwas solny)

Użyte elektrody	U [V]
miedź - stal ocynkowana	
miedź - aluminium	
miedź - ołów	
miedź - brąz	
miedź - mosiądz	
stal ocynkowana - aluminium	
stal ocynkowana - ołów	
stal ocynkowana - brąz	
stal ocynkowana - mosiądz	
aluminium - ołów	
aluminium - brąz	
aluminium - mosiądz	
ołów - brąz	
ołów - mosiądz	
mosiądz - brąz	

Tabela 4.3. Zależność napięcia generowanego przez ogniwa zalewane w zależności od wykorzystanych metali (dwa takie same metale) (elektrolit – kwas solny)

Użyte elektrody	U [V]
miedź - miedź	
stal ocynkowana - stal ocynkowana	
aluminium - aluminium	

Tabela 4.4. Zależność napięcia generowanego przez ogniwa zalewane w zależności od wykorzystanych metali (różne metale) (elektrolit – kwas solny) oraz rozstawu elektrod

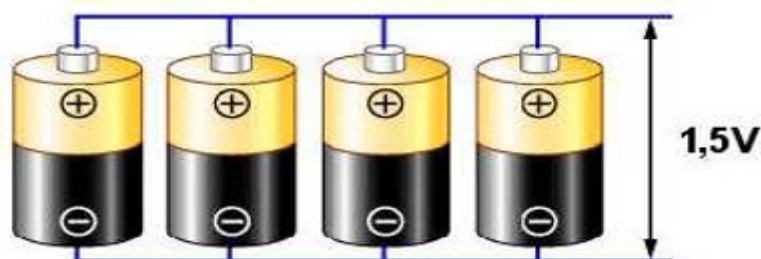
Użyte elektrody	Rozstaw elektrod [cm]	U [V]
miedź - stal ocynkowana	7,5	
miedź - stal ocynkowana	2	
miedź - aluminium	7,5	
miedź - aluminium	2	

Tabela 4.5. Zależność napięcia generowanego przez ogniwa zalewane w zależności od użytego elektrolitu (takie same metale)

Użyte elektrody	Użyte elektrolity	U [V]
miedź - stal ocynkowana	kwas siarkowy 37%	
miedź - stal ocynkowana	kwas solny 16,5%	
miedź - stal ocynkowana	kwas cytrynowy 10%	

Tabela 4.6. Zależność napięcia generowanego przez ogniwa zalewane w zależności od liczby ogniw połączonych równolegle (elektrolit – kwas solny)

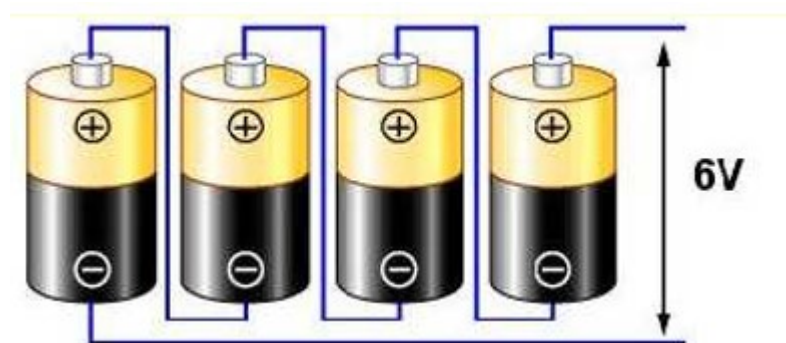
Użyte elektrody	Liczba połączonych ogniw	U [V]
miedź - stal ocynkowana	1	
miedź - stal ocynkowana	2	
miedź - stal ocynkowana	3	



Rys. 4.6. Schemat połączenia równoległego ogniw galwanicznych

Tabela 4.7. Zależność napięcia generowanego przez ogniwa zalewane w zależności od liczby ogniw połączonych szeregowo (elektrolit – kwas solny)

Użyte elektrody	Liczba połączonych ogniw	U [V]
miedź - stal ocynkowana	1	
miedź - stal ocynkowana	2	
miedź - stal ocynkowana	3	



Rys. 4.7. Schemat połączenia szeregowo ogniw galwanicznych

Tabela 4.8. Zależność napięcia generowanego przez ogniwa zalewane w zależności od szerokości elektrod (takie same metale) (elektrolit – kwas solny)

Użyte elektrody	Szerokość elektrod [cm]	U [V]
miedź - stal ocynkowana	1,5	
miedź - stal ocynkowana	2,5	
miedź - stal ocynkowana	4	

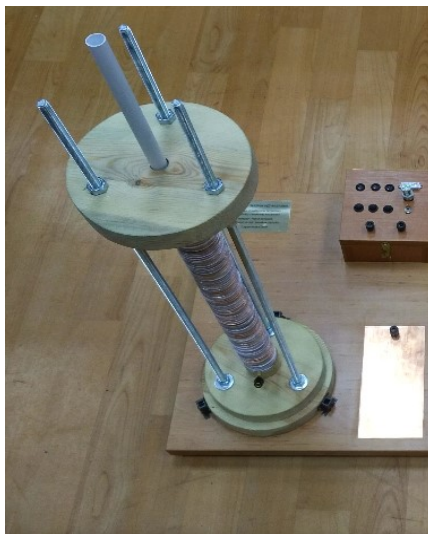
Tabela 4.9. Zależność napięcia generowanego przez ogniwa zalewane w zależności od głębokości zanurzenia elektrod (elektrolit – kwas solny)

Użyte elektrody	Głębokość zanurzenia elektrod [cm]	U [V]
miedź - stal ocynkowana	1,5	
miedź - stal ocynkowana	4	
miedź - stal ocynkowana	7	

Tabela 4.10. Zależność napięcia generowanego przez ogniwa zalewane w zależności od czasu zanurzenia w kwasie (degradacja elektrod – najszybszy efekt uzyskiwany dla kwasu siarkowego) (elektrody: miedź - stal ocynkowana)

U [V]	t [s]
	0
	10
	20
	30
	40
	50
	60
	...czas pomiaru określony przez prowadzącego

4.3. Stos napięciowy



Rys. 4.6. Stos napięciowy

Stos napięciowy to konstrukcja złożona z drewnianych kręgów połączonych metalowymi prętami. W środkowej części konstrukcji znajduje się plastikowa rurka (izolator), na którą nakłada się krążki wykonane ze stali ocynkowanej, papieru i miedzi. Budowę stosu napięciowego należy zawsze rozpoczynać od krążka ze stali ocynkowanej a zakończyć krążkiem miedzianym. Dwa pojedyncze ogniwa (pierwsze i ostatnie) umieszczone są na stosie i zostały z nich wyprowadzone zaciski pomiarowe, do których należy przyłączyć miernik lub połączyć stos z odbiornikami znajdującymi się na stole laboratoryjnym. Budując stos zawsze należy mieć go stabilnie przytwierdzonego do stołu laboratoryjnego oraz skręconego za pomocą gwintowanych prętów po ułożeniu całego stosu lub po zakończonych pomiarach. Po zbudowaniu stosu ze wszystkich przygotowanych do tego celu elektrod w postaci krążków można nim zasilić odbiorniki elektryczne znajdujące się na stole laboratoryjnym. Po wykonanych badaniach należy niezwłocznie rozebrać stos, a każdą z elektrod oczyścić i osuszyć ręcznikiem papierowym. Pojedyncze ogniwa należy tworzyć zaczynając od krążka ze stali ocynkowanej, następnie wcześniej wycięte za pomocą cyrkla do wycinania krążki papierowe należy chwycić pęsetą, zanurzyć w pojemniku z przygotowanym elektrolitem i umieścić na krążku ze stali ocynkowanej. Na papierowy krążek umieścić elektrodę miedzianą. Tak przygotowane pojedyncze ogniwo galwaniczne należy nakładać kolejno na plastikową rurkę (izolator) stosu zawsze w tej samej kolejności (stal ocynkowana – krążek papieru – miedź). Przed przystąpieniem do pomiarów należy się upewnić czy ilość

przygotowanych papierowych krążków jest wystarczająca do zbudowania stosu ze stu par ogniw galwanicznych. Wycinanie papierowych krążków odbywa się za pomocą cyrkla do wycinania, przy pomocy którego z papieru wycinamy krążki, zawsze zaczynając od wycięcia kół o wymiarze 5 cm. Cyrkiel pozostawi nam zaznaczony środek okręgu. Po nacięciu wystarczającej ilości kół, zmniejszamy średnicę wycinanych kółek do 2 cm i układając cyrkiel w zaznaczonym środku przystępujemy do wycinania. W ten sposób papierowe krążki będą wycięte w jednym rozmiarze. Należy pamiętać, żeby podczas wycinania ostrym narzędziem zachować ostrożność oraz użyć podkładki pod wycinaną kartkę papieru, by powierzchnia, na której wycinamy nie uległa zniszczeniu.



Rys. 4.7. Osprzęt służący do przeprowadzenia badań na stosie napięciowym



Rys. 4.8. Osprzęt służący do nalewania i zlewania elektrolitu



Rys. 4.9. Ogniwo galwaniczne z zaciskami pomiarowymi zaczynające i kończące stos



Rys. 4.10. Kolejność budowy pojedynczego ogniwa galwanicznego umieszczanego na stosie



Rys. 4.11. Odbiorniki elektryczne znajdujące się na stole laboratoryjnym

Przebieg ćwiczenia (stos napięciowy)

- przygotować odpowiednią liczbę wyciętych krążków papierowych
- przygotować elektrolit i umieścić go w pojemniku do namaczania papierowych krążków
- budować pojedyncze ogniwa galwaniczne umieszczając je następnie na stosie napięciowym
- co pięć ułożonych ogniw kontrolować napięcie na stosie i zapisywać
- po ułożeniu całego stosu napięciowego skręcić go przy pomocy prętów gwintowanych
- demonstracyjnie zasilić odbiorniki elektryczne wykonanym stosie napięciowym
- zlać pozostały elektrolit do pojemników przeznaczonych do tego celu
- rozmontować stos napięciowy
- krążki z blachy ocynkowanej i miedzi niezwłocznie oczyścić i osuszyć za pomocą ręcznika papierowego

Tabela 4.11. Zależność napięcia generowanego przez stos napięciowy w zależności od ilości połączonych szeregowo ogniw cząstkowych (elektrody: miedź - stal ocynkowana) (elektrolit – kwas solny)

Liczba ogniw	U [V]
1	
2	
5	
10	
15	
20	
25	
30	
35	
40	
45	
50	
55	
60	
65	
70	
75	
80	
85	
90	
95	
100	

5. Opracowanie sprawozdania

W sprawozdaniu należy zawrzeć:

- cel ćwiczenia
- wyniki z przeprowadzonych pomiarów
- wykres $U = f(t)$ (tabela pomiarowa 4.10)
- wykres Liczba ogniw galwanicznych = $f(U)$ (tabela pomiarowa 4.11)
- wnioski do każdej tabeli pomiarowej
- ogólne wnioski dotyczące ogniw galwanicznych

6. Literatura

- 1) Bolkowski S.: „Elektrotechnika”, WSiP ,Warszawa, 2010.
- 2) Czerwiński A.: „Akumulatory baterie ogniwa” Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2005.
- 3) Gomółka J., Kowalczyk F., Franke A.: „Współczesne chemiczne źródła prądu” Wydawnictwo Ministra Obrony Narodowej, Warszawa, 1977.