



Podstawy Fizyki Elektryczność

Praca zbiorowa

Ćwiczenie F 66

***WYZNACZANIE SPRAWNOŚCI GRZEJNIKA  
ELEKTRYCZNEGO***

opr. techn. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny  
Siedlce 2020

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie sprawności grzejnika elektrycznego, oraz przypomnienie zasad pomiarów przy użyciu mierników analogowych. Ponadto przypomnienie reguł prawidłowego rysowania wykresów oraz metody interpretacji otrzymanych wyników.

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

- zasilacz stałoprądowy
- woltomierz,
- amperomierz
- stoper,
- termometr,
- waga analityczna ,
- kalorymetr ze spiralą grzejącą,
- przewody połączeniowe.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

- siła elektromotoryczna; prąd; napięcie; praca prądu; moc – definicje, jednostki;
- sprawność;
- prawo Ohma;
- prawo Joule'a;
- prawo Kirchhoffa

## 2. Wiadomości wstępne

**Prąd** – to uporządkowany ruch ładunków. Warunkiem koniecznym dla przepływu prądu jest obecność nośników (ładunków elektrycznych) w środowisku, oraz istnienie różnicy potencjałów. Przyjmuje się, że prąd płynie od punktu o potencjale wyższym do punktu o potencjale niższym. Odpowiada to ruchowi nośników dodatnich. Tak określony kierunek nazywamy umownym. W przewodnikach metalicznych, (i w próżni), nośnikami są elektrony (o ładunku ujemnym). Ruch jest możliwy od potencjału niższego (np. ujemnego), do wyższego, jest to kierunek rzeczywisty. Kierunek przepływu nośników i rzeczywisty kierunek prądu pokrywają się jedynie w przypadku nośników dodatnich. Wielkością charakteryzującą prąd elektryczny jest natężenie  $I$ . Mierzmy je szybkością przepływu ładunku  $Q$  przez określony przekrój przewodnika. W przypadku prądu stałego.

$$I = \frac{Q}{t}$$

gdzie:  $t$  - czas przepływu ładunku  $Q$ .

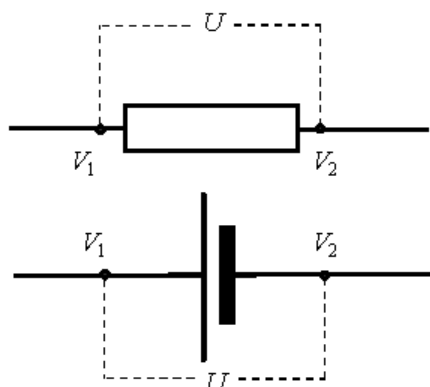
Jednostką natężenia jest amper, przy czym

$$1[A] = \frac{1[C]}{1[s]}$$

C - kulomb, s - sekunda.

Natężenie mierzymy amperomierzem włączonym do obwodu szeregowo.

**Napięcie** - różnica potencjałów elektrycznych między dwoma punktami obwodu elektrycznego.



Napięcie (różnica potencjałów) różne od zera występuje między **dwoma** różnymi punktami obwodu (między którymi jest odbiornik, bądź źródło prądu). Patrz rysunek.

Symbolem napięcia jest  $U$ .

Napięcie elektryczne to stosunek pracy wykonanej podczas przenoszenia ładunku elektrycznego między punktami, (dla których określa się napięcie),

W przypadku źródła napięcia (prądu) elektrycznego

napięcie jest jednym z najważniejszych parametrów - określa zdolność źródła energii elektrycznej do wykonania pracy. Napięcie źródła (napięcia; prądu) jest mniejsze od siły elektromotorycznej źródła. Różnicę powoduje spadek napięcia na oporze wewnętrznym źródła.

Zależność pomiędzy spadkami napięć i siłami elektromotorycznymi w obwodach elektrycznych opisuje drugie prawo Kirchhoffa .

W układzie SI napięcie (podobnie jak potencjał) mierzymy w woltach (V).

Mówimy, że między dwoma punktami obwodu elektrycznego jest napięcie 1V, bo do przeniesienia między tymi punktami ładunku 1 C potrzebna jest praca 1 J

$$1V = \frac{J}{C}$$

**Praca prądu** - miarą pracy przy przesunięciu ładunku między punktami o różnicy potencjałów  $U$ , jest iloczyn

$$W = Q U, \quad /1/$$

lub

$$W = U I t = I^2 R t$$

Dla dowolnego przypadku nieskończenie mała praca

$$dW = U I dt = I^2 R dt$$

Ostatnie dwie zależności przedstawiają prawo Joule'a. Opisuje ono skutki energetyczne przepływu prądu elektrycznego, (np. wydzielanie się ciepła na oporniku  $R$  w wyniku przepływu prądu o natężeniu  $I$  w czasie  $t$ ). Pracę mierzymy w dżulach.

**Moc** - miarą mocy jest iloraz

$$P = \frac{dW}{dt}$$

Różniczkując wyrażenie /1/ otrzymamy

$$\frac{dQ}{dt} U + Q \frac{dU}{dt} = \frac{dW}{dt} = P.$$

gdy  $U = const$

$$P = \frac{dQ}{dt} U = IU \quad \text{lub} \quad P = I^2 R$$

W układzie SI jednostką mocy jest wat.

**Sprawność** - to stosunek energii wykorzystanej użytecznie do energii włożonej

$$\eta = \frac{Q}{W}$$

lub w zapisie gdy chcemy podać wartość w procentach:

$$\eta = \frac{Q}{W} 100\%$$

Energia użyteczna jest energią cieplną zużytą na ogrzanie cieczy i kalorymetru.

$$Q = (m_k c_k + m_c c_c) \Delta T,$$

gdzie:  $m_k$  - masa kalorymetru,  $c_k$  - ciepło właściwe materiału kalorymetru,  
 $m_c$  - masa cieczy,  $c_c$  - ciepło właściwe cieczy,  $\Delta T$  - przyrost temperatury.

Miarą energii włożonej jest praca wykonana przez prąd elektryczny

$$W = U I \tau,$$

gdzie:  $U$  - napięcie,  $I$  - natężenie płynącego przez grzejnik prądu a za  $\tau$  - czas (przedziału) ogrzewania .

Uwzględniając oba wzory sprawność:

$$\eta = \frac{(m_k c_k + m_c c_c) \Delta T}{U I \tau}, \quad /1/$$

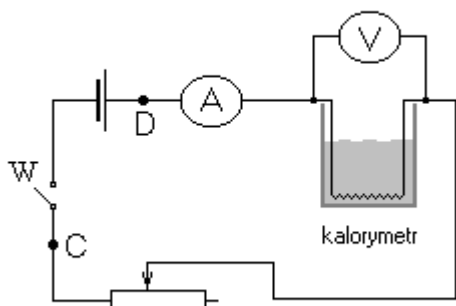
lub gdy sprawność chcemy zapisać w procentach

$$\eta = \frac{(m_k c_k + m_c c_c) \Delta T}{U I \tau} 100\% .$$

**UWAGA! Do wzoru czas podstawiamy w sekundach.**

### 3. Przebieg pomiarów

Zestawiamy obwód według schematu .



**UWAGA! Punkty C i D to zaciski a wyłącznik W to wyłącznik sieciowy zasilacza stałoprądowego.**

1. Wyznaczamy masę kalorymetru i cieczy. Wyniki notujemy.

| Masa              |           | 1 | 2 | 3 | Śr |
|-------------------|-----------|---|---|---|----|
| naczynia          | $m_k$     |   |   |   |    |
| naczynia z cieczą | $m_k+m_c$ |   |   |   |    |
| masa cieczy       | $m_c$     |   |   |   |    |

2. Suwakiem opornika ustawiamy wartości natężenia (napięcia) prądu wskazane przez prowadzącego zajęcia.
3. Odczytujemy wskazania termometru gdy  $t = 0$ .
4. Zamykamy wyłącznik W i jednocześnie włączamy stoper. Przepuszczamy prąd przez grzejnik w czasie wskazanym przez prowadzącego. (np. 15; 18; 21 min.)
5. Odczytujemy wskazania termometru, amperomierza i woltomierza co 1min. Wyniki zapisujemy. Po upływie czasu  $t$  otwieramy obwód i zatrzymujemy stoper.

| Czas<br>$\tau$ | Temperatura<br>$t$ | U   | I   |
|----------------|--------------------|-----|-----|
| [min]          | [oC]               | [V] | [I] |
| 0              |                    | X   | X   |
| 1              |                    |     |     |
| ...            |                    |     |     |
| 5              |                    |     |     |
| 6              |                    |     |     |
| 7              |                    |     |     |
| ...            |                    |     |     |
| 10             |                    |     |     |
| 11             |                    |     |     |
| ...            |                    |     |     |
| 14             |                    |     |     |
| 15             |                    |     |     |
| średnia        |                    |     |     |

#### 4. Obliczenia

1. Uśredniamy wartości napięcia i natężenia.
2. Sporządzamy wykres funkcji  $t = f(\tau)$ . Zaznaczamy niepewności pomiarowe.
3. Dzielimy czas pomiarów na 3 równe części (0 – 5; 5 – 10 i 10 – 15 min.)
4. Korzystając ze wzoru /1/ obliczamy sprawność (czterokrotnie), w wyznaczonych przedziałach czasowych i dla całego czasu pomiaru.
5. Obliczamy błąd dla jednego wybranego przedziału czasu, metodą różniczek zupełnej (lub inną wskazaną przez prowadzącego zajęcia).

$$\left| \frac{\partial \eta}{\partial m_k} \right| = \left| \frac{c_k \Delta T}{U I \tau} \right|$$

$$\left| \frac{\partial \eta}{\partial m_c} \right| = \left| \frac{c_c \Delta T}{U I \tau} \right|$$

$$\left| \frac{\partial \eta}{\partial \Delta T} \right| = \left| \frac{(m_k c_k + m_c c_c)}{U I \tau} \right|$$

$$\left| \frac{\partial \eta}{\partial U} \right| = \left| -\frac{(m_k c_k + m_c c_c)}{U^2 I \tau} \right|$$

$$\left| \frac{\partial \eta}{\partial I} \right| = \left| -\frac{(m_k c_k + m_c c_c)}{U I^2 \tau} \right|$$

$$\left| \frac{\partial \eta}{\partial \tau} \right| = \left| -\frac{(m_k c_k + m_c c_c)}{U I \tau^2} \right|$$

Wartości  $c_k$  i  $c_c$  są wielkościami tablicowymi, uznajemy, że nie wpływają na wielkość niepewności pomiarowej

6. Przeprowadzamy dyskusję błędów i wyników, formułujemy wnioski.

#### 6. Literatura:

1. Jay Orear - Fizyka t. 1
2. Jaworski, Dietław, Pinski - Kurs fizyki t. 2
3. Imre Tarian - Fizyka dla przyrodników
4. S. Przestalski - Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki
5. T. Dryński - Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki
6. H. Szydłowski - Pracownia fizyczna
7. J. Kuczera - Laboratorium fizyki i biofizyki
8. A. Murkowski - Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki i biofizyki
9. A. Daniluk - Instrukcje ćwiczeń laboratoryjnych
10. <https://epodreczniki.pl/a/napiecie-elektryczne>
11. [http://www.fizykon.org/elektrycznosc/el\\_napiecie.htm](http://www.fizykon.org/elektrycznosc/el_napiecie.htm)
12. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Napiecie\\_elektryczne](https://pl.wikipedia.org/wiki/Napiecie_elektryczne)