

17



# ELEKTRYK

**Eksploatowanie odbiorników  
energii elektrycznej**



MINISTERSTWO EDUKACJI  
NARODOWEJ



**Elżbieta Murlikiewicz**

## **Eksploataowanie odbiorników energii elektrycznej 724[01].Z1.04**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**

**Instytut Technologii Eksploataacji – Państwowy Instytut Badawczy  
Radom 2007**

Recenzenci:

mgr inż. Henryk Krystkowiak

mgr inż. Henryk Świątek

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Barbara Kapruziak

Konsultacja:

mgr inż. Ryszard Dolata

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 724[01].Z1.04 „Eksploatowanie odbiorników energii elektrycznej”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

# SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie</b>	3
<b>2. Wymagania wstępne</b>	4
<b>3. Cele kształcenia</b>	5
<b>4. Materiał nauczania</b>	6
<b>4.1. Elektryczne urządzenia grzejne</b>	6
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	10
4.1.3. Ćwiczenia	10
4.1.4. Sprawdzian postępów	12
<b>4.2. Elektryczne źródła światła</b>	13
4.2.1. Materiał nauczania	13
4.2.2. Pytania sprawdzające	16
4.2.3. Ćwiczenia	17
4.2.4. Sprawdzian postępów	20
<b>4.3. Eksploatacja odbiorników energii elektrycznej</b>	21
4.3.1. Materiał nauczania	21
4.3.2. Pytania sprawdzające	24
4.3.3. Ćwiczenia	24
4.3.4. Sprawdzian postępów	27
<b>4.4. Racjonalne gospodarowanie energią elektryczną</b>	29
4.4.1. Materiał nauczania	29
4.4.2. Pytania sprawdzające	35
4.4.3. Ćwiczenia	35
4.4.4. Sprawdzian postępów	38
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	39
<b>6. Literatura</b>	46

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy z zakresu eksploatawania odbiorników energii elektrycznej.

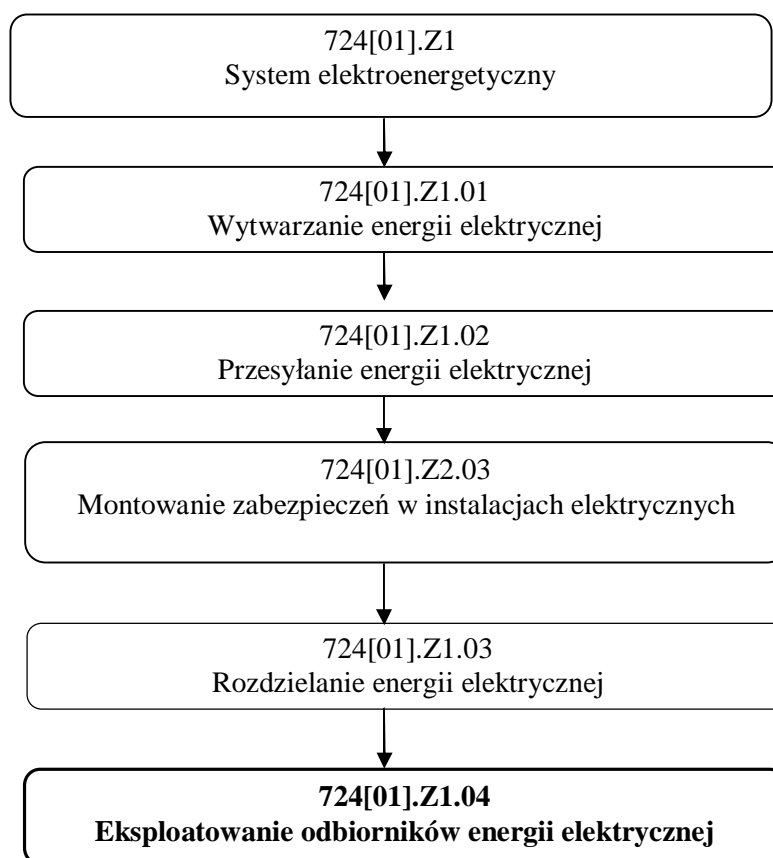
W poradniku zamieszczono:

- materiał nauczania,
- pytania sprawdzające,
- ćwiczenia,
- sprawdzian postępów,
- sprawdzian osiągnięć,
- literaturę.

Szczególną uwagę zwróć na:

- zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, oraz ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym podczas obsługi urządzeń elektrycznych,
- zjawiska towarzyszące przepływowi prądu elektrycznego przez przewodnik,
- zasady prawidłowego oświetlenia w mieszkaniu i w miejscu pracy,
- symbole graficzne stosowane w rysunku elektrycznym,
- fizyczne zjawiska wykorzystane w działaniu odbiorników energii elektrycznej,
- zasady lokalizacji usterek i wykonywania prostych napraw,
- znaczenie racjonalnego gospodarowania energią elektryczną dla środowiska.

Korzystając z poradnika nie ucz się na pamięć, ale staraj się kojarzyć fakty. Pamiętaj o tym, że budowa i działania urządzenie związane są ściśle z wykorzystanym zjawiskiem fizycznym.



Schemat układu jednostek modułowych

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- korzystać z różnych źródeł informacji,
- określić warunki przepływu prądu w obwodzie elektrycznym,
- interpretować prawa Ohma i Kirchhoffa dla obwodów prądu stałego i zmiennego,
- określić cechę charakterystyczną połączenia szeregowego i równoległego elementów,
- definiować pojęcie „prąd elektryczny” jako zjawisko fizyczne i jako wielkość fizyczna,
- definiować pojęcie „napięcie elektryczne” jako zjawisko fizyczne i jako wielkość fizyczna,
- łączyć układy na podstawie schematów i odczytywać wskazania mierników,
- interpretować wyniki pomiarów na podstawie porównania wyniku otrzymanego z wartością podaną na tabliczce znamionowej,
- obsługiwać komputer w podstawowym zakresie,
- określać wpływ działalności człowieka na środowisko naturalne.

### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozpoznać na schematach elektrycznych oraz na podstawie symboli graficznych i wyglądu zewnętrznego różne rodzaje odbiorników energii elektrycznej,
- określić właściwości podstawowych rodzajów odbiorników energii elektrycznej,
- wyjaśnić działanie i określić parametry elektryczne urządzeń grzejnych,
- wyjaśnić działanie i określić parametry elektrycznych źródeł światła i opraw oświetleniowych,
- wykonać pomiary parametrów znamionowych odbiorników energii elektrycznej,
- podłączyć napięcie zasilania i uruchomić na podstawie instrukcji obsługi odbiornik energii elektrycznej,
- określić sprawność odbiornika energii elektrycznej na podstawie wyników pomiarów,
- zlokalizować na podstawie wyników pomiarów usterki odbiorników energii elektrycznej,
- wykonać proste naprawy odbiorników energii elektrycznej,
- wyjaśnić zasady racjonalnego gospodarowania energią elektryczną,
- scharakteryzować zagadnienie poprawy współczynnika mocy,
- obliczyć pojemność kondensatorów do poprawy współczynnika mocy,
- określić zagrożenia związane z pracą i eksploatacją maszyn i urządzeń elektrycznych.

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Elektryczne urządzenia grzejne

#### 4.1.1. Materiał nauczania

Materiały stosowane w grzejnictwie elektrycznym

Materiały stosowane do budowy elektrycznych urządzeń grzejnych muszą spełniać odpowiednie wymagania a przede wszystkim powinny być odporne na wysoką temperaturę.

W zależności od pełnionych funkcji materiały możemy podzielić na:

- elektroizolacyjne, służące do odizolowania części będących pod napięciem; stosuje się: materiały ceramiczne: steatyt, kordieryt, alund, porcelanę; masy izolacyjne zawierające tlenki glinu i magnezu, oraz różne gatunki miki i mikamity,
- termoizolacyjne, służące jako izolacja zmniejszająca straty ciepłe urządzeń grzejnych; stosuje się wyroby szamotowe w postaci kształtek lub zasyпки, ziemię okrzemkową, wate mineralną, żużlową lub szklaną,
- ogniotrwałe, służące do wyłożenia wewnętrznych ścian komór grzejnych pieców o wysokich temperaturach roboczych i wykonania kształtek odpornych na wysokie temperatury; stosuje się wyroby szamotowe, krzemionkowe, mulitowe, korundowe, chromitowe, cyrkonowe, węglowe,
- rezystancyjne, służące do wyrobu elementów grzejnych rezystancyjnych. Stosuje się materiały ze stopów metali (metalowe) rzadziej niemetalowe (węgiel, grafit, karborund).
- elektrodowe, służące do wyrobu elektrod do pieców łukowych do elektrolizy aluminium i innych metali.

Rodzaje i zastosowania elektrycznych urządzeń grzejnych

Podstawowe parametry elektrycznych urządzeń grzejnych to:

- moc znamionowa  $P_N$  – jest to moc czynna pobierana z sieci zasilającej,
- napięcie znamionowe  $U_N$  – jest to napięcie zasilania urządzenia grzejnego,
- częstotliwość napięcia zasilającego  $f_N$ ,
- sprawność  $\eta$  - jest to stosunek energii użytecznej  $W_c$  (energii cieplnej) do energii dostarczonej  $W$  (energii elektrycznej).

$$h = \frac{W_c}{W}$$

Znając moc znamionową i napięcie znamionowe możemy obliczyć wartość natężenia prądu jakim urządzenie obciąża źródło zasilania

dla grzejników rezystancyjnych 
$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U}$$

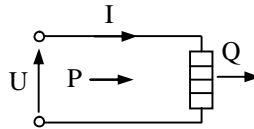
oraz wartość zużytej energii elektrycznej w czasie  $t$

$$W = P \cdot t$$

W zależności od zjawiska wykorzystanego przy zamianie energii elektrycznej na energię cieplną możemy wyodrębnić:

- Nagrzewanie rezystancyjne – wykorzystuje zjawisko wydzielania się energii cieplnej podczas przepływu prądu elektrycznego przez przewodzące ciała stałe (rys. 1).





**Rys. 1.** Przemiana energii elektrycznej w energię ciepłą w elemencie grzejnym rezystancyjnym

Zgodnie z prawem Joule – Lenza ilość energii elektrycznej zamienionej na energię ciepłą  $Q$  w czasie  $t$  podczas przepływu prądu o natężeniu  $I$  przez odbiornik o rezystancji  $R$  obliczamy z zależności

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t = \frac{U^2}{R} t = P \cdot t$$

Nagrzewanie rezystancyjne jest szeroko stosowane w urządzeniach grzejnych:

- powszechnego użytku: kuchenki elektryczne, grzałki, garnki elektryczne, żelazka, grzejniki różnego rodzaju, suszarki,
- przemysłowych (rodzaje grzałek rys. 2): grzałki opaskowe: wtryskarki, wylączarki, ogrzewanie rur przesyłowych, dysze, maszyny do rozdmuchu folii, maszyny pakujące; grzałki patronowe: ogrzewanie form, ogrzewanie rozdzielaczy, stemple do cięcia i zgrzewania folii, prasy wulkanizacyjne, maszyny drukarskie, osuszacze i ogrzewacze w układach hamulcowych, ogrzewanie płynów; grzałki spiralne: dysze gorącokanałowe, stemple do cięcia i zgrzewania folii, prasy do laminowania tworzyw, maszyny tekstylne, przemysł półprzewodników, procesy chemiczne, przemysł spożywczy; zwojowe zalewane w mosiądz (K-RING): aparatura medyczna, systemy hydrauliczne w lotnictwie, dysze gorącokanałowe; elastyczne elementy grzejne: matryce o dowolnym kształcie powierzchni, aparaty medyczne np. do analizy krwi, terapii oddechowej itp., ochrona przeciwwamrozeniowa, gastronomia, prasy wulkanizacyjne, drukarki laserowe, wyświetlacze LCD, procesy chemiczne, optyka.



**Rys. 2.** Rodzaje grzałek oporowych

Obecnie dość powszechnie do ogrzewania pomieszczeń stosowane są piece akumulacyjne. Energia elektryczna przetwarzana w elementach grzejnych pieca na ciepło jest akumulowana w blokach ceramicznych o stosunkowo dużej masie, a następnie oddawana do otoczenia z intensywnością zależną od nastaw regulatorów. Piece akumulacyjne załączane są

głównie w godzinach nocnych kiedy energia elektryczna jest tańsza. Moce znamionowe pieców wynoszą od 1 do 1,75 kW co umożliwia zakumulowanie energii od 8 do 56 kWh w czasie ośmiogodzinnej pracy pieca.

- nagrzewanie elektrodowe – wykorzystuje zjawisko wydzielania się energii cieplnej podczas przepływu prądu elektrycznego przez ciecze przewodzące (elektrolity). Kotły elektrodowe zasilane napięciem przemiennym służą do podgrzewania wody i wytwarzania pary wodnej. Wanny elektrodowe zasilane napięciem przemiennym służą do obróbki cieplnej wsadu zanurzonego w kąpeli roztopionych soli potasu, sodu, baru, wapnia i innych. Temperatura pracy zawiera się w granicach 250÷900°C, moc pobierana z sieci przy zasilaniu jedno i trójfazowym 10÷150 kW a napięcie zasilania 8÷25 V. Termoelektrolizery zasilane są napięciem stałym i oprócz energii cieplnej wykorzystują zjawisko elektrolizy. Służą do produkcji i rafinerii aluminium. Przy napięciu zasilania pojedynczej wanny ok. 5 V obciążają źródło prądem 70÷150 kA. Przy szeregowym połączeniu od 50 do 200 wanien moc pobierana może przekraczać 100 MW,
- Nagrzewanie łukowe – źródłem energii cieplnej jest łuk elektryczny palący się między dwiema elektrodami. W piecu łukowym z nagrzewaniem pośrednim łuk elektryczny pali się między dwiema elektrodami węglowymi – zastosowanie: wytop metali nieżelaznych, wytwarzanie stopów metali nieżelaznych. W piecu z nagrzewaniem bezpośrednim łuk elektryczny pali się między elektrodami a wsadem – zastosowanie: produkcja stali jakościowych i stopów żelaza. Nagrzewanie łukowe stosowane jest w procesach spawania i cięcia elementów metalowych. W piecach trójfazowych istnieje możliwość regulacji napięcia każdej fazy co umożliwia regulację mocy wydzielonej z łuku każdej fazy oddzielnie,
- nagrzewanie indukcyjne – źródłem energii cieplnej są prądy wirowe indukowane w nagrzewanym wsadzie metalowym. Piece indukcyjne rdzeniowe zasilane są z sieci jednofazowej lub trójfazowej napięciem o częstotliwości 50 Hz a ich moce zawierają się w granicach 30÷400 kW. Działają na zasadzie transformatora, w którym uzwojenie wtórne w postaci zwoju zwartego jest utworzone przez wsad umieszczony w korycie z materiału ogniotrwałego – zastosowanie: topienie metali, wytwarzanie stopów. W piecach bezrdzeniowych tygiel z wsadem umieszczony jest wewnątrz uzwojenia wzbudzającego zasilanego napięciem przemiennym o częstotliwości 50÷3000 Hz – zastosowanie: topienie metali, wytwarzanie stopów. Wykonywane są o mocach od 60 do 1200 kW. Nagrzewnice indukcyjne stosowane do hartowania stali umożliwiają hartowanie określonych stref przedmiotu i na określoną głębokość warstwy zahartowanej,
- nagrzewanie pojemnościowe – wykorzystuje się energię cieplną wydzieloną w dielektryku umieszczonym w zmiennym polu elektrycznym wielkiej częstotliwości. Materiał nagrzewany umieszcza się między okładzinami kondensatora płaskiego, do których doprowadzone jest napięcie o wielkiej częstotliwości – zastosowanie: przeróbka tworzyw sztucznych, suszenie drewna, pasteryzacja mleka, podgrzewania produktów spożywczych w kuchenkach mikrofalowych. Zgodnie z konwencją międzynarodową (ze względu na zakłócenia radiowe) przy nagrzewaniu pojemnościowym wykorzystuje się częstotliwości 13,56 MHz, 27,12 MHz i 40,68 MHz,
- nagrzewanie promiennikowe – źródłem energii cieplnej są elektryczne promienniki podczerwieni. Promienniki lampowe i kwarcowe znalazły zastosowanie w suszarniach i piecach do wypalania powłok lakierniczych.

## Sposoby regulacji temperatury w elektrycznych urządzeniach grzewczych

Do regulacji temperatury stosuje się termostaty o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych wykorzystujące różne zjawiska występujące przy zmianie temperatury: powstawanie siły elektromotorycznej (czujniki termoelektryczne), zmiana rezystancji metali (czujniki rezystancyjne) lub półprzewodników (termistory), rozszerzalność cieplna metali.

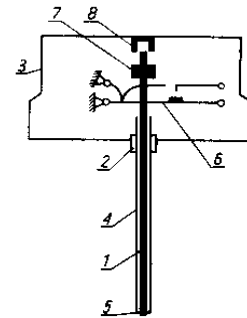
Do regulacji temperatury w zakresie  $40\pm 250\text{ }^{\circ}\text{C}$  w urządzeniach grzewczych, takich jak suszarki, łaźnie piaskowe, wodne i olejowe, podgrzewacze powietrza i wody, itp. stosowane są regulatory RW-250 (rys. 3) z czujnikiem wykorzystującym zjawisko rozszerzalności cieplnej metali. Rurka mosiężna 4 przymocowana jest przez pierścień 2 do obudowy 3. Wewnątrz rurki znajduje się pręt inwarowy 1, o bardzo małym współczynniku rozszerzalności cieplnej, przymocowany jednym końcem do rurki. Do drugiego końca pręta przymocowana jest do dźwignia styku ruchomego 6 oraz zwora 7 współpracująca z magnesem trwałym 8. Pod wpływem zmian temperatury rurka mosiężna rozszerza się i kurczy przesuwając pręt w dół lub w górę, co powoduje otwieranie lub zamykanie styków regulatora.

Zabezpieczenia termiczne urządzeń grzewczych, takich jak: bojler elektryczny, grzejniki olejowe, artykuły AGD i użytku codziennego (np. czajniki elektryczne, miksery, suszarki); termiczna ochrona urządzeń klimatyzacyjnych i chłodniczych, zabezpieczenia w układach elektronicznych (np. na tranzystorach, radiatorach, czy bezpośrednio na płytkach drukowanych) realizuje się stosując termobimetalowe ograniczniki temperatury.

Jednoobwodowy bimetalowy ogranicznik temperatury (Czot) – w niewielkiej obudowie znajduje się czaszowy czujnik termobimetalowy. Wzrost temperatury w otoczeniu ogranicznika powyżej temperatury rozłączenia powoduje „przeskok” czujnika i rozłączenie obwodu. Po obniżeniu temperatury poniżej temperatury załączenia obwodu następuje załączanie obwodu samoczynnie lub ręcznie, gdzie obwód załącza się przyciskiem znajdującym się na obudowie ogranicznika, po spadku temperatury poniżej  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Dwuobwodowy bimetalowy ogranicznik temperatury (Bot) niesamoczynny – W obudowie wykonanej z tworzywa sztucznego znajduje się czaszowy czujnik termobimetalowy. Wzrost temperatury w otoczeniu ogranicznika powyżej temperatury rozruchu powoduje jednoczesne i niezależne rozłączenie dwóch obwodów elektrycznych. Po spadku temperatury poniżej  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  obwody elektryczne można załączyć wciskając przycisk znajdujący się na obudowie ogranicznika. Zestyk standardowo wykonany jest w wersji normalnie zamkniętej NZ; opcjonalnie może być wykonany również w wersji normalnie otwartej NO.

Produkowane są również regulatory, w których pomiar temperatury dokonuje się czujnikami rezystancyjnymi wykorzystującymi zmiany rezystancji metali (czujniki metalowe) lub półprzewodników (czujniki półprzewodnikowe – termistory) pod wpływem zmiany temperatury.



Rys. 3. Zasada działania regulatora temperatury RW-250 [1]

### 4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie materiały stosowane są w grzejnictwie elektrycznym?
2. Jakie podstawowe wymagania powinny spełniać materiały stosowane w grzejnictwie elektrycznym?
3. Jakie podstawowe parametry podawane są na tabliczkach znamionowych elektrycznych urządzeń grzejnych?
4. Jak można sklasyfikować urządzenia grzejne ze względu na zjawiska wykorzystane przy zamianie energii elektrycznej na energię cieplną?
5. Jakie fizyczne zjawiska wykorzystano w działaniu elektrycznych urządzeń grzejnych?
6. Jak obliczyć prąd obciążenia znając napięcie i moc znamionową rezystancyjnego urządzenia grzejnego?
7. Z jakiej zależności wyznaczysz energię elektryczną pobraną przez urządzenie grzejne w czasie  $t$ ?
8. Jakie zjawiska wykorzystuje się w działaniu czujników stosowanych w regulatorach temperatury?
9. Jak działają samoczynne ograniczniki temperatury?
10. Jak działają niesamoczynne ograniczniki temperatury?

### 4.1.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Czajnik elektryczny zasilany z sieci jednofazowej o napięciu  $U_N = 230 \text{ V}$  wyposażony jest w grzałkę o mocy  $1000 \text{ W}$ . Oblicz natężenie prądu pobieranego z sieci zasilającej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wypisać wielkości dane i szukane,
- 2) przypomnieć sobie i zapisać zależność na moc odbiornika energii elektrycznej,
- 3) przekształcić wzór wyznaczając natężenie prądu  $I$ ,
- 4) podstawić wartości liczbowe i wykonać obliczenia,
- 5) wpisać jednostkę i udzielić odpowiedzi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia,
- inna literatura,
- przybory do pisania,
- arkusze papieru format A4.

#### Ćwiczenie 2

Oblicz energię elektryczną zużytą do ogrzania pomieszczenia przez grzejnik rezystancyjny o mocy  $2 \text{ kW}$  pracujący przez  $5$  godzin.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wypisać wielkości dane i szukane,

- 2) zapisać wzór, z którego możesz obliczyć energię elektryczną zużyta przez grzejnik,
- 3) podstawić wartości liczbowe,
- 4) wykonać działania obliczając wartość energii elektrycznej zamienionej na energię cieplną,
- 5) wpisać jednostkę i podać odpowiedź.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia,
- kalkulator,
- arkusze papieru format A4,
- przybory do pisania.

### Ćwiczenie 3

Odczytaj i zinterpretuj parametry podane na tabliczce znamionowej przedstawionej na rysunku.

Typ	TS POK-71	
Temp. znam.	1000	°C
Max. moc przyłączeniowa odbiorników kW	20	
Napięcie zasilania	3~380/220	V

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) rozpoznać rodzaj urządzenia na podstawie danych umieszczonych na tabliczce znamionowej,
- 2) zidentyfikować parametry i odczytać ich wartości liczbowe, np.: napięcie znamionowe  $U_N = \dots\dots\dots V$ ,  $P_N = \dots\dots\dots W$ ,
- 3) zdefiniować parametry znamionowe: napięcie znamionowe, jest to .....

Wyposażenie stanowiska pracy:

- tabliczki znamionowe lub fotografie tabliczek różnych urządzeń grzejnych,
- arkusze papieru format A4,
- przybory do pisania.

### Ćwiczenie 4

W pojemniku znajdują się różne elementy urządzeń elektrycznych. Wybierz elementy grzejne i przyporządkuj do odpowiedniego urządzenia grzejnego: grzałka nurkowa, garnek elektryczny, suszarka do włosów, żelazko.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wybrać elementy grzejne,
- 2) pogrupować elementy według wybranego kryterium,
- 3) określić rodzaj i zastosowanie elementu grzejnego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- elementy urządzeń elektrycznych np.: grzałki garnków i pralek, elementy żelazek, suszarek do włosów, grzałek nurkowych, kuchenek elektrycznych, termo wentylatorów,
- modele elektrycznych urządzeń grzejnych,
- tablice poglądowe ze schematami budowy urządzeń grzejnych.

#### 4.1.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wymienić materiały stosowane są w grzejnictwie elektrycznym?	£	£
2) wymienić podstawowe wymagania jakie powinny spełniać materiały stosowane w grzejnictwie elektrycznym?	£	£
3) wymienić podstawowe parametry podawane na tabliczkach znamionowych elektrycznych urządzeń grzejnych?	£	£
4) sklasyfikować urządzenia grzejne ze względu na zjawiska wykorzystane przy zamianie energii elektrycznej na energię cieplną?	£	£
5) wymienić zjawiska fizyczne wykorzystane w działaniu elektrycznych urządzeń grzejnych?	£	£
6) obliczyć prąd obciążenia znając napięcie i moc znamionową rezystancyjnego urządzenia grzejnego?	£	£
7) wyznaczyć energię elektryczną pobraną przez urządzenie grzejne w czasie t?	£	£
8) wymienić zjawiska wykorzystywane w działaniu czujników stosowanych w regulatorach temperatury?	£	£
9) opisać działanie samoczynnych ograniczników temperatury?	£	£
10) opisać działanie niesamoczynnego ogranicznika temperatury?	£	£
11) rozpoznać elementy grzejne na podstawie wyglądu zewnętrznego?	£	£
12) odczytać i zinterpretować parametry znamionowe urządzeń grzejnych?	£	£

## 4.2. Elektryczne źródła światła

### 4.2.1. Materiał nauczania

#### Rodzaje i parametry elektrycznych źródeł światła

Promieniowanie świetlne w zakresie widzialnym to fale elektromagnetyczne o długości w przedziale 380÷780 nm przy czym najkrótszym falam z tego zakresu odpowiada barwa fioletowa a najdłuższym barwa czerwona. Słońce jako naturalne źródło światła wysyła promieniowanie zawierające wszystkie długości fal z zakresu widzialnego a także promieniowanie niewidzialne (podczerwone i ultrafioletowe). W technice oświetleniowej wykorzystuje się sztuczne źródła światła – elektryczne źródła światła. Parametry charakteryzujące elektryczne źródła światła interesujące użytkownika to:

- strumień świetlny  $\Phi$  – ilość energii świetlnej, jaką źródło światła wysyła w jednostce czasu (jednostką jest lumen [lm]),
- skuteczność świetlna – określa ile lumenów uzyskuje się z 1 wata mocy [lm/W],
- trwałość – czas pracy źródła do jego zużycia [h],
- luminancja źródła – światłość w danym kierunku przypadająca na jednostkę pozornej powierzchni źródła (jednostką jest kandela na metr kwadratowy [ $\text{cd/m}^2$ ]).

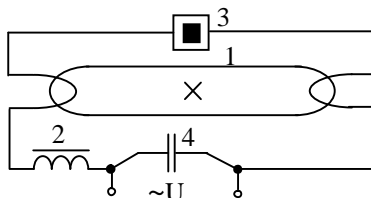
Podstawowym kryterium podziału elektrycznych źródeł światła są zjawiska fizyczne zachodzące podczas przemiany energii elektrycznej na energię świetlną.

1. Lampy żarowe (żarówki) – wykorzystują świecenie nagrzanego drutu wolframowego.

Skuteczność świetlna żarówek głównego szeregu wynosi od 9 lm/W (dla żarówek 15 W) do 20 lm/W (dla żarówek 1000 W). Trwałość około 1000 h. Moce produkowanych w Polsce żarówek: trzonki gwintowe E27 – od 5 do 200 W, E40 – 300, 500 i 1000 W; trzonki bagnetowe B22 - 15÷200 W. Produkuje się również żarówki specjalne : sygnalizacyjne, samochodowe, górnicze i inne.

2. Lampy fluorescencyjne (świetlówki) – wykorzystują zjawisko świecenia pewnych substancji chemicznych pod wpływem promieniowań ultrafioletowych. Skuteczność świetlna świetlówek wynosi 50÷75 lm/W a trwałość 3000÷6000 h. W Polsce produkuje się świetlówki o mocach 4÷65 W i długości 150÷1500 mm. Świetlówki kompaktowe, montowane w trzonku E14 i E27 zużywają 5 razy mniej energii niż żarówki o tej samej skuteczności świetlnej i mają 10-cio krotnie większą trwałość. Są stosowane do oświetlania pomieszczeń nieprzemysłowych oraz pomieszczeń przemysłowych o wysokości do 4 m.

Do zapłonu świetlówki niezbędny jest zapłonnik i statecznik (dławik) – rys. 4.

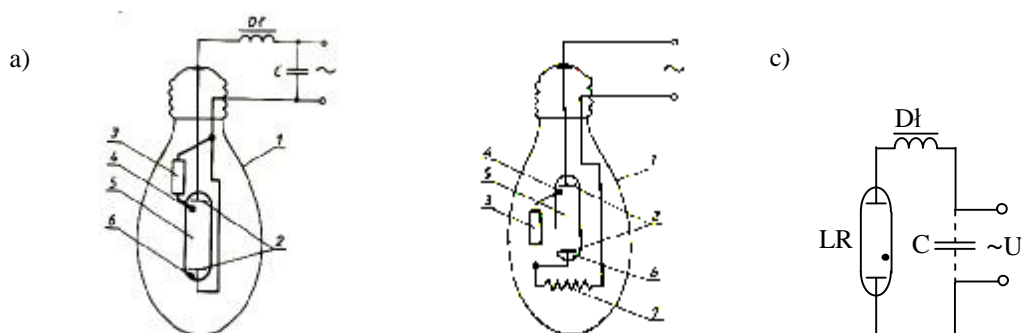


**Rys. 4.** Schemat układu zasilania świetlówki: 1 – świetlówka, 2 – statecznik (dławik), 3 – zapłonnik, 4 – kondensator do poprawy współczynnika mocy

Zapłonnik zamyka na chwilę i otwiera obwód wymuszając gwałtowną zmianę natężenia prądu w obwodzie świetlówki i powstanie napięcia samoindukcji w dławiku. Zadaniem dławika jest chwilowe podwyższenie napięcia w celu ułatwienia zapłonu świetlówki oraz ograniczenie prądu płynącego przez świetlówkę podczas jej świecenia.

Światłówka zasilana napięciem przemiennym zapala się i gaśnie 100 razy w ciągu sekundy co może wywoływać wrażenie, że części wirujące maszyn są nieruchome, obracają się znacznie wolniej lub wirują w kierunku przeciwnym. Jest to zjawisko stroboskopowe. W celu zmniejszenia niepożądanego zjawiska stroboskopowego stosuje się dwie lub więcej światłówek w odpowiednich układach zasilanych napięciem przesuniętym w fazie tak, aby w chwili gaśnięcia jednej, druga świeciła możliwie najmocniej.

- Lampy wyładowcze (rtęciowe (rys. 5a), sodowe, neonowe, ksenonowe) – wykorzystują świecenie gazu pod wpływem wyładowań elektrycznych (przepływu prądu przez gaz). Lampy rtęciowe osiągają skuteczność świetlną  $34\div 48$  lm/W i trwałość około 4000 h. Po załączeniu napięcia wyładowanie w jarzniku lampy rtęciowej rozpoczyna się początkowo między jedną elektrodą główną a elektrodą pomocniczą co powoduje podwyższenie temperatury i ciśnienia par rtęci w jarzniku zmniejszając opór przestrzeni między elektrodami głównymi. Dopiero po kilkudziesięciu sekundach rozpoczyna się wyładowanie pomiędzy elektrodami głównymi. Lampy rtęciowe wysokoprężne pełną skuteczność świetlną uzyskują po czasie  $1\div 4$  minut. Dławik w układzie zasilania lampy LAMPY sodowe: osiągają skuteczność świetlną ponad 100 lm/W, trwałość ok. 24000 h. rtęciowej pełni rolę stabilizatora prądu.



**Rys. 5.** Budowa i schemat połączenia lampy: a) rtęciowej, b) żarowo-rtęciowej,[3] c) schemat układu zasilania lampy rtęciowej

1 – bańka zewnętrzna z luminoforem, 2 – elektrody główne, 3 – rezystor, 4 – elektroda pomocnicza, 5 – jarznik z argonem, 6 – kropla rtęci, 7 – żarnik wolframowy

Moce lamp sodowych produkowanych w Polsce wynoszą  $150\div 400$  W. Lampy rtęciowe stosowane są do oświetlenia pomieszczeń przemysłowych o wysokości powyżej 8 m, pomieszczeń nieprzemysłowych takich jak hale sportowe, dworce kolejowe itp. oraz do oświetlenia zewnętrznego. Lampy sodowe stosowane są do oświetlenia zewnętrznego.

- Lampy o świetle mieszanym (rtęciowo-żarowe (rys. 5b), łukowe) – wykorzystują dwa zjawiska fizyczne: świecenie gazu pod wpływem wyładowań i ciał stałych pod wpływem temperatury. Skuteczność świetlna lamp rtęciowo-żarowych wynosi  $18\div 25$  lm/W a trwałość ok. 3000 h. Moce produkowanych w Polsce lamp rtęciowo-żarowych 160, 250 i 450 W. Lampy rtęciowo-żarowe stosuje się do oświetlenia pomieszczeń przemysłowych o wysokości powyżej 8 m, pomieszczeń nieprzemysłowych takich jak hale sportowe, dworce kolejowe itp. oraz do oświetlenia zewnętrznego.

## Rodzaje opraw oświetleniowych i zastosowanie

Oprawy oświetleniowe służą do:

- umocowania źródła światła i połączenia go z instalacją elektryczną,
- odpowiedniego skierowania strumienia świetlnego,
- ochrony oczu przed olśnieniem spowodowanym nadmierną jaskrawością źródła światła,

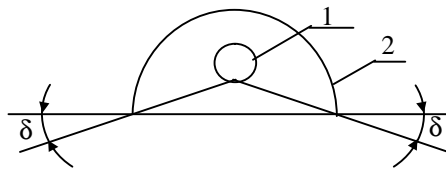


- ochrony źródła światła przed uszkodzeniem mechanicznym, wodą pyłem itp.,
- oddzielanie źródła światła od otoczenia,
- uzyskania efektu dekoracyjnego.

Parametry charakteryzujące oprawy oświetleniowe to:

- kąt ochrony oprawy  $\delta$  (rys. 6) – kąt, w obrębie którego luminancja oprawy jest ograniczona,
- sprawność oprawy  $\eta_o$  – stosunek strumienia wysyłanego przez oprawę ( $\Phi_{opr}$ ) do strumienia wytworzonego przez źródło światła ( $\Phi_o$ )

$$h_o = \frac{\Phi_{opr}}{\Phi_o}$$



**Rys. 6.** Rysunek objaśniający kąt ochrony oprawy  $\delta$   
1 – źródło światła, 2 – oprawa [3]

## 1. Podział opraw oświetleniowych

### a) ze względu na sposób rozsyłania strumienia świetlnego:

- oprawy klasy I – kierują prawie cały strumień w dół, stosowane są w wysokich halach i do oświetlenia miejscowego,
- oprawy klasy II – kierują od 60 do 90% strumienia w dół, stosowane są w pomieszczeniach niższych (biura, sklepy) o jasnych ścianach i sufitach,
- oprawy klasy III – kierują od 40 do 60% strumienia w dół, stosowane są w pomieszczeniach niższych (biura, sklepy) o jasnych ścianach i sufitach,
- oprawy klasy IV – kierują od 10 do 40% strumienia w dół, stosowane w niskich pokojach o jasnych ścianach i sufitach – mieszkania, hotele,
- oprawy klasy V – kierują od 0 do 10% strumienia w dół, dają światło w przeważającej części odbite od sufitu, stosowane są w mieszkaniach i w pomieszczeniach powszechnego użytku jako oświetlenie ogólne.

### b) ze względu na sposób mocowania:

- oprawy stałe,
- oprawy przenośne,
- oprawy nastawne.

### c) ze względu na zastosowanie:

- oprawy oświetleniowe przemysłowe: zwykle – oświetlenie miejscowe stanowisk pracy, korytarze, klatki schodowe, łazienki, oświetlenie ogólne pomieszczeń przemysłowych; odporne na wodę lub pył – pomieszczenia o zwiększonej wilgotności (łazienki, pralnie) lub narażonych na silne zapylenie i okresowe działanie wody; przeciwwybuchowe – pomieszczenia zagrożone wybuchem par, gazów, pyłu węglowego,
- oprawy oświetleniowe zewnętrzne,
- oprawy oświetleniowe do pomieszczeń użyteczności publicznej: plafonierzy do żarówek, oprawy zawieszakowe do żarówek, oprawy świetlówkowe do sufitu; zastosowanie: pomieszczenia mieszkalne, sklepy, hotele, kawiarnia itp.,
- projektory oświetleniowe,
- oprawy oświetleniowe o specjalnym przeznaczeniu.

## Zasady prawidłowego oświetlenia w mieszkaniu i w miejscu pracy

Podstawowym parametrem charakteryzującym jakość oświetlenia jest natężenie oświetlenia, czyli ilość energii świetlnej przypadającej na  $1 \text{ m}^2$  prostopadłej powierzchni w ciągu jednej sekundy. Jednostką natężenia oświetlenia jest lux (lx):  $1 \text{ lx} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2}$ .

Dla zapewnienia dobrego oświetlenia ważnym jest, by poza wymaganym poziomem natężenia oświetlenia spełnione były jednocześnie inne jakościowe i ilościowe potrzeby. Wymagania oświetleniowe wynikają z uwzględnienia trzech podstawowych potrzeb człowieka: wygody, wydolności wzrokowej oraz bezpieczeństwa. Najkorzystniejsze warunki stwarza oświetlenie równomierne.

Dużą równomierność oświetlenia zapewnia oświetlenie ogólne, ale przy wymaganych dużych natężeniach oświetlenia jest kosztowne, dlatego też zalecane jest przy natężeniach oświetlenia poniżej 200 lx. Do oświetlenia miejsc pracy lub określonego urządzenia stosuje się oświetlenie zlokalizowane polegające na zainstalowaniu lamp oświetlenia miejscowego. W warunkach przemysłowych stosuje się oświetlenie złożone czyli oświetlenie ogólne i dodatkowe oświetlenie zlokalizowane. Oświetlenie złożone stosowane jest przy natężeniach powyżej 750 lx.

Zalecane, minimalne natężenie oświetlenia przy oświetleniu wewnątrz:

- dla ogólnej orientacji – 10 lx,
- na strychach, w piwnicach, składach – 20 lx,
- w korytarzach, na schodach, przy prostej produkcji – 50 lx,
- w pomieszczeniach sanitarnych, holach – 100 lx,
- w jadalniach, bufetach, świetlicach, samochodach, przy pracach mało dokładnych, pokój mieszkalny (czytanie) – 200 lx,
- przy pracach biurowych, w salach lekcyjnych – 300 lx,
- sala gimnastyczna – 200 lx,
- warsztat elektromechaniczny – 500 lx,
- przy pracach bardzo dokładnych – 750 lx.

### 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie parametry charakteryzują elektryczne źródła światła?
2. Jakie znasz rodzaje elektrycznych źródeł światła?
3. Jakie zjawiska wykorzystują znane ci źródła światła do przemiany energii elektrycznej w energię świetlną?
4. Które z poznanych źródeł światła mają największą, a które najmniejszą skuteczność świetlną?
5. Jaką rolę pełnić mogą oprawy oświetleniowe?
6. Jakie parametry charakteryzują oprawy oświetleniowe?
7. Jakie znasz rodzaje opraw oświetleniowych?
8. Czy potrafisz narysować układ zasilania świetlóvky?
9. Jaki element pełniący rolę stabilizatora prądu występuje w układzie lampy rtęciowej?
10. Jaki parametr charakteryzuje jakość oświetlenia?
11. Jakie minimalne natężenie oświetlenia wymagane jest w pokoju mieszkalnym (do czytania), a jakie przy pracach biurowych i w salach lekcyjnych?

### 4.2.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Wyjaśnij zasadę działania świetlówki.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć lub odnaleźć w literaturze schemat układu świetlówki,
- 2) narysować schemat układu świetlówki,
- 3) przypomnieć rolę poszczególnych elementów układu świetlówki,
- 4) zaznaczyć na schemacie drogę przepływu prądu przed zaświeceniem świetlówki,
- 5) zaznaczyć innym kolorem drogę przepływu prądu po zaświeceniu świetlówki,
- 6) omówić rolę poszczególnych elementów układu,
- 7) wyjaśnić, dlaczego przed zaświeceniem świetlówki prąd płynął inną drogą,
- 8) wyjaśnić, jakie zjawiska występowały w układzie przed zaświeceniem świetlówki,
- 9) wyjaśnić, dlaczego w układzie potrzebny jest dławik.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusze papieru,
- przybory do pisania – mazaki,
- literatura: poradnik dla ucznia, Bartodziej G. Aparaty i urządzenia elektryczne.

#### Ćwiczenie 2

Wyjaśnij rolę wskazanej przez nauczyciela oprawy oświetleniowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) uważnie przyjrzeć się wskazanej przez nauczyciela oprawie oświetleniowej,
- 2) wyjaśnić rolę poszczególnych elementów oprawy oświetleniowej, np.: część oprawki z gwintem służy do zamocowania źródła światła, styki z wkrętami służą do podłączenia do źródła napięcia, klosz .....,
- 3) określić rodzaj oprawy ze względu na: sposób rozsyłania strumienia świetlnego, sposób mocowania, zastosowanie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- gablota z różnymi oprawami oświetleniowymi,
- arkusze papieru,
- przybory do pisania – mazaki,
- katalogi opraw oświetleniowych,
- plansza z właściwościami opraw oświetleniowych w zależności od klasy,
- plansza z rodzajami budowy i oznaczeniami opraw oświetleniowych.

### Ćwiczenie 3

Spośród eksponatów wybierz np. świetlówki kompaktowe.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie wygląd zewnętrzny elektrycznych źródeł światła,
- 2) przypomnieć sobie budowę zewnętrzną świetlówek kompaktowych,
- 3) przyjrzeć się uważnie źródłom światła umieszczonym w gablocie,
- 4) wskazać świetlówki kompaktowe,
- 5) określić cechę charakterystyczną wyglądu zewnętrznego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- gabłota z elektrycznymi źródłami światła,
- plansze z rysunkami przedstawiającymi budowę źródeł światła,
- katalogi elektrycznych źródeł światła.

### Ćwiczenie 4

Na podstawie oznaczeń na eksponatach określ napięcie znamionowe, moc oraz natężenie prądu obciążenia dla pięciu wybranych źródeł światła: żarówka głównego szeregu, żarówka samochodowej, świetlówki, świetlówki kompaktowej, lampy rtęciowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wybrać po jednym źródle światła z wymienionych rodzajów,
- 2) odczytać i zapisać na kartce napięcie i moc,
- 3) zapisać zależność między mocą, napięciem oraz natężeniem prądu,
- 4) podstawić odczytane wartości i wykonać obliczenia dla każdego źródła,
- 5) wpisać jednostkę i udzielić odpowiedzi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- gabłota z elektrycznymi źródłami światła,
- kalkulator,
- arkusze papieru A4 i przybory do pisania.

### Ćwiczenie 5

Porównaj właściwości poznanych źródeł światła i oceń, które twoim zdaniem jest najbardziej ekonomiczne w eksploatacji.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie wielkości charakteryzujące źródła światła,
- 2) przypomnieć sobie rodzaje poznanych źródeł światła,
- 3) narysować tabelę zawierającą kolumnę z nazwą elektrycznego źródła światła i kolumny z parametrami charakteryzującymi źródła światła,
- 4) wypełnić tabelę korzystając z dostępnej literatury,
- 5) porównać parametry i wyciągnąć wnioski, które ze źródeł jest najbardziej ekonomiczne.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalogi elektrycznych źródeł światła,
- literatura: poradnik dla ucznia, Bartodziej G. Aparaty i urządzenia elektryczne,
- arkusze papieru A4,
- przybory do pisania.

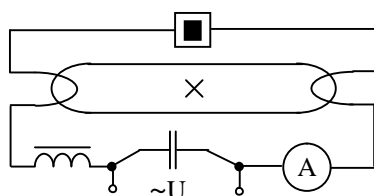
### Ćwiczenie 6

Połącz układ świetlówki według schematu i zaobserwuj zjawiska występujące w obwodzie przed i po zaświeceniu świetlówki. Sprawdź, czy bez zapłonika świetlówka zaświeci się i czy po zaświeceniu zapłonnik potrzebny jest w układzie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) przeanalizować schemat układu świetlówki,
- 2) przypomnieć rolę poszczególnych elementów układu świetlówki,
- 3) połączyć układ według schematu,



- 4) po sprawdzeniu układu przez nauczyciela załączyć napięcie,
- 5) zaobserwować zjawiska występujące w obwodzie świetlówki,
- 6) wyjąć z gniazda zapłonnik i zaobserwować zachowanie świetlówki,
- 7) wyłączyć zasilanie układu świetlówki,
- 8) po kilku minutach załączyć ponownie świetlówkę bez zapłonika i zaobserwować zjawiska,
- 9) wyjaśnić, dlaczego przed zaświeceniem świetlówki prąd płynął inną drogą,
- 10) wyjaśnić jakie zjawiska występowały w układzie przed zaświeceniem świetlówki,
- 11) wyjaśnić dlaczego w układzie potrzebny jest dławik.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw elementów zamontowanych na płycie do samodzielnego połączenia układu świetlówki: świetlówka, dławik, zapłonnik, kondensator, wyłącznik, komplet przewodów łączeniowych, przewód zasilający,
- miernik uniwersalny,
- arkusze papieru,
- przybory do pisania – mazaki,
- literatura, np. poradnik dla ucznia, Bartodziej G. Aparaty i urządzenia elektryczne.

#### 4.2.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wymienić zjawiska wykorzystane w elektrycznych źródłach światła do przemiany energii elektrycznej w energię świetlną?	£	£
2) wymienić rodzaje elektrycznych źródeł światła?	£	£
3) wymienić parametry charakteryzujące elektryczne źródła światła?	£	£
4) ocenić, które z poznanych źródeł światła mają największą, a które najmniejszą skuteczność świetlną?	£	£
5) określić jaką rolę mogą pełnić oprawy oświetleniowe?	£	£
6) zdefiniować parametry charakteryzujące oprawy oświetleniowe?	£	£
7) wymienić rodzaje opraw oświetleniowych?	£	£
8) narysować schemat układu zasilania świetlówek?	£	£
9) wskazać element pełniący rolę stabilizatora prądu w układzie lampy rtęciowej?	£	£
10) określić parametr charakteryzujący jakość oświetlenia?	£	£
11) połączyć układ świetlówek?	£	£
12) wyjaśnić działanie świetlówek?	£	£
13) odczytać parametry znamionowe elektrycznych źródeł światła?	£	£
14) określić minimalne natężenie oświetlenia wymagane w pokoju mieszkalnym – do czytania?	£	£
15) określić minimalne natężenie oświetlenia wymagane przy pracach biurowych i w salach lekcyjnych?	£	£

## 4.3. Eksploatacja odbiorników energii elektrycznej

### 4.3.1. Materiał nauczania

#### Pomiar parametrów odbiorników energii elektrycznej

Podstawowe parametry odbiorników energii elektrycznej to:

- napięcie znamionowe  $U_N$  – jest to napięcie na jakie urządzenie zostało zaprojektowane i wykonane,
- moc znamionowa  $P_N$  – moc jaką pobiera odbiornik przy zasilaniu napięciem znamionowym:

a) dla grzejników rezystancyjnych i lamp żarowych:  $P_N = U_N \cdot I_N$ ,

b) dla pozostałych odbiorników energii elektrycznej zasilanych z sieci prądu przemiennego moc elektryczna pobierana z sieci zasilającej:

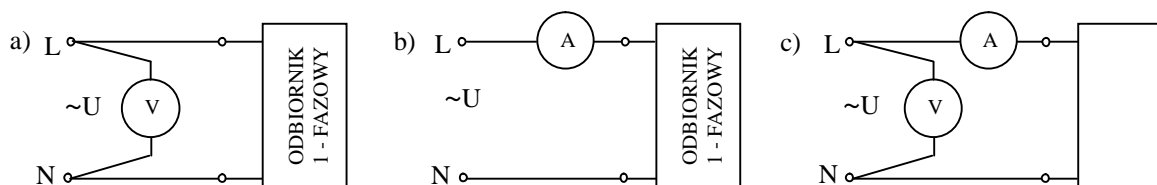
jednofazowej:  $P_N = U_N \cdot I_N \cdot \cos j$

trójfazowej:  $P_N = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_N \cdot \cos j$

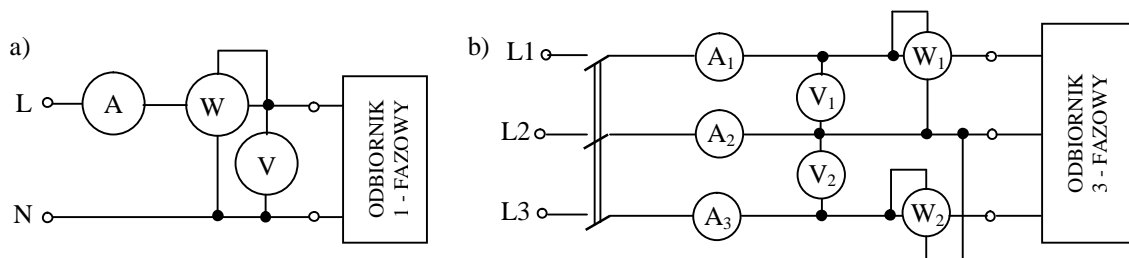
- prąd znamionowy  $I_N$  – natężenie prądu jakim odbiornik obciąża źródło przy zasilaniu napięciem znamionowym .

Na rys. 7 przedstawiono schematy układów do pomiaru napięcia (rys. 7a, c) i natężenia prądu (rys. 7b, c), natomiast na rys. 8 schematy układów do pomiaru mocy odbiorników jednofazowych (rys. 8a) i trójfazowych (rys. 8b).

Przy pomiarach parametrów jednofazowych odbiorników energii elektrycznej przydatne jest gniazdo wtykowe podwójne jako „redukcja–rozgałęźnik”. Do jednego gniazda włączamy wtyczkę przewodu odbiornika a drugie wykorzystujemy do podłączenia odbiornika do układu pomiarowego. Do pomiarów parametrów odbiorników trójfazowych wskazane jest przygotowanie podobnej „redukcji” z gniazdami trójfazowymi.



**Rys. 7.** Schematy układów pomiarowych: a) pomiar napięcia odbiornika, b) pomiar natężenia prądu odbiornika, c) pomiar napięcia i natężenia prądu



**Rys. 8.** Schematy układów do pomiaru mocy: a) odbiornika jednofazowego, b) odbiornika trójfazowego  $P=P_1+P_2$

Energia  $W$  zużywana przez odbiornik zależy od mocy odbiornika  $P$  i czasu pracy  $t$ . Znając moc odbiornika i jego czas pracy możemy obliczyć pobraną przez odbiornik energię:

$$W = P \cdot t$$

Do pomiaru energii pobieranej przez odbiornik służą liczniki energii elektrycznej.

### Zasady lokalizacji usterek na podstawie wyników pomiarów

Podczas lokalizacji usterek należy przyjąć określony plan działania i konsekwentnie go realizować. Nie można pracować chaotycznie bo lokalizacja usterki może długo trwać i zakończyć się niepowodzeniem. Podczas lokalizacji usterek można postępować według algorytmu:

- I. Analiza budowy i działania urządzenia na podstawie schematu elektrycznego.
- II. Sprawdzenie woltomierzem, czy do gniazdka, z którego zasilane jest urządzenie doprowadzone jest napięcie.
- III. Sprawdzenie ciągłości połączeń w stanie beznapięciowym – wykonujemy omomierzem pomiar rezystancji poszczególnych odcinków obwodu urządzenia (przewodu przyłączeniowego, stycznosci na zaciskach, zestyków wyłącznika w stanie otwartym i zamkniętym, przewodów łączących poszczególne elementy urządzenia).
- IV. Sprawdzenie rezystancji podzespołów – cewek, elementów grzejnych, itp.
- V. Usunięcie usterki jeśli została zlokalizowana.
- VI. Załączenie napięcia i obserwacja działania. Jeśli urządzenie nie działa to należy sprawdzić woltomierzem, czy jest doprowadzone napięcie do odpowiednich elementów urządzenia ustalonych na podstawie schematu i czy wartość napięcia jest prawidłowa.

### Zasady wykonywania napraw odbiorników energii elektrycznej

Przy naprawie uszkodzonego urządzenia elektrycznego postępuje się według algorytmu:

- a) wywiad z użytkownikiem urządzenia mający na celu ustalenie przebiegu powstawania uszkodzenia,
- b) analiza budowy i zasady działania urządzenia na podstawie schematu elektrycznego i ustalenie możliwych przyczyn niesprawności urządzenia,
- c) włączenie urządzenia i obserwacja jego działanie,
- d) po załączeniu napięcia urządzenie nie działa lub działa nieprawidłowo – lokalizacja uszkodzonego elementu,
- e) wymontowanie uszkodzonego elementu i naprawa go lub wymiana na nowy,
- f) zmontowaniu urządzenia,
- g) sprawdzenie poprawność wykonanego montażu:
  - pomiar rezystancji elementów urządzenia,
  - pomiar rezystancji między obudową a stykiem ochronnym we wtyczce, w celu sprawdzenia ciągłości obwodu ochrony przed porażeniem,
  - wykonanie próby działania urządzenia i pomiar wartość prądu obciążenia,
  - zapisanie wyników pomiarów w dokumentacji urządzenia.

### Podstawowe zabezpieczenia odbiorników energii elektrycznej

Prądy przeciążeniowe i zwarciove powodują nadmierne nagrzewanie urządzeń efektem czego jest przyśpieszone ich zużywanie się, zniszczenie urządzeń, a w najbardziej niekorzystnych przypadkach również pożar. Podstawowe zabezpieczenie urządzeń i przewodów przed nadmiernym nagraniem powodowanym prądami przeciążeniowymi i zwarcioowymi realizuje się przez zastosowanie bezpieczników, wyłączników instalacyjnych nadmiarowo-prądowych wkrętowych lub dźwigienkowych. Ponadto w domach stosujemy wyłączniki różnicowoprądowe, które potrafią wykryć, że energia elektryczna płynie poza obwodem – na przykład przez ludzkie ciało, gdy dojdzie do porażenia i automatycznie odłączają napięcie.

Najprostszym zabezpieczeniem przeciążeniowo-zwarciowym są bezpieczniki topikowe tzw. „korki”. Są one ciągle najpowszechniejszym zabezpieczeniem w instalacjach



elektrycznych wykonanych na podstawie dawniejszych przepisów. Pełnią funkcję dodatkowego środka ochrony przed porażeniem prądem przez dostatecznie szybkie wyłączenie uszkodzonego urządzenia. Wartość natężenia prądu znamionowego, wkładki bezpiecznika wybita jest na metalowej stopce bezpiecznika (dodatkowo określa ją kolor oczka na metalowej stopce):

- zielony – 6 A,
- czerwony – 10 A,
- szary – 16 A,
- niebieski – 20 A,
- żółty – 25 A.

Bezwzględnie należy przestrzegać zasady, że po „przepaleniu” się bezpiecznika (zadziałaniu), co sygnalizowane jest odpadnięciem oczka, bezpiecznik należy wymienić na nowy, o tej samej wartości znamionowej. Nie wolno naprawiać drutem przepalonych bezpieczników.

Podobną rolę co bezpieczniki topikowe spełniają instalacyjne wyłączniki nadprądowe (nadmiarowo-prądowe), które są zabezpieczeniami wielokrotnego użytku. Zadziałanie tego wyłącznika i wyłączenie napięcia w chronionym obwodzie powodowane jest przez wyzwalacz bimetalowy i elektromagnetyczny po przekroczeniu znamionowego natężenia prądu. Wyłączniki nadprądowe charakteryzują się większą czułością (szybkością zadziałania) niż bezpieczniki topikowe. Wyłączniki nadprądowe nowej generacji produkowane są w trzech wersjach: typu B są przeznaczone do zabezpieczania przewodów i odbiorników instalacji oświetlenia, gniazd wtyczkowych i sterowania; typu C służą do zabezpieczenia obwodów z odbiornikami o dużych prądach rozruchowych (silniki i transformatory); typu D – do zabezpieczania obwodów z silnikami o dużych mocach.

Nowoczesnym i skutecznym zabezpieczeniem przed porażeniem prądem elektrycznym (przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim) w nowych instalacjach są wyłączniki różnicowoprądowe. Ich działanie polega na ciągłym porównywaniu natężenia prądu wpływającego i wypływającego z instalacji. Zarejestrowanie różnicy (np. na skutek upływu prądu do ziemi przez uszkodzoną lub zawilgoconą instalację lub przez ciało człowieka) powoduje natychmiastowe przerwanie obwodu w tak krótkim czasie, że nie spowoduje to śmiertelnego zagrożenia porażeniem prądem. Zgodnie z obowiązującymi przepisami obwody gniazd wtyczkowych należy zabezpieczać wyłącznikami różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie wyzwalającym nie większym niż 30 mA. Inne obwody odbiorcze zaleca się zabezpieczać wysokoczułymi wyłącznikami o odpowiednio dobranym znamionowym prądzie zadziałania nie większym niż 30 mA, np. dla obwodów gniazd wtyczkowych w łazienkach – 10 mA.

Podczas pracy urządzeń elektrycznych mogą pojawiać się przepięcia spowodowane wyładowaniami atmosferycznymi, zakłóceniami w pracy transformatora lub generowane do sieci przez inne urządzenia o dużej indukcyjności podczas procesów łączeniowych. Ochronę przed przepięciami stanowią ograniczniki przepięć. Typową ochronę przed przepięciami atmosferycznymi stanowią odgromniki lub iskierniki ochronne. Główną ochronę urządzeń przed przepięciami stanowią warystory. Warystory są elementami półprzewodnikowymi o nieliniowej charakterystyce prądowo-napięciowej, których rezystancja silnie zależy od doprowadzonego do nich napięcia. Gdy napięcie przekroczy pewną wartość, charakterystyczną dla danego typu warystora, jego rezystancja szybko maleje, z początkowych setek kiloohmów do zaledwie kilkunastu. Dzięki temu, płynie przez niego duży prąd powodujący przepalenie (wyłączenie się) bezpiecznika a zarazem wyłączenie urządzenia, gdy warystor pracuje jako zabezpieczenie przeciwprzepięciowe, a więc połączony jest równolegle ze źródłem napięcia. W trakcie pracy jako odgromnik (połączenie szeregowe pomiędzy piorunochronem a uziemieniem) jego mała rezystancja, wywołana ogromnym napięciem pioruna, pozwala na swobodny przepływ prądu do ziemi.

## Zagrożenia występujące podczas pracy i eksploatacji maszyn i urządzeń elektrycznych

Podczas eksploatacji urządzeń elektrycznych mogą wystąpić różnorodne zagrożenia w zależności od rodzaju, budowy i zainstalowania urządzenia. Do zagrożeń na jakie może być narażona osoba eksploatująca urządzenie zalicza się:

- porażenie prądem elektrycznym – maszyny i urządzenia podczas pracy są pod napięciem,
- poparzenie – wysoka temperatura pracy urządzeń grzejnych i źródeł światła, łuk elektryczny, który może wystąpić na zestykach łączników, eksplozja bezpieczników, przegrzanie i zapalenie się izolacji z materiałów łatwopalnych,
- uszkodzenie mechaniczne ciała w wyniku zetknięcia się z częściami wirującymi (wentylatory, silniki napędowe),
- nadmierne szумы – uszkodzenie słuchu na skutek nadmiernego hałasu,
- szkodliwe substancje lotne – zatrucia substancjami lotnymi wydzielającymi się na skutek przegrzania izolacji.

Każde urządzenie elektryczne powinno być zaprojektowane, zbudowane i zainstalowane zgodnie z przepisami budowy urządzeń elektrycznych. Powinno też być prawidłowo eksploatowane a osoba eksploatująca urządzenie powinna mieć świadomość wystąpienia zagrożeń.

### 4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie parametry podawane są na tabliczkach znamionowych odbiorników energii elektrycznej i jak są one zdefiniowane?
2. Jak załączamy woltomierz aby zmierzyć napięcie na odbiorniku?
3. Jak włącza się amperomierz do pomiaru natężenia prądu pobieranego przez odbiornik?
4. Jakim miernikiem mierzymy moc pobieraną przez odbiorniki energii elektrycznej prądu przemiennego?
5. Jak można zmierzyć moc pobieraną przez odbiorniki trójfazowe?
6. Jakie czynności należy wykonać podczas lokalizacji usterek?
7. Jakim miernikiem sprawdzisz obecność napięcia w gniazdku?
8. Jakie są podstawowe zasady wykonywania napraw odbiorników energii elektrycznej?
9. Jak zabezpiecza się urządzenia elektryczne przed nadmiernym nagrzaniem powodowanym prądami przeciążeniowymi i zwarciovymi?
10. Jak zabezpiecza się urządzenia elektryczne przed przepięciami?
11. Jakie zagrożenia występują podczas pracy i eksploatacji maszyn i urządzeń elektrycznych?

### 4.3.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Nieczytelna jest tabliczka znamionowa odbiornika energii elektrycznej zasilanego z sieci jednofazowej prądu przemiennego. Wykonaj pomiary i odtwórz parametry umieszczone na tabliczce znamionowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) przypomnieć sobie jakie podstawowe parametry umieszczane są na tabliczkach znamionowych odbiorników energii elektrycznej,
- 2) zaprojektować i narysować tabelę pomiarową,

- 3) narysować schemat układu pomiarowego,
- 4) skonsultować z nauczycielem poprawność narysowanego schematu,
- 5) połączyć układ według schematu,
- 6) po sprawdzeniu układu przez nauczyciela załączyć napięcie, wykonać pomiary i wyniki zanotować w tabeli,
- 7) zaprojektować i narysować tabliczkę znamionową,
- 8) uzupełnić tabliczkę znamionową o pomierzone parametry.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stół laboratoryjny wyposażony w regulowane źródło napięcia przemiennego  $U = 0 \div 250 \text{ V}$ ,
- odbiornik energii elektrycznej,
- watomierz,
- mierniki uniwersalne – 2 szt.,
- kalkulator,
- arkusze papieru format A4 i przybory do pisania.

## Ćwiczenie 2

Wymieniono spiralę grzejną urządzenia. Po wymianie regulator temperatury pracuje z większą częstotliwością niż przed naprawą. Sprawdź prąd obciążenia urządzenia grzejnego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z tabliczką znamionową urządzenia,
- 2) określić wartość natężenia prądu,
- 3) zaprojektować lub odszukać w literaturze i narysować schemat układu pomiarowego,
- 4) połączyć układ według schematu,
- 5) po sprawdzeniu poprawności układu przez nauczyciela załączyć napięcie,
- 6) odczytać wskazanie amperomierza przy znamionowym napięciu zasilającym,
- 7) porównać wynik pomiaru z wynikiem określonym na podstawie parametrów znamionowych,
- 8) wyciągnąć i zapisać wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stół laboratoryjny wyposażony w regulowane źródło napięcia przemiennego  $U = 0 \div 250 \text{ V}$ ,
- elektryczne urządzenie grzejne,
- mierniki uniwersalne – 2 szt.,
- arkusze papieru format A4,
- przybory do pisania.

## Ćwiczenie 3

Zlokalizuj usterkę i wykonaj naprawę oprawy oświetleniowej świetlówki.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zaprojektować lub odszukać w literaturze i narysować schemat układu świetlówki,

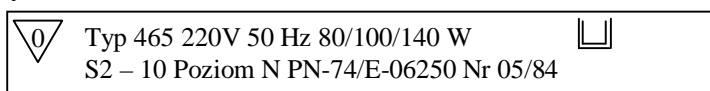
- 2) przypomnieć sobie zasady wykonywania napraw i sporządzić algorytm postępowania,
- 3) przyjmując, że nauczyciel jest użytkownikiem, podjąć działania ujęte w algorytmie,
- 4) przypomnieć sobie zasady lokalizacji usterki,
- 5) wykonać pomiary zmierzające do lokalizacji usterki w stanie beznapięciowym,
- 6) po zlokalizowaniu usunąć usterkę,
- 7) po sprawdzeniu przez nauczyciela poprawności wykonania naprawy załączyć napięcie,
- 8) sprawdzić poprawność działania układu,
- 9) sporządzić krótką notatkę dotyczącą usterki – co było uszkodzone i w jaki sposób oprawa oświetleniowa została naprawiona.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stół laboratoryjny wyposażony w regulowane źródło napięcia przemiennego  $U = 0 \div 250 \text{ V}$ ,
- oprawa oświetleniowa świetlówki – kompletna z usterką,
- świetlówki, zapłonnik, statecznik, łącznik instalacyjny,
- miernik uniwersalny,
- arkusze papieru format A4,
- przybory do pisania.

#### Ćwiczenie 4

Na rysunku przedstawiono przykładową tabliczkę znamionową robota kuchennego (w laboratorium może być inny odbiornik energii elektrycznej). Odczytaj i zdefiniuj parametry znamionowe robota.



Wykonaj pomiary i sprawdź, jakich warunków pracy dotyczą parametry na tabliczce znamionowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) przypomnieć sobie jakie podstawowe parametry umieszczane są na tabliczkach znamionowych odbiorników energii elektrycznej,
- 2) odczytać i zdefiniować parametry znamionowe robota kuchennego,
- 3) narysować schemat układu pomiarowego i tabelę pomiarową,
- 4) skonsultować z nauczycielem poprawność narysowanego schematu,
- 5) połączyć układ według schematu,
- 6) załączyć napięcie po sprawdzeniu układu przez nauczyciela,
- 7) wykonać pomiary bez obciążenia i wyniki zanotować w tabeli,
- 8) wykonać pomiary obciążając silnik i wyniki zanotować w tabeli,
- 9) porównać wyniki pomiarów,
- 10) sformułować i zapisać wnioski wynikające z porównania wyników.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stół laboratoryjny wyposażony w regulowane źródło napięcia przemiennego  $U = 0 \div 250 \text{ V}$ ,
- podwójne gniazdo wtykowe (do podłączenia robota do układu pomiarowego),
- odbiornik energii elektrycznej – robot kuchenny,

- watomierz,
- mierniki uniwersalne – 2 szt.,
- arkusze papieru format A4,
- przybory do pisania.

### Ćwiczenie 5

Określ rodzaje zagrożeń występujących podczas eksploatacji elektronarzędzi.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wymienić znane rodzaje elektronarzędzi,
- 2) odszukać spośród zgromadzonych urządzeń elektrycznych elektronarzędzia oraz instrukcje obsługi elektronarzędzi,
- 3) zastanowić się jakie zagrożenia mogą wystąpić podczas prac przy wymienionych elektronarzędziach,
- 4) przeprowadzić doświadczenie polegające na pomiarze omomierzem rezystancji suchej oraz zwilżonej skóry palców u rąk oraz zinterpretować wyników pomiarów,
- 5) zapisać zagrożenia i propozycje zasad bezpiecznej obsługi elektronarzędzi,
- 6) zaprezentować kolegom wyszukane elektronarzędzia, zagrożenia mogące wystąpić podczas ich obsługi i zasady BHP.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- urządzenia elektryczne niewielkich rozmiarów, np. wiertarka elektryczna, szlifierka kątowna, suszarka do włosów, lokówka, lutownica, sokowirówka, robot kuchenny itp.,
- termometr elektroniczny,
- instrukcje obsługi sprzętu elektrycznego i elektronicznego,
- miernik uniwersalny,
- arkusze papieru format A4 i przybory do pisania.

### 4.3.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wymienić parametry podawane na tabliczkach znamionowych odbiorników energii elektrycznej i zdefiniować je?	£	£
2) zmierzyć napięcie na odbiorniku?	£	£
3) zmierzyć natężenia prądu pobieranego przez odbiornik?	£	£
4) narysować układ do pomiaru mocy pobieranej przez jednofazowe odbiorniki energii elektrycznej prądu przemiennego?	£	£
5) zmierzyć moc pobieraną przez jednofazowe odbiorniki energii elektrycznej prądu przemiennego?	£	£
6) zmierzyć moc pobieraną przez odbiorniki trójfazowe?	£	£
7) zastosować podstawowe zasady podczas lokalizacji usterek?	£	£
8) sprawdzić obecność napięcia w gnieździe wtyczkowym?	£	£
9) zastosować podstawowe zasady przy wykonywaniu napraw odbiorników energii elektrycznej?	£	£
10) wymienić zabezpieczenia urządzeń elektrycznych przed nadmiernym nagrzaniem spowodowanym prądami przeciążeniowymi i zwarciovymi?	£	£

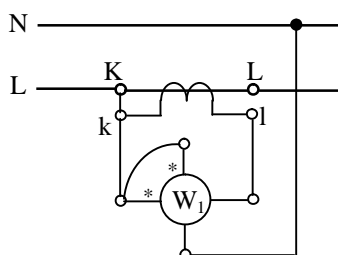
11) wymienić zabezpieczenia urządzeń elektrycznych przed przepięciami?	£	£
12) wymienić zagrożenia występujące podczas pracy i eksploatacji maszyn i urządzeń elektrycznych?	£	£
13) sformułować wnioski na podstawie wyników pomiarów?	£	£
14) określić rodzaj zagrożeń występujących podczas eksploatacji poszczególnych urządzeń elektrycznych?	£	£

## 4.4. Racjonalne gospodarowanie energią elektryczną

### 4.4.1. Materiał nauczania

Metody pomiaru mocy i energii w instalacji elektrycznej

Do pomiaru mocy prądu przemiennego stosuje się watomierze elektrodynamiczne, ferrodynamiczne i indukcyjne. Gdy natężenie prądu w obwodzie przekracza prąd znamionowy watomierza stosuje się przekładnik prądowy (rys. 9). Watomierze tablicowe przystosowane do współpracy z przekładnikiem prądowym budowane są na prąd 1, 2 lub 5 A i na napięcie sieci, w której będą pracować: 230 V (220 V), 400 V (380 V) lub 500 V.

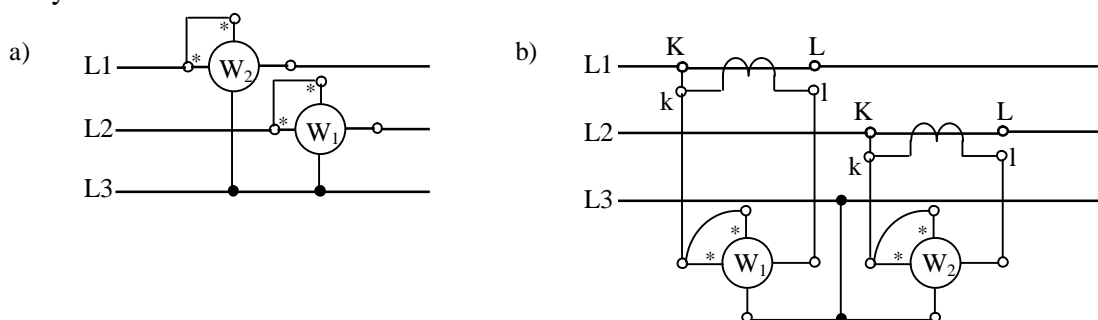


**Rys. 9.** Pomiar mocy w instalacji jednofazowej prądu przemiennego przy zastosowaniu przekładnika prądowego

Moc prądu trójfazowego w sieci trójprzewodowej mierzy się metodą dwóch watomierzy zwaną metodą Arona (rys. 10.a). Moc całkowita pobierana przez odbiornik lub grupę odbiorników jest sumą algebraiczną wskazań obu watomierzy.

$$P = P_1 \pm P_2$$

Znak minus uwzględnia się wówczas, gdy jeden z watomierzy wychyli się w lewo i trzeba odwrotnie przełączyć jedną z cewek. Wskazanie przełączonego watomierza odejmuje się. Gdy natężenie prądu w obwodzie przekracza prąd znamionowy watomierza stosuje się przekładniki prądowe (rys. 10.b). Jest obojętne, w które fazy włączy się cewki prądowe watomierzy, czy też przekładniki prądowe, natomiast końce cewek napięciowych muszą być przyłączone do tej fazy, w której nie ma cewek prądowych watomierzy lub przekładników prądowych.

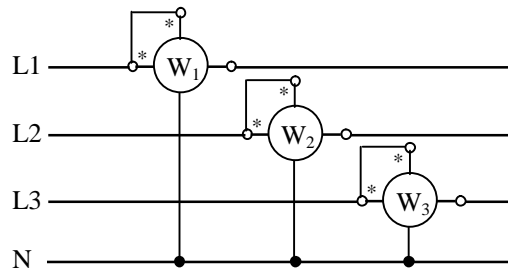


**Rys. 10.** Pomiar mocy w sieci trójfazowej prądu przemiennego: a) bezpośredni, b) półpośredni (przy zastosowaniu przekładnika prądowego)

Przy pomiarach laboratoryjnych stosuje się dwa watomierze laboratoryjne, natomiast przy pomiarach przemysłowych jeden watomierz tablicowy dwusystemowy, który w jednej obudowie ma zamontowane dwa systemy jednofazowe.

Moc w sieci trójfazowej czteroprzewodowej mierzy się trzema watomierzami jednofazowymi (rys. 11) lub jednym watomierzem tablicowym trójsystemowym przy pomiarach przemysłowych. Moc całkowita jest sumą mocy wskazywanych przez watomierze.

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

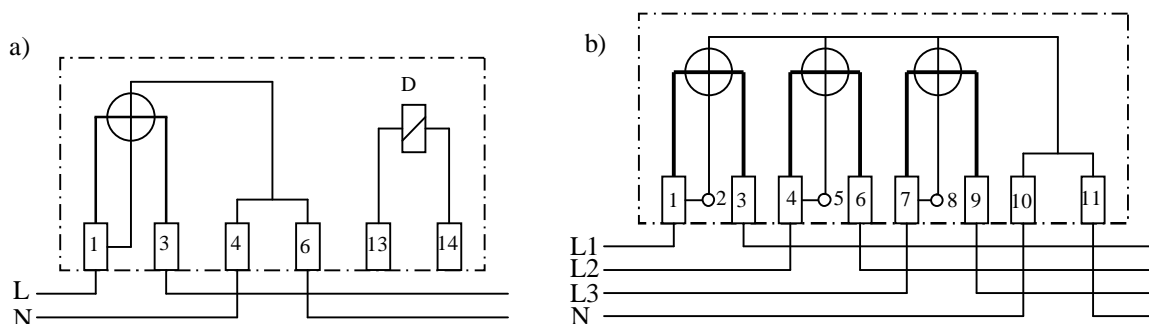


**Rys. 11.** Schemat układu do pomiaru mocy w sieci czteroprzewodowej trzema watomierzami

Przy pomiarze w takim układzie żaden z watomierzy nie wychyli się w lewo.

Do pomiaru energii prądu przemiennego, jednofazowego (rys. 12.a) i trójfazowego (rys. 12.b), najczęściej stosuje się liczniki indukcyjne, coraz częściej elektroniczne. Produkowane są liczniki:

- jedno- i trójfazowe do stosowania w instalacjach trój- i czteroprzewodowych,
- jedno-, dwu- oraz wielotaryfowe (trój- i czterotaryfowe),
- bez hamowania wstecznego i z hamowaniem wstecznym,
- ze wskaźnikiem maksymalnej mocy N-minutowej i bez takiego wskaźnika,
- do odczytu wskazań na miejscu oraz przystosowane do zdalnego przekazywania wyników pomiarów i do współpracy z komputerem.



**Rys. 12.** Schematy połączeń liczników do bezpośrednich pomiarów energii czynnej: a) jednofazowego, b) trójfazowego. D – cewka przekaźnika przełącznika taryf

Liczniki jednofazowe są budowane na prądy 5, 10 i 20 A oraz na napięcie 230 V, natomiast trójfazowe na prądy znamionowe 100 A i napięcia 230 – 400 V. Liczniki przystosowane do pomiarów pośrednich, z zastosowaniem przekładników prądowych i napięciowych, produkowane są na prądy znamionowe 1, 2 i 5 A i napięcia  $3 \times 230 - 400$  V oraz  $3 \times 100$  V lub  $3 \times \frac{100}{\sqrt{3}}$  V. W instalacjach elektrycznych stosowane są liczniki jedno- oraz trójfazowe do stosowania w układach czteroprzewodowych, jedno a rzadziej dwutaryfowe.

Poprawa współczynnika mocy, zasada kompensacji mocy biernej

Współczynnik mocy to  $\cos\phi$  występujący we wzorze na moc czynną P:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\phi$$



gdzie:  $U$  – wartość skuteczna napięcia na odbiorniku,  $I$  – wartość skuteczna prądu dopływającego do odbiornika z sieci elektroenergetycznej,  $\phi$  – kąt przesunięcia fazowego między napięciem  $U$  na odbiorniku a prądem  $I$  odbiornika.

Współczynnik mocy odgrywa ważną rolę z punktu widzenia efektywności wykorzystania urządzeń elektrycznych. Prawie wszystkie odbiorniki energii elektrycznej pobierają z sieci, oprócz energii czynnej, która jest zamieniana na inny rodzaj energii (światłą, ciepłą, mechaniczną, itp.), energię bierną indukcyjną. Największą moc bierną

$$Q = U \cdot I \cdot \sin j = U \cdot I \cdot \sqrt{1 - \cos^2 j}$$

niezbędną do wytworzenia strumienia magnetycznego, pobierają silniki. Znacznie mniejszą transformatory, piece indukcyjne i dławiki. Wartość prądu dopływającego do odbiornika zależy od wartości mocy pozornej  $S$ , która jest sumą geometryczną mocy czynnej  $P$  oraz mocy biernej  $Q$  ( $S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$ )

stąd natężenie prądu

$$I = \frac{S}{U} = \frac{P}{U \cdot \cos j}$$

Pobierana przez urządzenia energia bierna musi być wyprodukowana w elektrowniach w generatorach synchronicznych i przesłana do miejsca jej odbioru, co pociąga za sobą:

- znaczne zwiększenie strat mocy w liniach przesyłowych,
- zwiększenie spadków napięcia w linii,
- zmniejszenie przepustowości linii i transformatorów,
- zmniejszenie zdolności produkcyjnych mocy czynnej przez generatory synchroniczne.

Czynniki te mają zasadniczy wpływ na koszt wyprodukowanej i przesłanej do odbiorców energii elektrycznej. Z tych względów wskazane jest utrzymywanie współczynnika mocy bliskiego jedności ( $\cos \phi \approx 1$ ). Poprawa współczynnika mocy może być dokonywana w sposób naturalny lub sztuczny – kompensacja mocy biernej.

Do naturalnych sposobów poprawy współczynnika mocy  $\cos \phi$  należą:

- prawidłowy dobór silników i transformatorów,
- wyłączanie silników i transformatorów pracujących bez obciążenia (w stanie jałowym),
- przełączanie uzwojeń niedociążonych silników z trójkąta w gwiazdę,
- zmiana silników indukcyjnych na synchroniczne – tam gdzie to jest możliwe i korzystne.

Kompensacja mocy biernej polega na włączeniu równolegle do odbiornika lub grupy odbiorników pobierających moc bierną indukcyjną odbiornika pobierającego moc bierną pojemnościową. Do kompensacji mocy biernej indukcyjnej stosuje się:

- kompensatory techniczne – odpowiednio wzbudzone silniki synchroniczne pracujące na biegu jałowym,
- kondensatory energetyczne.

Moc bierną baterii kondensatorów obliczamy z zależności:

$$Q_k = P(tg j_1 - tg j_2)$$

gdzie:  $\phi_1$  – kąt przesunięcia fazowego między prądem i napięciem przed kompensacją,

$\phi_2$  – kąt przesunięcia fazowego między prądem i napięciem po kompensacji.

Pojemność baterii kondensatorów  $C_b$  obliczamy z zależności:

$$C_b = \frac{Q_k}{\omega \cdot U^2} = \frac{P(tg j_1 - tg j_2)}{\omega \cdot U^2}$$

gdzie:  $U$  – napięcie na baterii kondensatorów, w woltach [V],

$\omega$  – pulsacja, przy częstotliwości  $f = 50$  Hz,  $\omega = 314$  rad/s.

W układach trójfazowych pojemność  $C_1$  jednej fazy baterii kondensatorów obliczamy z zależności:

$$\begin{aligned} \text{przy połączeniu kondensatorów w gwiazdę} & - C_1 = \sqrt{3} \frac{P(\operatorname{tg} j_1 - \operatorname{tg} j_2)}{w \cdot U^2} = \sqrt{3} C_b \\ \text{przy połączeniu kondensatorów w trójkąt} & - C_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{P(\operatorname{tg} j_1 - \operatorname{tg} j_2)}{w \cdot U^2} = \frac{1}{\sqrt{3}} C_b \end{aligned}$$

W zależności od miejsca podłączenia kondensatorów do kompensacji mocy biernej wyróżnia się:

- kompensację indywidualną – kondensatory podłączone bezpośrednio do odbiorników,
- kompensację grupową – kondensatory podłączone do szyn rozdzielnic zasilającej grupę odbiorników,
- kompensację centralną – kondensatory podłączone do szyn głównej rozdzielnic wysokiego napięcia zasilającej zakład przemysłowy.

### Racjonalne gospodarowanie energią elektryczną

Procesowi wytwarzania, przetwarzania, przesyłu i użytkowania energii elektrycznej towarzyszy występowanie strat mocy i energii. Racjonalne gospodarowanie energią elektryczną polega na takim prowadzeniu eksploatacji, aby straty były możliwie jak najmniejsze. Straty mocy i energii w układach i urządzeniach elektroenergetycznych można podzielić na trzy rodzaje:

- straty mocy eksploatacyjne,
- straty mocy spowodowane złą konserwacją urządzeń,
- straty mocy związane z marnotrawstwem energii.

Straty mocy eksploatacyjne są to straty wywołane przepływem prądu oraz straty w izolacji i w rdzeniach wywołane obecnością napięcia. Największy udział stanowią obciążeniowe straty mocy, których wartość jest proporcjonalna do kwadratu natężenia prądu i do rezystancji toru prądowego (przewodu, uzwojenia). Mniejszą rolę odgrywają straty mocy dielektryczne w izolacji, proporcjonalne do kwadratu napięcia i straty mocy w rdzeniach (np. transformatorów), zwane jałowymi stratami mocy.

Straty spowodowane złą konserwacją urządzeń mogą występować zarówno w urządzeniach elektrycznych, jak i w urządzeniach produkcyjnych zasilanych energią elektryczną.

Straty związane z marnotrawstwem energii występują na skutek nienależytej troski o użytkowaną energię oraz zbędnego użytkowania urządzeń.

Istotny wpływ na racjonalne gospodarowanie energią elektryczną odgrywa przesył mocy biernej, która powoduje dodatkowe obciążenie prądowe elementów układu elektroenergetycznego, ograniczając przepustowość tych elementów, wywołuje spadki napięcia w linii i powoduje zwiększenie strat mocy i energii. Jest to szczególnie istotne ze względu na fakt, że pobór mocy biernej można dość łatwo zoptymalizować i co najważniejsze odbywa się to bez ingerencji w ilość pracujących urządzeń i bez zmniejszania sumarycznego obciążenia przedsiębiorstwa pobieraną mocą czynną. Skuteczna kompensacja mocy biernej eliminuje opłaty za moc bierną i zmniejsza o 3 ÷ 7% opłaty za moc czynną. Każda modernizacja, która podniesie sprawność systemu elektroenergetycznego przyniesie wymierne korzyści finansowe.

W odniesieniu do urządzeń i instalacji oświetleniowych można podać następujące zasady racjonalnego użytkowania:

- a) racjonalne oświetlenie wewnątrz polega na:
  - stosowaniu źródeł światła o wysokiej skuteczności świetlnej,
  - stosowaniu nowoczesnych opraw o wysokiej sprawności,
  - systematycznym czyszczeniu opraw,
  - dzieleniu oświetlenia na strefy,

- powszechnym stosowaniu oświetlenia mieszanego, polegającego na przyjęciu mniejszego natężenia oświetlenia ogólnego i dodatkowym oświetleniu miejsca pracy,
- b) racjonalne oświetlenie zewnętrzne polega na:
  - stosowaniu źródeł światła i opraw oświetleniowych o wysokiej sprawności,
  - właściwym doborze poziomu natężenia oświetlenia,
  - stosowaniu urządzeń do sterowania oświetleniem, np. przekaźników zmierzchowych,
  - konserwacji opraw.

W odniesieniu do maszyn elektrycznych zasady racjonalnego użytkowania związane są z poprawą współczynnika mocy i polegają na:

- prawidłowym doborze silników do wymagań maszyny roboczej,
- prawidłowym doborze transformatorów do zapotrzebowania mocy stacji transformatorowej, a przy dużej zmienności obciążenia stosowaniu pracy równoległej transformatorów o odpowiednio mniejszych mocach,
- wyłączaniu silników i transformatorów pracujących bez obciążenia (w stanie jałowym),
- przelączaniu uzwojeń niedociążonych silników z trójkąta w gwiazdę,
- zmianie silników indukcyjnych na synchroniczne – tam gdzie to jest możliwe i korzystne.

W minionym dziesięcioleciu zużycie energii elektrycznej w przeciętnym gospodarstwie domowym wzrosło o 40 proc. Mimo że nowoczesne urządzenia elektryczne zużywają coraz mniej energii, wszyscy chcielibyśmy obniżyć koszty ich eksploatacji. Wbrew pozorom nie jest to trudne. Wystarczy pamiętać o kilku regułach efektywnego użytkowania energii elektrycznej. Oszczędzanie energii elektrycznej powinno odbywać się w rozsądny sposób. Jeśli rzeczywiście rachunki za energię elektryczną są zbyt wysokie nie wpadajmy w panikę i nie wyłączajmy każdej żarówki, telewizora na dziesięć minut, ponieważ nie zauważymy tego w swoim rachunku. 1kWh energii kosztuje 0,4047 zł zatem 10 żarówek 100W świecących przez godzinę kosztuje 0,4047 zł! Jeśli chcemy zaoszczędzić musimy spojrzeć na swoje urządzenia pod kątem ich mocy a więc energochłonności albo ich długiego czasu użytkowania (lodówki, zamrażarki). W gospodarstwach domowych do urządzeń o dużej mocy należy zaliczyć pralki, kuchenki elektryczne, przepływowe podgrzewacze wody, grzejniki elektryczne, zmywarki.

Chcąc precyzyjnie zaplanować zużycie energii elektrycznej w naszym domu, powinniśmy przyjrzeć się parametrom technicznym każdego urządzenia. Na podstawie informacji zamieszczonych na tabliczce znamionowej możemy samodzielnie obliczyć wartość energii wykorzystywanej przez sprzęt RTV i AGD. Ilość zużytej przez urządzenie elektryczne energii (wykorzystanych kWh) decyduje o wysokości naszego rachunku.

Kupując sprzęt gospodarstwa domowego, warto zwrócić uwagę na informację o prognozowanym przez producenta zużyciu energii. Jego uśredniona wartość zapisana jest w etykiecie efektywności energetycznej urządzenia. Symbol klasy „A” wskazuje na to, że sprzęt podczas wykonywania pracy zużywa niewielką ilość energii elektrycznej. Podana wartość może oznaczać zużycie energii elektrycznej w kilowatogodzinach (kWh) na jeden cykl pracy urządzenia lub w trakcie jego rocznej eksploatacji, o uściślenie informacji możemy poprosić sprzedawcę. Duża energooszczędna lodówka zużywa w ciągu roku 270÷340 kWh, inne potrafią przez rok zużyć aż 500 kWh! Różnica w wysokości rocznych opłat jest naprawdę nie do zlekceważenia.

Kilka praktycznych rad, które pozwolą racjonalnie korzystać z energii elektrycznej:

- wyłączaj oświetlenie w pokojach, w których aktualnie nie przebywasz, jedna 100-watowa żarówka pobiera z sieci mniejszy prąd niż cztery 25-watowe, świetlówka kompaktowa świeci z pięć razy większą mocą, żyje 10 razy dłużej ale częste wyłączanie skraca jej żywotność,
- wyłączaj telewizor, radio lub inne urządzenia elektryczne i elektroniczne, jeżeli nikt z nich nie korzysta,

- piorąc w temperaturze 60°C zamiast 90°C oszczędzasz około 40% energii, nie włączaj pralki automatycznej, jeśli nie jest całkowicie zapełniona – takie postępowanie oszczędza również wodę i proszki do prania z korzyścią dla środowiska,
- chłodziarka pobiera najmniej energii przy regulatorze temperatury ustawionym na 4°C, regularnie odmrażaj elementy chłodzące (szron o grubości 3 mm powoduje zwiększenie zużycia energii o 10%, a 7 mm zwiększa je dwukrotnie), dobry przepływ powietrza na tylniej ścianie lodówki zmniejsza zużycie energii do 15%, otwierajmy lodówkę na jak najkrótszy czas – zawsze można zastanowić się co z niej wyjąć, zanim zajrzemy do środka, zawsze starannie domykajmy drzwi chłodziarki i co jakiś czas sprawdzajmy szczelność i czystość uszczelki,
- odkurzając mieszkanie, dbajmy zawsze o to, by worek odkurzacza nie był za bardzo wypełniony – gdy worek jest mało wypełniony ssanie napotyka na mniejszy opór i odkurzacz może być ustawiony na mniejszą moc, czyli na mniejsze zużycie energii;
- jedno dłuższe prasowanie w tygodniu jest tańsze od kilku krótszych wykonywanych codziennie, gdyż żelazko pobiera dużą ilość energii tuż po włączeniu, by ogrzać stopę żelazka – podczas prasowania nie powinno się pozostawiać włączonego żelazka, by np. porozmawiać przez telefon lub obejrzeć fragment ulubionego filmu,
- kuchenki elektryczne są łatwiejsze w eksploatacji i bezpieczniejsze dla użytkowników od gazowych, ale zużywają na co dzień dużo energii elektrycznej – podczas ich użytkowania należy pamiętać o dopasowaniu powierzchni grzejnej kuchenki do rozmiaru stawianych na niej naczyń (średnica garnka powinna być 2 cm większa od średnicy elementu grzejnego płyty ceramicznej), naczynia stawiane na płycie kuchenki elektrycznej powinny mieć płaskie, aluminiowe lub miedziane dno, które bardzo dobrze przewodzi ciepło, zawsze też powinny być starannie wyczyszczone, ponieważ zabrudzone naczynie wykorzystuje nawet o 50 % więcej energii. Szczelne przykrycie garnka pokrywką sprawia, że wytwarza się w nim wyższe ciśnienie, co przyspiesza osiągnięcie temperatury wrzenia, skraca czas gotowania i zmniejsza to zużycie energii o 15 %,
- zmywarka do naczyń zużywa o około 50% mniej wody niż przy zmywaniu ręcznym, myjąc naczynia w temperaturze do 70 °C a koszt jednego zmywania w tym urządzeniu wynosi ok. 1 zł – podczas zmywania najbardziej korzystnie jest załadować urządzenie do pełna. Jeśli okaże się to niemożliwe, warto zaprogramować oszczędnościowy program mycia, który pozwoli oszczędzić energię i wodę, myjąc naczynia zgromadzone tylko w niższym pojemniku. Z kolei tzw. „krótki program” ogranicza czas zmywania i zmniejsza pobór prądu przez urządzenie, a „mycie ekspresowe” stosuje się w przypadku niewielkiej ilości naczyń bezpośrednio po posiłku,
- korzystając z grzejników elektrycznych do ogrzewania pomieszczeń należy korzystać z urządzeń sterujących ich pracą, głównie programatorów cyfrowych, które umożliwiają automatyczne załączanie i wyłączanie grzejników o dowolnej godzinie w ciągu doby oraz pozwalają zaprogramować miesięczny cykl pracy urządzenia w określonych godzinach zgodnie z naszym życzeniem, np. pobór energii elektrycznej w tańszej strefie. Najbardziej efektywne są nowoczesne piece akumulacyjne z dynamicznym rozładowaniem, ponieważ akumulują tańszą energię i oddają ją na zasadzie konwekcji w ciągu dnia.

Oszczędzanie energii wcale nie oznacza spędzania samotnych wieczorów przy zgaszonym świetle, wyłączonym telewizorze komputerze czy też powrotu do automatów „prababki”. Ekonomiczne korzystanie z energii elektrycznej polega na zużywaniu jej w takich ilościach, które zapewniają nam pełen komfort i wygodę życia.

Racjonalne gospodarowanie energią elektryczną wynika to nie tylko ze względów finansowych ale i ekologicznych. Mniejsze zużycie energii to również mniejsze zapotrzebowanie na energię, a to powoduje oszczędności w źródłach pierwotnych energii

elektrycznej, które należą do bogactw naturalnych i ich zasoby są ograniczone. Podczas wytwarzania energii elektrycznej powstają również odpady, które w mniejszym lub większym stopniu zanieczyszczają środowisko.

#### 4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak mierzymy moc prądu przemiennego, gdy natężenie prądu w obwodzie przekracza zakres pomiarowy watomierza?
2. Jak mierzymy moc w sieci trójprzewodowej?
3. Jak obliczamy moc przy pomiarach w układzie Arona?
4. Kiedy uwzględniamy znak minus pomiarach mocy w układzie Arona?
5. Co to jest współczynnik mocy?
6. Jakie są skutki małego współczynnika mocy?
7. Na czym polega naturalny sposób poprawy współczynnika mocy?
8. Na czym polega sztuczny sposób poprawy współczynnika mocy?
9. Co należy uwzględnić przy doborze pojemności baterii kondensatorów?
10. Dlaczego powinniśmy racjonalnie gospodarować energią elektryczną?
11. Na czym polegają zasady racjonalnego gospodarowania energią elektryczną?
12. Jakie mierniki stosuje się do pomiaru energii elektrycznej w instalacji odbiorczej?
13. Na jakie prądy znamionowe są budowane liczniki jednofazowe, a na jakie trójfazowe?
14. Na jakie napięcia znamionowe są budowane liczniki jednofazowe, a na jakie trójfazowe?

#### 4.4.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Zmierz moc czynną pobieraną z sieci elektroenergetycznej przez grupę odbiorników jednofazowych, np. żarówkę, świetlówkę i grzejnik, stosując metodę półpośrednią (z przekładnikiem prądowym) oraz sporządź bilans mocy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapisać dane znamionowe odbiorników energii przygotowanych do badania,
- 2) przypomnieć sobie i narysować lub odnaleźć w literaturze schemat układu do pomiaru mocy czynnej w sieci jednofazowej,
- 3) przypomnieć sobie w jaki sposób podłączane są odbiorniki energii do sieci i narysować układ połączeń dla wskazanych przez nauczyciela odbiorników,
- 4) połączyć układ według schematu,
- 5) po sprawdzeniu układu przez nauczyciela załączyć napięcie i odczytać wskazania mierników,
- 6) zapisać wyniki pomiarów w tabeli,
- 7) obliczyć sumaryczną moc odbiorników na podstawie danych znamionowych,
- 8) porównać wynik obliczony z mocą pomierzoną i sformułować wnioski wynikające z porównania wyników,
- 9) podzielić się swoimi spostrzeżeniami z innymi uczniami.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- watomierz,
- mierniki uniwersalne – 2 szt,

- odbiorniki energii elektrycznej, np.: żarówki o różnych mocach, układ świetlówki, grzejnik elektryczny, czajnik elektryczny itp.,
- rozgałęźnik wielogniazdowy,
- komplet przewodów łączeniowych,
- arkusze papieru formatu A4 i przybory do pisania.

## Ćwiczenie 2

Zmierz energię elektryczną pobraną w ciągu 30 minut przez grupę odbiorników jednofazowych, np. żarówki 4×100 W, grzejnik i czajnik elektryczny. Porównaj otrzymany wynik pomiaru z obliczoną teoretycznie zużyta energią.

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapisać dane znamionowe odbiorników energii przygotowanych do badania,
- 2) przypomnieć sobie i narysować lub odnaleźć w literaturze schemat układu do pomiaru energii w sieci jednofazowej (włączyć dodatkowo amperomierz),
- 3) przypomnieć sobie w jaki sposób podłączane są odbiorniki energii do sieci i narysować układ połączeń dla wskazanych przez nauczyciela odbiorników,
- 4) połączyć układ według schematu,
- 5) zgłosić układ nauczycielowi do sprawdzenia,
- 6) zapisać stan licznika w tabeli,
- 7) po sprawdzeniu układu przez nauczyciela załączyć napięcie,
- 8) zmierzyć czas pracy czajnika (jeśli wyłączy się przed upływem 30 minut),
- 9) po 30 minutach odczytać ponownie wskazanie licznika i zapisać wyniki w tabeli,
- 10) na podstawie wskazań licznika obliczyć energię pobraną przez odbiorniki,
- 11) obliczyć teoretyczne zużycie energii na podstawie danych znamionowych odbiorników,
- 12) porównać wynik obliczony z mocą pomierzoną i sformułować wnioski,
- 13) podzielić się swoimi spostrzeżeniami z innymi uczniami.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- „ściana” z wyłącznikiem instalacyjnym trójbiegunowym i listwą z doprowadzonym napięciem z tablicy rozdzielczej i z zamontowanymi elementami instalacji odbiorczej: licznikiem jednofazowym, oprawkami do żarówek, gniazdami wtykowymi lub listwami rozgałęźnymi,
- odbiorniki energii elektrycznej: żarówki, czajnik elektryczny, grzejnik elektryczny,
- arkusze papieru formatu A4 i przybory do pisania,
- miernik uniwersalny,
- komplet przewodów łączeniowych.

## Ćwiczenie 3

Zmierz energię elektryczną pobraną w ciągu 30 minut przez silnik trójfazowy o mocy np. 3 kW,. Porównaj otrzymany wynik pomiaru z obliczoną teoretycznie zużyta energią.

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapisać dane znamionowe silnika przygotowanego do badania,
- 2) zapisać w tabeli stan licznika,
- 3) połączyć układ według schematu,

- 4) zgłosić nauczycielowi do sprawdzenia układ,
- 5) po sprawdzeniu układu przez nauczyciela załączyć napięcie,
- 6) odczytać i zapisać wskazania amperomierzy,
- 7) po 30 minutach odczytać ponownie wskazanie licznika i zapisać wyniki w tabeli,
- 8) na podstawie wskazań licznika obliczyć energię pobraną przez odbiorniki,
- 9) obliczyć teoretyczne zużycie energii na podstawie danych znamionowych odbiorników,
- 10) porównać wynik obliczony z mocą pomierzoną i sformułować wnioski,
- 11) porównać energię pobraną oraz wskazania amperomierzy w układzie jednofazowym i trójfazowym (ćw. 2) i sformułować wnioski,
- 12) podzielić się swoimi spostrzeżeniami z innymi uczniami.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- „ściana” z zamontowanymi elementami instalacji odbiorczej: wyłącznikiem instalacyjnym trójbiegunowym, listwą z doprowadzonym napięciem z tablicy rozdzielczej, licznikiem trójfazowym, gniazdem trójfazowym,
- odbiorniki energii elektrycznej: silnik trójfazowy,
- mierniki uniwersalne – 3 szt.,
- komplet przewodów łączeniowych,
- schemat układu połączeń,
- arkusze papieru formatu A4 i przybory do pisania.

#### **Ćwiczenie 4**

Określ czynniki wpływające na racjonalne gospodarowanie energią elektryczną podczas eksploatacji urządzeń elektrycznych do przyrządzania posiłków.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienś:

- 1) wymienić znane rodzaje urządzeń elektrycznych do przyrządzania posiłków,
- 2) wybrać instrukcje wskazanej grupy odbiorników z instrukcji zgromadzonych na stanowisku,
- 3) odszukać pośród zgromadzonych urządzeń elektrycznych urządzenia elektryczne do przyrządzania posiłków,
- 4) zapoznać się z zaleceniami producenta dotyczącymi eksploatacji urządzeń i zastanowić się jak ekonomicznie wykorzystywać te urządzenia,
- 5) zapisać propozycje zasad racjonalnego gospodarowania energią podczas eksploatacji urządzeń elektrycznych do przyrządzania posiłków,
- 6) zaprezentować kolegom wyszukane urządzenia i wskazać możliwości oszczędnego gospodarowania energią podczas eksploatacji prezentowanych urządzeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- urządzenia elektryczne niewielkich rozmiarów np. wiertarka elektryczna, szlifierka kątowa, suszarka do włosów, lokówka, lutownica, sokowirówka, robot kuchenny, gofrownica, Kuchenka elektryczna, czajnik elektryczny, itp.,
- instrukcje obsługi sprzętu elektrycznego i elektronicznego,
- arkusze papieru format A4 i przybory do pisania.

## Ćwiczenie 5

Zakład przemysłowy pracując przy  $\cos\phi = 0,6$  i napięciu  $U = 400V$  obciąża sieć elektroenergetyczną mocą czynną  $P = 12kW$ . Oblicz pojemność baterii kondensatorów służącej do poprawy współczynnika mocy z wartości 0,6 do 0,8 przy połączeniu kondensatorów:

- w gwiazdę,
- w trójkąt.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- wypisać wielkości dane i szukane,
- odszukać w literaturze i zapisać wzór na pojemność baterii kondensatorów,
- podstawić dane liczbowe,
- wykonać obliczenia, wpisać jednostkę i podkreślić wynik,
- odszukać w literaturze i zapisać wzór na pojemność jednej fazy baterii kondensatorów przy połączeniu w gwiazdę i w trójkąt,
- podstawić dane liczbowe i wykonać obliczenia,
- zapisać wyniki obliczeń w postaci:  $C = 3 \times C_1 = 3 \times \dots \mu F$  dla obu konfiguracji połączeń,
- porównać wyniki obliczeń, sformułować i zapisać wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- arkusze papieru format A4,
- poradnik dla ucznia.

### 4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) zmierzyć moc w obwodzie prądu przemiennego, gdy natężenie prądu przekracza zakres pomiarowy watomierza?	£	£
2) zmierzyć moc w sieci trójprzewodowej?	£	£
3) połączyć układ do pomiaru mocy metodą półpośrednią?	£	£
4) obliczyć moc przy pomiarach w układzie Arona?	£	£
5) określić co to jest współczynnik mocy?	£	£
6) wymienić skutki zbyt małego współczynnika mocy?	£	£
7) omówić naturalny sposób poprawy współczynnika mocy?	£	£
8) omówić sposób sztuczny poprawy współczynnika mocy?	£	£
9) wyjaśnić, jakie czynniki należy uwzględnić przy doborze pojemności baterii kondensatorów?	£	£
10) dobrać pojemność baterii kondensatorów?	£	£
11) wymienić korzyści wynikające z racjonalnego gospodarowania energią elektryczną?	£	£
12) wymienić zasady racjonalnego gospodarowania energią elektryczną?	£	£
13) wymienić rodzaje mierników stosowanych do pomiaru energii elektrycznej w instalacji odbiorczej?	£	£
14) wymienić prądy znamionowe liczników jedno- i trójfazowych?	£	£
15) wymienić napięcia znamionowe liczników jedno- i trójfazowych?	£	£



## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

### INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

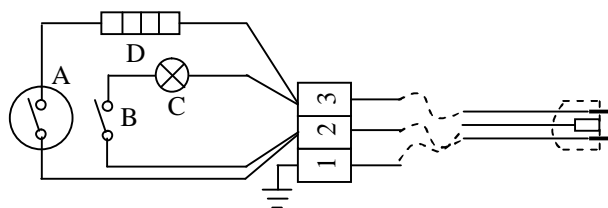
1. Uważnie przeczytaj instrukcję – masz na to 5 minut, jeżeli masz wątpliwości zapytaj nauczyciela.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Uważnie przeczytaj każde polecenie zestawu zadań testowych starając się dobrze zrozumieć jego treść.
4. Twoje zadanie polega na poprawnym rozwiązaniu 20 zadań o różnym stopniu trudności. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.
5. Odpowiedzi udzielaj na karcie odpowiedzi. Zaczernij prostokąt z poprawną odpowiedzią. Jeśli uznasz, że pierwsza odpowiedź jest błędna zakreśl kółkiem i zaznacz prawidłową odpowiedź.
6. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

Powodzenia!

### ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

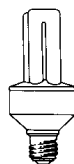
1. Na rysunku przedstawiono schemat połączeń elektrycznych chłodziarki absorpcyjnej. Element oznaczony literą D na schemacie to

- a) żarówka.
- b) regulator temperatury.
- c) silnik elektryczny.
- d) element grzejny.



2. Na rysunku przedstawiono

  - a) lampę sodową.
  - b) lampę żarową.
  - c) świetlówkę kompaktową.
  - d) lampę rtęciową.

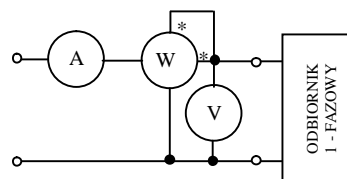


3. Bardzo dużą zmianą chwilowej skuteczności świetlnej charakteryzują się

  - a) lampy żarowe.
  - b) lampy fluorescencyjne.
  - c) lampy sodowe.
  - d) lampy halogenowe.

4. Aby sprawdzić współczynnik mocy odbiornika połączono układ pomiarowy według schematu, jak na rysunku, i odczytano wskazania mierników:  $I = 4,35 \text{ A}$ ,  $U = 230 \text{ V}$ ,  $P = 700 \text{ W}$ . Współczynnik mocy odbiornika wynosi

- a) 0,70.
- b) 0,30.
- c) 0,53.
- d) 1,43.



5. Przy pomiarze mocy odbiornika trójfazowego metodą Arona watomierz W2 wychylił się w lewo. Po przełączeniu zacisków cewki prądowej odczytano wskazania watomierzy:  $P_1 = 1200\text{ W}$ ,  $P_2 = 250\text{ W}$ . Oblicz moc  $P$  odbiornika.
  - a)  $P = 1200\text{ W}$ .
  - b)  $P = 950\text{ W}$ .
  - c)  $P = 1450\text{ W}$ .
  - d)  $P = 250\text{ W}$ .
  
6. Zakład przemysłowy zasilany z sieci o napięciu  $U = 6\text{ kV}$  obciąża sieć mocą  $P = 1,2\text{ MW}$  przy współczynniku mocy  $\cos\varphi = 0,6$ . Oblicz pojemność baterii kondensatorów, aby zwiększyć  $\cos\varphi$  z 0,6 do 0,8 przy połączeniu kondensatorów w trójkąt
  - a)  $C_b = 3 \times 61,7\ \mu\text{F}$ .
  - b)  $C_b = 3 \times 35,5\ \mu\text{F}$ .
  - c)  $C_b = 3 \times 20,6\ \mu\text{F}$ .
  - d)  $C_b = 3 \times 21,7\ \mu\text{F}$ .
  
7. Skuteczność świetlna źródła światła określa
  - a) ilość energii świetlnej, jaką źródło wysyła w ciągu jednostki czasu.
  - b) czas pracy źródła do jego zużycia.
  - c) gęstość powierzchniową padającego strumienia świetlnego.
  - d) ile lumenów uzyskuje się z jednego wata mocy.
  
8. Przed zaświeceniem świetlówki prąd płynie przez zapłonnik, którego bimetalowe styki zamykają się. Przepływ prądu przez świetlówkę i zaświecenie świetlówki następuje momencie
  - a) zamknięcia styków zapłonnika.
  - b) zależnie od wartości napięcia zasilającego.
  - c) otwarcia styków zapłonnika.
  - d) zależnie od zwrotu napięcia zasilającego.
  
9. W działaniu urządzeń grzejnych wykorzystano
  - a) prawo Ohma.
  - b) prawo Joule'a-Lenza.
  - c) prawo indukcji elektromagnetycznej.
  - d) prawo Faraday'a.
  
10. Sprawność odbiorników energii elektrycznej określa
  - a) stosunek wielkości użytecznej, oddanej przez urządzenie do wielkości tego samego rodzaju dostarczonej do urządzenia.
  - b) stosunek wartości napięcia na odbiorniku do wartości rezystancji odbiornika.
  - c) jaką część energii pobranej przez odbiornik prądu zmiennego stanowi energia czynna.
  - d) stosunek wielkości dostarczonej do urządzenia do wielkości użytecznej tego samego rodzaju, oddanej przez urządzenie.
  
11. Do zagotowania 1 litra wody o temperaturze  $20\text{ }^\circ\text{C}$  potrzebna jest energia  $344,4\text{ kJ}$ . Określ sprawność czajnika elektrycznego, jeżeli przy poborze mocy  $P = 700\text{ W}$  woda zagotowała się w ciągu 10 minut.
  - a)  $\eta = 49,2\%$ .
  - b)  $\eta = 82,0\%$ .
  - c)  $\eta = 34,4\%$ .
  - d)  $\eta = 98,4\%$ .

12. Znając moc czynną i czas pracy odbiornika to energię zużytą obliczamy z zależności
- $W = \frac{P}{t}$ .
  - $P = U \cdot I$ .
  - $W = P \cdot t$ .
  - $W = Q \cdot U$ .
13. Współczynnik mocy jest to
- iloczyn wartości skutecznych napięcia i prądu płynącego przez odbiornik.
  - iloczyn wartości chwilowych napięcia i prądu odbiornika.
  - kąt przesunięcia między prądem i napięciem odbiornika.
  - $\cos\phi$  występujący we wzorze na moc czynną.
14. W pobliżu urządzeń grzejnych nie wolno składować
- materiałów higroskopijnych.
  - materiałów przewodzących.
  - żadnych cieczy.
  - materiałów łatwo palnych.
15. Lampę rtęciową można przyłączyć do sieci tylko w układzie zawierającym element, który pełni rolę stabilizatora prądu:
- transformator.
  - kondensator.
  - dławik.
  - rezystor.
16. Racjonalne gospodarowanie energią elektryczną polega na (mając na uwadze aspekty ekonomiczne i ekologiczne)
- oszczędnym eksploataowaniu przemysłowych odbiorników energii elektrycznej.
  - zużywaniu energii w takich ilościach, które zapewniają nam pełen komfort i wygodę życia.
  - stosowaniu minimalnego oświetlenia i wyłączaniu sprzętu RTV na każde 10 minut jak odchodzimy od telewizora.
  - zużywaniu energii tylko przypadkach niezbędnych i sytuacjach uzasadnionych wyższą koniecznością.
17. Negatywne zbyt małego współczynnika mocy to między innymi
- znaczne zwiększenie strat mocy w liniach przesyłowych i zwiększenie spadków napięcia w linii.
  - prawidłowy dobór silników i transformatorów i wyłączanie silników oraz transformatorów pracujących bez obciążenia (w stanie jałowym).
  - wzrost napięcia wyjściowego generatorów co powoduje wzrost napięcia w sieci elektroenergetycznej.
  - znaczne zmniejszenie strat mocy w liniach przesyłowych i zwiększenie spadków napięcia w linii.
18. Strumień świetlny powstaje w wyniku wyładowania elektrycznego w rozrzedzonych parach rtęci i przetwarzania niewidzialnego promieniowania nadfioletowego w odpowiednio dobranym luminoforze na promieniowanie o pożądanej barwie w
- lampach luminescencyjnych.
  - lampach sodowych.
  - lampach żarowych.
  - lampach rtęciowych wysokoprężnych.

19. Do najczęstszych zagrożeń występujących podczas eksploatacji elektrycznych źródeł światła należą:
- powstanie łuku elektrycznego i wydzielanie się szkodliwych substancji lotnych.
  - możliwość porażenia prądem elektrycznym i poparzenia.
  - możliwość wystąpienia pożaru i eksplozja wyłączników instalacyjnych.
  - nadmierne szумы i awarie mechaniczne.
20. Użytkownik umył i spakował sokowirówkę. Przed ponownym zastosowaniem załączył sokowirówkę do źródła zasilania i okazało się, że nie działa. Sprawdził woltomierzem, że w gniazdku, z którego zasilane jest urządzenie, jest napięcie. W następnej kolejności należy:
- wymontować z obudowy silnik i sprawdzić rezystancję cewek, stan szczotek i komutatora, sprawdzić stan izolacji i przewodów łączących silnik z pozostałymi elementami obwodu.
  - załączyć napięcie i sprawdzić woltomierzem, czy jest doprowadzone napięcie do odpowiednich elementów urządzenia ustalonych na podstawie schematu i czy wartość napięcia jest prawidłowa.
  - sprawdzić ciągłość połączeń poszczególnych odcinków obwodu urządzenia w stanie beznapięciowym, omomierzem: przewodu przyłączeniowego, styczności na zaciskach, zestyków wyłącznika w stanie otwartym i zamkniętym, przewodów łączących poszczególne elementy urządzenia.
  - zdemontować urządzenie i wymieniać kolejno poszczególne elementy urządzenia na nowe, sprawdzając poprawność działania po wymianie każdego elementu, aż natrafimy na element uszkodzony.

# KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko .....

## Eksploatowanie odbiorników energii elektrycznej

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
<b>Razem:</b>					

## 6. LITERATURA

1. Bartodziej G., Kuluża E.: Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP, Warszawa 1997
2. Kurdziel R.: Podstawy elektrotechniki. WSiP, Warszawa 2000
3. Kotlarski W., Grad J.: Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP, Warszawa 1995
4. Markiewicz A.: Zbiór zadań z elektrotechniki. WSiP, Warszawa 2000
5. Markiewicz H.: Instalacje elektryczne. WNT, Warszawa 2005
6. Praca zbiorowa: Praktyczna elektrotechnika ogólna. REA, Warszawa 2003
7. Januszewski S., Pytlak A., Rosnowska-Nowaczyk M., Świątek H.: Napęd elektryczny. WSiP, Warszawa 1994
8. Januszewski S., Pytlak A., Rosnowska-Nowaczyk M., Świątek H.: Urządzenia energoelektroniczne. WSiP, Warszawa 1994
9. Januszewski S., Sagan T., Szczucki F., Świątek H.: Eksploatacja urządzeń elektrycznych i energoelektronicznych. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji., Radom 1999
10. Nowak M., Barlik R.: Poradnik inżyniera energoelektronika. WNT, Warszawa 1998
11. Pytlak A., Świątek H.: Ochrona przeciwporażeniowa w układach energoelektronicznych. Wydanie 2. Wyd. COSiW SEP, Warszawa 2005
12. Sroczan E.: Nowoczesne wyposażenie techniczne domu jednorodzinnego. PWRiL, Poznań 2004
13. Norma PN-EN 12464-1: 2004 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
14. Norma PN-90/E-01005 Technika Świetlna. Terminologia
15. Norma PN-90/E-01005/Ap1:2004 Technika świetlna – Terminologia