

Filip Krauz-Damski 267 681  
Filip Kubecki 272 655

Grupa: Pon 13:15

Data wykonania ćwiczenia:  
29 kwietnia 2024r  
Data sporządzenia sprawozdania:  
5 maja 2024r

## **Ćwiczenie 7.**

### **Pomiary mocy, wyznaczanie sprawności odbiornika**

## **1 Spis przyrządów**

Do wykonania ćwiczenia wykorzystano:

- Miernik zużycia energii e246
- Miernik portu USB Keweisi KWS-V20
- Zasilacz laboratoryjny symetryczny NDN DF1730SL20A

## **2 Przebieg i cele doświadczenia**

Doświadczenie polegało kolejno na:

- Rejestrowaniu prądu i współczynnika mocy na wejściu ładowarki ładującej kolejno 3 różne urządzenia oraz rejestrowaniu napięcia i natężenia prądu na wyjściu ładowarki,
- Rejestrowaniu mocy na wejściu zasilacza laboratoryjnego oraz napięcia i natężenia na wyjściu zasilacza obciążone przez rezystor HS50,
- Pomiaru mocy i współczynnika mocy urządzeń przekazanych przez prowadzącego,

### 3 Wyniki pomiarów

#### Część 1 - Pomiar mocy ładowanych urządzeń

Tabela 1 - Smartphone Realme

$T[\text{min}]$	$I_{ac}[\text{A}]$	PF	$I_{dc}[\text{A}]$	$U_{dx}[\text{V}]$
0	0.081	0.55	1.11	9.25
0.5	0.081	0.55	1.05	9.3
1	0.081	0.55	1.05	9.3
1.5	0.081	0.55	1.05	9.3
2	0.081	0.55	1.05	9.3
2.5	0.081	0.55	1.05	9.3
3	0.081	0.55	1.05	9.3
3.5	0.081	0.55	1.05	9.3
4	0.081	0.55	1.05	9.3
4.5	0.081	0.55	1.05	9.3
5	0.082	0.56	1.05	9.4
5.5	0.082	0.56	1.05	9.4
6	0.084	0.56	1.1	9.45
6.5	0.084	0.56	1.1	9.45
7	0.084	0.56	1.1	9.45
7.5	0.084	0.56	1.1	9.45
8	0.063	0.54	1.4	5.05
8.5	0.063	0.54	1.4	5.05
9	0.063	0.54	1.4	5.05
9.5	0.063	0.54	1.4	5.05
10	0.063	0.54	1.4	5.05

Poziom naładowania przed doświadczeniem: 74[%].

Poziom naładowania po doświadczeniu: 88[%].

**Tabela 2 - Smartphone OnePlus**

<b>T[<math>\text{min}</math>]</b>	<b><math>I_{ac}</math>[A]</b>	<b>PF</b>	<b><math>I_{dc}</math>[A]</b>	<b><math>U_{dx}</math>[V]</b>
0	0.173	0.52	2.15	9.25
0.5	0.181	0.53	2.2	9.35
1	0.181	0.53	2.2	9.35
1.5	0.181	0.53	2.2	9.35
2	0.181	0.53	2.2	9.35
2.5	0.184	0.52	2.23	9.42
3	0.184	0.52	2.23	9.42
3.5	0.188	0.5	2.23	9.45
4	0.188	0.5	2.23	9.45
4.5	0.188	0.5	2.23	9.45
5	0.011	0.38	0.56	5.05
5.5	0.011	0.38	0.56	5.05
6	0.03	0.43	0.45	5.4
6.5	0.03	0.43	0.45	5.4
7	0.03	0.43	0.45	5.4
7.5	0.03	0.43	0.45	5.4
8	0.03	0.43	0.45	5.4
8.5	0.03	0.43	0.45	5.4
9	0.03	0.43	0.45	5.4
9.5	0.03	0.43	0.45	5.4
10	0.03	0.43	0.45	5.4

Poziom naładowania przed doświadczeniem: 81[%].

Poziom naładowania po doświadczeniu: 90[%].

**Tabela 3 - Opaska sportowa**

<b>T[<math>\text{min}</math>]</b>	<b><math>I_{ac}</math>[A]</b>	<b>PF</b>	<b><math>I_{dc}</math>[A]</b>	<b><math>U_{dx}</math>[V]</b>
0	0.008	0	0.05	5.4
0.5	0.008	0	0.05	5.4
1	0.008	0	0.05	5.4
1.5	0.008	0	0.05	5.4
2	0.008	0	0.05	5.4
2.5	0.008	0	0.05	5.4
3	0.008	0	0.05	5.4
3.5	0.008	0	0.05	5.4
4	0.008	0	0.05	5.4
4.5	0.008	0	0.05	5.4
5	0.008	0	0.05	5.4
5.5	0.008	0	0.05	5.4
6	0.008	0	0.05	5.4
6.5	0.008	0	0.05	5.4
7	0.008	0	0.05	5.4
7.5	0.008	0	0.05	5.4
8	0.008	0	0.05	5.4
8.5	0.008	0	0.05	5.4
9	0.008	0	0.05	5.4
9.5	0.008	0	0.05	5.4
10	0.008	0	0.05	5.4

Poziom naładowania przed doświadczeniem: 5[%].

Poziom naładowania po doświadczeniu: 31[%].

## **Część 2 - Pomiar mocy zasilacza laboratoryjnego**

**Tabela 4**

<b>U[V]</b>	<b>I[A]</b>	<b>P[W]</b>	<b>PF</b>
0	0	28	0
0.5	0.25	32.7	0.44
1	0.45	36.2	0.48
1.5	0.66	38.9	0.5
2	0.85	43.3	0.54
2.5	1.08	47.3	0.57
3	1.32	50.5	0.6
3.5	1.52	64.1	0.65
4	1.71	69	0.66

### Część 3 - Pomiar mocy urządzeń przekazanych przez prowadzącego

Tabela 5

Urządzenie	Moc[W]	PF
Czajnik	2082	1
Niszczałka	89.70	0.95
Akumulator	2.10	0.27
Lampka halogenowa	25.4	0.92

## 4 Analiza wyników

### Część 1 - pobór energii

**Uwaga!** - napięcie sieciowe zmierzone na początku zadania wynosiło około 240[V]. Takie napięcie będzie wykorzystywane więc w obliczeniach.

Z powodu zaniedbania eksperymentatorów nie zostało również odnotowane wskazanie energii pobrane w ciągu ładowania przez urządzenia. W analizie danych zostanie użyta więc tylko energia wynikająca z obliczeń.

Dodatkowo dla ładowania opaski sportowej miernik nie wskazywał wartości współczynnika mocy. Mogło to być spowodowane bardzo małym poborem mocy przez ładowarkę tego urządzenia. Jako że ładowarka tego urządzenia jest bardzo podobna do ładowarki poprzednich 2 urządzeń, za współczynnik mocy uznano średnią wartość współczynnika mocy dla wszystkich poprzednich pomiarów. Współczynnik mocy dla pomiaru poboru energii opaski zastosowany w obliczeniach będzie wynosił więc 0.5.

Moc czynna dla prądu zmiennego sieciowego została wyznaczona ze wzoru:

$$P = I \cdot U \cdot \cos(\varphi) = I \cdot U \cdot PF$$

Przykładowo dla urządzenia Realme w piątej minucie eksperymentu:

$$P = 0.082[A] \cdot 240[V] \cdot 0.56 \approx 11.021[W]$$

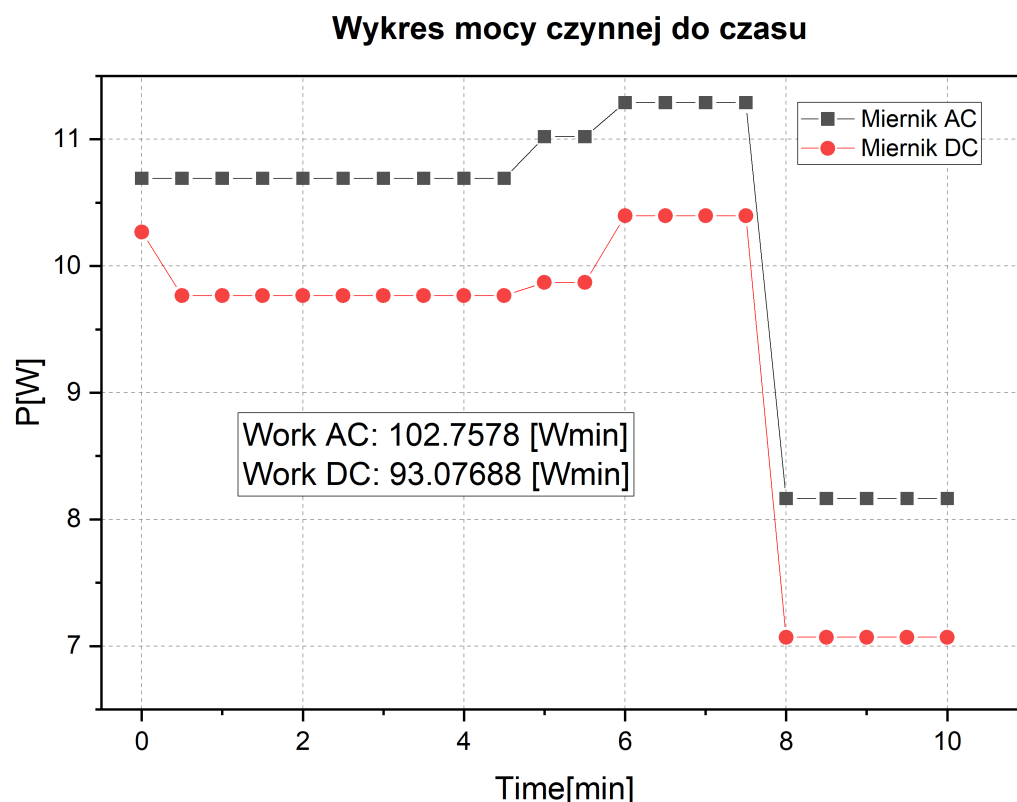
Moc prądu stałego na wyjściu ładowarki obliczono ze wzoru:

$$P = I \cdot U$$

Przykładowo dla urządzenia Realme w piątej minucie eksperymentu:

$$P = 1.05[A] \cdot 9.4[V] \approx 9.870[W]$$

Energię pobraną do naładowania urządzenia z obu mierników wyznaczono licząc całkę mocy czynnej w czasie. Obliczenie zostało wykonane przy pomocy oprogramowania OriginPro. Poniżej przedstawiono przykładowy wykres oraz wyniki kalkulacji oprogramowania dla urządzenia Realme:



Energia wyliczona przy pomocy programu OriginPro podana jest w Wato-minutach. Wartości te zostały zamienione na jednostkę [Wh] przy pomocy poniższego wzoru:

$$P_{Wh} = P_{Wmin} \cdot \frac{1}{60}$$

Przykładowo dla wyniku energii miernika prądu przemiennego dla urządzenia Realme:

$$P_{Wh} = 102.7578 \cdot \frac{1}{60} = 1.712630003[Wh]$$

Poniżej została przedstawiona tabela wyników energii zmierzonych przez oba mierniki dla wszystkich urządzeń:

Urządzenie	Energia AC[Wh]	Energia DC[Wh]
Realme	1.713	1.551
OnePlus	2.040	1.865
Opaska	0.1600	0.0429

Z powyższych wyników możemy zauważyć, że energia na wejściu ładowarki była większa niż energia na wyjściu. Wynika to z tego że część energii pobranej przez ładowarkę zamieniona została na straty w postaci np. energii termicznej.

### Część 1 - koszt naładowania

Energię wymaganą do pełnego naładowania urządzenia wyliczono z poniższego wzoru:

$$E = \frac{E_x}{L} \cdot 100\%$$

$E_x$  - energia pobrana do naładowania L procent baterii,

$L$  - poziom naładowanej energii w procentach (różnica między poziomem baterii na końcu i na początku doświadczenia),

Przykładowo dla urządzenia Realme:

$$E = \frac{1.712630003[Wh]}{14\%} \cdot 100\% = 12.23307145[Wh]$$

Koszt za moc czynną potrzebną do naładowania w pełni urządzenia wyliczany jest ze wzoru:

$$C_P = \frac{E_{Wh}}{1000} * C_{kWh}$$

$C_P$  - cena za moc czynną,

$E_{Wh}$  - energia pobrana przez odbiornik w [Wh],

$C_{kWh}$  - cena 1 [kWh] równa 1.12[PLN]<sup>1</sup>,

Przykładowo dla urządzenia Realme:

$$C_P = \frac{12.23307145[Wh]}{1000} * 1.12[\frac{PLN}{kWh}] = 0.014[PLN] \approx 0.01[PLN]$$

---

<sup>1</sup>Średni koszt 1[kWh] energii elektrycznej dla taryfy G11 dla zużycia 200 kWh/miesiąc we Wrocławiu. Dane aktualne na styczeń 2024r zaczerpnięte z portalu rachuneo.pl

Moc bierną wyliczamy ze wzoru:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin(\arccos(PF))$$

$PF$  - współczynnik mocy,

Przykładowo dla piątej minuty doświadczenia przy urządzeniu Realme:

$$Q = 240[V] \cdot 0.082[A] \cdot \sin(\arccos(0.56)) = 16.30[W]$$

Wyznaczanie energii mocy biernej potrzebnej do naładowania urządzenia analogiczna do wyznaczania energii mocy czynnej (przy pomocy programu OriginPro i powyższych wzorów).

Koszt energii biernej został wyznaczony z tego samego wzoru co koszt energii czynnej lecz dodatkowo koszt został na końcu przemnożony przez 3.

Poniżej została przedstawiona tabela wyników energii czynnej i biernej potrzebnych do naładowania urządzenia w pełni oraz ceny naładowania urządzenia za moc czynną oraz bierną:

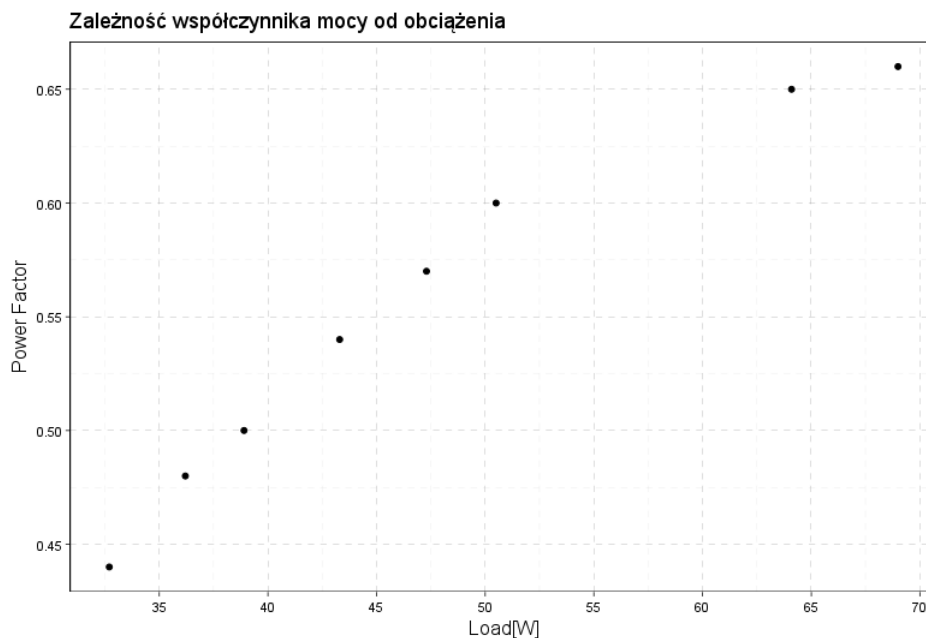
Urządzenie	$E_P$ [Wh]	$E_Q$ [Wh]	Cena <sub>P</sub> [PLN]	Cena <sub>Q</sub> [PLN]
Realme	12.23	18.51	0.014	0.062
OnePlus	22.67	38.69	0.025	0.13
Opaska	0.62	0.98	0.00069	0.0033

Koszt energii został zaokrąglony do dwóch miejsc znaczących gdyż przy zaokrągleniu do jednego grosza stracono by dokładność wyników.



## Część 2 - zasilacz laboratoryjny

Poniżej została przedstawiona charakterystyka zależności obciążenia od współczynnika mocy:



Na podstawie charakterystyki możemy zauważyć, że wraz ze wzrostem obciążenia współczynnik mocy rośnie. Obciążenie na wyjściu zasilacza jest czysto rezystancyjne więc samo w sobie miałoby współczynnik mocy równy 1. Oznacza to że współczynnik mocy wynika tylko i wyłącznie z elementów wewnętrznych zasilacza. Tego typu zasilacze przeważnie składają się z transformatora który obniża znacząco napięcie sieciowe a po wyprostowaniu napięcia dalsza regulacja odbywa się za pomocą przetwornic impulsowych. Tranformatory dodają bardzo duże przesunięcie fazowe indukcyjne do przebiegu. Na wykresie możemy zauważyć kilka charakterystycznych punktów, w których wartości zmieniają się skokowo o dużą wartość.

W trakcie operowania zasilacza również słyszano charakterystyczne "klikanie" przekładników przy zmianie zakresów na wyższe. Mogłoby to oznaczać że zasilacz posiada kilka odczepów na uzwojeniu wtórnym transformatora a sam zasilacz wraz ze wzrostem napięcia wyjściowego przełącza, z którego odczepu podaje napięcie na wyjście. Im mniejsze napięcie chcemy uzyskać tym większa przekładnia transformatora i jednocześnie większe przesunięcie fazowe na wejściu. Tłumaczyłoby to zachowanie współczynnika mocy wraz ze wzrostem obciążenia.

Energię rozproszoną na rezystorze w czasie 1 [h] wyliczamy ze wzoru:

$$E_{dc} = U \cdot I \cdot T$$

Przykładowo dla napięcia 4 [V]:

$$E_{dc} = 4[V] \cdot 1.71[A] \cdot 1[h] = 6.84[Wh]$$

Koszt energii pobranej przez zasilacz wyliczamy tak jak w poprzedniej części ćwiczenia. Poniżej przedstawiono tabelę przedstawiającą energię pobraną przez zasilacz, energię rozproszoną na rezystorze oraz koszt energii pobranej przez zasilacz w czasie 1 [h] dla każdego napięcia:

U[V]	$E_{rez}[Wh]$	$E_{zas}[Wh]$	Koszt[PLN]
0	0	28	0.03
0.5	0.125	32.7	0.04
1	0.45	36.2	0.04
1.5	0.99	38.9	0.04
2	1.7	43.3	0.05
2.5	2.7	47.3	0.05
3	3.96	50.5	0.06
3.5	5.32	64.1	0.07
4	6.84	69	0.08

### Część 3 - pobór mocy i współczynnik mocy dla różnych urządzeń

Wszystkie obliczenia tak jak w poprzednich częściach.

Urządzenie	$E_P[Wh]$	Koszt $_P$ [PLN]	$E_Q[Wh]$	Koszt $_Q$ [PLN]
Czajnik	49968	55.96	0	0
Niszcza	2152.8	2.41	707.6	2.38
Akumulator	50.4	0.06	179.7	0.60
Lampka halogenowa	609.6	0.68	259.7	0.87

## 5 Uwagi i wnioski

Z części 1 możemy wyciągnąć wiele interesujących wniosków. Zauważamy że niektóre ładowarki dostosowują napięcie ładowania do poziomu naładowania akumulatora podczas gdy prostsze konstrukcje ładują stałym napięciem i prądem. Empirycznie możemy też zauważyć straty energii w procesie zmiany napięcia sieciowego na stałe napięcie ładowania. Również zauważamy jak duży wkład w moc pozorną ma moc bierna, która dla wszystkich trzech ładowarek była większa niż moc czynna.

Z części 2 udało się wyznaczyć charakterystykę współczynnika mocy od obciążenia i określić jaki charakter może mieć obciążenie na podstawie zmian współczynnika mocy wraz ze wzrostem napięcia na wyjściu zasilacza.

W części 3 wyznaczono energię czynną oraz bierną pobraną przez typowe urządzenia domowe w ciągu doby oraz koszt tej energii. Można zauważyć że urządzenia czysto rezystancyjne takie jak czajnik nie pobierają mocy biernej w czasie swojej operacji. Jednocześnie większość urządzeń czysto rezystancyjnych wykorzystywana jest do wytwarzania energii ciepłej np. czajniki, kuchenki oporowe, grzejniki elektryczne. Urządzenia te pobierają ogromne ilości energii elektrycznej a koszt ich zasilania jest jednym z głównych kosztów energii elektrycznej w domach rodzinnych. Możemy zauważyć też w przypadku np. niszczarki że koszt mocy biernej w tym przypadku potrafił zrównać się z kosztem mocy czynnej. Na szczęście jako domy rodzinne nie płacimy za moc bierną i całe szczęście gdyż mogłoby to znacząco podnieść koszty energii elektrycznej.

Warto jednak zaznaczyć że duże zakłady/fabryki muszą brać pod uwagę może nie sam współczynnik moc, ale przesunięcie fazowe generowane przez urządzenia znajdujące się na terenie zakładu. Nie dość że firmy te płacą za przesunięcie fazowe w sieci spowodowane przez ich zakład to dodatkowo przesunięcie fazowe źle wpływa na wiele urządzeń takich zakładach. Muszą się oni liczyć więc z kompensowaniem przesunięcia fazowego przy pomocy np. banków kondensatorów (gdyż często przesunięcie fazowe wynika głównie z silników indukcyjnych, transformatorów - które powodują przesunięcie indukcyjne).

## References

- [1] <https://wzn.pwr.edu.pl/materialy-dydaktyczne/metrologia-elektroniczna>