

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з виконання самостійних робіт дисципліни
«ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ»
для студентів спеціальності
G3 Електрична інженерія
усіх форм навчання

Методичні вказівки з виконання самостійних робіт дисципліни «Основи метрології та електричні вимірювання» для студентів спеціальності G3 Електрична інженерія усіх форм навчання. /Укл: О.С. Назарова, І.А.Мелешко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 26 с.

Укладачі:

О.С. Назарова, к.т.н., доцент
І.А. Мелешко, асистент

Рецензент: А.В. Пирожок, к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск: О.С. Назарова, к.т.н., доцент

Затверджено
на засіданні кафедри
Електропривода і автоматизації
промислових установок
протокол № 01 від 28.08.2025 р.

Рекомендовано
до видання НМК ЕТФ
протокол № 04 від 20.11.2025 р.

ЗМІСТ

Передмова	4
1 Самостійна робота №1	
Визначення характеристик амперметра.....	5
2 Самостійна робота №2	
Розрахунок абсолютних та відносних похибок	8
3 Самостійна робота №3	
Магнітоелектричний вимірювальний механізм	13
4 Самостійна робота №4	
Вимірювання активної і реактивної потужності.....	18
5 Самостійна робота №5	
Осцилограми	22
Перелік джерел посилання	25
Додаток А Множники та приставки для утворення кратних і часткових одиниць.....	26

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки містять опис п'яти самостійних робіт з дисципліни «Основи метрології та електричні вимірювання» у відповідності до навчальних планів ОКР бакалаврів спеціальності G3 Електрична інженерія і рекомендації до їх виконання.

Мета самостійних робіт – закріпити та практично засвоїти конкретні задачі розрахунку.

Студенти повинні знати: основні поняття метрології, кваліфікацію видів і методів вимірювань, мати уяву про організацію метрологічної служби України, обладнання та принцип дії засобів вимірювання електричних та неелектричних величин, опис і формування їх метрологічних характеристик, методи опрацювання результатів вимірювання, розробки на їх основі основних положень використання законів метрології, які необхідно знати під час вивчення інших електроінженерних дисциплін.

Студенти повинні вміти: правильно вибрати метод і апаратуру для вимірювання відповідних фізичних величин, зібрати схему і виконати вимірювання на практиці, зробити обробку результатів та дати оцінку похибок.

Для студентів спеціальності G3 Електрична інженерія усіх форм навчання.

1 Самостійна робота №1

Визначення характеристик амперметра

В таблиці 1.1 задані технічні та метрологічні характеристики амперметра:

$I_{\text{ном}}$ – номінальний струм;

N – число поділок;

C – ціна поділки;

S – чутливість;

γ – клас точності;

Δ – найбільша абсолютна похибка;

δ – найбільша відносна похибка;

I – струм;

I_d – дійсне значення струму.

Визначити величини відмічені прочерком [1].

Таблиця 1.1 – Дані для виконання індивідуального завдання згідно варіанта, який визначає викладач

№	$I_{\text{ном}}$ А	N под	C А/под	S под/А	γ %	Δ мА	δ %	I А	I_d А
1	20	-	0,4	-	-	-800	-	15	-
2	-	10 0	-	40	-	-	1,25	-	2
3	-	15 0	-	-	0,5	7,5	-	1,25	-
4	-	-	0,2	-	2,5	-	-	10,5	10,875
5	-	-	-	10	1	-	-	-	1±0,03
6	-	-	-	20	0,2	10	0,25	-	-
7	10	50	-	-	-	-	-	5	4,75
8	5	-	0,2	-	1,5	-	-2,5	-	-
9	-	75	0,02	-	-	-15	-	-	1,25

Кінець таблиці 1.1

10	2,5	100	-	-	-	12,5	1,25	-	-
11	10	-	-	10	-	-	-	3,6	4
12	-	30	-	5	2,5	-	-	4	-
13	10	40	-	-	-	-	-	-	6±0,25
14	-	150	-	75	-	-4	-	1,24	-
15	2	-	-	10	-	-	2	-	1,5
16	-	-	0,3	-	4	600	-	-	12
17	3	-	0,04	-	1,5	-	-	-	2
18	-	-	-	8,333	1	-	2	3	-
19	0,7 5	-	0,025	-	-	-	-0,6	-0,25	-
20	-	150	-	150	-	-	-	-0,68	0,675
21	2,5	-	0,05	-	-	-100	- 7,143	-	-
22	-	-	0,015	-	1,5	-	-	1,2225	1,2
23	7,5	-	0,1	-	-	187,5	-	4,8	-
24	-	-	0,167	-	1	-	- 1,429	-	3,5
25	1	-	-	100	2,5	-	-5	-	-
26	-	150	0,02	-	-	-	-	-	2±0,12
27	-	30	-	60	-	-	- 0,333	-	0,15
28	-	-	0,25	-	4	-	4,8	-	12,5
29	-	30	-	-	0,2	-0,6	-	0,08	-
30	0,5	100	-	-	-	-	-	0,275	0,28
31	15	150	-	-	0,5	-	-	12,5	-

Приклад №1 (Варіант 31) [2]

Дано:

$$I_{\text{ном}} - 15 \text{ А}$$

$$N - 150$$

$$\gamma - 0,5 \%$$

$$I - 12,5 \text{ А}$$

$$C, S, \Delta, \delta, I_d - ?$$

Рішення:

$$1. C = \frac{I_{\text{ном}}}{N} = \frac{15}{150} = 0,1 \frac{\text{А}}{\text{под}}$$

$$2. S = \frac{1}{C} = \frac{1}{0,1} = 10 \frac{\text{под}}{\text{А}}$$

$$3. \Delta = \pm \gamma \frac{I_{\text{ном}}}{100\%} = \pm 0,5 \frac{15}{100\%} = \pm 0,075$$

$$4. I_d = I - \Delta = 12,5 \pm 0,075 \text{ А}$$

$$5. \delta \approx \frac{\Delta}{I} * 100\% = \frac{\pm 0,075}{12,5} * 100\% = \pm 0,6\%$$

Контрольні питання для самоперевірки:

1. Системи одиниць вимірювання.
2. Структурна схема електромеханічного приладу прямої дії.
3. Якісні показники електромеханічних приладів прямої дії.
4. Призначення, склад та схема включення шунта.
5. Що таке повірка вимірювального приладу та як вона здійснюється?

2 Самостійна робота №2

Розрахунок абсолютних та відносних похибок

Розрахувати абсолютну і відносну при вимірюванні [3, 4]:

Опору	“R” (варіанти 1-5, рис. 2.1, таблиця 2.1)
Потужності	“P” (варіанти 6-10, рис. 2.1, таблиця 2.2)
Потужності	“P” (варіанти 11-15, рис. 2.2, таблиця 2.3)
Потужності	“P” (варіанти 16-20, рис. 2.3, таблиця 2.4)
Напруги	“U1” (варіанти 21-25, рис. 2.4, таблиця 2.5)
Струму	“I” (варіанти 26-30, рис. 2.5, таблиця 2.6)

У таблиці задані:

$U_{\text{ном}}$, $I_{\text{ном}}$ – номінальна напруга, струм приладу;
 U , I , R , P – значення напруги, струму, опору, потужності;
 γ – клас точності приладу.

Таблиця 2.1 – Дані для індивідуального завдання

Варіант	Вольтметр, V			Амперметр, A		
	$U_{\text{ном}}$, В	U, В	γ_V , %	$I_{\text{ном}}$, А	I, А	γ_A , %
1	75	60	4	1	0,4	1,5
2	100	80	1,5	2,5	2,2	1
3	150	125	0,2	10	8	4
4	300	22	0,5	20	12	2,5
5	600	380	1	0,5	0,4	0,5

Таблиця 2.2 – Дані для індивідуального завдання

Варіант	Вольтметр, V			Амперметр, A		
	$U_{ном},$ В	U, В	$\gamma_V,$ %	$I_{ном},$ А	I, А	$\gamma_A,$ %
6	30	25	4	1	0,6	1
7	150	110	1,5	2,5	2	4
8	300	250	0,5	5	4	0,5
9	60	40	2,5	2	1,5	2,5
10	15	10	0,2	0,25	0,2	1,5

Таблиця 2.3 – Дані для індивідуального завдання

Варіант	Амперметр, A			R, Ом, %
	$I_{ном},$ А	I, А	$\gamma,$ %	
11	0,5	0,4	0,5	200±4%
12	1	0,6	1	250±5%
13	2	1,2	4	150±2%
14	2,5	2	1,5	100±2,5%
15	5	4,4	2,5	50±1%

Таблиця 2.4 – Дані для індивідуального завдання

Варіант	Амперметр, A			R, Ом, %
	$I_{ном},$ А	I, А	$\gamma,$ %	
16	30	25	2,5	200±5%
17	300	220	1	250±4%
18	150	127	4	150±2%
19	600	380	0,5	100±2%
20	75	50	1,5	50±1%

Таблиця 2.5 – Дані для індивідуального завдання

Варіант	Вольтметр, V1			Вольтметр, V2			
	$U_{ном},$ В	$U,$ В	$\gamma,$ %	$U_{ном},$ В	$I_{ном},$ А	$P,$ Вт	$\gamma_w,$ %
26	100	60	0,2	75	1	40	0,5
27	300	120	4	150	2,5	200	1
28	150	127	1,5	300	5	450	1,5
29	300	220	0,5	600	10	600	0,2
30	600	250	1	300	10	800	2,5

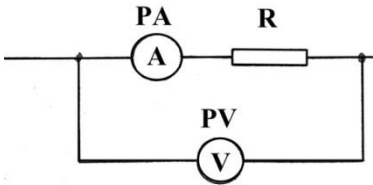


Рисунок 2.1 – Вимірювання опору

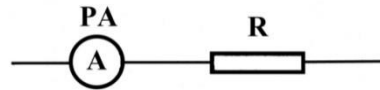


Рисунок 2.2 – Вимірювання потужності

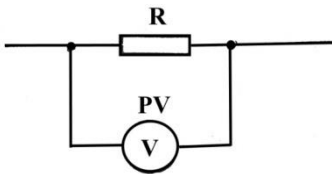


Рисунок 2.3 – Вимірювання потужності

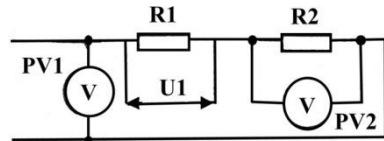


Рисунок 2.4 – Вимірювання напруги

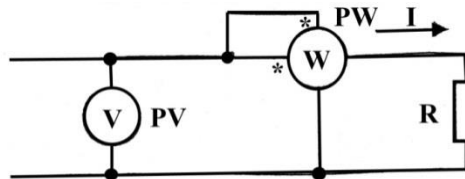
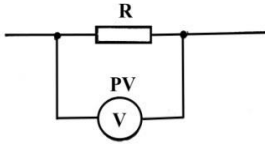


Рисунок 2.5 – Вимірювання струму

Приклад 2

Дано:

 $U_{\text{ном}} - 150 \text{ В}$ $U - 120 \text{ В}$ $\gamma - 1,5 \%$ $R - 100 \pm 2 \text{ Ом}$ $\Delta_I, \delta_I - ?$

Рішення

1. Найбільша абсолютна похибка вольтметра [5]:

$$\Delta U = \pm \gamma \frac{U_{\text{ном}}}{100\%} = \pm 1,5\% \frac{150}{100\%} = \pm 2,25 \text{ В}$$

2. Найбільша абсолютна похибка опору:

$$\Delta_R = \pm 2 \%$$

3. Струм в опорі:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{120}{100} = 1,2 \text{ А}$$

4. Найбільша абсолютна похибка при вимірюванні струму [6]:

$$\begin{aligned} \Delta_i &= \left| \Delta_u * \frac{df}{dU} \right| + \left| \Delta_R * \frac{df}{dR} \right| = \left| \frac{\Delta_u}{R} \right| + \left| \frac{U \Delta_R}{-R^2} \right| \\ &= \pm \left(\frac{2,25}{100} + \frac{2 * 120}{100^2} \right) \\ &= \pm 0,0465 \text{ А} \end{aligned}$$

5. Найбільша відносна похибка при вимірюванні струму [7]:

$$\begin{aligned} \delta_I &= \frac{\Delta_I}{I} * 100\% = \pm \frac{0,0465}{1,2} * 100\% \\ &= \pm 3,875\% \end{aligned}$$

6. Кінцевий результат вимірювання струму:

$$I = (1,2 \pm 0,0465) \text{ А},$$

$$\text{або } I = 1,2 \text{ А} \pm 3,875\%$$

Контрольні питання для самоперевірки:

1. Одиниці вимірювання електричних величин.
2. Вибір методу та засобів вимірювання , похибка вимірювання.
3. Як визначити поріг допустимої абсолютної похибка приладу, якщо відомий його клас точності?
4. Що таке приведена похибка вимірювального приладу?

3 Самостійна робота №3

Магнітоелектричний вимірювальний механізм

Магнітоелектричний вимірювальний механізм (ВМ) передбачають використовувати як вольтметр [8].

В таблиці задано:

$I_{В.М.}$ – струм повного відхилення рамки ВМ;

$U_{В.М.}$ – падіння напруги в рамці ВМ при її повному відхиленні;

$R_{В.М.}$ – опір рамки ВМ;

N – число поділок на шкалі ВМ;

$K_{Ш}$ – коефіцієнт шунтування;

$R_{Ш}$ – опір шунта;

$U_{НОМ}$ – номінальна напруга ВМ з додатковим опором;

K_P – коефіцієнт реостатування;

R_d – додатковий опір;

C_I, C_U – ціна поділки вольтметра, амперметра;

I, U – значення струму амперметра, напруги вольтметра, які відповідають числу поділок N .

Визначити величини відмічені прочерком у таблиці 3.1.

Накреслити схему з'єднань приладу. Визначити номінальну потужність амперметра і вольтметра [9].

Таблиця 3.1 – Варіанти завдання

Вар	Вимірювальний мех. ВМ				ВМ з шунтом					ВМ з додатковим опором					п, под
	Ів.м., мА	Ув.м., мВ	Рв.м., Ом	Н, под	І ном, А	І, А	Кш, в.о.	Рш, мОм	Сі, А/под	Уном, В	U, В	Кр, в.о.	Рд, кОм	Су, В/под	
1	10	-	5	-	0,75	-	-	-	0,025	-	-	-	-	2	24
2	-	-	-	150	-	-	20	-	-	75	-	300	5,98	-	110
3	-	75	25	-	-	4	-	12,51	-	150	-	-	-	5	-
4	2,5	100	-	-	2	-	-	-	0,02	-	210	-	120	-	-
5	-	-	-	50	5	-	100	80,08	-	-	-	-	-	0,6	40
6	50	200	-	100	-	-	-	-	0,01	-	18	150	-	-	-
7	-	-	-	-	0,5	0,4	500	-	-	50	-	2500	-	2	-
8	-	-	100	-	-	-	200	-	-	20	7,2	-	19,9	0,2	-
9	-	120	-	-	-	-	400	80,2	-	-	-	1250	-	1	120
10	3	-	-	-	6	5	-	10	0,1	60	-	-	-	-	-
11	-	-	15	30	2,5	-	-	30,06	-	30	-	-	-	-	26
12	-	300	24	-	1	-	-	-	-	-	90	500	-	1,5	-
13	15	-	-	25	1,5	-	-	-	-	-	-	250	1,992	-	18
14	-	-	2	15	-	1,2	-	-	0,1	-	-	-	1,198	2	-
15	4	320	-	-	-	-	150	-	-	200	160	-	-	-	40
16	1,5	-	-	-	3	-	-	-	0,05	60	50	800	-	-	-

Кінець таблиці 3.1

17	-	-	-	60	2	-	500	15,03	-	-	50	2000	-	-	-
18	-	120	-	-	-	0,5	400	-	-	-	-	200	15,92	0,2	-
19	-	-	-	-	10	-	2000	-	0,4	200	80	666,7	-	-	-
20	1	-	150	150	-	-	-	602,4	-	300	-	-	-	-	100
21	-	150	20	100	-	6	-	-	0,075	-	-	-	9,98	-	-
22	3	-	-	50	15	10	-	40	-	-	-	125	-	-	-
23	5	-	40	-	-	-	-	26,68	-	15	-	-	-	0,1	95
24	-	350	-	30	7,5	-	750	-	-	-	60	-	-	2,5	-
25	-	-	-	-	1,5	0,8	750	100,1	0,025	7,5	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	37,51	0,02	10	7,5	133,3	19,85	-	-
27	0,75	-	-	25	-	-	400	-	-	-	-	-	3,313	0,1	20
28	-	100	75	-	-	2,2	1875	-	-	100	-	-	-	2	-
29	-	-	35	-	0,6	-	-	87,72	0,004	-	-	-	9,965	-	60
30	-	330	5,5	100	3	1,8	-	-	-	250	-	-	-	-	-
31	4	500	-	100	0,5	-	-	-	-	50	-	-	-	-	65

Приклад №3 (варіант 31)

Дано:

$I_{B.M.} - 4 \text{ мА}$
 $U_{B.M.} - 500 \text{ мВ}$
 $N - 100 \text{ под.}$
 $U_{НОМ} - 0,5 \text{ А}$
 $n - 65 \text{ под.}$

$R_{B.M.}, I, K_{Ш}, R_{Ш}, K_P,$
 $R_D, C_I, C_U - ?$

Рішення

$$1. R_{B.M.} = \frac{U_{B.M.}}{I_{B.M.}} = \frac{500}{4} = 125 \text{ Ом}$$

$$2. K_{Ш} = \frac{I_{НОМ}}{I_{B.M.}} = \frac{0,5}{4 \cdot 10^{-3}} = 125 \text{ Ом}$$

$$3. K_P = \frac{U_{НОМ}}{U_{B.M.}} = \frac{50}{500 \cdot 10^{-3}} = 100$$

$$4. R_{Ш} = \frac{R_{B.M.}}{K_{Ш} - 1} = \frac{125}{125 - 1} = 1,0081 \text{ Ом}$$

$$5. R_D = R_{B.M.} \cdot (K_P - 1) = 125 \cdot (100 - 1) = 12375 \text{ Ом}$$

$$6. C_I = \frac{I_{НОМ}}{N} = \frac{0,5}{100} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{А}}{\text{под}}$$

$$7. C_U = \frac{U_{НОМ}}{N} = \frac{500}{100} = 0,05 \text{ В/под.}$$

$$8. I = C_I \cdot n = (5 \cdot 10^{-3}) \cdot 65 = 0,325 \text{ А}$$

$$9. U = C_U \cdot n = 0,5 \cdot 65 = 32,5 \text{ В}$$

$$10. P_A = U_{B.M.} \cdot I_{НОМ} = (500 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,5 = 0,25 \text{ Вт}$$

Або

$$P_A = I_{B.M.}^2 \cdot R_{B.M.} + (I - I_{B.M.})^2 \cdot R_{Ш} \\ = (4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 125 \\ + (0,5 - 4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,0081 = 0,25 \text{ Вт}$$

$$11. P_V = U_{НОМ} \cdot I_{B.M.} = 50 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 65 = 0,2 \text{ Вт}$$

Або

$$P_V = \frac{U_{НОМ}^2}{R_{B.M.} + R_D} = \frac{50^2}{125 + 12375} = 0,2 \text{ Вт}$$

Контрольні питання для самоперевірки:

1. Призначення та схема включення додаткового резистора.
2. Як розрахувати опір додаткового резистора?
3. Маємо вольтметр з невідомим внутрішнім опором та резистор з відомим опором. Як визначити опір вольтметра?

4 Самостійна робота № 4

Вимірювання активної і реактивної потужності

Для вимірювання активної (рис. 4.1) і реактивної (рис. 4.2) потужності трифазного симетричного споживача електроенергії використовували дві схеми вмикання однакових ватметрів $W1$ і $W2$ [1].

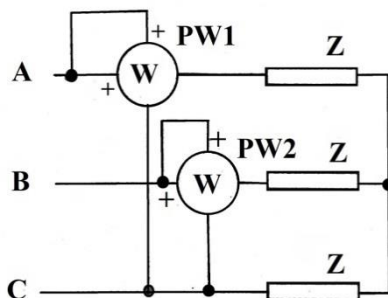


Рисунок 4.1 – Вимірювання активної потужності

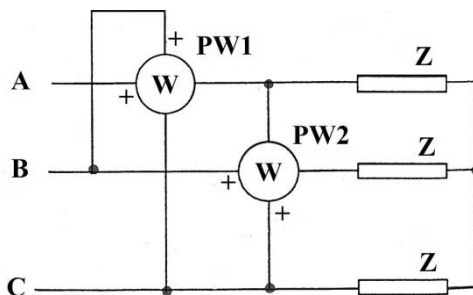


Рисунок 4.2 – Вимірювання реактивної потужності

В таблиці задані:

U_L, I_L – лінійна напруга і струм;

P_1, P_2 – показання ватметрів $W1$ і $W2$ в схемі на рис. 4.1;

P'_1, P'_2 – показання ватметрів $W1$ і $W2$ в схемі на рис. 4.2;

P, Q, S – активна, реактивна і повна потужності споживача;

γ – кут зсуву фаз споживача.

Визначити величини відмічені прочерком у таблиці 4.1 [1, 2].

Таблиця 4.1 – Варіанти завдання

№	U_L , В	I_L , А	P_1 , Вт	P_2 , Вт	$P'_1=P'_2$ Вт	P , Вт	Q , вар	S , ВА	γ , град
1	380	1,5	-	403	-	-	-	-	-
2	-	2	220	-	-	-	-	762	-
3	220	-	-	-	500	-	-	1225	-
4	-	2,5	728	1646	-	-	-	-	-
5	380	-	-	1209	600	-	-	-	-
6	220	4,4	-	-	-	-	-	-	0
7	-	5,33	1995	-	-	-	1200	-	-
8	220	-	-	1500	-	1500	-	-	-
9	-	2,84	-	-	-	-	-670	1869	-
10	-	5,25	1000	-	-	1000	-	-	-
11	220	-	-	-	-400	-	-	-	-15
12	380	-	-	-200	-	-	1855	-	-
13	380	-	-	-	700	3330	-	-	-
14	220	-	-	840	-	-	-	-	18
15	380	-	-	300	-	-	-	600	-
16	220	5	285	-	-	-	-	-	-
17	-	3	-	-	-	1512	1268	-	-
18	-	8,61	1086	-	-800	-	-	-	-
19	380	-	-	-	-	-	400	1170	-
20	380	5	-	-	950	-	-	-	-

Кінець таблиці 4.1

21	220	-	-	-	-	200	-	-	-22
22	-	3,16	1200	600	-	-	-	-	-
23	380	1,9	-	-	-	-	324	-	-
24	-	4,25	650	-	-	-	-	-	-16
25	-	4,5	700	-	-256	-	-	-	-
26	380	-	-	-	-	-	560	-	-12
27	380	-	-	-	1600	1000	-	-	-
28	-	7,73	-	-	-900	2500	-	-	-
29	-	2,16	-	-	-	-	-	1420	20
30	380	-	800	1000	-	-	-	-	-
31	220	2,72	-	-	300	-	-	-	-

Приклад 4: (варіант 31)

Дано:

$U_L = 220$ В

$I_L = 2,72$ А

$P_1 = P_2 = 300$ Вт

$P_1, P_2, P, Q, S, \gamma - ?$

Рішення:

$$1. Q = \sqrt{\frac{2}{3}}(P_1' + P_2') = \sqrt{3} * 300 = 520 \text{ вар}$$

$$2. S = \sqrt{\frac{2}{3}}U_L I_L = \sqrt{3} * 220 * 2,72 = 1036 \text{ ВА}$$

$$3. \sin \gamma = \frac{Q}{S} = \frac{520}{1036} \approx 0,5; \gamma = 30^\circ$$

$$4. P_1 = U_L I_L \cos(30^\circ - \gamma) = 220 * 2,72 \cos(30^\circ - 30^\circ) = 598 \text{ Вт}$$

$$5. P_2 = U_L I_L \cos(30^\circ + \gamma) = 220 * 2,72 \cos(30^\circ + 30^\circ) = 299 \text{ Вт}$$

$$6. P = P_1 + P_2 = 598 + 299 = 897 \text{ Вт}$$

Контрольні питання для самоперевірки:

1. Ватметрами яких систем можна вимірювати потужність постійного та змінного струму?
2. Якими способами можна визначити кут зсуву фаз споживача в цій роботі?
3. Як визначити верхній поріг вимірювання ватметра, цену поділу та максимальну допустиму похибку в ватах?
4. В яких випадках застосовуються методи одного, двох чи трьох приладів в трьохфазних ланках?

5 Самостійна робота № 5

Осцилограми

На входи X і Y осцилографа подані напруги $U_x(t)$ і $U_y(t)$. Побудуйте зображення, яке з'явиться на екрані осцилографа. Дані для свого варіанта взяти з таблиці 5.1 [2, 9].

S_x та S_y – чутливість осцилографа по входу X та Y.

Таблиця 5.1 – Варіанти завдання

Вар	S_x , мм/В	S_y , мм/В	$U_x(t)$, В	$U_y(t)$, В
1	0,4	0,6	$75\sin(1570t+90^\circ)$	$50\cos(785t+90^\circ)$
2	0,5	0,75	$60\cos 523t$	$40\sin(785t-90^\circ)$
3	0,2	0,25	$100\sin 785t$	$80\sin(523t-180^\circ)$
4	0,8	1	$25\cos(785t-90^\circ)$	$25\cos 1570t$
5	1	0,6	$25\sin(1570t-90^\circ)$	$50\cos(523t+180^\circ)$
6	0,5	0,4	$50\cos(392,5t+90^\circ)$	$75\sin(785t+180^\circ)$
7	0,75	0,8	$40\sin(262t+180^\circ)$	$50\sin(392,5t-180^\circ)$
8	0,25	0,2	$100\cos 523t$	$100\cos 1570t$
9	0,6	0,5	$59\sin(392,5t+90^\circ)$	$60\cos(785t-270^\circ)$
10	0,8	0,6	$31\cos(315t-90^\circ)$	$42\sin 210t$
11	0,75	1	$40\sin(314t+90^\circ)$	$30\sin(942t+90^\circ)$
12	1	0,8	$35\cos(314t+270^\circ)$	$38\cos(628t+90^\circ)$
13	0,6	0,4	$42\sin(628t-270^\circ)$	$75\cos 314t$
14	0,25	0,5	$100\cos(942t+180^\circ)$	$50\sin(314t-270^\circ)$
15	0,5	0,75	$60\sin(1256t+270^\circ)$	$40\sin(628t-180^\circ)$
16	0,6	0,4	$50\cos(785t-90^\circ)$	$75\sin(1570t+90^\circ)$
17	0,75	0,5	$40\sin(785t+90^\circ)$	$60\cos 523t$
18	0,25	0,2	$80\sin(523t+180^\circ)$	$100\sin 785t$
19	1	0,8	$25\cos(1570t-270^\circ)$	$25\cos(785t-90^\circ)$
20	0,6	1	$50\cos(523t-180^\circ)$	$25\sin(1570t-90^\circ)$

Кінець таблиці 5.1

21	0,4	0,5	$75\sin(785t-180^\circ)$	$50\cos(392,5t+90^\circ)$
22	0,8	0,75	$50\sin(392,5t+180^\circ)$	$40\sin(262t+180^\circ)$
23	0,2	0,25	$100\cos 1570t$	$100\cos 523t$
24	0,5	0,6	$60\cos(785t+270^\circ)$	$59\sin(392,5t+90^\circ)$
25	0,6	0,8	$42\sin 210t$	$31\cos(315t-90^\circ)$
26	1	0,75	$30\sin(942t-90^\circ)$	$40\sin(314t+90^\circ)$
27	0,8	1	$38\cos(628t-90^\circ)$	$35\cos(314t+270^\circ)$
28	0,4	0,6	$75\cos 314t$	$42\sin(628t-270^\circ)$
29	0,5	0,25	$50\sin(314t+270^\circ)$	$100\cos(942t-180^\circ)$
30	0,75	0,5	$40\sin(628t+180^\circ)$	$60\sin(1256t+270^\circ)$

Контрольні питання для самоперевірки:

1. Принцип дії та будова електронних приладів?
2. Будова та принцип дії електронних осцилографів?
3. Блок-схема, основні технічні характеристики та область застосування електронних осцилографів?

Приклад 5:

Дано:

$S_x = 0,5 \text{ мм/В}$

$S_y = 0,6 \text{ мм/В}$

$U_x(t) = 60\sin(314t+0^\circ)$

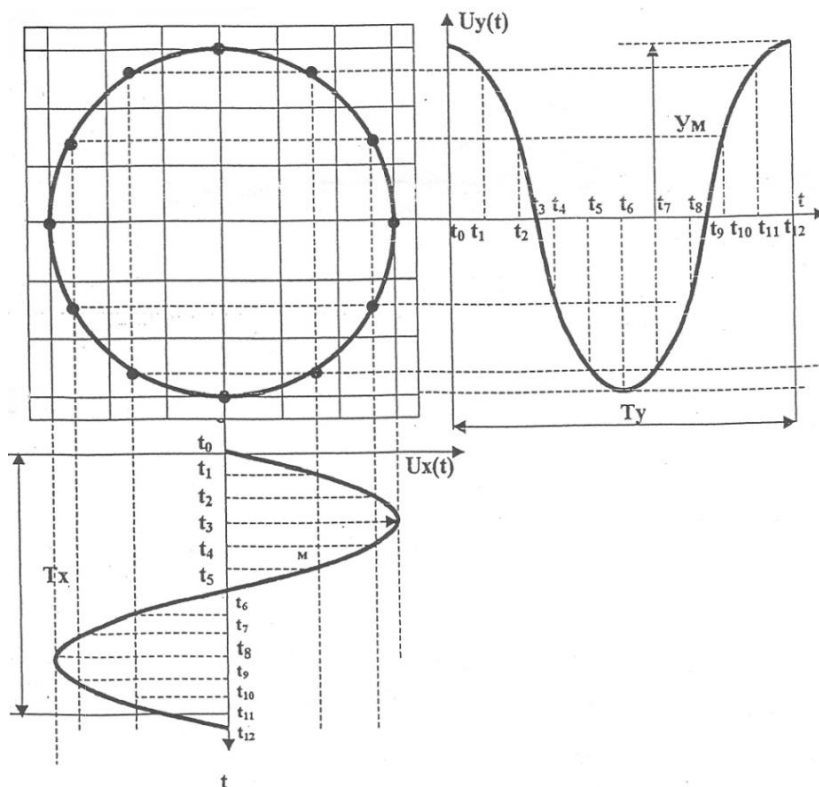
$U_y(t) = 50\cos(314t+0^\circ)$

Рішення:

1. $X_M = S_x * U_{xM} = 0,5 * 60 = 30 \text{ мм}$

2. $Y_M = S_y * U_{yM} = 0,6 * 50 = 30 \text{ мм}$

Побудувати зображення на екрані осцилографа



Примітки:

1. Період $T = 2\pi/\omega$ взяти у довільному масштабі.
2. На графіках повинно виконуватись рівняння $mT_x = nT_y$, де m і n – цілі числа.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Основи метрології та електричних вимірювань: підручник : затв. МОНУ / В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. – Херсон : Олді-плюс, 2013. – 538 с.
2. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник [Текст] / Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук та ін. ; за ред. Є. С. Поліщука.- 2-ге вид., доп. та перероб. – Львів : Львівська політехніка, 2012. – 544 с.
3. Сусліков Л.М., Студеняк І.П. Метрологія та вимірювання: Навчальний посібник. – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2014. - 292 с.
4. Ціделко В.Д., Яремчук Н.А., Затока С.А., Бурченков Г.К., Шведова В.В., Стасевич В.А. Основи метрології та вимірювальної техніки. Навчальний підручник / За заг. ред. Н.А. Яремчук. – К: Видавництво «Політехніка», 2012. - 266 с.
5. Шевченко, О.І. Метрологія. Терміни та пояснення. Довідник. Друге видання. Київ: ВАІТЕ, 2022. – 56 с.
6. Метрологія : навч. посіб. для студ. спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Н.М. Защепкіна. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 397 с.
7. Закон України «Про стандартизацію». - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18>.
8. Назарова, О.С. Удосконалення системи діагностики стана холодної прокатки на основі бази даних його електромеханічних процесів / О.С. Назарова, Б.В. Васильєв, Д.Р. Шокуров // Електротехніка та електроенергетика, 2023. - №1. – С.7-18. DOI 10.15588/1607-6761-2023-1-1.
9. Portable Colour Digital Storage Oscilloscope OWON PDS Series. User Manual. - Режим доступу: <http://www.saelig.com/downloads/pds5022s.pdf>

Додаток А

Множники та приставки для утворення кратних і часткових одиниць

Таблиця А.1 – Відповідність представлення як множників та приставок для утворення кратних і часткових одиниць

Множник	Приставка		
	Назва	Позначення	
		Українське	Міжнародне
1	2	3	4
$10000000000000000000000000=10^{24}$	йотта	Й	Y
$1000000000000000000000000=10^{21}$	зетта	З	Z
$1000000000000000000000000=10^{18}$	екса	Е	E
$100000000000000000000000=10^{15}$	пета	п	P
$10000000000000000000000=10^{12}$	тера	Т	T
$10000000000=10^9$	гіга	Г	G
$1000000=10^6$	мега	М	M
$1000=10^3$	кіло	к	k
$100=10^2$	гекто	г	h
$10=10^1$	дека	да	da
$0,1=10^{-1}$	деци	д	d
$0,01=10^{-2}$	санти	с	c
$0,001=10^{-3}$	мілі	м	m
$0,000001=10^{-6}$	мікро	МК	μ
$0,000000001=10^{-9}$	нано	н	n
$0,0000000000001=10^{-12}$	піко	п	p
$0,0000000000000001=10^{-15}$	фемто	ф	f
$0,0000000000000000001=10^{-18}$	атто	а	a
$0,000 \dots\dots\dots 001=10^{-21}$	зепто	зп	z
$0,000 \dots\dots\dots 001=10^{-24}$	йокто	й	y