

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з виконання самостійних робіт дисципліни

**«ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ»**

для студентів спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
усіх форм навчання

2020

Методичні вказівки з виконання самостійних робіт дисципліни «Основи метрології та електричні вимірювання» для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка усіх форм навчання. /Укл: О.С. Назарова, І.А. Андріяс – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 26 с.

Укладачі:

О.С. Назарова, к.т.н., доцент

І.А. Андріяс, к.т.н., доцент

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 25.08.2020 р.

Рекомендовано
до видання НМК ЕТФ
протокол № 01 від 17.09.2020 р.

ЗМІСТ

Передмова	4
Самостійна робота №1	
Визначення характеристик амперметра	5
Самостійна робота №2	
Розрахунок абсолютних та відносних похибок	8
Самостійна робота №3	
Магнітоелектричний вимірювальний механізм	12
Самостійна робота №4	
Вимірювання активної і реактивної потужності.....	17
Самостійна робота №5	
Осцилограми	20
Перелік посилань	22
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 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка 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 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка всіх форм навчання.

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.

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	-	100	-	40	-	-	1,25	-	2
3	-	150	-	-	0,5	7,5	-	1,25	-
4	-	-	0,2	-	2,5	-	-	10,5	10,875
5	-	-	-	10	1	-	-	-	$1 \pm 0,03$
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

Продовження 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	0,75	-	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)

Дано:

$$I_{\text{ном}} - 15 \text{ A}$$

$$N - 150$$

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

$$I - 12,5 \text{ A}$$

C, S, Δ, δ, I_д - ?

Рішення:

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

$$S = \frac{1}{C} = \frac{1}{0,1} = 10 \frac{\text{под}}{\text{A}}$$

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

$$I_{\text{д}} = I - \Delta = 12,5 \pm 0,075 \text{ A}$$

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

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?

Самостійна робота №2

Розрахунок абсолютних та відносних похибок

Розрахувати абсолютну і відносну при вимірюванні:

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	$\gamma_V,$ %	$I_{\text{ном}},$ А	I, А	$\gamma_A,$ %
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		
	$U_{\text{ном}},$ В	U, В	$\gamma_v,$ %	$I_{\text{ном}},$ 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, %
	$I_{\text{ном}},$ 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, %
	$I_{\text{ном}},$ 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

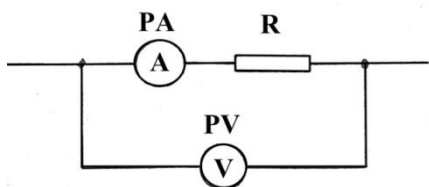


Рисунок 2.1

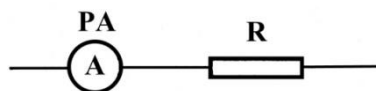


Рисунок 2.2

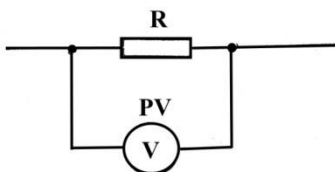


Рисунок 2.3

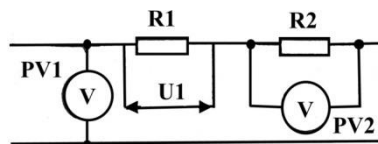


Рисунок 2.4

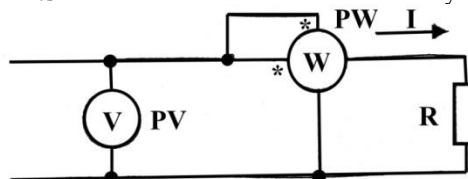
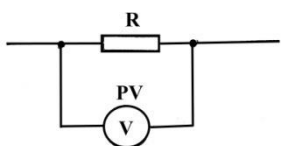


Рисунок 2.5

Приклад 2

Дано:

Рішення



Найбільша абсолютна похибка вольтметра:

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

Найбільша абсолютна похибка опору:

$$\Delta R = \pm 2 \%$$

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

Струм в опорі:

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

Найбільша абсолютна похибка при вимірюванні струму:

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

Найбільша відносна похибка при вимірюванні струму:

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

Кінцевий результат вимірювання струму:

$$I = (1,2 \pm 0,0465) \text{ А, або } I = 1,2 \text{ А} \pm 3,875 \%$$

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?

Самостійна робота №3

Магнітоелектричний вимірювальний механізм

Магнітоелектричний вимірювальний механізм (ВМ) передбачають використовувати як вольтметр. 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.

Таблиця 3.1 – Варіанти завдання

Вар	Вимірювальний мех. ВМ				ВМ з шунтом					ВМ з додатковим опором					п под
	Ів.м., мА	Ів.м., мВ	Рв.м., Ом	N, под	I ном, А	I, А	Кш, в.о.	Рш, мОм	Сі, А/под	U ном, В	U, В	Кр, в.о.	Рд, кОм	Сп, 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	-	-	-

Продовження 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	150	-	-	-	602,4	-	300	-	-	-	-	100
21	-	150	20	100	100	-	6	-	-	0,075	-	-	-	9,98	-	-
22	3	-	-	50	50	15	10	-	40	-	-	-	125	-	-	-
23	5	-	40	-	-	-	-	-	26,68	-	15	-	-	-	0,1	95
24	-	350	-	30	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	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	100	3	1,8	-	-	-	250	-	-	-	-	-
31	4	500	-	100	100	0,5	-	-	-	-	50	-	-	-	-	65

Приклад №3 (варіант 31)

Дано:

Рішення

 $I_{B.M.} - 4 \text{ мА}$

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

 $U_{B.M.} - 500 \text{ мВ}$

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

 $N - 100 \text{ под.}$

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

 $U_{HOM} - 0,5 \text{ А}$ $n - 65 \text{ под.}$

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

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

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

$$C_I = \frac{I_{HOM}}{N} = \frac{0,5}{100} = 5 * 10^{-3} \frac{\text{А}}{\text{под}}$$

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

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

$$U = C_U * n = 0,5 * 65 = 32,5 \text{ В}$$

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

Або

$$P_A = I_{B.M.}^2 * R_{B.M.} + (I - I_{B.M.})^2 * R_{III} =$$

$$(4 * 10^{-3})^2 * 125 + (0,5 - 4 * 10^{-3})^2 * 1,0081 = 0,25 \text{ Вт}$$

$$P_V = U_{НОМ} * I_{В.М.} = 50 * 4 * 10^{-3} * 5 = 0.2 \text{ Вт}$$

Або

$$P_V = \frac{U_{НОМ}^2}{R_{В.М.} + R_{Д}} = \frac{50^2}{125 + 12375} = 0,2 \text{ Вт}$$

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?

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.

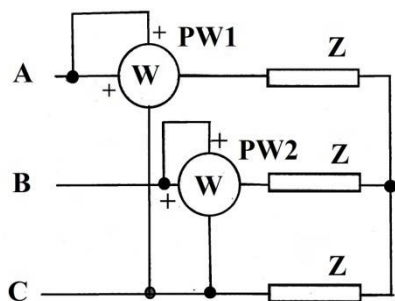


Рисунок 4.1

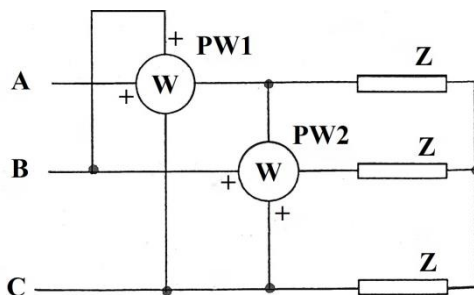


Рисунок 4.2

В таблиці задані:

$U_{\text{л}}$, $I_{\text{л}}$ – 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

Таблиця 4.1 – Варіанти завдання

№	$U_{\text{л}}$ В	$I_{\text{л}}$ 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	-	-	-	-	-

Продовження таблиці 4.1

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	-	-	-	-
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:

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

Uл - 220 В

Iл - 2,72 А

$$S = \sqrt{\frac{2}{3}} U_{\text{л}} I_{\text{л}} = \sqrt{3} * 220 * 2,72 = 1036 \text{ ВА}$$

P'1=P'2 - 300 Вт

P1, P2, P, Q, S, γ -

?

$$\sin \gamma = \frac{Q}{S} = \frac{520}{1036} \approx 0.5; \gamma = 30^\circ$$

$$P_1 = U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos(30^\circ - \gamma) = 220 * 2,72 \cos(30^\circ - 30^\circ) = 598 \text{ Вт}$$

$$P_2 = U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos(30^\circ + \gamma) = 220 * 2,72 \cos(30^\circ + 30^\circ) = 299 \text{ Вт}$$

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

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?

Самостійна робота № 5

Осцилограми

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

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	$50\cos(523t-180^\circ)$	$25\sin(1570t-90^\circ)$

Продовження 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:

$$S_x = 0.5 \text{ мм/В}$$

$$S_y = 0.6 \text{ мм/В}$$

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

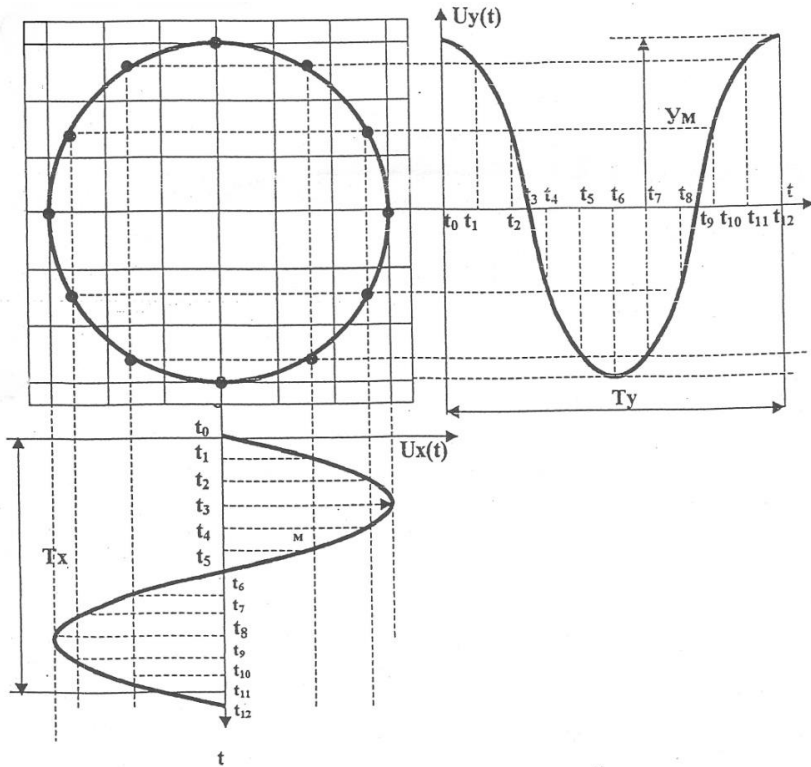
$$U_y(t) = 50\cos(314t+0^\circ)$$

Рішення:

$$X_M = S_x * U_{xM} = 0.5 * 60 = 30 \text{ мм}$$

$$Y_M = S_y * U_{yM} = 0.6 * 50 = 30 \text{ мм}$$

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 ПОСИЛАНЬ

1. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник / 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.
2. 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.
3. ДСТУ 2708:2006 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення. – К., Держстандарт України, 2006.
4. Шишкин И. Ф. Теоретическая метрология: учеб. для вузов. Ч. 1. Общая теория измерений / И. Ф. Шишкин.- 4-е изд. – СПб. : Питер, 2010. – 192 с.
5. Сергеев А. Г. Метрология: учеб. пособие для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Крохин. – Москва : Логос, 2002. – 407 с.
6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и средства измерения: Учеб. для вузов / Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов – М.: Высш. шк., 2001.– 205 с.
7. Тарасова В.В. Метрологія, стандартизація та сертифікація. Підручник / В.В. Тарасова, А.С. Малиновський, М.Ф. Рибак. За заг. ред. В.В. Тарасової. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 264 с.
8. Коваленко І. О. Метрологія та вимірювальна техніка: навчальний посібник / І. О. Коваленко, А. М. Коваль. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 651 с.
9. Цюцюра В. Д. Метрологія та основи вимірювань: навч. посібник / В. Д. Цюцюра, С. В. Цюцюра. – Київ : Знання- Прес, 2003. – 180 с.
10. Электрические измерения: учебник для студ. электроэнерг. и электротехн. спец. вузов / Л. И. Байда, Н. С. Добротворский, Е. М. Душин и др. ; под ред. А. В. Фремке, Е. М. Душина.- 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1980. – 392 с.
11. Пустовая О. А. Электрические измерения: учебное пособие / О. А. Пустовая. – Ростов н/Д : Феникс, 2010. – 247 с.
12. Кузенков М.В., Середкин В.Г. Методы, техника измерений и математическая обработка данных – Красноярск, 2009.- 244 с.

13. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие / К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович, Б.Я. Литвинов – СПб., 2006. – 368 с.

14. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18>

15. Осадчий, В. В. Ідентифікація ступеня завантаження двошвидкісного ліфта / В. В. Осадчий, О. С. Назарова, С. С. Шульженко // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2018. – № 27(103). – С. 103-111. <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.27.103.2018.11>

16. Назарова, Е. С. Особенности моделирования электромеханических систем с переменным моментом инерции / Е. С. Назарова, Р. А. Ефименко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2017. – № 27(1249). – С. 71-74.

17. Закон України «Про стандартизацію». - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18>

18. Назаров Н. Г. Метрология. Основные понятия и математические модели: Учеб. пособие для вузов / Н. Г. Назаров. – М.: Высш. школа, 2002. – 348 с.

19. Назарова, Е. С. Математическое моделирование электромеханических систем станов холодной прокатки / Е. С. Назарова // Технічна електродинаміка. – 2015. – Вип. 5 – С. 82-89.

20. Полішко С. П., Трубенко О. Д. Точність засобів вимірювань: навчальний посіб. для студ. вузів з спец. «Приладобудування». – К.: Вища шк., 1992. – 173 с.

21. Назарова, Е. С. К вопросу разработки систем диагностирования электромеханических систем станов холодной прокатки / Е. С. Назарова // Електротехніка та електроенергетика. – 2013. – № 1. – С. 36-41. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2013-1-6>

22. Sadovoi O., Nazarova O., Bondarenko V., Pirozhok A., Hutsol T., Nurek T., Glowacki Sz. Modeling and research of electromechanical systems of cold rolling mills. Monograph. – Krakow: Traicon, 2020. – 138 p.

23. Nazarova Olena. Computer Modeling of Multi-Mass Electromechanical Systems. The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020), Vol. 2608, pp. 489-498. CEUR-WS.org/Vol-2608/paper36.pdf

24. Nazarova, O.S. Experimental research and computer modeling of the obstruction occurrence in the pneumatic conveying systems peculiarities / O.S. Nazarova, I.A. Meleshko // Herald of Advanced Information Technology, 2020, Vol.3, No.1, pp. 428–439. DOI: 10.15276/hait 01.2020.9

25. Назарова О. С. Ідентифікація кутової швидкості при завадах в оптичній системі енкодера / О.С. Назарова, В. В. Осадчий, І. А. Мелешко, М. О. Олейніков // Вісник НТУ «ХПІ» - Харків, 2019. – С.65-69. <http://doi.org/10.20998/2079-8024.2019.16.12>

26. Осадчий В. В. Дослідження позиційного електропривода двомасової системи з внутрішнім слідкуючим контуром / В. В. Осадчий, О. С. Назарова, М. О. Олейніков // Вісник НТУ «ХПІ» - Харків, 2019. – С.47-54. <http://doi.org/10.20998/2079-8024.2019.16.09>

27. Бичківський Р. В., Столярчук П. Г., Гамула П. Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація : підручник / за ред. Р. В. Бичківського. – Львів: Львівська політехніка, 2002. – 560 с.

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
$1000000000000000000000000 = 10^{15}$	пета	п	P
$1000000000000000000000000 = 10^{12}$	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
$0,000000000001 = 10^{-12}$	піко	п	p
$0,000000000000001 = 10^{-15}$	фемто	ф	f
$0,00000000000000001 = 10^{-18}$	атто	а	a
$0,000.....001 = 10^{-21}$	зепто	зп	z
$0,000.....001 = 10^{-24}$	йокто	й	y