

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни

“Основи метрології та електричні вимірювання”

та виконання контрольної роботи
для студентів спеціальності
141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

заочної форми навчання

2017

Методичні вказівки з вивчення дисципліни «Основи метрології та електричні вимірювання» та виконання контрольної роботи для студентів спеціальності 141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА заочної форми навчання. / Укл: О.С. Назарова - Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 23 с.

Укладач: О.С. Назарова, к.т.н., доцент

Рецензент: В.І. Бондаренко, к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск: В.І. Бондаренко, к.т.н., доцент

Затверджено
на засіданні кафедри
Електропривода і автоматизації
промислових установок
протокол № 7 від 02.03.2017 р.

Затверджено
на засіданні НМК ЕТФ
протокол № 3 від 20.03.2017 р.

ЗМІСТ

Передмова	4
Основні питання дисципліни «Основи метрології та електричні вимірювання»	5
Загальні вимоги до виконання контрольної роботи	8
Завдання 1	9
Завдання 2	9
Завдання 3	11
Завдання 4	13
Перелік посилань.....	19
Додаток А Зразок оформлення титульної сторінки	21
Додаток Б Основні характеристики обмоткових проводів	22

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки містять основні питання, вихідні дані та задачі контрольної роботи (КР), а також рекомендації щодо вивчення дисципліни «Основи метрології та електричні вимірювання» у відповідності до навчальних планів ОКР бакалаврів.

КР сприяє розширенню та закріпленню теоретичних знань з дисципліни при вирішенні конкретних практичних завдань, розвиває навички ведення самостійної творчої роботи та професійні якості.

У додатках подано основні характеристики обмоткових мідного, алюмінієвого та манганієвого проводів, а також зразок оформлення титульної сторінки.

Для студентів спеціальності 141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА заочної форми навчання.

Основні питання дисципліни «Основи метрології та електричні вимірювання»

1. Основні поняття та визначення метрології.
 - 1.1. Предмет, методи, засоби і напрями метрології.
 - 1.2. Фізична величина - основне поняття метрології.
 - 1.3. Основне рівняння вимірювання.
 - 1.4. Класифікація вимірювань.
2. Засоби вимірювальної техніки.
 - 2.1. Вимірювальні пристрої.
 - 2.1.1. Відтворення фізичних величин. Міра.
 - 2.1.2. Вимірювальне перетворення фізичної величини.
 - 2.1.3. Компаратор. Порівняння фізичних величин.
 - 2.1.4. Масштабне вимірювальне перетворення.
 - 2.1.5. Числовий вимірювальний перетворювач.
 - 2.2. Засоби вимірювання.
3. Методи вимірювань.
 - 3.1. Похибки вимірювань. Класифікація похибок вимірювання.
 - 3.1.1. Систематичні похибки і методи їх вилучення.
 - 3.1.2. Випадкові похибки.
 - 3.1.3. Оцінка випадкових похибок прямих вимірювань.
 - 3.1.4. Оцінка випадкових похибок опосередкованих вимірювань.
 - 3.2. Властивості засобів вимірювань.
 - 3.2.1. Статичні метрологічні характеристики.
 - 3.2.2. Похибки засобів вимірювань. Клас точності.
 - 3.3. Перевірка засобів вимірювальної техніки.
 - 3.4. Державна система забезпечення єдності вимірювань.
4. Електромеханічні вимірювальні прилади.
 - 4.1. Магнітоелектричні прилади.
 - 4.1.2. Магнітоелектричний вимірювальний перетворювач.
 - 4.1.3. Магнітоелектричні амперметри.
 - 4.1.4. Магнітоелектричні вольтметри.
 - 4.1.5. Магнітоелектричні гальванометри.
 - 4.1.6. Магнітоелектричні омметри.
 - 4.1.7. Випрямні прилади.
 - 4.1.8. Термоелектричні прилади.
 - 4.2. Електромагнітні прилади.

4.2.1. Електромагнітний вимірювальний перетворювач.

4.2.2. Електромагнітні амперметри.

4.2.3. Електромагнітні вольтметри.

4.3. Електродинамічні прилади.

4.3.1. Електродинамічний вимірювальний перетворювач.

4.3.2. Амперметри, вольтметри і ватметри електродинамічної системи.

4.3.3. Феродинамічний вимірювальний перетворювач.

4.3.4. Електромеханічні частотоміри і фазометри.

4.4. Електростатичні прилади.

4.4.1. Принцип дії електростатичних приладів.

4.4.2. Переваги та недоліки електростатичних приладів.

5. Вимірювання енергії і потужності.

5.1. Вимірювальні трансформатори змінного струму та напруги.

5.1.1. Вимірювальні трансформатори струму (ВТС).

5.1.2. Вимірювальні трансформатори напруги (ВТН).

5.2. Вимірювання потужності.

5.2.1. Вимірювання активної потужності в трифазних колах.

5.2.2. Трифазні ватметри.

5.2.3. Вимірювання реактивної потужності.

5.2.4. Похибки вимірювання потужності, які вносяться вимірювальними трансформаторами.

6. Вимірювання електричної енергії індукційними лічильниками.

7. Електронні, цифрові та мікропроцесорні вимірювальні прилади.

7.1. Електронні аналогові прилади.

7.1.1. Електронні вольтметри.

7.1.2. Електронні частотоміри.

7.1.3. Електронні фазометри.

7.2. Вимірювання магнітних величин.

7.2.1. Вимірювальні перетворювачі магнітних величин.

7.2.2. Індукційні перетворювачі.

7.2.3. Гальваномагнітні перетворювачі.

7.2.4. Гальваномагніторекombінаційні перетворювачі.

7.2.5. Феромодуляційні перетворювачі.

7.2.6. Ядерні перетворювачі.

7.3. Вимірювання неелектричних величин.

7.3.1. Особливості вимірювання неелектричних величин.

7.3.2. Узагальнена структурна схема.

7.3.3. Параметричні вимірювальні перетворювачі.

7.3.4. Резистивні перетворювачі.

7.3.5. Ємнісні перетворювачі.

7.3.6. Індуктивні перетворювачі.

7.4. Цифрові вимірювальні прилади.

7.4.1 Квантування і дискретизація.

7.4.2. Похибки цифрових вимірювальних приладів.

7.4.3. Класифікація цифрових вимірювальних приладів.

7.4.4. Цифровий частотомір середніх значень.

7.5. Мікропроцесорні вимірювальні системи.

7.5.1. Функції, що виконуються мікропроцесорами у вимірювальних системах.

7.5.2. Архітектура мікропроцесорної системи.

7.5.3. Покращення метрологічних характеристик.

7.5.4. Процесорні похибки вимірювань.

Загальні вимоги до виконання контрольної роботи

Кожний студент заочної форми навчання в процесі вивчення дисципліни виконує контрольну роботу (КР), яка охоплює основні розділи дисципліни.

В процесі виконання КР студент повинен:

- розкрити одне теоретичне питання згідно з варіантом;
- розв'язати три задачі згідно з варіантом, у КР навести умови, вихідні дані, рисунки, якщо вони потрібні, та власне послідовне розв'язання кожної задачі.

Варіанти індивідуальних завдань для кожного студента визначаються викладачем.

КР виконується на аркушах формату А4. Текст може бути виконаний рукописним способом або набраний на комп'ютері у редакторі Word, шрифт 14пт, міжрядковий інтервал 1,5; поля верхнє, нижнє, зліва та зправа по 20 мм. Роздрукована КР має бути зброшурована злівої сторони.

Послідовність розділів:

- титульна сторінка;
- завдання 1, яке містить розгорнуту відповідь на теоретичне питання згідно варіанту;
- завдання 2, яке містить вихідні дані згідно варіанту і розв'язання;
- завдання 3, яке містить вихідні дані згідно варіанту і розв'язання;
- завдання 4, яке містить вихідні дані згідно варіанту і розв'язання;
- перелік використаної літератури.

При виконанні КР студент може користуватися не тільки літературою, що рекомендована, але і будь-якою доступною навчальною та технічною.

Завдання 1

Дати повну розгорнуту відповідь на одне із запитань, наведених нижче, згідно індивідуального варіанту, який визначає викладач.

1. Електронні вольтметри: амплітудний вольтметр та вольтметр середніх квадратичних значень.
2. Електронні частотоміри та фазометри. Їх методи вимірювання.
3. Мостові засоби вимірювання.
4. Компенсаційні засоби вимірювання.
5. Вимірювання електричної енергії електронними лічильниками.
6. Квантування і дискретизація. Похибки цифрових вимірювальних приладів.
7. Цифровий фазометр миттєвих значень.
8. Вимірювальні перетворювачі магнітних величин.
9. Вимірювання характеристик постійних магнітних полів веберметром.
10. Сенсори струму і напруги на основі ефекта Холла.
11. Особливості вимірювання неелектричних величин
12. Вимірювання електричної енергії індукційними лічильниками.
13. Вимірювання реактивної потужності в трифазних колах.
14. Вимірювання активної потужності в трифазних колах.
15. Вимірювальні трансформатори змінного струму та напруги.
16. Магнітоелектричні гальванометри.
17. Електростатичні прилади.
18. Електромагнітні прилади.
19. Електродинамічні прилади.
20. Мікропроцесорний вимірювач струму та напруги.

Завдання 2

1. Обчислити ціну поділки та показ ватметра, якщо $U=600$ В, $I=7,5$ А, кількість поділок 100, а стрілка приладу вказує на 30.
2. Визначити абсолютну і зведену похибки приладу з діапазоном вимірювань 0-10 А та класом точності 0,02.

3. Обчислити ціну поділки та показ ватметра, якщо $U=300$ В, $I=2,5$ А, кількість поділок 150, а стрілка приладу вказує на 20.

4. Визначити абсолютну і зведену похибки приладу з діапазоном вимірювань 0-5А та класом точності 0,05.

5. Обчислити ціну поділки та показ ватметра, якщо $U=100$ В, $I=5$ А, кількість поділок 150, а стрілка приладу вказує на 35.

6. Визначити абсолютну і зведену похибки приладу з діапазоном вимірювань 0-2,5А та класом точності 0,1.

7. Обчислити ціну поділки та показ ватметра, якщо $U=150$ В, $I=2,5$ А, кількість поділок 100, а стрілка приладу вказує на 40.

8. Визначити абсолютну і зведену похибки приладу з діапазоном вимірювань 0-30МА та класом точності 0,5.

9. Обчислити ціну поділки та показ ватметра, якщо $U=500$ В, $I=7,5$ А, кількість поділок 200, а стрілка приладу вказує на 130.

10. Визначити абсолютну і зведену похибки приладу з діапазоном вимірювань 0-150В та класом точності 1,0.

11. Обчислити ціну поділки та показ ватметра, якщо $U=350$ В, $I=2$ А, кількість поділок 150, а стрілка приладу вказує на 50.

12. Визначити абсолютну і зведену похибки приладу з діапазоном вимірювань 0-100В та класом точності 0,2.

13. Обчислити ціну поділки та показ ватметра, якщо $U=200$ В, $I=5$ А, кількість поділок 250, а стрілка приладу вказує на 230.

14. Визначити абсолютну і зведену похибки приладу з діапазоном вимірювань 0-300В та класом точності 0,1.

15. Обчислити ціну поділки та показ ватметра, якщо $U=100$ В, $I=2,5$ А, кількість поділок 75, а стрілка приладу вказує на 30.

16. Визначити абсолютну і зведену похибки приладу з діапазоном вимірювань 0-300мВ та класом точності 1,0.

17. Обчислити ціну поділки та показ ватметра, якщо $U=400$ В, $I=7$ А, кількість поділок 300, а стрілка приладу вказує на 100.

18. Визначити абсолютну і зведену похибки приладу з діапазоном вимірювань 0-600В та класом точності 2,0.

19. Обчислити ціну поділки та показ ватметра, якщо $U=300$ В, $I=5$ А, кількість поділок 200, а стрілка приладу вказує на 80.

20. Визначити абсолютну і зведену похибки приладу з діапазоном вимірювань 0-10 кВт та класом точності 1,0.

Завдання 3

1. Обчислити активну потужність, якщо є покази двох ватметрів 20 поділок і 35 поділок. Параметри першого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=2,5\text{А}$, $N=100$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=150\text{В}$, $I=2,5\text{А}$, $N=150$ поділок.

2. Обчислити реактивну потужність, якщо є покази двох ватметрів 30 поділок і 55 поділок. Параметри першого ватметра: $U=600\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=200$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок.

3. Обчислити активну потужність, якщо є покази двох ватметрів 40 поділок і 65 поділок. Параметри першого ватметра: $U=100\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=2,5\text{А}$, $N=150$ поділок.

4. Обчислити активну потужність, якщо є покази трьох ватметрів 30 поділок, 25 поділок і 55 поділок. Параметри першого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок.

5. Обчислити реактивну потужність, якщо є покази трьох ватметрів 40 поділок, 35 поділок і 50 поділок. Параметри першого ватметра: $U=600\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=150$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=2,5\text{А}$, $N=300$ поділок. Параметри третього ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=150$ поділок.

6. Обчислити активну потужність, якщо є покази трьох ватметрів 30 поділок, 25 поділок і 55 поділок. Параметри першого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок. Параметри третього ватметра: $U=150\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=150$ поділок.

7. Обчислити похибку вимірювання реактивної потужності методом одного ватметра, якщо параметри цього ватметра: клас точності 0,5, $U=300\text{В}$, $I=10\text{А}$, $N=150$ поділок, стрілка ватметра вказує на 15 поділок.

8. Обчислити реактивну потужність, якщо є покази трьох ватметрів 30 поділок, 25 поділок і 55 поділок. Параметри першого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок. Параметри третього ватметра: $U=150\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=150$ поділок.

9. Обчислити похибку вимірювання реактивної потужності методом одного ватметра, якщо параметри цього ватметра: клас точності 0,02, $U=100\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок, стрілка ватметра вказує на 35 поділок.

10. Обчислити похибку вимірювання активної потужності методом одного ватметра, якщо параметри цього ватметра: клас точності 0,5, $U=600\text{В}$, $I=10\text{А}$, $N=100$ поділок, стрілка ватметра вказує на 20 поділок.

11. Обчислити похибку вимірювання активної потужності методом одного ватметра, якщо параметри цього ватметра: клас точності 0,2, $U=300\text{В}$, $I=10\text{А}$, $N=150$ поділок, стрілка ватметра вказує на 25 поділок.

12. Обчислити реактивну потужність, якщо є покази двох ватметрів 40 поділок і 65 поділок. Параметри першого ватметра: $U=100\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=2,5\text{А}$, $N=150$ поділок.

13. Обчислити реактивну потужність, якщо є покази трьох ватметрів 30 поділок, 25 поділок і 55 поділок. Параметри першого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок. Параметри третього ватметра: $U=150\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=150$ поділок.

14. Обчислити активну потужність, якщо є покази двох ватметрів 40 поділок і 65 поділок. Параметри першого ватметра: $U=100\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=2,5\text{А}$, $N=150$ поділок.

15. Обчислити активну потужність, якщо є покази трьох ватметрів 40 поділок, 35 поділок і 50 поділок. Параметри першого ватметра: $U=600\text{В}$, $I=10\text{А}$, $N=150$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=600\text{В}$, $I=2,5\text{А}$, $N=150$ поділок. Параметри третього ватметра: $U=300\text{В}$, $I=10\text{А}$, $N=150$ поділок.

16. Обчислити реактивну потужність, якщо є покази трьох ватметрів 40 поділок, 35 поділок і 50 поділок. Параметри першого ватметра: $U=600\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=150$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=2,5\text{А}$, $N=300$ поділок. Параметри третього ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=150$ поділок.

17. Обчислити активну потужність, якщо є покази трьох ватметрів 40 поділок, 35 поділок і 50 поділок. Параметри першого ватметра: $U=600\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=150$ поділок. Параметри другого ватметра: $U=300\text{В}$, $I=2,5\text{А}$, $N=300$ поділок. Параметри третього ватметра: $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=150$ поділок

18. Обчислити похибку вимірювання активної потужності методом одного ватметра, якщо параметри цього ватметра: клас точності 0,5, $U=300\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок, стрілка ватметра вказує на 30 поділок.

19. Обчислити похибку вимірювання реактивної потужності методом одного ватметра, якщо параметри цього ватметра: клас точності 1,0, $U=600\text{В}$, $I=5\text{А}$, $N=100$ поділок, стрілка ватметра вказує на 45 поділок.

20. Обчислити похибку вимірювання активної потужності методом одного ватметра, якщо параметри цього ватметра: клас точності 0,05, $U=300\text{В}$, $I=10\text{А}$, $N=100$ поділок, стрілка ватметра вказує на 40 поділок.

Завдання 4

1. Розміри рамки механізму магнітоелектричного мілівольтметра на 75 мВ позначені на рисунку 3.1. Визначте коефіцієнт заспокоєння P і час заспокоєння t_y рухомої

частини механізму, якщо індукція у повітряному зазорі $B = 0,145\text{Тл}$, число витків рамки $\omega = 13,5$, момент інерції рухомої частини $J = 0,87 \cdot 10^{-7}\text{ кг} \cdot \text{м}^2$, питомий протидіючий момент $W = 65 \cdot 10^{-7}\text{ Н} \cdot \text{м}/\text{рад}$, похибка установки $\nu = 0,02$, питомий електричний опір матеріалу

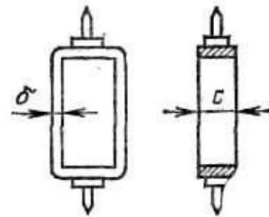


Рисунок 3.1 – Каркас рамки механізму магнітоелектричного мілівольтметра

каркаса $\rho = 0,03\text{ Ом} \cdot \text{мм}^3/\text{м}$, активна площа обмотки рамки $s = 3,2\text{ см}^2$, повний опір кола рамки $R_{\text{сх}} = R_0 + R_{\text{вн}} = 5\text{ Ом}$. Розміри каркаса рамки: ширина $c = 4\text{ мм}$, товщина $\sigma = 0,2\text{ мм}$, середній периметр $l = 76\text{ мм}$.

2. Механізм магнітоелектричного стрілкового гальванометра характеризується такими конструктивними параметрами: індукція у зазорі постійного магніта $B = 0,25 \text{ Тл}$, активна площа рамки $s = 1,66 \text{ см}^2$, питомий протидіючий момент $W = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{рад}$, число витків $\omega = 1500,5$, середня довжина витка рамки $l = 5,4 \text{ см}$, діаметр провoda марки ПЕЛ $0,03 \text{ мм}$, момент інерції рухомої частини $J = 0,45 \cdot 10^{-7} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, кут повного відхилення $\alpha_n = 13^\circ$, що відповідає відхиленню за шкалою 20 поділок. Визначити чутливість механізму за струмом S_I в рад/А, под/А, град/А; струм повного відхилення I_n ; критичний опір $R_{кр}$; постійну за напругою C_U ; період власних коливань рухомої частини T_0 .

3. Оцініть амплітуду коливань стрілки механізму магнітоелектричного міліамперметра с межею вимірювання 30 мА , шкала якого має 150 поділок ($\alpha_n = 150 \text{ дел}$), при пропусканні через його обмотку змінного струму частотою $f = 50 \text{ Гц}$, амплітудне значення якого дорівнює $I_m = 30 \text{ мА}$. Відомо, що момент інерції рухомої частини механізму дорівнює $J = 4,48 \cdot 10^{-7} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, а питомий протидіючий момент $W = 203 \cdot 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{рад}$.

4. Струм повного відхилення у рамці вимірювального механізму мілівольтметра (рисунок 3.2), що має межу вимірювання 15 мВ , дорівнює $I_0 = 0,12 \text{ мА}$. Визначте опір шунтів R_1 і R_2 для меж вимірювання 5 і $0,15 \text{ мА}$, якщо опір кола рамки вимірювального механізму $R_0 = 125 \text{ Ом}$.

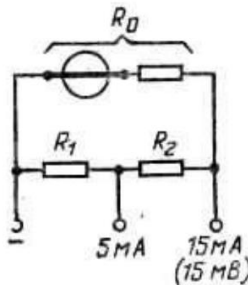


Рисунок 3.2 - Вимірювальний механізм мілівольтметра

5. Визначте можливі межі первинного струму, якщо покази у нормальних умовах амперметра класу 1,5, який включений у вторинну обмотку трансформатора струму з номінальним коефіцієнтом трансформації $k_{In} = 100/5$, дорівнює $I_2 = 5 \text{ A}$, а похибка струму трансформатора струму складає $f_1 = -0,5\%$.

6. Є магнітоелектричний механізм з такими параметрами: магнітна індукція у повітряному зазорі постійного магніта $B = 0,09 \text{ Тл}$, обертальний момент при струмі повного відхилення $I_n = 5 \text{ mA}$ дорівнює $M = 34,4 \cdot 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{м}$, рамка виконана з мідного проводу ПЕВ-1 діаметром $d = 0,25 \text{ мм}$, середня активна площа рамки $s = 4,4 \text{ см}^2$, довжина витка $l = 88 \text{ мм}$. Визначте число витків, перетин обмотки; власне споживання потужності механізму; постійні механізму за струмом та напругою за умови, що шкала має 100 поділок; значення опору добавочного резистора для отримання вольтметра з номінальною напругою 30 В.

7. Визначити опір шунта R і опір резистора R_1 для схеми послідовної температурної компенсації (рисунок 3.3) для отримання на базі магнітоелектричного механізму (варіант 6) амперметра на 5 А з температурною похибкою, яка не перевищує 1,5% при зміні температури обмотки на $+10^\circ \text{ C}$. Температурні коефіцієнти матеріалів обмотки рамки $\beta_0 = 4\%$ на $+10^\circ \text{ C}$, спіральних пружин $\beta_w = 1\%$ $+10^\circ \text{ C}$.

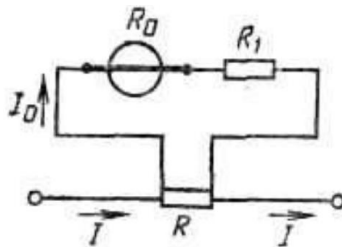


Рисунок 3.3 - Схема підключення шунта

8. Розрахуйте опір шунта так, щоб на базі магнітоелектричного механізму задачі 2, варіанта 6 зробити амперметр з межею вимірювання 5А, і визначте його температурну похибку. Визначте, з

яким опором необхідно поставити компенсаційний резистор для зменшення температурної похибки у 2 рази і як при цьому треба змінити опір шунта. Температурними змінами B і W знехтувати. Температурні коефіцієнти матеріалів: обмотки рамки $\beta_0 = 4\%$ на $+10^\circ\text{C}$, спіральних пружин $\beta_w = 1\%$ $+10^\circ\text{C}$.

9. Необхідно виміряти струм $I = 4\text{A}$. Є два амперметра: один класу точності 0,5 має верхню межу вимірювання 20 А, другий класу точності 1,5 має верхню межу вимірювання 5 А. Визначте, у якого приладу менше межа припустимої основної відносної похибки і який прилад краще використати для вимірювань вказаного струму.

10. Вольтметром, який має верхню межу вимірювання 150 В і струм повного відхилення $I = 3\text{mA}$, вимірюється падіння напруги на резисторах з $R_1 = 5\text{k}\Omega$ і $R_2 = 10\text{k}\Omega$, які увімкнені послідовно з джерелом напруги $U = 120\text{V}$, що має нульовий внутрішній опір (рисунок 3.4). Визначити покази приладу і відносну методичну похибку вимірювання напруги. Похибкою приладу знехтувати.

11. У схему, яка зображена на рисунку 3.5 для вимірювання струму вмикається амперметр класу точності 1,5, який має верхню межу вимірювання 1 мкА і внутрішній опір $R_a = 7300\Omega$. При $U = 15\text{mV}$ і $R = 10000\Omega$ визначити: відносну методичну похибку вимірювання струму мікроамперметром; найбільшу відносну похибку результату вимірювання струму мікроамперметром класу 1,5 з межею вимірювання 1 мкА.

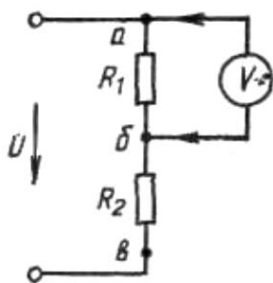


Рисунок 3.4 – Схема підключення вольтметра

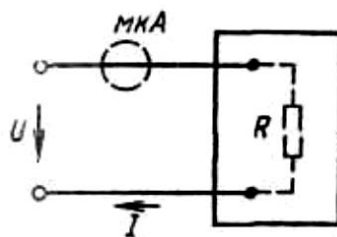


Рисунок 3.5 – Схема підключення амперметра

12. Для вимірювання потужності постійного струму використано ватметр з верхньою межею вимірювання: за струмом $I_n = 1\text{ А}$, за напругою $U_n = 150\text{ В}$. Опір послідовного кола $R_a = 0,2\text{ Ом}$, опір паралельного кола $R_b = 5000\text{ Ом}$. За якою схемою (рисунок 3.6) необхідно включити обмотки ватметра, щоб при струмі навантаження $I = 1\text{ А}$ і напрузі на навантаженні $U = 100\text{ В}$ отримати найменшу можливість відносну похибку результату вимірювання потужності?

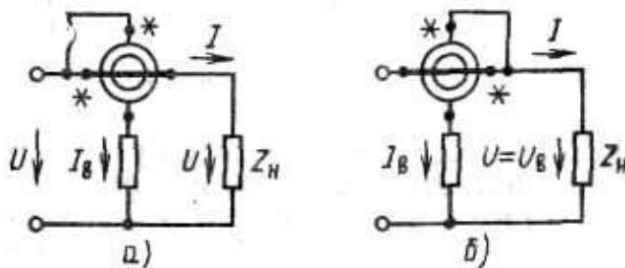


Рисунок 3.6 – Схеми підключення ватметра

13. Для резистора на рисунку 3.7, що має опір $R = 10\text{ Ом}$, постійну часу $\tau = 10^{-7}\text{ с}$ і $1/r = 2$, визначити розміри r і l , діаметр проваду. Номінальна потужність $P = 25\text{ мВт}$ при припустимій щільності струму $J = 3\text{ А/мм}$.

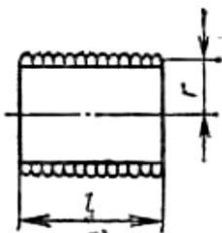


Рисунок 3.7 – Зображення резистору у розрізі

14. Вимірювальний механізм магнітоелектричної системи розрахований на струм $I_U = 15\text{ мА}$ і напругу $U_U = 75\text{ мВ}$ і має шкалу на $\alpha_n = 150$ поділок. Визначити постійну вимірювального механізму за струмом C_I , величину опору шунта $r_{ш}$ і постійну амперметра C'_I , якщо цим приладом необхідно виміряти струм I_n ; визначити

потужність, яка споживається амперметром при номінальному значенні струму 3 А.

15. Є багатомежевий амперметр. При коефіцієнті шунтування $n=100$ амперметр має межу вимірювання 2,5 А, а падіння напруги на його затискачах при струмі повного відхилення $U_n = 75 \text{ мВ}$. Визначити опір шунтів і межі вимірювання приладу при таких коефіцієнтах шунтування: 200, 300, 1000, 2000, 3000, 4000 і 5000.

16. Залишкова індуктивність вимірювального резистора з опором, який визначено на постійному струмі і дорівнює $R_0 = 100 \text{ Ом}$, складає $L = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$. Визначити: постійну часу котушки τ ; шунтуючу ємність C , необхідну для компенсації залишкової індуктивності при низьких частотах ($f = 50 \text{ Гц}$); активний опір катушки R і поправку ξ опору при частотах $f = 50, 1000$ і 10000 Гц при наявності або відсутності шунтуючої ємності.

17. Для електромагнітного вольтметра, який має струм повного відхилення 3 мА і внутрішній опір 30 кОм, визначте верхню межу вимірювання і додаткового резистора, який необхідний для розширення верхньої межі вимірювання до 600 В.

18. Технічний амперметр магнітоелектричної системи з номінальним струмом $I_n = 1 \text{ А}$ і числом номінальних поділок $\alpha_n = 100$ має оцифровані поділки від 0 до номінального значення I_n , які проставлені на кожній п'ятій частині шкали. Повірка технічного амперметра здійснювалась зразковим амперметром тієї ж системи. При повірці встановлені абсолютні похибки для кожного з п'яти оцифрованих значень вимірюваної величини. Значення абсолютних похибок ΔI – -0,03; +0,05; +0,04; -0,08; -0,06. Визначити поправки вимірювання, відносні похибки, приведені похибки, клас точності приладу.

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. 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.

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. 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.

11. Пустовая О. А. Электрические измерения: учебное пособие / О. А. Пустовая. – Ростов н/Д : Феникс, 2010. – 247 с.

12. Осадчий, В. В. Лабораторный стенд для исследования микропроцессорных систем управления двухмассовым электроприводом / В. В. Осадчий, Е. С. Назарова, В. В. Брылистый,

Р. И. Савилов // Электротехнічні та комп'ютерні системи. – 2016. – № 22(98).– С. 33-38. <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.22.98.2016.05>

13. Осадчий, В. В. Исследование позиционного электропривода на основе шагового двигателя в микрошаговом режиме / В. В. Осадчий, Е. С. Назарова, С. Ю. Тоболкин // Электротехнічні та комп'ютерні системи. – 2015. – № 19(95).– С. 24-27. <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.19.95.2015.06>

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

15. Назарова, Е. С. Учет эффекта обрыва прокатываемой полосы при моделировании электроприводов двух смежных клетей стана холодной прокатки / Е. С. Назарова, А. В. Пирожок, А. С. Нечпай, П. А. Подпружников // Электротехніка та електроенергетика. – 2011. – №2. – С. 37-41. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2011-2-6>

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

17. Новое в моделировании и исследовании электромеханических систем станов холодной прокатки : монографія / А. В. Садовой, Е. С. Назарова, В. И. Бондаренко, А. В. Пирожок; Запорізьк. нац. техніч. ун-т, Дніпродзерж. держ. теніч. ун-т – Запоріжжя: «Просвіта», 2014. – 144 с.

18. Осадчий, В. В. Лабораторный стенд для исследования алгоритмов микропроцессорных систем управления шаговыми двигателями / В. В. Осадчий, Е. С. Назарова, С. Ю. Тоболкин // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2014. – Вип. 2/(26). – С.102-108.

19. Бондаренко, В. И. Моделирование систем управления взаимосвязанных электроприводов процесса прокатки с учетом упругостей первого и второго рода / В. И. Бондаренко, А. В. Пирожок, Е. С. Назарова // Техническая электродинаміка. Спецвып. – 2010. – Ч. 1. – С. 129-134.

Додаток А

Зразок оформлення титульної сторінки

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний технічний університет

Кафедра ЕПА

**Контрольна робота
з дисципліни
«Основи метрології та електричні вимірювання»**

Виконав:
студ. гр. Е-333

Іванов І.І.

Перевірив:
доцент

Петров П.П.

Додаток Б
Основні характеристики обмоткових проводів

Таблиця Б.1 – Дані мідного проводу марки ПЕВ-1

Діаметр, мм	Перетин, мм ²	Опір 1 м, Ом/м	Довжина на 1 Ом, м/Ом	Кількість витків на 1 см ²
0,02	0,000314	55,8	0,0179	-
0,03	0,000707	24,6	0,042	36600
0,09	0,00636	2,75	0,364	7350
0,10	0,00785	2,23	0,448	5600
0,12	0,0113	1,55	0,645	4170
0,14	0,0154	1,14	0,877	3200
0,16	0,0201	0,87	1,15	2540
0,18	0,0254	0,686	1,46	2060
0,20	0,0314	0,557	1,80	1640
0,23	0,0415	0,421	2,38	1280
0,25	0,0491	0,356	2,81	1100
0,27	0,0573	0,310	3,23	940
0,29	0,0661	0,265	3,77	825
0,31	0,0755	0,232	4,31	712

Таблиця Б.2 – Дані алюмінієвого проводу марки ПЕВА

Діаметр, мм	Перетин, мм ²	Опір 1 м, Ом/м	Довжина на 1 Ом, м/Ом	Кількість витків на 1 см ²
0,10	0,00785	3,57	0,281	3400
0,12	0,0113	2,48	0,404	2760
0,15	0,0177	1,58	0,635	1970

Таблиця Б.3 – Дані манганінового проводу марки ПЕМС

Діаметр, мм	Перетин, мм ²	Опір 1 м, Ом/м	Довжина на 1 Ом, м/Ом
0,10	0,00785	54,8	0,0182
0,12	0,0113	38,2	0,0262
0,15	0,0177	24,3	0,0411

Таблиця Б.4 – Активний опір котушки і поправка при різних значення частоти

f, Гц	50	1000	10000
$R', \text{Ом}$	$100 + 0,8 \cdot 10^{-8}$	$100 + 3,2 \cdot 10^{-6}$	$100 + 3,2 \cdot 10^{-4}$
$\xi', \%$	$0,8 \cdot 10^{-8}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$
$R, \text{Ом}$	$100 + 1,6 \cdot 10^{-8}$	$100 + 6,3 \cdot 10^{-6}$	$100 + 6,3 \cdot 10^{-4}$
$\xi, \%$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$6,3 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$