

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

**Контрольно-вимірювальні прилади з основами
метрології**

методичні рекомендації

до виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття вищої
освіти

Миколаїв

2025

УДК 006.91:621.039.564

K64

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету (протокол № 8 від 18.04.2025 р.).

Укладачі:

Віталій МАРДЗЯВКО – асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет

Андрій РУДЕНКО – асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет

Рецензенти:

Микола КУНДЕНКО - д-р. техн. наук, професор академік Міжнародної Академії Аграрної Освіти, завідувач кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ “ХПІ”.

Андрій СТАВИНСЬКИЙ – д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет

© Миколаївський національний
аграрний університет, 2025

Зміст

Вступ-----	4
Практична робота № 1 -----	4
Практична робота №2 -----	10
Практична робота №3. -----	25
Практична робота №4 -----	29
Практична робота №5. -----	37
Практична робота №6 -----	Ошибка! Закладка не определена.
Практична робота №7 -----	44
Практична робота №8 -----	56
Відпрацювання та система оцінювання -----	60
Вимоги до оформлення практичних робіт. -----	62
Список використаних джерел -----	65

Вступ

Вивчення природних явищ, а також розвиток науки і техніки неможливі без вимірювань. Особливо важливу роль у цьому відіграють електричні вимірювання, оскільки вони є найбільш надійним та об'єктивним способом контролю виробничих процесів.

Дисципліна «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології» спрямована на формування у майбутніх фахівців знань і навичок, необхідних для правильного використання електровимірювального обладнання та відповідних методів вимірювання в усіх сферах застосування електротехнічних пристроїв, зокрема в аграрному виробництві. Оволодіння цією дисципліною сприяє забезпеченню безперебійної та безпечної роботи електротехнічних систем.

Навчальна програма передбачає ознайомлення студентів із загальними засадами електричних вимірювань, принципами роботи контрольно-вимірювальних приладів, а також із методами вимірювання як електричних, так і неелектричних величин.

Метою вивчення дисципліни є надання здобувачам освіти теоретичних знань та практичних умінь щодо конструкції, принципів дії, а також методів використання базових і спеціалізованих електровимірювальних приладів. Особливий акцент робиться на їх застосуванні у сферах електроприводу, автоматизації, енергетики та систем енергопостачання в сільському господарстві.

Основне завдання дисципліни — сформувати у студентів відповідні компетентності, які дозволять ефективно вирішувати прикладні та професійні завдання, пов'язані з метрологією та електричними вимірюваннями. В результаті навчання студенти повинні розуміти основи метрології, принципи побудови вимірювальних приладів та володіти навичками здійснення точних вимірювань для розв'язання фахових задач.

Предметом дисципліни є отримання кількісної та якісної інформації про властивості фізичних об'єктів і процесів, а також вивчення й застосування

наукових і організаційних засад, норм і правил, необхідних для забезпечення єдності та необхідної точності вимірювань.

Практична робота № 1

Тема: Вивчення законодавчої та нормативної бази України в галузі оцінювання відповідності та сертифікації електроприладів.

Мета: Вивчити основні законодавчі та нормативні акти України, які регулюють відносини в галузі оцінювання відповідності, ознайомитися з основними положеннями Закону України «Про захист прав споживачів» та Закону України «Про підтвердження відповідності»

Завдання 1. Вивчення науково-методологічних відомостей про поняття оцінки відповідності Користуючись збірником нормативних документів та законом України «Про підтвердження відповідності» законспектуйте основні терміни і поняття що характеризують оцінку відповідності.

Визначення термінів, які відсутні у конспектах лекцій, треба записати у звіт. Охарактеризувати об'єкти підтвердження відповідності. Визначити основні принципи державної політики в галузі підтвердження відповідності. Визначити галузь використання Закону України «Про підтвердження відповідності». Ознайомитися зі структурою Закону України, занотувати з яких розділів та статей складається закон та записати основні положення щодо підтвердження відповідності продукції та послуг.

Завдання 2. Ознайомитися зі структурою Закону України «Про захист прав споживачів».

Занотувати з яких розділів та статей складається Закон та записати основні положення щодо захисту прав споживачів та обов'язків виробників. Вивчити гарантії, які надає держава українським споживачам. Записати основні терміни та положення, які визначаються у Законі.

Завдання 3 Вивчення основних видів діяльності в системі УкрСЕПРО Використовуючи ДСТУ 3410-96 записати види діяльності в Системі із характеристикою їх змісту.

Завдання 3. Ознайомитися зі сертифікацією електричного та електронного обладнання.

Вимога до сертифікації електричного та електронного обладнання в країнах, що входять до Європейського союзу, в тому числі й в Україні, є обов'язковою. Директива 2014/35/ЄС розповсюджується як на кінцевий продукт електрообладнання, так і на складові цього обладнання. Електричні та електронні механізми широко використовуються як на різноманітних підприємствах, так і в побуті, тому для такого обладнання важливими моментами виступають підвищені вимоги до безпеки використання та пожежна безпека.

До електрообладнання відносять: комп'ютери, теле- та радіозв'язок, спеціальну техніку для медичних цілей, промислові установки високотехнологічного виробництва, мікрохвильовки, пілососи, холодильники, телефони та електробритви тощо. Також різного роду електроустановки застосовуються й в аерокосмічній сфері, для здійснення навігації та у військовій справі.

Важливо зазначити, що наразі електрична та електронна продукція без наявності сертифікату про гарантію безпеки заборонена для виготовлення і, тим більше, розповсюдження.

До електрообладнання, обов'язкового до сертифікації відносяться: електроприлади побутового та аналогічного призначення, кабелі та шнури, перемикачі для приладів та автоматичні керуючі пристрої, конденсатори та комплектуючі, з'єднувальні пристрої, вимірювальні електроприлади, світлотехнічні вироби, обчислювальне, інформаційне та конторське обладнання, електрообладнання медичного призначення, електроустановочні захисні пристрої, ручні електроінструменти, захисні трансформатори та подібне обладнання, низьковольтна силова апаратура керування, а також електронна апаратура і пристрої розважального призначення, що живляться від мережі.

Загалом, така неодмінна для сертифікації інструкція розповсюджується на будь-які електронні та електричні обладнання, які розраховані на використання при номінальній напрузі 50-1000 В змінного струму та від 75 до 1500 В постійного струму. Під цю категорію підпадають всі прилади що живляться від мережі 220 В.

У випадку, якщо електричне та електронне обладнання відповідає вимогам ЄС стосовно пожежної безпеки та безпеки у використанні, то на нього наноситься відповідне маркування CE (CE Marking).

Таке маркування повинно наноситися на електрообладнання чи на пакуванні такої продукції видимим та читабельним позначенням. CE маркування повинно бути непридатним до змивання, а також може бути розміщене й на інструкції обладнання чи на гарантійному талоні(сертифікаті).

Загальновідомо, що всі електроприлади випромінюють електромагніти, які напряму заважають роботі іншого електричного обладнання, що знаходиться поблизу. Також електромагнітні випромінювання мають вплив на навколишнє середовище, тому всі індустріально розвинені країни повинні слідкувати за дотриманням вимог до охорони праці, безпеки технічних засобів та захисту навколишнього середовища.

Тому, відповідно до Директиви 49/33 ЄЕС від 01.01.92, ні один електроприлад не може розповсюджуватися на європейському чи національному ринку, якщо він не відповідатиме вимогам європейських та міжнародних стандартів у галузі електромагнітної сумісності, тим самим і вимогам стосовно безпечності у користування таким обладнанням.

Теми рефератів:

1. Принципи стандартизації.
2. Значення стандартизації для розвитку народного господарства країни.
3. Основні поняття та визначення в галузі стандартизації.

Контрольні питання

1. Що собою являє стандартизація? Визначте її мету і основні напрями.
2. Охарактеризуйте рівні стандартизації.

3. Поясніть сутність поняття «ефективність використання стандарту».
4. Назвіть функції стандартів як нормативно-технічних документів.
5. Який вплив стандартизації на забезпечення якості продукції?
6. Назвіть основні методи стандартизації та їх особливості.

Практична робота №2

Тема: «Поняття про методи та засоби вимірювання. Основні параметри засобів вимірювання»

Мета роботи: Вивчити конструкції найбільш розповсюджених приладів (амперметрів і вольтметрів) магнітоелектричної і електромагнітної систем і приладів електродинамічної або феродинамічної систем. Навчитися визначати технічні характеристики за умовними позначеннями на шкалах приладів. Навчитися визначати, для яких вимірів можуть бути використані ці прилади. Навчитися визначати ціну поділу приладів з різними типами шкал.

1. Теоретична частина.

Електровимірювальні прилади поділяються на прилади, які показують (стрілочні) та прилади порівнювання (компенсаційні пристрої і мости).

Найбільш розповсюдженою групою електровимірювальних приладів, які показують є електромеханічні прилади в яких зміна енергії магнітного і електричного полів використовується для переміщення рухомої частини приладу.

В залежності від способу перетворення енергії, яка підводиться, в механічну енергію переміщення рухомої частини, та по конструктивних особливостях вимірювального механізму, електромеханічні прилади діляться на кілька типів. Найбільш широко використовуються наступні типи електромеханічних приладів:

- Прилади магнітоелектричної системи, в яких використовується взаємодія магнітного поля постійного магніту з магнітним полем електричного струму, який протікає по обмотці легкої рухомої котушки.

- Прилади електромагнітної системи, де використовується взаємодія магнітного поля електричного струму нерухомої котушки з магнітним полем намагніченого залізного осердя, яке рухається відносно котушки .

- Прилади електродинамічної системи, в яких використовується взаємодія магнітних полів електричних струмів, які протікають по двох рамках , одна з яких рухома, а друга нерухома .

- Прилади індукційної системи, в яких використовується властивість бігучого магнітного поля створювати обертовий момент, який діє на рухоме магнітне тіло, поміщене в це поле.

- Прилади електростатичної системи. Принцип роботи їх заснований на взаємодії електричних полів двох або декількох електродів, один з яких є рухомим. Електроди звичайно виготовляють з алюмінію.

- Прилади вібраційної системи, в яких використовується співпадання частот власних коливань рухомої частини приладу з частотою змінного струму.

- Прилади теплової системи . В них використовується зміна довжини провідника при його нагріванні.

Умовні позначення, які наносяться на лицьових частинах приладу(ГОСТ 1845-69) наведені в таблицях 1 – 5.

Таблиця 1 Позначення одиниць вимірювання, їх кратних та дольових значень

1.Ампер	АА	10.Вебер	wB
2.Міліампер	mA	11.Мілівебер	mWB
3.Мікроампер	μA	12.Мікрофарада	μF
4.Вольт	VV	13.Пікофарада	pF
5.Мілівольт	mV	14. Генрі	H
6.Герц	HHz	15.Мілігенрі	mH
7.Кілоом	kΩ	16.Мікрогенрі	μH
8.Ом	ΩΩ	17.Тесла	T
9.Міліом	mΩ	18.Мілітесла	mT

Таблиця 2 Умовні графічні позначення електровимірювальних приладів

Магнітоелектричний прилад з рухомою рамкою.....	
Магнітоелектричний прилад з рухомим магнітом	
Електромагнітний прилад	
Електродинамічний прилад...	
Феродинамічний прилад	
Індукційний прилад	
Магнітоіндукційний прилад	
Електростатичний прилад	
Вібраційний прилад	
Тепловий прилад з проволокою, що нагрівається...	

Таблиця 3. Позначення виду струму

1. Постійний струм	—
2. Змінний (однофазний) струм	~
3. Постійний та змінний струм...	~ ~

Таблиця 4 .Позначення класу точності, положення приладу, надійності ізоляції

Клас точності наприклад 0,5...	0,5
Горизонтальне положення шкали приладу...	
Вертикальне положення шкали приладу...	
Похиłe положення шкали під певним кутом до горизонту	
Напрямок орієнтури приладу в земному магнітному полі	

Вимірювальний ланцюг, ізолюваний від корпусу та випробуваний напругою наприклад 2кВ	
Прилад випробуванню надійності ізоляції не підлягає	
<u>Обережно!</u> Надійність ізоляції вимірювального ланцюга по відношенню до корпусу не відповідає нормам (знак показується червоним кольором)	
<u>Увага!</u> Дивись додаткові вказівки в паспорті та інструкції по експлуатації	

Таблиця 5 Позначення затискачів, коректора та аретиру.

1. Негативний затискач	-
2. Позитивний затискач	+
3. Загальний затискач (для багатограничних приладів змінного струму і комбінованих приладів)...	
4. Затискач постійного струму (в комбінованих приладах) в залежності від полярності	+ або -
5. Затискач змінного струму (в комбінованих приладах)	
6. Затискач, з'єднаний з рухомою частиною (рамкою) приладу	
7. Затискач, з'єднаний з екраном	Е або Екран
8. Затискач з'єднаний з корпусом	
9. Затискач для заземлення	
10. Коректор	
11. Аретир	АР або Аретир
12. Напрямок аретирування...	

ПОХИБКИ ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Результати вимірювань завжди відрізняються від дійсного значення вимірюваної величини. Абсолютна похибка приладу - це різниця між показанням приладу A_x і дійсним значенням вимірюваної величини тобто:

$$\Delta A_x = A_x - A. \quad (1)$$

Абсолютна похибка, яку взято з протилежним знаком, називається поправкою.

Відносна похибка вимірювання-це відношення абсолютної похибки ΔA_x до дійсного значення вимірюваної величини A .

$$\mathcal{E}_x = \frac{\Delta A_x}{A} \cdot 100\% . \quad (2)$$

Зазвичай значення A і A_x мало відрізняються один від одного, тому у вираз (2.2) замість A підставляють A_x отримане із досліду, тобто:

$$\mathcal{E}_x = \frac{\Delta A_x}{A_x} \cdot 100\% . \quad (3)$$

На похибки A_x і $\mathcal{E}_x$ має вплив похибка підрахунку, похибка самих приладів та недосконалість методів вимірювання.

Для зменшення похибки відрахунку електровимірювальні прилади виготовляють з ножевидною стрілкою, або з світловим вказівником і дзеркальною шкалою. При відрахунку промінь зору повинен бути перпендикулярним до шкали, інакше можлива похибка від паралакса. Дзеркальні шкали дозволяють уникати паралакса. При відрахунку по дзеркальній шкалі, окуляр спостерігача повинен бути розміщений так , щоб кінець стрілки закривав своє зображення в дзеркалі.

Похибка приладів характеризується відносною приведеною похибкою $\mathcal{E}_n$ під якою розуміють відношення абсолютної похибки приладу до номінального (максимального) значення шкали A_n виражене у відсотках:

$$\mathcal{E}_n = \frac{\Delta Ax}{A_n} \cdot 100\% \quad (4)$$

Абсолютна похибка вважається величиною сталою по всій шкалі електровимірювального приладу. Завод-виробник гарантує, що найбільша відносна приведена похибка приладу не перевищує вказаного значення, яке називається класом точності приладу, і у відсотках рівне класу точності приладу.

Згідно ГОСТ 1845-69 електровимірювальні прилади мають наступні класи точності: 0.05; 0.1; 0.2; 0.5; 1.0; 1.5; 2.5; та 4.0;

Приклад: Клас точності електровимірювального приладу 0,5. Це означає, що відносна приведена похибка приладу в робочому діапазоні шкали не перевищує 0,5%. Прилади класу точності 0,05; 0.1; 0.2; та 0.5; називаються прецизійними і використовуються для точних лабораторних вимірювань. Знайдемо зв'язок відносної похибки вимірювань $\mathcal{E}_x$ з відносною приведеною похибкою приладу. Помножимо і поділимо праву частину (4) на чисельне значення вимірюваної величини Ax .

$$\mathcal{E}_n = \frac{\Delta Ax}{A_n} \cdot \frac{Ax}{Ax} = \mathcal{E}_x \cdot \frac{Ax}{A_n}$$

Звідки:

$$\mathcal{E}_x = \mathcal{E}_n \cdot \frac{A_n}{Ax} \quad (5)$$

Дослідимо вираз (5).

Нехай:

1. $Ax = A_n$, тобто чисельне значення вимірюваної величини рівне номінальному значенню приладу. Тоді

$$\mathcal{E}_x = \mathcal{E}_n \frac{A_n}{Ax} = \mathcal{E}_n$$

2. $Ax < A_n$, тоді

$$\mathcal{E}_x = \mathcal{E}_n \frac{A_n}{Ax} > \mathcal{E}_n$$

3. $Ax > A_n$ є випадком нереальним.

Звідси видно, що відносна похибка вимірювання наближається до відносної приведеної похибки приладу, тільки при вимірюванні величини Ax близької до номінального значення шкали приладу A_n вона збільшується у стільки разів у скільки разів номінальне значення A_n більше величини Ax , яка вимірюється приладом. Щоб підвищити точність вимірювання потрібно користуватися приладами, номінальні значення яких близькі до вимірюваної приладом величини. Саме тому, електровимірювальні прилади виготовляють багатограничними.

Введемо поняття *чутливості і ціни поділки* електровимірювального приладу.

Величина чисельно рівна відношенню приросту кута повороту рухомої частини приладу до приросту вимірюваної величини називається чутливістю приладу.

$$S = \frac{\Delta\alpha}{\Delta A}. \quad (6)$$

Чутливість приладу, як це видно із (6) має розмірність, яка залежить від характеру вимірюваної величини. Тому коли користуються терміном “чутливість”, кажуть “чутливість приладу до струму” або “чутливість приладу до напруги” і т.д.

Чим більше приріст кута відхилення при одному і тому ж приросту величини, яка вимірюється, тим менші величини можна виміряти приладом і тим вища його чутливість.

Величину протилежну чутливості приладу називають ціною поділки приладу

$$C = \frac{I}{S}. \quad (7)$$

Якщо відома ціна поділки приладу C , то чисельне значення величини A , яка вимірюється буде:

$$A = C \cdot n, \quad (8)$$

де n - число поділок шкали приладу, на яке вказує стрілка рухомої частини приладу або світловий вказівник приладу.

Якщо шкала приладу рівномірна (прилади магнітоелектричної системи), то за приріст кута відхилення приладу $\Delta\alpha$ можна прийняти приріст числа поділок шкали приладу Δn .

Приклад: Маємо прилад, який може вимірювати струм від нуля до 0,25А. Шкала цього приладу рівномірна і має 100 поділок.

Чутливість цього приладу:

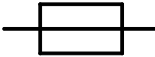
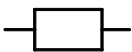
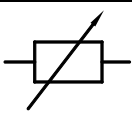
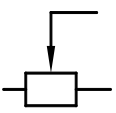
$$S_i = \frac{\Delta\alpha}{\Delta i} = \frac{\Delta n}{\Delta i} = \frac{100 \text{ под.}}{0,25 \text{ А}} = 400 \text{ под. / А}$$

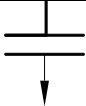
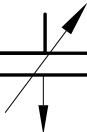
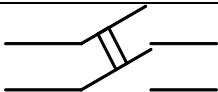
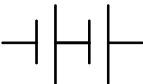
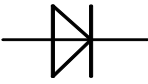
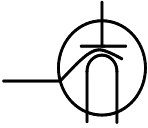
Потрібно враховувати, що вміння розбиратися в електричних схемах дуже важливо для сучасного інженера сільськогосподарського виробництва, так як зараз в сільському господарстві немає, практично, ні однієї технологічної операції, де б не використовувалась електрична енергія.

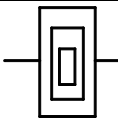
Для того, щоб розумітися в електричних схемах, перш за все, потрібно знати умовні графічні позначення прийняті на електричних схемах згідно ГОСТ 2.728-74;2.755-73.

Умовні графічні позначення на електричних схемах подано в табл. 6.

Таблиця 6

1. Постійний струм, постійна напруга	—
2. Змінний струм, змінна напруга	~
3. Полярність позитивна і негативна	+ —
4. Постійний та змінний струм	~ —
5. Електричний з'єднувальний провідник	— —
6. Пересічні не з'єднані електричні провідники	+
7. Пересічні з'єднані електричні провідники	⊙
8. Розгалужені електричні провідники	⊙
9. Плавкий запобіжник	
10. Резистор (постійний опір)	
11. Резистор (змінний опір)	
12. Змінний резистор (потенціометр)	
13. Реостат (змінний резистор)	
14. Котушка індуктивності, обмотка трансформатора, автотрансформатор	
15. Котушка індуктивності з феромагнітним осердям	

16. Конденсатор постійної ємності	
17. Конденсатор змінної ємності	
18. Лампа (освітлювальна)	
19. Однополюсний вимикач (рубильник)	
20. Двополюсний вимикач (рубильник)	
21. Амперметр	
22. Вольтметр	
23. Хімічне джерело електроенергії (елемент, акумулятор)	
24. Батарея елементів, акумуляторна батарея	
25. Заземлення	
26. Діод напівпровідниковий	
27. Транзистор (тріод)	
28. Двоелектродна електронна лампа	
29. Триелектродна електронна лампа	

30. Нагрівальний елемент	
--------------------------	---

Ціна поділки приладу $C = \frac{I}{S} = \frac{1}{400 \text{ под} / A} = 0,0025 A / \text{под}.$

Якщо чуйність приладу не постійна, тобто прилад має нерівномірну шкалу, то для такого приладу похибку визначають для тієї області значень вимірюваної величини, де передбачається проводити вимірювання, ця область називається діапазоном вимірювань.

Потрібно також вказати, що в багатьох випадках при вимірюваннях доводиться користуватися кратними та дольними одиницями. Кратні та дольні одиниці утворюються шляхом множення 10^K , де K-ціле число.

Префікси для утворення кратних та дольних одиниць подані в таблиці 7.

Множник	Найменування	Скорочене позначення		Множник	Найменування	Скорочене Позначення	
		Українське	Міжнародне			Українське	Міжнародне
10^{-18}	Ат	А	a	10^{-1}	Деци	д	D
10^{-15}	Фемта	Ф	f	0	Дека	да	Da
10^{-12}	Піко	N	p	10^2	Гекто	Г	H
10^{-9}	Нано	Н	n	10^3	Кіло	К	K

10^{-6}	1	Мікро	Мк	μ	10^6	Мега	М	М
10^{-3}	1	Мілі	М	m	10^9	Гіга	Г	G
10^{-2}	1	Санті	С	С	10^{12}	Тера	Т	T

В деяких лабораторних роботах студенти самостійно проводять монтаж експериментальної установки згідно електричної схеми. При монтажі необхідно уважно дотримуватись наведених нижче правил. Дотримання цих правил гарантує правильну роботу та справність всіх частин електроустановки, забезпечує цілісність електровимірювальних приладів, дозволяє проводити електричні вимірювання з необхідною точністю та виконувати правила техніки безпеки.

Вся електрична схема монтується за допомогою з'єднувальних провідників. Вони повинні бути ізольованими, а кінці їх зачищені, так як вони постійно окислюються, внаслідок чого порушуються контакти.

Контакти повинні бути ретельно закріплені за допомогою зварки, пайки або гвинтового зажима.

Переплітання навіть ізольованих проводів не допускається.

Електричне коло ведеться від джерела струму, але підключається в останню чергу. При розбиранні електроустановки перш за все відключається джерело струму.

Всі реостати, які ввімкнені в коло, повинні бути встановленими на максимум опору.

Потенціометри (розподільники напруги) встановлюються на нуль напруги, яка подається в контур.

Всі рубильники та комутатори при складанні кола повинні бути розімкнутими.

Замикати напругу, без перевірення викладачем схеми електроустановки, категорично забороняється.

Напруга замикається тільки під час підрахунку.

Дослідження пристрою електровимірювальних приладів безпосередньої оцінки (магнітоелектричної, електромагнітної, електродинамічної або феродинамічної систем)

3. Обладнання та прилади

Стенд з електровимірювальними приладами(магнітоелектричною, електромагнітною, електродинамічною або феродинамічною систем) у напіврозібраному вигляді (вимірювальні механізми, укріплені на підставі, захисний кожух і шкала зняті і укріплені на стенді поряд із вимірювальними механізмами).

Діючі електровимірювальні прилади магнітоелектричної, електромагнітної, феродинамічної систем в прозорих корпусах.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Ознайомитись (шляхом зовнішнього догляду) з приладами особливостями деталей вимірювальних приладів магнітоелектричної системи.

4.2. По зовнішньому вигляду і ознакам на шкалі з'ясувати про прилад і записати в таблицю 1.1 наступні дані: систему приладу, найменування, тип приладу, рід струму і вимірювальної величини, межа виміру, ціна поділки, тип шкали, положення приладу, клас точності, категорію захисту від зовнішніх електричних і магнітних полів, групу експлуатації, досліджувана напруга ізоляції, рік випуску, заводський номер.

Таблиця 7.

Система	магнітоелектрич на	електромагнітна	Електро або феромагнітна
Найменування			
Тип приладу			
Рід струму			
Межа вимірів			

Ціна поділки			
Тип шкали			
Положення приладу			
Клас точності			
Категорія захисту			
Група експлуатації			
Дослідна напруга ізоляції			
Рік випуску			
Заводський номер			

4.3. Зобразити конструктивну схему приладів магнітоелектричної системи. На рисунку необхідно відмітити наступні деталі: деталі що створюють обертальний момент; деталі що створюють протидіючий момент; деталі рухомої системи; деталі спокою; лічильний пристрій (стрілки, шкали); коректуючи пристрій; аретуючий пристрій.

4.4. Ознайомитись (шляхом зовнішнього догляду) з приладами і особливостями деталей вимірювальних приладів електромагнітної системи, повторення пунктів 14.1, 1.4.2, 1.4.3. стосовно до вказаних приладів.

4.5. Ознайомитись (шляхом зовнішнього догляду) з приладами і особливостями деталей вимірювальних приладів феродинамічної або електродинамічної системи повторивши пункти 1.4.1, 1.4.2, 1.4.2, 1.4.3 Стосовно до вказаних приладів.

5. Зробити висновок.

Теми рефератів:

1. Методи вимірювання.
2. Клас точності приладів та їх вплив на виконання поставлених задач.

6. Контрольні питання

1. Класифікація електровимірювальних приладів по системах.

2. Охарактеризувати загальну будову приладів безпосередньої оцінки.
3. Охарактеризувати основні деталі електровимірювальних приладів, вказати їх призначення.
4. Поняття обертового моменту, моменту протидії, встановлюючого моменту.
5. Поняття чуттєвості і постійної електровимірювального приладу.

Практична робота №3.

Теми: «Вимірювання фізичних величин»

Мета роботи: вивчення класифікації похибок вимірювань і повірки засобів вимірювання методом порівняння з взірцевим приладом.

1. Теоретична частина.

Повірка міліамперметра проводиться таким чином. За допомогою реостата змінюється значення струму, що протікає у мережі. Струм одночасно вимірюється двома міліамперметрами – взірцевим та міліамперметром, що повіряється рис.1.

Необхідно послідовно встановити повзунок реостата на відмітки 0; 20 %; 40 %; 60 %; 80 % та 100 %. Для цього треба навести курсор на надпис «Key» та лівою кнопкою миші перетягти повзунок реостата у певне положення. Після того, як повзунок реостата встановлено в необхідне положення, слід на функціональній панелі ввімкнути перемикач моделювання та виміряти значення струму, що протікає, повіряємим та взірцевим міліамперметрами. Функціональну панель на схемі моделювання не зображено. Коли вимірювання виконано, то перемикач моделювання необхідно поставити у положення «Вимкн.».



Рис.1 Приклад схеми для перевірки міліамперметру.

Тільки після цього можна змінювати струм у мережі. Далі необхідно знайти абсолютну та відносну похибки, які має міліамперметр, що повіряється, при заданих значеннях струму за формулами:

Розрахувати середнє значення показів зразкового приладу для кожного виміру

$$I_{cp} = \frac{I_{взгору0} + I_{вниз0}}{2} \quad (1)$$

Абсолютну похибку

$$\Delta I = I_n - I_{cp0} \quad (2)$$

Відносну похибку

$$\gamma_I = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\% \quad (3)$$

Варіацію показів

$$\gamma_{var} = \frac{\Delta I_{взгору0} - I_{Вниз0}}{I_{номп}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Відносну зведену похибку

$$\gamma_I = \frac{\Delta I}{I_{номп}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Поправку приладу

$$\delta I = \Delta I = I_{cp0} - I_n \quad (6)$$

2. Завдання

Заповнити в таблиці найбільшу приведену похибку, порівняти її з класом точності технічного амперметра і зробити висновок, записавши в звіт чи співпадає технічний амперметр класу точності, вказаному на його шкалі і чи можна ним користуватись для вимірів.

Побудувати графік залежності $\delta I = f \cdot (I_n)$

Технічні дані, які характеризують вимірювальні прилади, вказані на їх шкалах, записати в таблицю.

Стрілки вимірювальних приладів коректором встановлюю на нуль, регулятор джерела живлення встановлюю на нуль.

Таблиця 1. Для внесення результатів.

Покази приладів						Похибки					Поправка
Повіряемого	Зразкового					абсолютна	відносна	приведена	Най більш приведена	варіація	
	Хід ввєрх	Хід вниз		Середнє значення							
A	поділок	A	поділок	A	A	A	%	%	%	%	A
B	поділок	B	Поділок	B	B	B	%	%	%	%	B

3. Вимоги до оформлення практичної роботи 3.

Звіт з практичної роботи повинен містити основні теоретичні положення та зображення схем моделювання. У звіті повинні бути також накреслені графіки залежностей абсолютної та відносної похибок вимірювання від показів міліамперметра та мілівольтметра, що перевіряються.

Треба також обґрунтувати наявність у отриманих похибок вимірювання систематичного, випадкового складового та адитивного або мультиплікативного характеру.

За результатами перевірки зробити висновки про придатність приладів, що порівнюються, до застосування. Користуючись рекомендованою літературою необхідно підготувати відповіді на контрольні запитання.

Теми рефератів:

1. Основні вимоги до вимірювань.
2. Види вимірювань в залежності від вимірювальних засобів.
3. Визначення точності вимірювання та похибки штанген - та мікрометричного інструменту.

Контрольні запитання.

1. Поняття та визначення абсолютної похибки приладів.
2. Поняття та визначення відносної точності приладів.
3. Поняття та визначення класу точності приладів.
4. Класифікація приладів за ступенем точності.
5. Порядок виконання перевірки приладів для вимірювання напруги та струму.

Практична робота №4

Тема: Результати вимірювань та їх обробка

Мета роботи: Ознайомитись з принципом дії електровимірювальних приладів і методами розширення меж вимірювання цих приладів.

1. Теоретична частина

Електровимірювальні прилади безпосередньої оцінки засновані на використанні різних фізичних явищ, зв'язаних з проходженням електричного або утворенні електромагнітного поля. Такі фізичні явища, як, наприклад, взаємодія контурів, по яких проходить струм, з полем постійного магніту (магнітоелектричні прилади), взаємодія двох контурів з струмом (електромагнітні прилади), використовуються для перетворення вимірюваної величини в кутове або лінійне переміщення рухомої частини приладу.

Чутливістю електровимірювального приладу називається відношення лінійного або кутового переміщення стрілки до зміни вимірюваної величини, що викликає це переміщення:

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta \alpha}{\Delta x} = \frac{d\alpha}{dx}$$

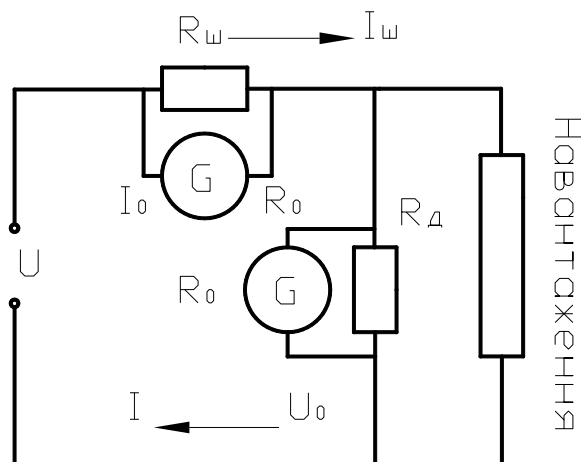
де: S - чутливість приладу, x - вимірювана величина, α - кутове або лінійне переміщення стрілки приладу.

Таке означення чутливості приладу не відноситься до інтегруючих приладів (лічильників), відлік яких не може повторюватись.

рівномірній шкалі чутливість приладу постійна для будь-якої точки шкали. При нерівномірній шкалі чутливість приладу неоднакова, тобто, одній і тій же зміні вимірюваної величини в різних точках шкали відповідають різні лінійні або кутові переміщення стрілки. Чутливість приладу має розмірність, що залежить від.

характеру вимірюваної величини. Тому говорять: "чутливість до струму", "чутливість до напруги".

Іноді на приладах вказується величина, обернена до чутливості - це ціна однієї поділки - так звана стала приладу. Щоб визначити значення вимірюваної величини потрібно ціну поділки помножити на те число поділок, на яке показує стрілка приладу при вимірюванні.



Як відомо, амперметр застосовується для вимірювання струму і вмикається в коло послідовно з навантаженням, або з паралельним ввімкненням до нього шунта з опором $R_{ш}$, а вольтметр - паралельно до тих точок кола, між якими потрібно виміряти напругу, або в послідовному з'єднанні з додатковим опором $R_{д}$. На малюнку показано схематичне ввімкнення амперметра і вольтметра, де G - вимірний прилад з опором R_0 , який безпосередньо може виміряти силу струму до значення I_0 , і напругу до U_0 . Так, як величина струму, що протікає через вимірний механізм, пропорційна напрузі, прикладений до затискачів приладу, то, очевидно, що принципової різниці у внутрішній будові амперметрів і вольтметрів може й не бути, тобто, будь-яким амперметром можна вимірювати напругу, а вольтметром - струм. Питання лише в тому, які будуть межі вимірювання приладом при такому його використанні і наскільки змінюються параметри, а значить, і режим кола при ввімкненні в нього приладів, особливо якщо джерело, що живить це коло, має малу потужність. Щоб зміна режимів кола була незначною, опір амперметра

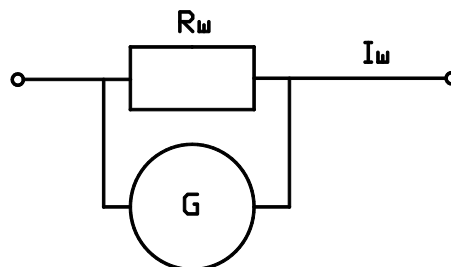
повинен бути меншим, а опір вольтметра навпаки-більшим. З цієї точки зору важливим критерієм вольтметра є його внутрішній опір в Омах на 1 В шкали.

Кожний вимірний прилад базується на визначенні значення струму I_0 та напруги U_0 . Розширення меж вимірювання здійснюється або спеціальною конструкцією приладу або ввімкненням вимірної механізми через шунти у амперметрах або додаткові опори у вольтметрах.

1.1. Розширення меж вимірювання амперметра та вимірювання струму амперметром.

Амперметр - прилад, який застосовується для вимірювання величини струму. Він вмикається у коло послідовно зі споживачем. Будь-який електровимірювальний прилад при ввімкненні в коло не повинен вносити помітних змін в режим роботи кола. Отже амперметр повинен мати дуже малий внутрішній опір.

Для розширення меж вимірювання струму до приладу G приєднується паралельно провідник опору $R_{ш}$ що називається шунтом (рис. 2.).



Опір шунта $R_{ш}$ розраховується таким чином. За першим законом Кірхгофа маємо:

$$I = I_0 + I_{ш} \quad (1)$$

де: I_0 - найбільший струм, який може виміряти прилад без шунта, $I_{ш}$ - найбільший струм, який буде вимірювати прилад з шунтом.

За другим законом Кірхгофа для контура $AR_0BR_{ш}A$ маємо:

$$I_0 R_0 - I_{ш} R_{ш} = 0 \quad (2)$$

Підставляючи $I_{ш}$ з формули (3) в формулу (4), одержимо:
 $I_0 R_0 = (I - I_0) \cdot R_{ш}$ -звідки:

$$R_{ш} = \frac{I_0 \cdot R_0}{I - I_0} \quad (3)$$

Таким чином, для визначення опору шунта потрібно знати характеристики приладу R_0, I_0 і те максимальна значення струму I , для якого розраховується шунт. Значення (визначається з формули 3)

$$I_0 = K_i N \quad (4)$$

де: K_i - ціна поділки приладу по струму, N - число поділок на шкалі приладу.

Формулу (5) можна записати у такому вигляді:

$$R_{ш} = \frac{R_0}{n - I_0} \quad (5)$$

$$\text{де:} \quad n = \frac{I}{I_0} \quad (6)$$

показує у скільки разів розширюється межа вимірювання амперметра.

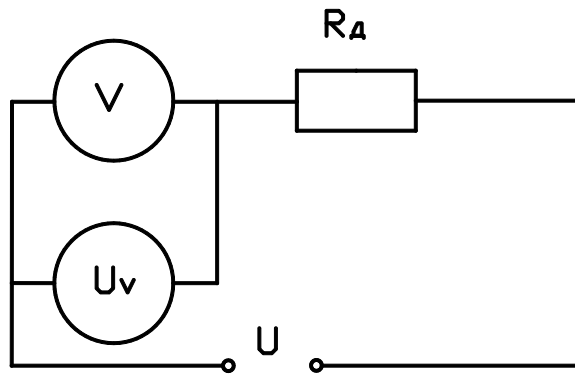
1.2. Розширення меж вимірювання вольтметра та вимірювання напруги вольтметром.

Вольтметр - прилад, яким вимірюється напруга. Він вмикається в коло паралельно і тому повинен мати великий внутрішній опір.

Для розширення меж вимірювання вольтметра послідовно з ним приєднується додатковий опір R_d . (рис. 3.), величина якого розраховується так. Нехай опір приладу R_0 і він розрахований для вимірювання напруги до U_0 Необхідно розрахувати значення додаткового опору R_d з яким прилад зможе вимірювати напругу до значення U . Очевидно, що:

$$U = U_d + U_0 \quad (7)$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U_d}{R_d} \quad (8)$$



Підставляючи U_d з (9) у (10), одержимо:

$$\frac{U_0}{R_0} = \frac{(U - U_0)}{R_d} \quad \text{звідки:}$$

$$R_d = \frac{R_0(U - U_0)}{U_0} = R_0(n - 1) \quad (9)$$

де: $n = \frac{U}{U_0} \Pi$ (10)

показує, у скільки разів розширюється межа вимірювання вольтметра.

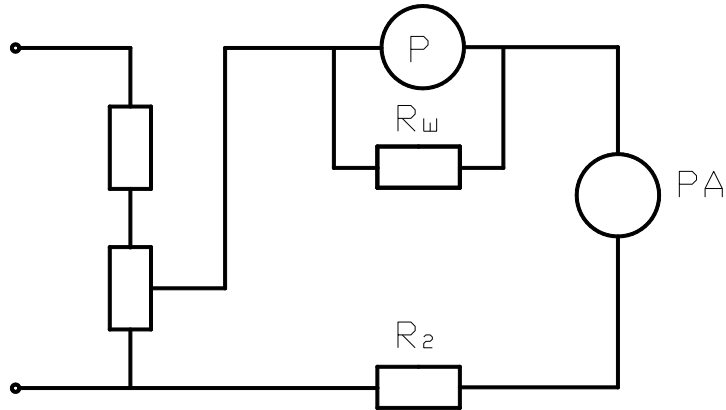
Таким чином, для визначення величини додаткового опору необхідно знати параметри (характеристики) приладу R_0 , U , і те максимальне значення напруги U , для якого розраховується додатковий опір. Значення U_0 для даного приладу можна визначити, знаючи ціну поділки за напругою K_0 і кількість поділок N на шкалі приладу:

$$U_0 = K_0 N \quad (11)$$

2. Завдання по виконанню роботи

2.1. Зробити схему (рис. 4.). Послідовно з навантаженням R_2 увімкнути досліджуваний прилад P і зразковий PA .

2.2 Зняти залежність числа поділок шкали приладу P від сили струму приладу PA ; записати результати в таблицю. Побудувати графік залежності $n(I)$. Визначити ціну поділок і чутливість приладу .



2.3. Визначити коефіцієнт шунтування K і, знаючи опір шунта, визначити внутрішній опір амперметра R_A ,

Таблиця 1

№	N число поділок	I mA
1		
2		
3		

2.4. Градування вольметра по постійній напрузі.

Як вольметр використовується той же прилад, що і при виконанні попереднього завдання, до якого підключається додатковий резистор $R_d = R_2$

2.5. Зібрати схему (рис. 3).

2.6. Зняти залежність числа поділок приладу n від напруги між точками А і В. результати записати в таблицю 1.

2.7. Побудувати градуйований графік $n(U)$

2.8. Визначити ціну поділок і чутливість приладу.

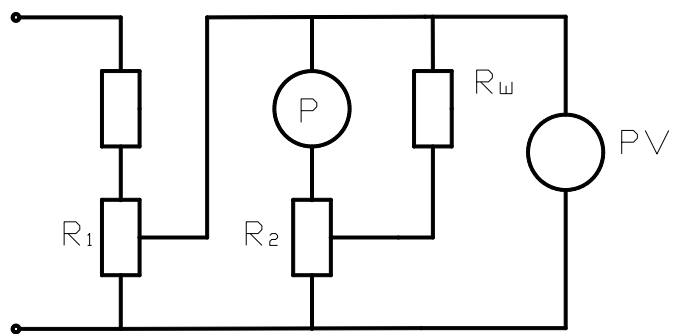


Рис 5

Таблиця 2

№	п число поділок	U mV
1		
2		
3		
Середнє		

Теми рефератів:

1. Конструкція переналагоджуваних пристроїв для вимірювання радіального та торцевого биття.

2. Автоматизовані засоби вимірювання та контролю.

3. Контрольні питання.

1. Що називається шунтом і яке його призначення?

2. Виведіть формулу для визначення опору шунта, якщо задані характеристики приладу і найбільший струм, на який потрібно розрахувати прилад.

3. Що таке клас точності електровимірювального приладу?

4. Поясніть принцип дії приладів магнітоелектричної системи.

5. Що називається додатковим опором і яке його призначення?

6. Як приєднуються до вимірного приладу шунт і додатковий опір? Обґрунтуйте відповідь.

7. Виведіть формулу для визначення величини додаткового опору, якщо задані характеристики приладу і найбільше значення напруги.

8. Що називається ціною поділки приладу?

9. Що називається чутливістю приладу?

10. Якщо прилад багато межовий, то як буде змінюватись цього чутливість при переході з однієї межі вимірювань на іншу?

11. Яким основним вимогам повинні задовольняти амперметр і вольтметр?

12. Сформулюйте закон Ома для ділянки кола?

13. Сформулюйте правила (закони) Кірхгофа.

Практична робота №5.

Тема: Фотоелектричні вимірювальні прилади.

Мета: Виконати перевірку та порівняння методик вимірювання світлового потоку за допомогою люксометру.

1. Теоретичні відомості

Освітленість (E) – освітлення поверхні, що створюється світловим потоком, який падає на поверхню. Одиницею вимірювання освітленості є люкс (Лк). Освітленість прямо пропорційна силі світла джерела світла. При віддаленні його від освітлюваної поверхні, її освітленість зменшується обернено пропорційно до квадрата відстані.

Коли проміння світла падає похило до освітлюваної поверхні, освітленість збільшується пропорційно косинусу кута падіння проміння.

Освітленість E знаходять за формулою закону квадрата відстані:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$$

де I – сила світла в канделах (Кд); r – відстань до джерела світла; α – кут падіння проміння світла.

Освітленість визначають за допомогою фотоелектричного експонетра та люксометра.

Світловий потік (Φ) – кількісна характеристика випромінювання, яке випромінюється джерелом світла (ще називають потужністю випромінювання). Одиниця вимірювання СІ: люмен (Лм). Розраховується за формулою:

$$\Phi = \omega \cdot I = 4 \cdot \pi \cdot I$$

де ω – тілесний кут; I – сила світла; $\pi = 3,14$.

Освітленість пов'язана з світловим потоком. Освітленість – це відношення світлового потоку, що падає на елемент поверхні, до площі цього елемента (S):

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Світлова енергія (Q) визначається добутком світлового потоку на час (t):

$$Q = \Phi \cdot t$$

Враховуючи зв'язок світлового потоку та освітленості, отримуємо формулу для знаходження світлової енергії:

$$Q = E \cdot S \cdot t$$

Коефіцієнт корисної дії – відношення виконаної роботи до загальних енергетичних затрат на її виконання. Безрозмірна величина, яка вимірюється у відсотках або частинах від цілого. Позначається грецькою літерою η (ета):

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{зат}}}$$

В нашому експерименті:

$$\eta = \frac{Q}{E_{\text{ел}}} = \frac{ES t}{Pt} = \frac{ES}{P}$$

де η – коефіцієнт корисної дії (ККД), щоб отримати результат в %, потрібно помножити на 100%; E – освітленість; S – площа освітлювальної поверхні; P – потужність електричної лампи.

2. Вказівки до виконання практичної роботи

1. Встановіть на свій гаджет мобільний додаток для виміру сили світлового потоку (Рис.1).

2. Вкрутіть в патрон настільної лампи, або іншого освітлювального приладу лампу розжарення (Рис. 2).

3. Покладіть свій гаджет під настільною лампою або джерелом світлового потоку так, щоб під час проведення вимірювань його положення відносно лампи не змінювалось.

4. Виміряйте освітлення.

5. Обчисліть освітлювальну площу, т.б. площу поверхні вашого смартфона, яка освітлюється. Потужність електричної лампи зазначається на самій лампі.

6. Визначте ККД лампи.
7. Повторіть дослід п. 1 для люмінесцентної та світлодіодної ламп.
8. Результати вимірювань занесіть до таблиці №1.

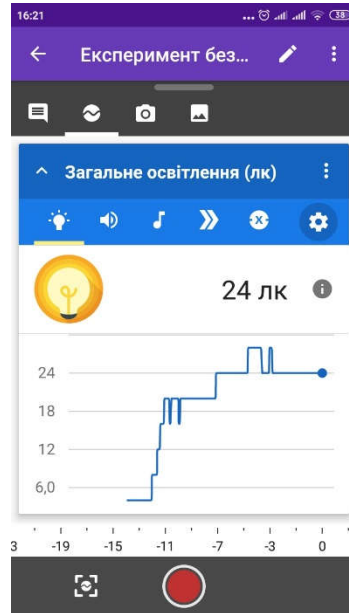


Рис. 1. Вигляд панелі мобільного додатку



Рис. 2. Види електричних ламп: а – лампа розжарення; б – люмінесцентна лампа; в – світлодіодна лампа.

Таблиця №1 «Результати вимірювань»

№	Вид електричної лампи	Потужність, Р, Вт	Освітленість, Е, Лк	Освітлювана площа, S, м²	Коефіцієнт корисної дії лампи, η, %	Відносна похибка вимірювання, ε _η , %
1						
2						
3						

9. Знайдіть відносну похибку вимірювання ККД для кожної електричної лампи.

При непрямих вимірюваннях відносну похибку за формулою:

$$\varepsilon_{\eta} = \varepsilon_E + \varepsilon_S + \varepsilon_P$$

Відносна похибка вимірювання величини x обчислюється як відношення абсолютної похибки та виміряного значення величини:

$$\varepsilon_x = \Delta x / x_{\text{вим}}$$

Абсолютна похибка прямого вимірювання (Δx) враховує як систематичну (інструментальну) похибку, зумовлену приладом ($\Delta x_{\text{прил}}$), так і випадкову похибку ($\Delta x_{\text{вип}}$), зумовлену процесом вимірювання:

$$\Delta x = \Delta x_{\text{прил}} + \Delta x_{\text{вип.}}$$

Якщо вимірювання проводили один раз, то вважаємо, що випадкова похибка дорівнює половині ціни поділки шкали приладу (в нашій практичній роботі проводимо вимірювання один раз для кожної лампи). Ціну поділки та інструментальну похибку учнівської лінійки ви пам'ятаєте. Відносна похибка люксметра вашого гаджета складає 5 %. Виробники електричних ламп заявляють відносну похибку потужності не більше 10 %.

10. Проаналізуйте експеримент і його результати, сформулюйте висновок, в якому зазначте:

- 1) яку величину ви виміряли прямими та непрямими методами;
- 2) яка величина внесла найбільшу похибку;
- 3) яка лампа є більш ефективною.

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.
2. Ознайомитися порядком та методом виконання практичного завдання.
3. Відповідно до вихідних даних визначити ККД лампи.
4. Знайти відносну похибку вимірювання ККД для кожної електричної лампи.
5. Проаналізувати результати виконаної роботи.
6. Відповісти на контрольні питання.
7. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.
8. Зробити висновок про виконану роботу.

Теми рефератів:

1. Установчі та затискні елементи контрольно вимірювальних приладів.
2. Похибки в конструкціях контрольних приладів.

4. Контрольні питання

1. Назвіть типи ламп розжарювання загального призначення.
2. Що таке світлова віддача ламп розжарювання ?
3. Як і чому змінюється світлова віддача в залежності від змінення потужності і номінальної напруги лампи?

Практична робота №6

Тема: «Вимірювання опору ізоляції за допомогою мегометра»

Мета роботи. Ознайомитись з принципом дії мегометра, навчитися вимірювати опір ізоляції електричних установок, електропроводки та електрообладнання.

Теоретичні відомості:

Мегометр — це спеціалізований прилад для вимірювання опору ізоляції електричних ланцюгів шляхом подачі на них високої постійної напруги. Він широко використовується в енергетиці, електромонтажі, промисловості та побуті для перевірки ізоляційних властивостей кабелів, електродвигунів, трансформаторів, розподільчих пристроїв тощо.

Принцип роботи мегометра полягає в подачі постійної напруги (зазвичай 100–1000 В, а в деяких приладах і до 2500 В) на ізолюючі частини електрообладнання та вимірюванні струму витоку. Згідно з законом Ома, на основі цих даних визначається опір ізоляції. Високий опір свідчить про добрий стан ізоляції, низький — про її пошкодження чи деградацію.

На практиці застосовуються як аналогові, так і цифрові мегометри. Серед аналогових моделей поширеними є мегометри типу М4100 та М1101. Вони мають просту конструкцію, працюють від ручного генератора або батарей, забезпечують надійне вимірювання навіть у польових умовах. Зокрема, мегометр М4100 забезпечує вимірювання опору ізоляції в діапазоні до 1000 МОм при напрузі 1000 В.

Сучасні цифрові ізоляційні тестери, такі як UNI-T UT501, мають зручний інтерфейс, дисплей, декілька режимів вимірювання (наприклад, на напругах 100 В, 250 В, 500 В та 1000 В), а також додаткові функції — автоматичне відключення, індикацію низького заряду батареї, звукову сигналізацію та вимірювання змінної напруги.

Використання мегометрів дозволяє своєчасно виявити пошкодження або старіння ізоляції, що є важливою умовою електробезпеки та надійності роботи електроустановок. Регламентне проведення вимірювань опору ізоляції є обов'язковою процедурою при введенні обладнання в експлуатацію, після проведення ремонтів, а також у рамках планового технічного обслуговування.



Рис. 1. Мегометр (наприклад, М4100, М1101 або цифровий ізоляційний тестер типу UNI-T UT501)

Електродвигун або інший зразок електрообладнання (трансформатор, кабель тощо) - Заземлення- З'єднувальні провідники- Персональні засоби захисту (діелектричні рукавички, килимки тощо)

Формула для розрахунку опору:

$$R = U / I ,$$

де: R — опір ізоляції (Ом),

U — напруга, прикладена мегометром (В),

I — струм витoku (А).

Хід роботи:

1. Підготовка до вимірювань:

- Перевірити справність мегометра.
- Переконалися у відключенні обладнання від мережі живлення.
- Підготувати зразок для вимірювання — наприклад, обмотку електродвигуна або кабель.
- Під'єднати заземлюючий провід мегометра.

2. Проведення вимірювання:

- Приєднати один з вимірювальних проводів до корпусу (заземлення), а інший — до обмотки (або провідника).
- Увімкнути мегометр і обрати відповідну напругу (наприклад, 500 В).

- Прочитати значення опору на шкалі або дисплеї приладу.- За потреби повторити вимірювання між усіма фазами або жилами.

3. Фіксація результатів:- Занести отримані значення до таблиці 1.

Таблиця результатів вимірювання:

Висновки:

№	Об'єкт вимірювання	Напруга (В)	Опір ізоляції (МОм)
1	Фаза А – корпус	500	
2	Фаза В – корпус	500	
3	Фаза С – корпус	500	
4	Фаза А – Фаза В	500	
5	Фаза В – Фаза С	500	
6	Фаза С – Фаза А	500	

1. Було проведено вимірювання опору ізоляції зразків електрообладнання.

2. Отримані значення дозволяють оцінити технічний стан ізоляції.

3. Всі вимірювання виконано згідно з технікою безпеки.

4. Якщо опір ізоляції менше нормативного (наприклад, < 0.5 МОм), обладнання вважається несправним і потребує ремонту або заміни.

Контрольні запитання:

1. Що таке опір ізоляції і для чого його вимірюють?

2. Який принцип роботи мегометра?

3. Які заходи безпеки потрібно дотримуватись під час роботи з мегометром?

4. Які причини зниження опору ізоляції?

5. Як інтерпретувати результати вимірювання?

Практична робота №7

Тема: « Автоматизовані вимірювально-обчислюванні комплекси»

Мета: вивчення методів побудови структурних моделей динамічних процесів.

1. Теоретична частина.

Прикладні методи дослідження систем автоматичного управління базуються, як правило, на використанні структурних моделей динамічних процесів, що протікають в них. Структурна схема є графічним зображенням математичної моделі системи у вигляді з'єднань ланок і дає наочне уявлення про зв'язки між ланками, проходження і перетворення сигналів в системі. На побудові структурних схем заснований метод імітаційного моделювання динамічних процесів в системах автоматичного управління.

Перевагами імітаційного моделювання в середовищі SIMULINK є простота і наочність. Від користувача не потрібно знання яких-небудь мов програмування. Розробка моделей засобами SIMULINK (надалі S-моделей) заснована на використанні технології Drag-and-Drop. Для побудови S-моделі використовуються модулі (чи блоки), що зберігаються у бібліотеках SIMULINK.

Блоки, що включаються в створювану модель, можуть бути пов'язані один з одним як за інформацією, так і по управлінню. Тип зв'язку залежить від типу блоку і логіки роботи моделі. Дані, якими обмінюються блоки, можуть бути скалярними величинами, векторами або матрицями довільної розмірності.

Будь-яка S-модель може мати ієрархічну структуру, тобто складатися з моделей нижчого рівня, причому число рівнів ієрархії практично не обмежене. Разом з іншими параметрами моделювання користувач може задавати спосіб зміни модельного часу (з постійним або змінним кроком), а також умови закінчення моделювання. В ході моделювання є можливість спостерігати за процесами, що відбуваються в системі. Для цього використовуються спеціальні "оглядові вікна", що входять до складу бібліотеки SIMULINK.

Характеристики системи, що цікавлять користувача, можуть бути представлені як в числовій, так і в графічній формі. Крім того, існує можливість включення до складу моделі засобів анімації. Ще одна важлива перевага SIMULINK полягає в тому, що він є відкритою системою: склад

бібліотеки може бути поповнений користувачем за рахунок розробки власних блоків.

Запуск SIMULINK

Спочатку необхідно запустити MATLAB будь-яким способом, передбаченим у Windows.



Після запуску з'являється основне вікно системи MATLAB. У панелі інструментів натиснути кнопку . В результаті відкривається вікно інтегрованого браузера бібліотек SIMULINK, показане на рис 1.

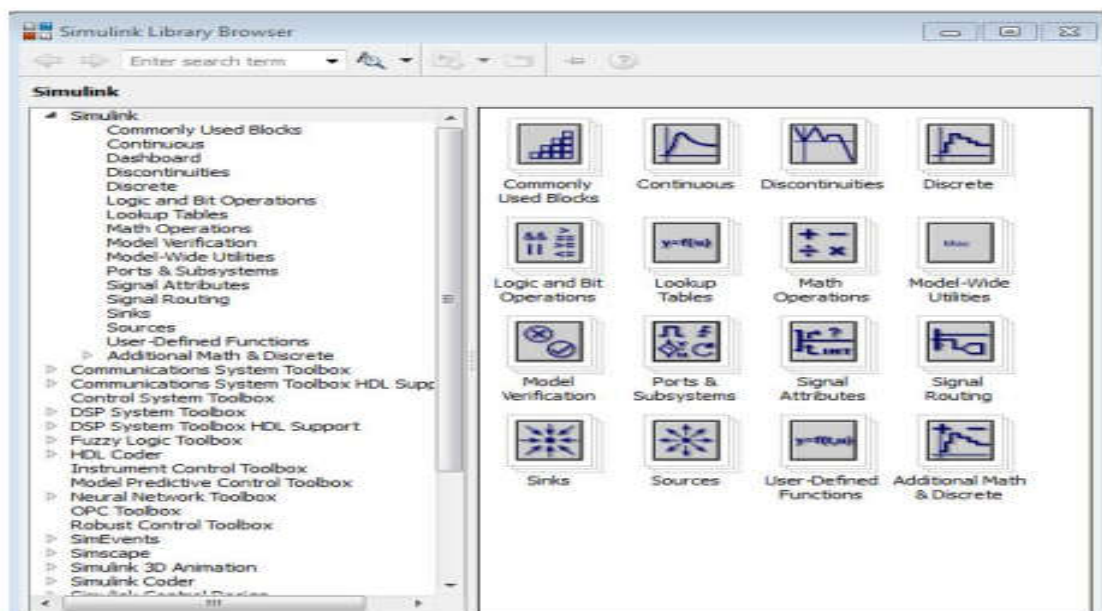


Рис. 1. –Вікно браузера бібліотек SIMULINK

У вікні браузера бібліотек міститься дерево компонентів бібліотек SIMULINK. Для перегляду розділу бібліотеки треба виділити його мишею – в правій частині вікна з'явиться набір піктограм компонентів активного розділу бібліотеки.



За допомогою кнопок на панелі інструментів браузера можна відкрити вікно для створення нової панелі або відкрити існуючу модель.

Створення S-моделей

Процес побудови S-моделі включає компонування моделі і завдання необхідних параметрів. Компонування полягає у виборі з бібліотек SIMULINK необхідних блоків, їх розміщення у вікні, що відкрилося, і з'єднання між собою.

Далі для кожного блоку встановлюються відповідні параметри, що відповідають вимогам модельованої системи. Для їх зміни потрібно двічі клацнути по блоку і змінити потрібні значення в діалоговому вікні.

Блоки мають назви, які можна змінювати, клацнувши по назві лівою клавішею миші і відредагувавши текст.⁴

Блоки можна повертати. Для того, щоб повернути блок на 90 градусів, потрібно виділити його і натиснути клавіші Ctrl+R. Комбінація Ctrl+I дозволяє виконати дзеркальне відображення входів і виходів.

Блоки з'єднуються лініями зв'язку, по яких поширюються сигнали. Для того, щоб з'єднати блоки, потрібно клацнути лівою клавішею миші по джерелу сигналу і потім, при натиснутій клавіші Ctrl, по блоку-приймачу. Можна також протягнути мишкою лінію зв'язку між потрібними виходом і входом.

При створенні відгалуження від існуючої сполучної лінії, тобто для з'єднання вхідного порту якого-небудь блоку з існуючою лінією, необхідно при виконанні з'єднання скористатися клавішею Ctrl. Також для створення точки розгалуження в сполучній лінії можна підвести курсор до передбачуваного вузла і, натиснувши праву клавішу миші, протягнути лінію.

Модель можна скопіювати у буфер обміну у вигляді рисунка. Для цього у вікні моделі потрібно вибрати у верхньому меню пункт Edit–Copy Current View to Clipboard. Заздалегідь краще зменшити розміри вікна до мінімальних, щоб не було білих полів.

Блок-діаграми SIMULINK можуть бути об'єднані в складені блоки, що дозволяє використати ієрархічне представлення структури моделі. Створення складеного блоку можливе двома шляхами:

а) перенести з бібліотеки блоків блок Subsystem (підсистема) і, розкривши його вікно, сформувати його структуру в цьому окремому вікні;

б) збудувати блок-діаграму в основному вікні створюваної моделі, виділити її частину (призначену для об'єднання в підсистему) і, перейшовши в меню, вибрати пункт Diagram–Subsystem–Create Subsystem from Selection. В результаті в основному вікні автоматично утворюється вкладений блок, в якому знаходитиметься та частина блок-діаграми, що була виділена.

Для того, щоб запустити моделювання, потрібно клацнути ліву клавішу миші по кнопці на панелі інструментів вікна моделі. Ця ж кнопка дозволяє зупинити моделювання при необхідності. Запуск моделі на розрахунок можна здійснити також через пункт меню Simulation–Run.

Заздалегідь перед запуском розробленої моделі необхідно:

а) встановити параметри роботи моделі (інтервал часу роботи моделі, метод інтеграції, погрішність та ін.). Установка цих параметрів здійснюється через пункт меню Simulation–Model Configuration Parameters. Найважливіші параметри - цей час моделювання (Stop time) і метод чисельної інтеграції рівнянь (Solver options);

б) зберегти розроблену модель (опція File–Save).

Бібліотеки блоків SIMULINK

Доступні блоки SIMULINK відображаються у вікні Simulink Library Browser. Усі блоки по функціональному призначенню розподілені по бібліотеках. Серед них:

- Continuous – бібліотека неперервних елементів (інтегратор, диференціатор, лінійна система звичайних диференціальних рівнянь та ін.);
- Discontinuities – нелінійні елементи (реле, зона нечутливості, люфт та ін.);

- Discrete – бібліотека дискретних елементів (інтегратор з дискретним часом, дискретний фільтр та ін.);
- Math operations – математичні функції;
- Logic and Bit operations – логічні і бітові операції;
- Sinks – кінцеві елементи (засоби відображення, часова діаграма, виведення результатів у файл, зупинка виконання моделі тощо);
- Sources – джерела сигналів (генератор імпульсних/синусоїдальних сигналів, генератор випадкових чисел, генератор пилоподібних сигналів, годинник і так далі)

Безперервні лінійні системи (Continuous)

	Transfer Fcn – передатна функція, в параметрах задаються чисельник (<i>Numerator</i>) і знаменник (<i>Denominator</i>) у вигляді поліномів
	State Space – модель в просторі станів, в параметрах задається четвірка матриць, що визначають модель, і початкові умови для вектору стану (<i>Initial conditions</i>).
	Zero-Pole – модель у формі "нулі-полюси", в параметрах задаються масиви нулів (<i>Zeros</i>), полюсів (<i>Poles</i>), а також коефіцієнт посилення (<i>Gain</i>).
	Integrator – інтегратор з можливістю установки початкових умов (<i>Initial condition</i>), а також границь насичення (<i>Lower saturation limit</i> і <i>Upper saturation limit</i>). Коли сигнал виходу виходить за границі, визначувані цими межами, інтеграція припиняється.
	Transport Delay – блок фіксованої затримки.

Нелінійні елементи (Discontinuities)

	Relay – блок реалізує релейну характеристику з гістерезисом.
	Saturation – блок виконує обмеження величини сигналу.
	Backlash – блок моделює нелінійність типу «люфт».
	Rate Limiter – блок забезпечує обмеження швидкості зміни сигналу (першої похідної).
	Dead Zone – блок реалізує нелінійну залежність типу "зона нечутливості (мертва зона)"

Основні джерела сигналів (Sources)

	Constant – сигнал постійної величини.
	Step – ступінчастий сигнал, міняється час стрибка (<i>Step Time</i>), початкове (<i>Initial Value</i>) і кінцеве значення (<i>Final Value</i>).
	Ramp – лінійно зростаючий сигнал із заданим нахилом (<i>Slope</i>). Можна задати також час початку зміни сигналу (<i>Start Time</i>) і початкове значення (<i>Initial Value</i>).
	Pulse Generator – генератор прямокутних імпульсів, задаються амплітуда (<i>Amplitude</i>), період (<i>Period</i>), ширина (<i>Pulse Width</i> у відсотках від періоду), фаза (<i>Phase Delay</i>).
	Repeating Sequence – послідовність імпульсів, їх форма задається у вигляді пар чисел (час; величина сигналу).
	Sine Wave – синусоїдальний сигнал, задається амплітуда (<i>Amplitude</i>), частота (<i>Frequency</i>), фаза (<i>Phase</i>) і середнє значення (<i>Bias</i>).
	Signal Builder – будівник сигналів, що дозволяє задавати форму сигналу, перетягуючи мишею опорні точки.
	Random Number – випадкові числа з нормальним (гаусовим) розподілом. Можна задати середнє значення (<i>Mean Value</i>), дисперсію (<i>Variance</i>), період зміни сигналу (<i>Sample Time</i>).
	Uniform Random Number – випадкові числа з рівномірним розподілом в заданому інтервалі від <i>Minimum</i> до <i>Maximum</i> .
	Band Limited White Noise – випадковий сигнал, обмежений по смузі білий шум (що має рівномірний спектр, до деякої частоти). Задається інтенсивність (<i>Noise Power</i>) і інтервал дискретизації (<i>Sample Time</i>), впродовж якого утримується постійне значення сигналу.

Основні облаштування виводу (Sinks)

	Display – цифровий дисплей, показує зміни вхідного сигналу в цифровому виді.
	Scope – осцилограф, показує зміни сигналу у вигляді графіку, дозволяє передавати дані в робочу область MATLAB для подальшої обробки і оформлення.

Інші часто використовувані блоки

	Gain – підсилювач, задається коефіцієнт посилення (<i>Gain</i>).
	Sum – суматор, використовується для складання і віднімання входів. Параметр <i>List of signs</i> задає кількість входів, їх знаки ("+" для складання і "-" для віднімання), проміжки між входами (позначаються знаком).
	Trigonometric Function – тригонометрична функція.
	Signal Routing Manual Switch – ручний перемикач, дозволяє подвійним клацанням перемикати вихід на один з двох вхідних сигналів.
	Mux – мультиплексор, об'єднує декілька сигналів в один "джгут" (векторний сигнал), в параметрах задається число входів (<i>Number of Inputs</i>).
	Demux – демультимплексор, дозволяє "розбити" векторний сигнал на декілька скалярних, в параметрах задається число виходів (<i>Number of Outputs</i>).

Блок Scope

У вікні блоку Scope виводиться графік зміни вхідного сигналу блоку. Якщо треба вивести графіки кількох сигналів, використовується мультиплексор Mux.

Кнопка  використовується для налаштування блоку. При натисненні на трикутник випадають три опції . При виборі опції з'являється вікно Configuration properties, яке містить ряд закладок, на яких є елементи управління, що дозволяють змінювати вигляд осцилограм. Зокрема на вкладці Display можна додати пояснення, що зображають різні графіки, поставивши «галочку» в елементі Show legend. На вкладці Logging задаються налаштування передачі результатів моделювання в робочу область Matlab для того, щоб їх можна було далі обробляти, виводити на графіки і зберігати у файлі. Поле Variable name задає ім'я змінної в робочій області, в якій зберігаються дані. У простому випадку вибирається формат Array (у списку Save Format). Це означає, що дані зберігатимуться в масиві з декількох стовпців (перший стовпець – час, другий – перший сигнал, третій – другий сигнал і так далі, у порядку входів мультиплексора). Якщо відмітити прапорець Limit data points, у пам'яті зберігатиметься тільки задане число точок графіка, тобто, при великому часі моделювання початок графіка буде втрачений.

Опція  виводить вікно Style, в якому можна змінювати кольори елементів осцилограм, вигляд ліній графіків, можна наносити на графіки маркери.

Опція  дозволяє змінювати кількість осцилограм у вікні Scope.

Установка параметрів моделювання

Установка параметрів моделювання виконується командою Model Configuration Parameters в меню Simulation вікна моделі. При цьому відкривається вікно установки параметрів моделювання. Це вікно має ряд

вкладок з досить великим числом параметрів. Розглянемо вкладку, відкриту за умовчанням, Solver (Вирішувач). Ця вкладка дозволяє встановити параметри системи моделювання Simulink.

До найважливіших параметрів вирішувача належить час моделювання - Simulation time. Він задається початковим часом Start time (зазвичай 0) і кінцевим часом Stop time (за умовчанням 10 с). Рівність Stop time нескінченності (inf) означає, що моделювання відбуватиметься нескінченно довго, поки не перервати його. Проте в цьому випадку важко отримати помітні осцилограми роботи пристрою, тому рекомендується задавати кінцеві значення Stop time.

Час моделювання – величина умовна. Відповідності між часом моделювання в секундах чи інших одиницях часу і заданим значенням немає. Реальний час моделювання залежить від швидкодії комп'ютера, на якому виконується моделювання.

Первинне значення мають дві опції вирішувача в полі Solver options: тип рішення і метод рішення. Можливі два типи рішення :

- Variable-step – рішення зі змінним кроком;
- Fixed-step – рішення з фіксованим кроком.

Як правило, кращі результати дає рішення зі змінним кроком (зазвичай за часом, але не завжди). В цьому випадку крок автоматично зменшується, якщо швидкість зміни результатів в процесі рішення зростає. І навпроти, якщо результати міняються слабо, крок рішення автоматично збільшується. Це виключає (знову-таки, як правило) розбіжність рішення, яке нерідко трапляється при фіксованому кроці.

Метод з фіксованим кроком варто застосовувати тільки тоді, коли фіксований крок обумовлений специфікою рішення задачі, наприклад, якщо її мета полягає в отриманні таблиці результатів з фіксованим кроком. Цей метод

дає непогані результати, якщо поведінка системи описується майже монотонними функціями.

Друга з вказаних опцій – вибір методу моделювання. Для вирішення диференціальних рівнянь можна вибрати наступні методи: discrete (дискретний), ode45, ode23 (три варіанти, включаючи метод Розенброка), rk45 (метод Дорманда-Принса), ode113 (метод Адамса) і ode15s. Методи, в найменуванні яких є слово stiff, служать для вирішення жорстких систем диференціальних рівнянь.

Наступні параметри задаються при натисненні на трикутник біля напису Additional options:

- Max step size - максимальний крок інтеграції системи однорідних диференціальних рівнянь;
- Min step size - мінімальний крок інтеграції;
- Initial step size - початковий крок інтеграції.

Важливим параметром є і точність інтеграції :

- Relative tolerance - відносна погрішність інтеграції;
- Absolute tolerance - абсолютна погрішність інтеграції.

За умовчанням вони мають значення 10^{-3} і 10^{-6} відповідно. Зменшення погрішності призводить до збільшення часу обчислення; збільшення погрішності може привести до фрагментації графіків результатів моделювання.

2.Порядок виконання практичної роботи

1. На диску D комп'ютера створити свою власну теку з іменем, написаним латинськими символами.

2. Запустити браузер SIMULINK. Натиснути кнопку "Створити" панелі інструментів. Відкрити бібліотеку джерел вхідних дій Sources. Перетягнути

мишею у вікно нової моделі джерела синусоїдального  і одиничного ступінчастого  сигналів. З розділу бібліотеки *Sinks* витягнути осцилоскоп . Для одночасного спостереження декількох сигналів на одному осцилоскопі потрібний мультиплексор , що знаходиться в розділі бібліотеки *Signals Routing*.

3. Зібрати схему, як показано на рис 1.2 а), сполучаючи мишею входи і виходи елементів, при необхідності змінюючи їх розміри за допомогою "ручок", що з'являються на кутах елементу при його виділенні.



Рис. 2 – Схема дослідження генераторів сигналів

4. Для налаштування параметрів елемента схеми двічі клацнути його мишею і у вікні, що відкрилося, встановити амплітуду синусоїди і приріст ступінчастого сигналу *Final Value* такими, що дорівнюють номеру варіанта. Момент приросту *Step Time* установити рівним 3.15.

5. Запустити моделювання, натиснувши кнопку панелі інструментів. Для перегляду результатів відкрити вікно осцилоскопа подвійним клацанням.

6. Видалити зі схеми мультиплексор і замінити його на суматор *Sum* з бібліотеки *Math Operation*, як показано на рис. 1.2 б). У параметрах налаштування суматора змінити його вигляд, вибравши для *Icon Shape* варіант *rectangular*. Запустити моделювання і подивитися результат у вікні осцилоскопа.

7. Для дослідження інтеграції і диференціювання створити S-модель, показану на рис. 1.3, використовуючи елементи Pulse Generator з бібліотеки Source, Derivative і Integrator з бібліотеки Continuous. У параметрах генератора встановити амплітуду рівною номеру варіанта, період 5 с, ширину імпульсу Pulse Width 50%. Зберегти модель у своїй теці під ім'ям lab1.mdl.a) б)10

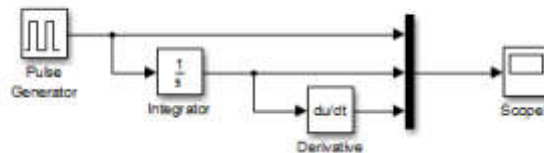


Рис. 3 –S-модель для дослідження роботи елементів SIMULINK

8. Запустити моделювання і пояснити отриманий результат.

9. Звіт з практичної роботи повинен містити мету роботи, схеми Simulink, осцилограми, що спостерігаються на кожному етапі роботи, а також пояснення вигляду осцилограм.

Теми рефератів:

1. Контроль накопиченої похибки окружного кроку зубчастих коліс
2. Контроль биття циліндричних та конічних зубчастих коліс при різних схемах установки

3. Контрольні питання

1. Що називається структурною схемою і які достоїнства структурних моделей?
2. Що таке Simulink Library Browser?
3. Як зробити, щоб один і той же сигнал надходив на декілька блоків?
4. Як продублювати блок у вікні моделі?
5. Як скопіювати зображення моделі в документ Microsoft Word?
6. Як змінити знаки арифметичних дій в суматорі?
7. Як одночасно спостерігати на осцилографі кілька сигналів?
8. Як додати до сигналу змінної напруги постійну складову

Практична робота №8

Теми: «Вимірювальні перетворювачі фізичних величин.»

Мета: вивчення конструкції та принципу дії термопари; побудова графіка залежності нагріву температури від часу.

1. Теоретичні відомості

Термопара — чутливий елемент термоелектричного перетворювача у вигляді двох ізольованих провідників з різних матеріалів, з'єднаних на одному кінці і формують частину пристрою, що використовує термоелектричний ефект для вимірювання температури, та іноді є частиною спеціального пристрою для захисту опалювального обладнання від перегріву.

Принцип дії термопари заснований на ефекті Зеєбека або, інакше, термоелектричному ефекті. Явище Зеєбека полягає в тому, що в замкненому електричному колі, яке складається з двох послідовно з'єднаних провідників з різних матеріалів, виникає термо-ЕРС, якщо спаї цих провідників мають різну температуру. Різниця потенціалів (електрорушійна сила), яка виникає між контактами, залежить від роду провідників контактів та від різниці температури між контактами, тому її можна подати у вигляді загальної формули з якої видно що термо-ЕРС прямо пропорційна різниці температур в контактах:

$$\varepsilon = \alpha(T_1 - T_2), \quad (1)$$

де α - коефіцієнт термо-ЕРС, який залежить від матеріалу;

T_1, T_2 - температура нагрітого та ненагрітого кінця.

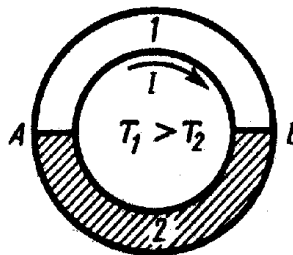


Рис. 1 Приклад замкнутого кола, що складається з двох металевих провідників

На рисунку 1 наведено замкнуте коло, що складається з двох металевих провідників 1 і 2 з різними температурами нагріву T_1 (контакт А) і T_2 (контакт 2) причому $T_1 > T_2$, в наслідок чого можна побачити, що струм буде мати напрямок від нагрітого до холодного, так як при нагріванні металу з одного кінця до електрони на ньому набувають більшої енергії та швидкості і переміщуються до не нагрітого кінця, в результаті на холодному кінці накопичується від'ємний заряд, а на нагрітому залишається нескоплений позитивний заряд.

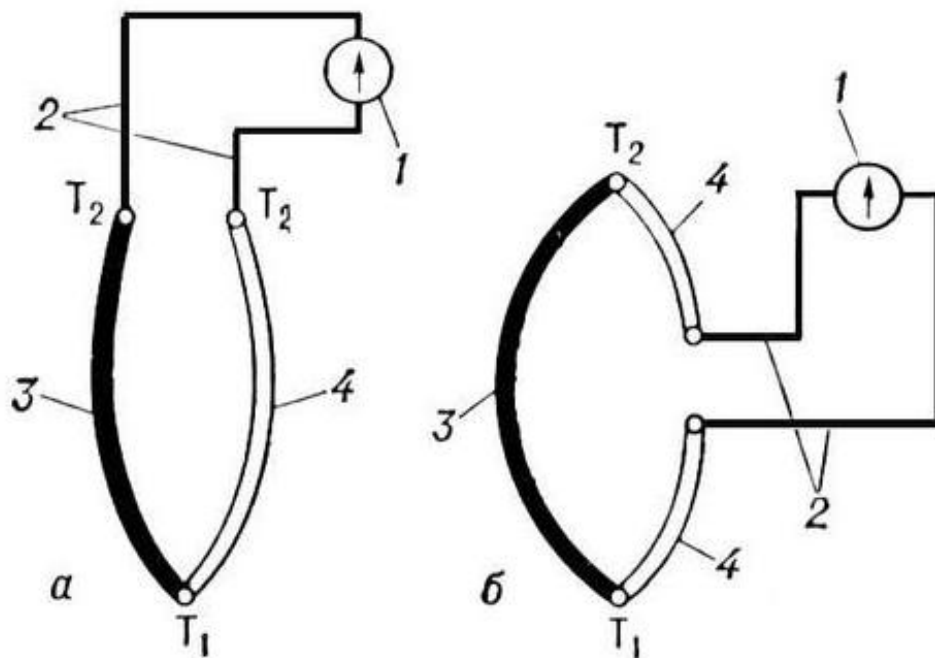


Рис. 2 Принципова схема включення двох термопар

1- вимірювальний прилад; 2,3- термоелектроди; 4 -з'єднувальні провідники

Коли кінці провідника знаходяться при різних температурах, між ними виникає різниця потенціалів, пропорційна різниці температур. Коефіцієнт пропорційності називають коефіцієнтом термо-ЕРС. У різних металах коефіцієнт термо-ЕРС різний і, відповідно, різниця потенціалів, що виникає між кінцями різних провідників, буде різною. Поміщаючи спай з металів з відмінними коефіцієнтами термо-ЕРС в середовище з температурою T_1 , ми отримаємо

напругу між протилежними контактами, які перебувають при іншій температурі T_2 , яка буде пропорційна різниці температур T_1 і T_2 . Напруга буде генеруватися не на стику двох металів, а уздовж довжини двох різнорідних металів.

$$U_{вих} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = k_{T1} \cdot (T_1 - T_2) - k_{T2} \cdot (T_1 - T_2); \quad (2)$$

де ε - коефіцієнт термо-ЕРС, який залежить від матеріалу;

T_1, T_2 - температура нагрітого та ненагрітого кінця.

Найбільш поширені два способи підключення термопари до вимірювальних перетворювачів: простий і диференціальний. У першому випадку вимірювальний перетворювач підключається безпосередньо до двох термоелектродів. У другому випадку використовуються два провідники з різними коефіцієнтами термо-ЕРС, спаяні в двох кінцях, а вимірювальний перетворювач включається в розрив одного з провідників.

2. Хід роботи

1. Набрати пусту посудину(в нашому випадку чашку) водою.
2. У наповнену водою чашку занурюємо кип'ятильник (не підключений до розетки).
3. В момент вмикання нашого кип'ятильника, у воду поміщаємо спай термопари, провідники якої підключені до вимірювального приладу(мультиметра).
4. Після занурення термопари, за допомогою секундоміра, кожні 10 с. фіксуємо значення зміни температури, яку показує нам мультиметр та заносимо дані в таблицю 1.
5. Температуру слід фіксувати до повного кипіння води.
6. Знаючи значення температури, будуємо графік залежності температури від часу.

Таблиця 1. Значення виміряної температури

t,с.											
С											
t,с.											
С											

Теми рефератів

1. Універсальні засоби вимірювання та контролю
2. Методика виконання вимірювань

3. Контрольні питання.

1. Що називається роботою виходу електрону з металу?
2. Чим обумовлена робота виходу електрона з металу?
3. Що називається термоелектрорушійною силою і від чого вона залежить?
4. Що називається диференціальною електрорушійною силою?
5. Намалюйте схему за якою будете градуювати термопару.
6. Чому при однаковій різниці температур різні термопари мають різні ЕРС?
7. Які різниці температур можна вимірювати термопарою, що застосовується в цій роботі?
8. Чи буде відрізнятись НРС термопари, кінці якої зварені, від величини ЕРС термопари кінці якої спаяні?
9. Де застосовуються термопари?

Відпрацювання та система оцінювання

Відпрацювання студентами пропущених занять (отримання допусків на іспит) виконується шляхом виконання практичних робіт та рефератів за потреби отримання додаткових балів допуску. На пільговій сесії обов'язково враховуються реферати здобувачів.

Вимоги до оформлення реферату:

Реферат: українська або англійська.

Відповідальність за якість тексту у такому випадку покладається на автора(ів).

Основні вимоги:

- книжкова орієнтація сторінки;
- поля по 2 см з кожного боку;
- шрифт Times New Roman, 14 (для таблиць та схем допускається розмір шрифту менше, але не менше 8);
- міжрядковий інтервал 1,5 (для таблиць та схем допускається 1,0).
- всі рисунки і таблиці підписуються, формули - нумеруються і набираються у редакторі Microsoft Word.

Список джерел: наводиться в кінці документу, оформляється в порядку згадування у тексті в будь-якому з чинних форматів цитування (ДСТУ 8302:2015). Заборонено використання підстрочних виносок для зазначення використаних джерел. Такі виноски можуть використовуватися лише для відображення додаткової до тексту роботи інформації.

Загальна кількість балів за модуль та кожен елемент освітньої складової:

№	Змістові модулі	Кількість заходів	Оцінка в балах		Сума балів	
			min	max	min	max
	Змістовий модуль 1.					
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	3	3	4	9	12
2.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	3	5	3	5
3.	Самостійна робота, тези, доповіді на студентських конференціях.	1	1	3	1	3
	Разом за змістовним модулем 1	x	x	x	12	20
	Змістовий модуль 2.					
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	3	3	4	9	12
2.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	3	5	3	5
3.	Самостійна робота, тези, доповіді на студентських конференціях.	1	1	3	1	3
	Разом за змістовним модулем 2	x	x	x	12	20
	Змістовий модуль 3.					
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	3	3	4	9	12
2.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	3	5	3	5
3.	Самостійна робота, тези, доповіді на студентських конференціях.	1	1	3	1	3
	Разом за змістовним модулем 3	x	x	x	12	20
	Разом за семестр				36	60
	Екзаменаційна робота				24	40

Вимоги до оформлення практичних робіт.

					141.ПР01.Ен 00.			
Ізм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Вивчення законодавчої та нормативної бази України в галузі оцінювання відповідності та сертифікації електроприладів.	Літ	Лист	Листів
Студент		П.І.Б					1	4
Консульт.		Руденко А.Ю.				МНАУ		
Керівник								
Н.контр.								
Зав. каф.		.						

Практична робота № 1

Тема: Вивчення законодавчої та нормативної бази України в галузі оцінювання відповідності та сертифікації електроприладів.

Мета: Вивчити основні законодавчі та нормативні акти України, які регулюють відносини в галузі оцінювання відповідності, ознайомитися з основними положеннями Закону України «Про захист прав споживачів» та Закону України «Про підтвердження відповідності»

Завдання 1. Вивчення науково-методологічних відомостей про поняття оцінки відповідності Користуючись збірником нормативних документів та законом України «Про підтвердження відповідності» законспекуйте основні терміни і поняття що характеризують оцінку відповідності.

Визначення термінів, які відсутні у конспектах лекцій, треба записати у звіт. Охарактеризувати об'єкти підтвердження відповідності. Визначити основні принципи державної політики в галузі підтвердження відповідності. Визначити галузь використання Закону України «Про підтвердження відповідності». Ознайомитися зі структурою Закону України, занотувати з яких розділів та статей складається закон та записати основні положення щодо підтвердження відповідності продукції та послуг.

Завдання 2. Ознайомитися зі структурою Закону України «Про захист прав споживачів».

Занотувати з яких розділів та статей складається Закон та записати основні положення щодо захисту прав споживачів та обов'язків виробників. Вивчити гарантії, які надає держава українським споживачам. Записати основні терміни та положення, які визначаються у Законі.

Завдання 3 Вивчення основних видів діяльності в системі УкрСЕПРО Використовуючи ДСТУ 3410-96 записати види діяльності в Системі із характеристикою їх змісту.

Завдання 3. Ознайомитися зі сертифікацією електричного та електронного обладнання.

Вимога до сертифікації електричного та електронного обладнання в країнах, що входять до Європейського союзу, в тому числі й в Україні, є обов'язковою. Директива 2014/35/ЄС розповсюджується як на кінцевий продукт електрообладнання, так і на складові цього обладнання. Електричні та електронні механізми широко використовуються як на різноманітних підприємствах, так і в побуті, тому для такого обладнання важливими моментами виступають підвищені вимоги до безпеки використання та пожежна безпека.

До електрообладнання відносять: комп'ютери, теле- та радіозв'язок, спеціальну техніку для медичних цілей, промислові установки високотехнологічного виробництва, мікрохвильовки, пилососи, холодильники, телефони та електробритви тощо. Також різного роду електроустановки застосовуються й в аерокосмічній сфері, для здійснення навігації та у військовій справі.

Важливо зазначити, що наразі електрична та електронна продукція без наявності сертифікату про гарантію безпеки заборонена для виготовлення і, тим більше, розповсюдження.

До електрообладнання, обов'язкового до сертифікації відносяться: електроприлади побутового та аналогічного призначення, кабелі та шнури, перемикачі для приладів та автоматичні керуючі пристрої, конденсатори та комплектуючі, з'єднувальні пристрої, вимірювальні електроприлади, світлотехнічні вироби, обчислювальне, інформаційне та конторське обладнання, електрообладнання медичного призначення, електроустановочні захисні пристрої, ручні електроінструменти, захисні трансформатори та подібне обладнання, низьковольтна силова апаратура керування, а також електронна апаратура і пристрої розважального призначення, що живляться від мережі.

Загалом, така неодмінна для сертифікації інструкція розповсюджується на будь-які електронні та електричні обладнання, які розраховані на використання при номінальній напрузі 50-1000 В змінного струму та від 75 до 1500 В постійного струму. Під цю категорію підпадають всі прилади що живляться від мережі 220 В.

У випадку, якщо електричне та електронне обладнання відповідає вимогам ЄС стосовно пожежної безпеки та безпеки у використанні, то на нього наноситься відповідне маркування CE (CE Marking).

Таке маркування повинно наноситися не електрообладнання чи на пакуванні такої продукції видимим та читабельним позначенням. CE маркування повинно бути непридатним до змивання, а також може бути розміщене й на інструкції обладнання чи на гарантійному талоні(сертифікаті).

Загальновідомо, що всі електроприлади випромінюють електромагніти, які напряду заважають роботі іншого електричного обладнання, що знаходиться поблизу. Також електромагнітні випромінювання мають вплив на навколишнє середовище, тому всі індустриально розвинені країни повинні слідкувати за дотриманням вимог до охорони праці, безпеки технічних засобів та захисту навколишнього середовища.

Тому, відповідно до Директиви 49/33 ЄЕС від 01.01.92, ні один електроприлад не може розповсюджуватися на європейському чи національному ринку, якщо він не відповідатиме вимогам європейських та міжнародних стандартів у галузі електромагнітної сумісності, тим самим і вимогам стосовно безпечності у користування таким обладнанням.

Теми рефератів:

1. Принципи стандартизації.
2. Значення стандартизації для розвитку народного господарства країни.
3. Основні поняття та визначення в галузі стандартизації.

Контрольні питання

1. Що собою являє стандартизація? Визначте її мету і основні напрями.
2. Охарактеризуйте рівні стандартизації.
3. Поясніть сутність поняття «ефективність використання стандарту».
4. Назвіть функції стандартів як нормативно-технічних документів.
5. Який вплив стандартизації на забезпечення якості продукції?

Список використаних джерел

1. Васілевський О. М., Поджаренко В. О. Практикум з метрологічного нагляду за засобами вимірювання. Вінниця : ВНТУ, 2007. 89 с.
2. Діагностування енергообладнання. Випробування та вимірювання в електроустановках : навч. посіб. / В. А. Наливайко та ін. Київ : Компринт, 2023. 378 с.
3. Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології : курс лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" денної форми здобуття вищої освіти / уклад. О. С. Садовий. Миколаїв : МНАУ, 2023. 84 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15966>
4. Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології : метод. реком. для виконання практ. робіт для здобувачів вищої освіти ступеня "Бакалавр" спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" денної та заочної форм навчання / уклад. О. С. Садовий. Миколаїв : МНАУ, 2023. 53 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15965>
5. Меньшиков А. П., Дивнич М. П. Основи метрології : лабораторний практикум. Київ : НАУ, 2011. 52 с.
6. Набродов, В. З. Допуски, посадки та технічні вимірювання : підручник. Київ : Літера ЛТД, 2019. 224 с.
7. Сертифікація електричного та електронного обладнання. *Стандартизація, сертифікація та метрологія.* 2019. URL: <http://testmetrstandart.com.ua/sertifikacziya-elektrichnogo-ta-elekt>.
8. Технологічні вимірювання і прилади. Вимірювання рівня та витрат : навчальний посібник / уклад.: С. Г. Бондаренко, Д. М. Складанний, А. О. Абрамова. Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020. 117 с.

9. Цвіркун, Л. О., Омельченко О. В. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання : навчальний посібник. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2022. 117 с.

10. Kundenko M., Chaly I., Vakhonina L., Megel Y., Rudenko A., Mardziavko V. Development of a Model of Cell Functioning to Measure the Interaction of Low-Energy EMF. *2022 XXXII International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA)*, Sozopol, Bulgaria, 2022, pp. 1-4. DOI: 10.1109/MMA55579.2022.9993093.

Навчальне видання

КОНТРОЛЬНО ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ З ОСНОВАМИ МЕТРОЛОГІЇ

Методичні рекомендації

Укладачі: **Мардзявко Віталій Анатолійович**
Руденко Андрій Юрійович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 4.1.

Тираж 20 прим. Зам. № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідотство субекта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013р.