

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни:

«ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ АПАРАТИ АВТОМАТИКИ»

для студентів спеціальності 141 -
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
усіх форм навчання

2019

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни:
«Електромеханічні апарати автоматики» для студентів
спеціальності 141 - «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» усіх форм навчання. / Укл.: В.М. Снігірьов,
Л.С.Скрупська – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 40 с.

Укладач: Снігірьов В.М., доцент, к.т.н.
Скрупська Л.С., ст. викл.

Рецензент: Афанасьєв О.І., доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск: В.М. Снігірьов, доцент, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри
«Електричні та електронні
апарати»
Протокол №7
від «26» грудня 2018

Затверджено НМК ЕТФ
Протокол № 6
від «24» січня 2019 р

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота №1	
Дослідження електромагнітного нейтрального реле постійного струму.....	5
Лабораторна робота №2	
Дослідження електромагнітного реле змінного струму.....	8
Лабораторна робота №3	
Дослідження поляризованих реле.....	10
Лабораторна робота №4	
Дослідження герконового реле.....	15
Лабораторна робота №5	
Дослідження ємкісного датчика.....	19
Лабораторна робота №6	
Дослідження потенціометричного датчика.....	24
Лабораторна робота №7	
Дослідження індуктивного датчика переміщення.....	28
Лабораторна робота №8	
Дослідження електромагнітного реле з магнітокерованими контактами	35
Список літератури.....	40

ВСТУП

До електромеханічних апаратів автоматики відносяться електромеханічні реле, датчики і різні виконавчі пристрої (електромагнітні клапани, муфти, перетворювачі, підвіси, опори), командна апаратура (кінцеві і шляхові вимикачі, поворотні вимикачі й ін.).

Метою робіт є:

- а) поглиблення і розширення знань по основним розділам курсу «Електромеханічні апарати автоматики»;
- б) вивчення лабораторного стенду і проведення експерименту з електричними апаратами;
- в) вивчення принципу дії досліджуваних пристроїв і знайомство з, що відбуваються в схемах апаратів;
- г) придбання навичок дослідження та іспитів апаратів автоматики;
- д) удосконалювання навичок обробки й оформлення результатів експерименту.

Для всіх лабораторних робіт використовується універсальний стенд. Стенд укомплектований блоками різних лабораторних робіт, що дозволяє використовувати його при проведенні всіх лабораторних робіт по курсу.

При виконанні всіх лабораторних робіт необхідно бути уважним і виконувати усі вимоги викладача і технічного персоналу лабораторії, що стосуються виконання лабораторних робіт. Так же неухильно дотримувати правила поведінки, передбачені для лабораторних приміщень університету, а також загальні норми поведіння.

Перед виконанням роботи необхідно уважно ознайомитися з описом лабораторної роботи і стенда.

Не вмикати установку без дозволу викладача ведучого заняття.

У випадку виявлення позаштатної ситуації (запах горіння, поява диму, іскріння й ін.) необхідно виключити автоматичний вимикач QF на передній панелі стенда і сповістити про це викладача.

Не усувати самостійно несправності, що виникли в процесі виконання роботи.

Після закінчення роботи виключити автоматичний вимикач QF.

ЛАБОРАТОНА РОБОТА №1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО НЕЙТРАЛЬНОГО РЕЛЕ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Мета роботи: вивчити принцип дії конструкції електромагнітного реле постійного струму, визначити реле (коефіцієнт повернення, запасу, підсилення, розмноження кіл), релейну характеристику.

Електричне реле – апарат, призначений виконувати стрибкоподібні зміни у вихідних колах при заданих електричних величинах, які діють.

Електромеханічне реле – електричне реле, робота якого основана на взаємодії магнітного поля нерухомої обмотки з рухомим феромагнітним елементом.

Електромагнітні нейтральні реле постійного струму є одними з основних елементів систем автоматики, телемеханіки, захисту і тощо. З їх допомогою здійснюється необхідна взаємодія і послідовність у роботі окремих частин систем (приладів, блоків, пристроїв), захист, підсилення, розмноження кіл, перемикання з затримкою часу чи уповільнення, швидкодіюче перемикання і т. і. Загальний вигляд релейних характеристик в розімкнутому «в» та ввімкненому «б» вихідному стані у виконавчих колах подано на рис.1.1.

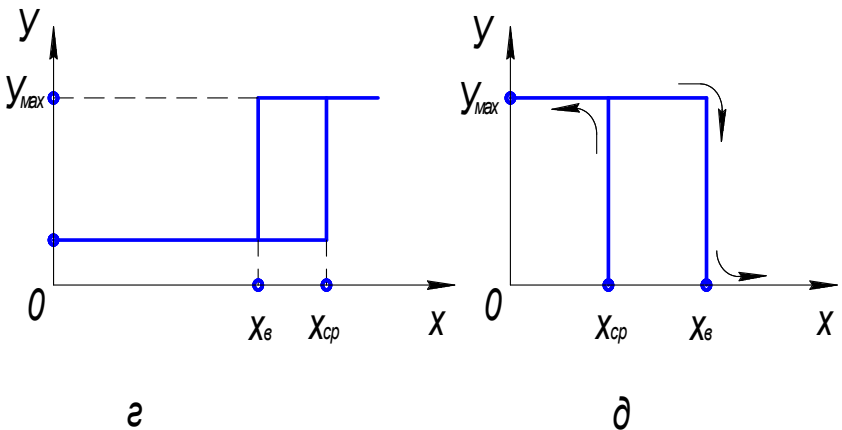


Рисунок 1.1 - Релейні характеристики

$X_{ср}$ – параметр спрацьовування;

$X_{в}$ – параметр віку (відпускання);

$X_{р}$ – параметр робочого сигналу, що забезпечує надійну роботу реле у відповідності з умовами застосування;

$X_{д}$ – припустиме значення вхідного сигналу, що забезпечує роботу реле без ушкодження.

В залежності від розташування якоря і характеру дії на нього магнітного потоку, електромагнітні реле, в основному ділять на реле:

а) з зовнішнім неврівноваженим якорем клапанного типу;

б) з якорем соленоїдного типу, що втягується;

в) з урівноваженим якорем і внутрішньою котушкою в ньому;

г) з зовнішнім урівноваженим якорем поворотного типу, що втягується.

1.1 Порядок виконання роботи

Перед виконанням лабораторної роботи студент повинен:

- самостійно вивчити належні методичні вказівки і повторити розділ курсу про реле постійного струму;

- скласти табл. 1.1;

- зібрати схему рис. 1.1;

- після перевірки схеми викладачем включити напругу і зняти значення $I_{ср}$, $U_{ср}$, $U_{в}$, $I_{раб}$, $U_{раб}$, дані занести в таблицю 1.1;

- розрахувати коефіцієнти:

K_3 – коефіцієнт запасу по спрацьовуванню

$$K_3 = \frac{X_{раб}}{X_{ср}} \quad (1.1)$$

$K_в$ – коефіцієнт повернення (відпускання) реле

$$K_в = \frac{X_{ср}}{X_{в}} \quad (1.2)$$

$K_л$ – коефіцієнт розмноження ланцюгів

$$K_л = \frac{\eta_{ком}}{\eta_{кер}} \quad (1.3)$$

$K_п$ – коефіцієнт посилення

$$K_п = \frac{P_n}{P_{кер}} \quad (1.4)$$

Потужність на виході реле розраховувати по вираженню

$$U = I \cdot R ,$$

$$P_n = U_{к.раз} \cdot I_{к.зам} ,$$

де:

U_{к.раз}.- напруга на контактах до замикаання (прийняти 220В);

I_{к.зам}.- струм у комутуючого ланцюгу, прийняти рівним 5А.

Побудувати релейну характеристику реле.

Таблиця 1.1 – Результати вимірів і розрахунків

№ досліджу	дослідні						розрахункові			
	Іспр, А	Успр, В	Ів, А	Ув, В	Іраб, А	Ураб, В	Кз	Кв	Кл	Кп
1										
2										
3										
Середнє значення										

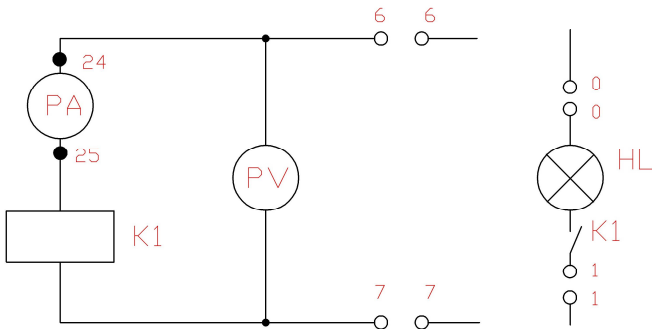


Рисунок 1.2 –Принципова схема досліджень

1.2 Вказівки по техніці безпеки

- усі переключення в схемі виконувати при виключеному автоматі QF;

- чітко дотримувати інструкції по техніці безпеки і правил внутрішнього розпорядку.

1.3 Контрольні запитання

1. Дайте визначення електричного, електромеханічного та електромагнітного реле.
2. Призначення, визначення реле та сфери застосування.
3. Дайте визначення коефіцієнтів Кл, Кв, Кп, Кз.
4. Які основні види магнітних систем застосовуються в нейтральних електромагнітних реле постійного струму?
5. Що розуміють під величинами робочими, допустимими, спрацювання та відпускання?
6. За якими параметрами оцінюють якість реле, його чутливість та гістерезисні властивості?
7. Що розуміють під протидіючою, навантажувальною і тяговою характеристикою?
8. Що означає погодження протидіючої та тягової характеристики?
9. Яке призначення штифта відлипання?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕЛЕ ЗМІННОГО СТРУМУ

Мета роботи: вивчити принцип дії, конструкцію и основні вузли реле, визначити основні електричні параметри.

Реле змінного струму мають широке застосування. Наприклад, максимальне реле струму РТ – 40 застосовується в пристроях релейного захисту і автоматики як апарат, що реагує на підвищення струму в колі, яке контролюється.

2.1 Порядок виконання роботи

Перед виконанням лабораторної роботи студент повинен: самостійно вивчити належні методичні вказівки і повторити розділ курсу про реле змінного струму:

- скласти табл. 2.1 (для послідовного і змінного включення котушок);

- після перевірки схеми викладачем подати напругу і провести виміри $I_{спр}$, I_v , при різних значеннях $I_{уст}$. При цьому схему збирати двічі:

для послідовного і змінного вимикання котушок, дані занести в табл. 2.1;

- розрахувати коефіцієнти повернення K_p реле, (1.2);

- побудувати графіки $I_{спр}$ ($I_{уст}$), I_v ($I_{уст}$) і K_v ($I_{уст}$) для послідовного і рівнобіжного включення котушок реле і дати їх аналіз.

Таблиця 2.1 – Дані вимірювань і розрахунків

$I_{уст}, A$	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
$I_{спр}, A$						
I_v, A						
K_v						

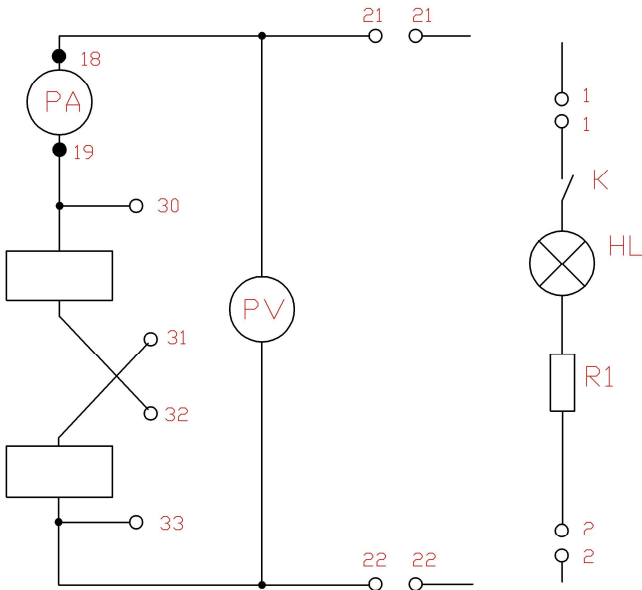


Рисунок 2.1- Принципова схема досліджень

2.2 Вказівки по техніці безпеки

- усі переключення в схемі виконувати при виключеному автоматі QF.
- чітко дотримуватися інструкції по техніці безпеки і правил внутрішнього розпорядку.

2.3 Контрольні запитання

1. Які конструктивні особливості реле змінного струму в порівнянні з реле постійного струму ?
2. Які типи реле застосовують в колах змінного струму ?
3. Яка причина вібрації якоря реле змінного струму ?
4. Що застосовують для усунення вібрації якоря ?
5. Які конструктивні рішення прийняті в реле РТ – 40 для усунення вібрації якоря ?
6. Розкажіть конструкцію реле РТ – 40 .
7. Чим відрізняється процес ввімкнення реле змінного струму від процесу реле постійного струму ?
8. Як регулюється вставка струму реле РТ – 40 ?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛЯРИЗОВАНИХ РЕЛЕ

Мета роботи: вивчити принцип дії, призначення та конструктивні особливості, визначити тип пасіровки реле і параметри спрацювання.

Електромагнітне поляризоване реле – реле постійного струму, зміна стану якого залежить від полярності його вхідної діючої величини.

Електромагнітні поляризовані реле мають високу чутливість, великий коефіцієнт керування, високу швидкість спрацювання (до 2 мс), малі викривлення імпульсів. Вони можуть бути використані для роботи зі струмами одного чи двох напрямків.

Такі реле застосовують в радіоелектронній апаратурі, автоматичі, телемеханіці і електрозв'язку. Крім того, з їх допомогою здійснюється комутація, підсилення імпульсів, безперервне керування реверсивними двигунами.

Принцип дії електромагнітного поляризованого реле оснований на взаємодії поляризуючого і робочого магнітних потоків з якорем реле. Реле виконуються двопозиційними та трипозиційними.

Двопозиційне реле можуть бути відрегульоване нейтрально або з переважним притяганням до одного з контактів. При нейтральному відрегулюванні якір перекидається від одного контакту до другого при однакових струмах спрацювання. Після відмикання струму котушки якір залишається біля того контакту, до якого він був перекинутий. Нейтральне відрегулювання передбачає симетричне розташування контактів відносно нейтральної лінії.

При відрегулюванні з деякою перевагою перекидання якоря від одного контакту до другого відбувається з різними струмами спрацювання, а після вимикання струму якір залишається у будь-якого з контактів.

При відрегулюванні з повною перевагою після вимкнення струму якір перекидається до того контакту, перевага до якого відрегульована.

При трифазному реле якір має пружину для повернення. При струмі, що менший ніж струм спрацювання, якір залишається в нейтральному положенні і не дотикається до контактів. На рис.3.1. подана схема випробувань.

Живлення стенда здійснюється від джерела постійного струму напругою до 16 В. Напруга регулюється трансформатором Т. Перемикання полярності напруги, що подається на котушку здійснюється перемикачем S3. Котушка реле перемикається перемикачем S4. Вимикач Sv шунтує мікроамперметр μA в режим і визначеного типу відрегулювання реле. Перемикач S2 змінює межі вимірювання мікроамперметрів, що подані на стенді. Стендом живляться всі контактні колодки реле.

3.1 Порядок виконання роботи

Перед початком лабораторної роботи студент повинен:

- вивчити дійсні методичні вказівки і повторити розділ курсу про поляризовані реле;
- скласти табл. 3.1 і 3.2;
- зібрати схему, рис. 3.1;
- після перевірки схеми викладачем включити автомат QF;
- визначити вид настроювання реле РП 4, РП 5, РП 7;
- провести виміри, для чого при розімкнутому ключі S3 з допомогою автотрансформатора Т встановити напругу 3 В.

При цьому перемикачем встановити необхідну межу вимірювання.

За допомогою S3, перемикаючи в положення, що вказані в табл. 3.1, визначити тип відрегулювання реле, відзначаючи в табл. 3.1 засвічування лівої (Л) чи правої (П) сигнальної лампочки.

Вивести автотрансформатор Т в положення, що відповідає нулю. Перемикач S2 поставити в положення 100 чи 300, S3 поставити в положення «+». Вимикачем S4 ввімкнути обмотку 1 і, плавно підвищуючи напругу за допомогою автотрансформатора Т, записати Ісп та Усп реле в ту мить, коли потухла ліва і загорілась права (чи навпаки) сигнальні лампи. Відбулось перемикання контактів реле.

Якщо реле не перемкнулось при підвищенні напруги до 3В, то необхідно автотрансформатор вивести на нуль.

Встановити S3 в положення «-» і дослід повторити. Зменшуючи за допомогою Т напругу, зафіксувати Ів та Ув реле за зміною горіння сигнальних ламп (для відповідних типів відрегулювання). Визначити значення Кв, Кз, Кл і Кп.

Всі результати вимірювань та обчислень занести в табл. 3.2. Найбільша потужність відмикання контактів - 4.8 Вт.

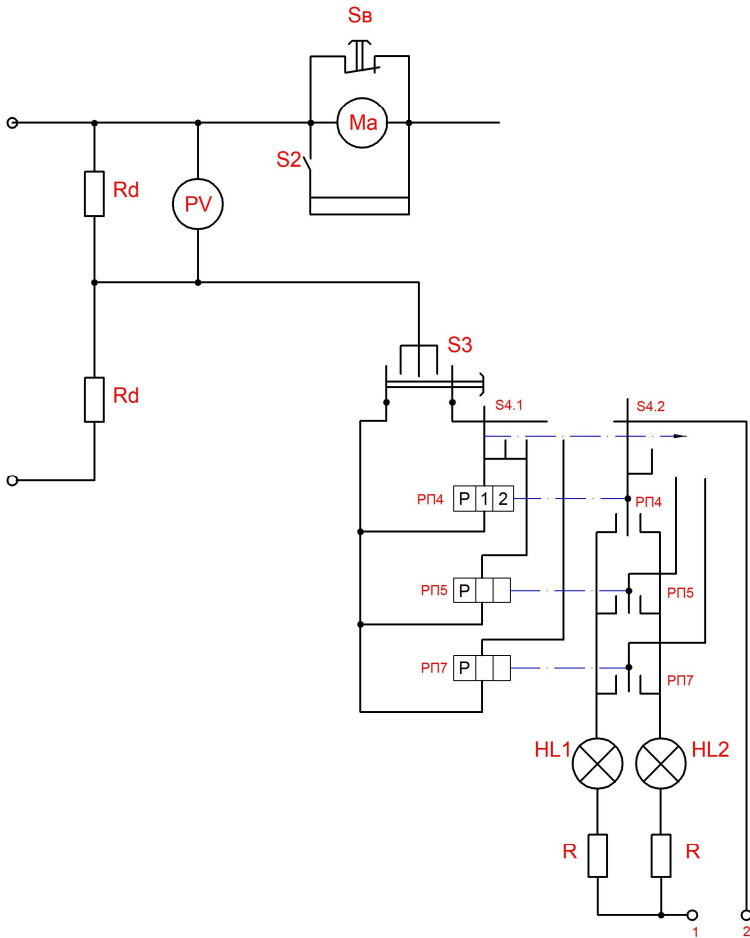


Рисунок 3.1 – Принципова схема дослідження

Таблиця 3.1 – Експериментальні дані

Тип реле	№ обм	Положення контактів перемикача S3										Тип Настроювання
		0		1		0		2		0		
		HL1	HL2	HL1	HL2	HL1	HL2	HL1 1	HL2	HL1	HL2	
РП -4	1											
	2											
РП -5	1											
РП -7	1											

Таблиця 3.2 – Експериментальні дані

Тип реле	Положення S3.		Параметри, що визначаються					
			I _{ср}	U _{ср}	I _{отк}	U _{отк}	P _{ср}	Кв
РП-4	1	1 2						
	2	1 2						
РП-5		1 2						
РП-7		1 2						

3.2 Вказівки з техніки безпеки

- усі переключення в схемі виконувати при виключеному автоматі QF.;

- чітко дотримуватися інструкції по техніці безпеки і правил внутрішнього розпорядку.

3.3 Контрольні запитання

1. Чим відрізняються поляризовані реле від нейтральних?
2. Які переваги мають поляризовані реле у порівнянні з нейтральними?
3. Поясніть принцип дії поляризованих реле.
4. Чим пояснюється більш висока швидкодія і чутливість поляризованих реле у порівнянні з нейтральними?

5. Які існують типи настроювання двопозиційних поляризованих реле?

6. Які типи магнітних кіл використовуються у поляризованих реле?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕРКОНОВОГО РЕЛЕ

Мета роботи: вивчити принцип дії, конструкцію та основні вузли герконового реле, експериментально визначити параметри спрацювання та повернення і особливості роботи декількох МК в одній обмотці керування.

Магнітокерований контакт – це елемент електричного кола, що змінює його стан шляхом механічного замикання чи розмикання завдяки дії керуючого поля на контакт деталі цього елемента, що суміщують функції електричних і магнітних кіл.

Герметезований магнітокерований контакт – це магнітокерований контакт, деталі якого герметично ізольовані від навколишнього середовища.

Геконіві реле найчастіше уявляють собою котушки, всередині яких розташовуються один або декілька геконів.

При відсутності магнітного поля контакти замкнені або розімкнені. При виникненні повздовжнього магнітного поля пружини згинаються і замикають чи розмикають контакт деталі. Завдяки герметизації контактів покращується надійність комутації і стабільність перехідного опору в порівнянні з негерметизованими контактними пристроями. Термін служби складає $10^6 - 10^9$ комутацій, час спрацювання 5,0 – 2,0 мс, час відпускання 0,2 – 1,0 мс.

Недоліками герконового реле є порівняно малий комутує мий струм, необхідність надійного екранування від зовнішніх магнітних полів та ін.

Геркони широко використовують у САВ, системах контролю, реле, логічних елементах, перетворювачах напруги та струму, датчиках неелектричних величин, коаксіальних перемикачах, комутаторах, виконавчих елементах схем перебудови частоти в ВЧ – пристроях, кінцевих вимикачах.

Геркони класифікують за такими признаками:

а) характером взаємодії феромагнітних електродів в магнітному полі;

б) конфігурацією магнітного кола;

в) видом контактної групи;

20

г) матеріалом феромагнітних електродів;

д) типом електричного контакту;

є) видом накопичення балону;

ж) різновидами рухомої системи;

з) видом герметизації;

і) габаритними розмірами і т.д.

Геркони керують, в залежності від їх конструкції, одним чи декількома магнітними полями, зміною характеристик магнітного кола. При роботі декількох герконів в одній котушці керування контакти замикаються (розмикаються) не одночасно, спочатку замикається (розмикається) найбільш чутливий геркон, а потім інші. Кожне замикання (розмикання) герконів супроводжується перерозподілом магнітного потоку всередині котушки. Герконове реле вважається таким що спрацювало тоді, коли замкнулися (розімкнулися) контакти, а відпустивши – коли всі контакти розімкнулися (замкнулися).

4.1 Порядок виконання роботи

- перед виконанням лабораторної роботи студент повинен самостійно вивчити дійсні методичні вказівки і повторити розділ курсу про герконове реле;

- скласти табл. 4.1;

- зібрати схему рис. 4.1;

- експериментально визначити мінімальне, максимальне і середнє значення струмів, напруг, м.р.с. і потужностей спрацювання і відпускання реле РПГ, а також робочий струм у колі керування; за отриманими даними побудувати характеристику керування реле РПГ (залежність напруги на навантаженні силового кола від струму у колі керування), для чого:

- вивести автотрансформатор Т на нуль;

- увімкнути автомат SF і, плавно підвищуючи напругу живлення по запалюванню сигнальних лампочок HL1... HL10 зафіксувати струм і напругу на обмотці до робочого (12 В) і зафіксувати робочий струм;
- зменшуючи напругу на обмотці реле, по згасанню сигнальних лампочок зафіксувати струм і напругу відпускання кожного гекона;
- вивести автотрансформатор на нуль, дані експерименту занести до табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Дані вимірювань і розрахунків

№ геркона	№ досліду	U _{спр}	I _{спр}	U _в	I _в	U _{раб}	I _{раб}	F _{спр}	F _в	K _в
1	1									
	2									
	3									
2	1									
	2									
	3									
3	1									
	2									
	3									
4	1									
	2									
	3									
5	1									
	2									
	3									
6	1									
	2									
	3									
7	1									
	2									
	3									
8	1									
	2									
	3									
9	1									
	2									
	3									
10	1									
	2									
	3									

F_{спр} и F_в визначається по:

$$F_{спр} = I_{спр} * W_{кат} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$F_{\epsilon} = I_{\epsilon} * W_{кат} \quad (4.2)$$

де $W_{кат}$ – кількість витків обмотки керування.

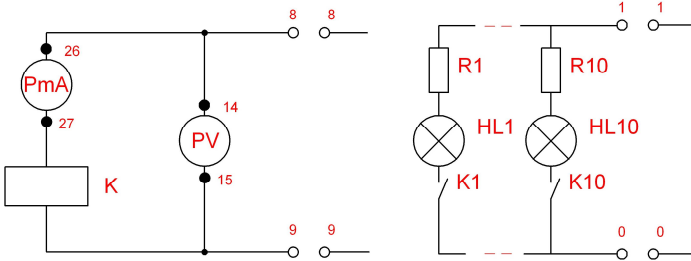


Рисунок 4.1 – Принципова схема включення герконового реле

4.2 Вказівки по техніці безпеки

- усі переключення в схемі виконувати при виключеному автоматі QF;
- чітко дотримувати інструкції по техніці безпеки і правил внутрішнього розпорядку.

4.3 Контрольні запитання

1. Що собою являє магнітокерований герметизований контакт?
2. Основні конструкції, призначення і сфери застосування МК?
3. Які матеріали використовують при виготовленні геконів?
4. Коли використовують тліючий розряд гекона?
5. Дайте визначення фериту.
6. Коли застосовується керування МК за допомогою магнітних полів, перетинаються?
7. Поясніть особливості роботи реле змінного струму на геконах.
8. Чим відрізняється ферити з внутрішньою пам'яттю?

9. Які методи застосовуються для недопущення «невірних» спрацювань фериту?

10. Особливості роботи декількох МК в одній обмотці керування.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 ДОСЛІДЖЕННЯ ЄМКІСНОГО ДАТЧИКА

Мета роботи: ознайомитись з принципом дії, призначенням і особливостями конструкції ємкісних датчиків, розрахувати і визначити дослідним шляхом параметри датчика, порівняти експериментальні і розрахункові дані, зробити висновки.

В ємкісному датчику зміна вимірювального параметру викликає пропорційну зміну ємкості конденсатора.

Якщо розглянути вираз, що визначає ємкість плоского конденсатора:

$$C = \frac{\xi_a \cdot S}{D} \quad (5.1)$$

де:

ξ_a – абсолютна діелектрична проникливість;

S – площа пластини конденсатора;

D – відстань між пластинами.

Можна побудувати види датчиків (рис.5.1):

а) за принципом зміни відстані між електродами – датчики переміщення;

б) зміна площі – датчики кута повороту;

в) зміна діелектричної проникливості – датчики рівнів.

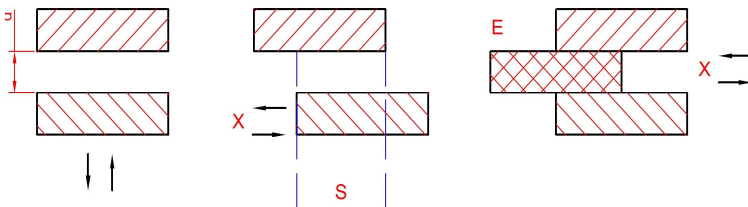


Рисунок 5.1 – Види ємкісних датчиків

Конструктивно ємкісні датчики виконуються плоскими, циліндричними, роторними та ін.

Як діелектрик використовується повітря, слюда, фарфор та ін. діелектрики, а також ізолюючі рідини.

В даній лабораторній роботі досліджується ємкісний датчик кутового переміщення. В схемі датчика (рис. 5.2) роторний конденсатор з повітряним діелектриком. Так і конденсатори змінної ємкості застосовують в радіотехніці для настройки коливальних контурів.

Для збільшення ємкості вони виконуються багатопластинними. Робоча площа пластин конденсатора залежить від кута повороту ротора.

5.1 Порядок виконання роботи

- для розрахунку максимальної ємкості конденсатора необхідно виміряти величину повітряного зазору між

- пластинами і їх робочу площу. Розрахункова формула наведена в додатку;

- ємкісний опір прорахувати для положення ротора 0° (смін).

$45^\circ (C = C_{\max}/4); 90^\circ (C = C_{\max}/2); 150^\circ (C = C_{\max})$ при частоті напруги живлення (вхідної)

$f = (4, 7, 10)$ кГц. Результати розрахунку заносяться в таб.5.1. Розрахункові формули приведені в додатку;

- струм в полі датчика розраховується струм в полі датчика при значеннях C ($C_{\min} \dots C_{\max}$). Потім ті ж розрахунки виконують для інших частот 7, 10 кГц. Опір навантаження залишається максимальним. Результати зводяться до таб.5.1. За отриманими даними будуються залежності $I = \varphi(f)$.

Таблиця 5.1 – Дані розрахунків

% α	$f, \text{кГц}$				
	1	2	3	4	10
0					
45					
90					
135					
180					

Таблиця 5.2 – Данні дослідів

α	$f, \text{кГц}$					$R_n, \text{кОм}$			
	1	2	4	7	10	82	160	240	30
0, p									
э									
45, p									

В другому випадку частота приймається постійною $f = 4 \text{ кГц}$, величини R_n і C змінюються. Результати заносяться до табл.5.2. За отриманими даними будують залежності $I = \varphi(R_n)$.

Знаючи струм в колі датчика, можна розрахувати падіння напруги на спорі навантаження. Це і буде залежність $U_{вих} = \varphi(f)$ і $U_{вих} = \varphi(R_n)$. Результати заносяться до табл. 5.2. За отриманими даними будують функції $U_{вих} = \varphi(f)$ і $U_{вих} = \varphi(R)$;

- напруга на вході датчика і на його виході вимірюються одним і тим же вольтметром. При вимірюванні вхідної напруги перемикач S 2.1 ставиться в положення $U_{вх}$, при вимірюванні вихідної напруги – в положення $U_{вих}$.

Для експериментального визначення залежності $U_{вих} = \varphi(f)$ встановити частоту $f = 4 \text{ кГц}$, напругу $U_{вх} = 50 \text{ В}$, $R_n = R_n \text{ max}$ змінюючи ємність конденсатора, реєструвати значення $U_{вих}$.

Теж проробити на інших частотах, підтримуючи $U_{вх} = 50 \text{ В}$. Потім при $U_{вх} = 50$, $f = 4 \text{ кГц}$ експериментально визначити залежність $U_{вих} = \varphi(R_n)$ змінюючи R_n за допомогою S 2.2. Результати занести до табл.5.2.

- за відомими даними і формулою з додатку розрахувати чутливість ємнісного датчика (K_n).

- побудувати розрахункові і експериментальні залежності $U_{вих} = \varphi(f)$, $U_{вих} = \varphi(R_n)$, $K_n = \varphi(f)$, $K_n = \varphi(R_n)$.

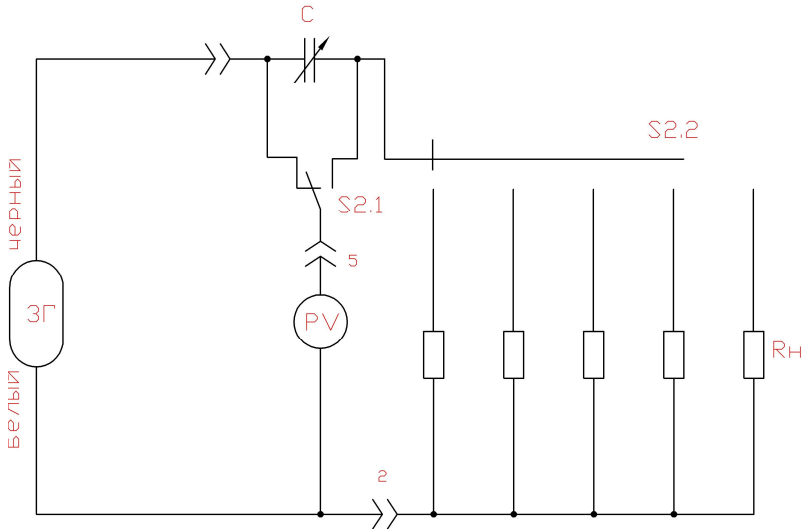


Рисунок 5.2 – Схема датчика

1. Ємність плоского конденсатора

$$C = \frac{\xi_n \cdot \xi_o \cdot S(n-1)}{d} + C_o \quad (5.1)$$

де $\xi_n=1$ – діелектрична проникливість повітря;

$\xi_o = 8,85 \cdot 10^{-12}$ ф/с;

S – робоча площа пластин, м;

d – середня величина зазору між пластинами, м;

n – кількість пластин (нерухомих і рухомих);

C_o – мінімальна ємність конденсатора, прийняти 10% від першого додатку виразу.

2. Ємнісний опір :

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (5.2)$$

3. Струм в колі датчика:

$$I = \frac{U_{\text{вв}}}{X_c^2 + R_n^2} \quad (5.3)$$

4. Напруга :

$$U_{\text{в}} = I \cdot R_n \quad (5.4)$$

5. Чутливість датчика :

$$K_a = \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{\Delta C} \quad (5.5)$$

5.2 Вказівки з техніки безпеки

- усі переключення в схемі виконувати при виключеному автоматі QF;
- чітко дотримувати інструкції по техніці безпеки і правил внутрішнього розпорядку.

5.3 Контрольні запитання

1. Які принципи побудови ємкісних датчиків?
2. Назвіть приклади конструкцій ємкісних датчиків.
3. Для чого застосовуються ємкісні датчики?
4. достоїнства і недоліки ємкісних датчиків?
5. Принцип роботи ємкісних датчиків.
6. Чому дорівнює оптимальна частота U для датчика, що досліджується?
7. Чому дорівнює оптимальний R_n для дослідного датчика?
8. Чому дорівнює чутливість ємкісного датчика ?
9. Похибки ємкісних датчиків?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНОГО ДАТЧИКА

Мета роботи : визначити конструкцію потенціометричних датчиків, вивчити їх статичні і динамічні характеристики, визначити статичну чутливість.

Потенціометричний датчик (друга назва – потенціометричний перетворювач) уявляє собою змінний опір, рухомий контакт який переміщується завдяки механічному зусиллю.

Ці датчики служать для перетворювання кутових чи лінійних механічних переміщень в відповідну зміну опору, напруги чи струму.

Потенціометричний одноктаковий датчик (рис.6.1) уявляє собою дротяний резистор, увімкнений за схемою напруги.

Статична характеристика потенціометра може бути як лінійною так і нелінійною функцією $U_x = f(x)$.

Повзун потенціометра кінетично зв'язаний з джерелом вхідного сигналу. В цьому випадку змінним переміщенням вважають координату

X , що характеризує положення повзуна відносно початку обмотки потенціометра.

Одноктаковий датчик дозволяє вимірювати переміщення тільки одного знаку. Для побудови датчика, що реагує на знак вхідного переміщення на обмотці виконується вивід з середньої точки.

Конструктивно потенціометричний датчик уявляє собою каркас з пластмаси, текстоліту, гетинаксу, кераміки чи інших ізоляційних матеріалів. Застосовуються також алюмінієві каркаси покриті ізоляційною оксидною плівкою.

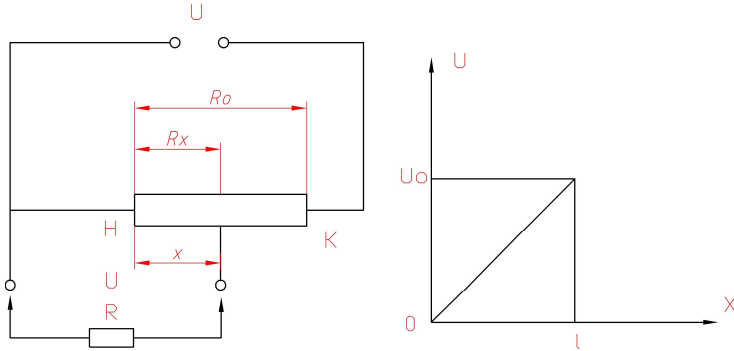


Рисунок 6.1 - Датчик потенціометричний однотактний і його статична характеристика

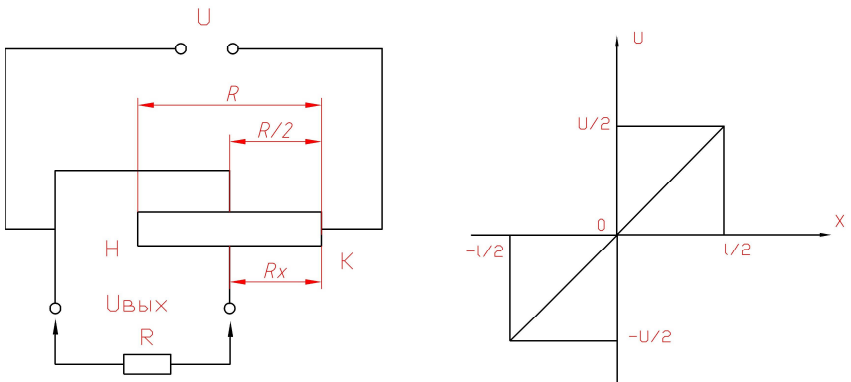


Рисунок 6.2 - Датчик потенціометричний двотактний і його статична характеристика

Алюмінієвий каркас є хорошим провідником тепла, дозволяє збільшити щільність струму в обмотці, отже, підвищити чутливість датчика.

6.2 Порядок виконання роботи

- перед виконанням лабораторної роботи студент повинен самостійно вивчити дійсні методичні вказівки і повторити розділ курсу о потенціометричних датчиках;

- заготовити табл. 6.1 и 6.2;
- собрати схему рис.6.3;
- за допомогою регулятора Т по показанням вольтметра установити $U=10\text{ В}$;
- для дослідження одно тактового потенціометричного датчика поставити повзунок потенціометра R1 в крайнє ліве положення;
- установити перемикач S12 в крайнє ліве положення;
- обертаючи вісь потенціометра R2, через кожні 45° зняти показання вольтметра PV2, Записати їх в таб. 6.1.;
- установити перемикач S12 в положення 2. Проробити те, що вказано у попередньому пункті;
- установити перемикач S12 в положення 3. Проробити те, що вказано у попередньому пункті;
- установити перемикач S12 в положення 4. Проробити те, що вказано у попередньому пункті;
- для дослідження двотактового потенціометричного датчика з штучною середньою точкою устави повзунок потенціометра R в середнє положення. Проробити те, що вказано у попередньому пункті. Показання вольтметра починати знімати в крайньому лівому положенні повзунка потенціометра R. Звернути увагу на знак $U_{\text{вих}}$. Показання занести до таб 6.2.;
- за експериментальними даними побудувати статичну характеристику $U=f(j)$, на одному графіку. Зробити висновки;
- розрахувати чутливість датчика;
- за експериментальними даними побудувати статичну характеристику холостого ходу однотактового датчика з штучною середньою точкою (при $R_H=\infty$);
- за експериментальними даними побудувати статичні характеристики датчиків при навантаженнях:
 $R_H=15R_o$, $\alpha=5$,
 $R_H=R_o$, $\alpha=1$, $R_o=2,2\text{ кОм}$,
 $R_H=10R_o$, $\alpha=0,1$,
де R_o – повний опір потенціометра;
- визначити статичну характеристику датчиків при різних R_H ;
- дати аналіз отриманих результатів та зробити висновки.

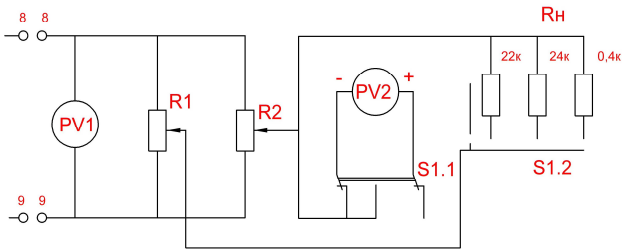


Рисунок 6.3 – Принципова схема дослідження потенціометричних датчиків

Таблиця 6.1 – Експериментальні дані

Кут повороту вісі R2 J, град	0	45	90	135	180	225	270	300
Uвих,х.х, В								
Uвих,2,В								
Uвих,3,В								
Uвих,4,В								

Таблиця 6.2 – Експериментальні дані

Кут повороту вісі R2 J, град	0	45	90	135	180	225	270	300
Uвих,х.х,В								
Uвих,2,В								
Uвих,3,В								
Uвих,4,В								

6.2 Вказівки з техніки безпеки

- усі переключення в схемі виконувати при виключеному автоматі QF;
- чітко дотримувати інструкції по техніці безпеки і правил внутрішнього розпорядку.

6.3 Контрольні запитання

1. Конструкція і застосування потенціометричного датчика.
2. Основні характеристики датчика.
3. Гідності і недоліки потенціометричних датчиків.
4. Що таке зона нечутливості?
5. Що таке статична характеристика датчика?
6. Як впливає навантаження на статичну характеристику датчика?
7. Від чого залежить статична чутливість датчика?
8. В яких випадках використовують функціональні потенціометричні датчики?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7 ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДУКТИВНОГО ДАТЧИКА ПЕРЕМІЩЕННЯ

Мета роботи: ознайомитись з принципом дії і конструктивними особливостями індуктивних датчиків, визначивши досвідченим шляхом параметри датчика і дати їхній аналіз

Під датчиком розуміють апарат, що перетворює контрольовану величину одного виду у величину другого виду, більш зручну для дії на оперативному органі системи автоматичного керування (САК).

В більшості випадків датчики перетворюють неелектричні величини в електричні, наприклад, механічне переміщення, пов'язане зі зміною положення якоря електромагніта, змінює індуктивність його обмотки або перетворює температуру за допомогою терморпарі Е.Р.С. і.д

Такі датчики широко застосовуються в пристроях контролю розмірів в машинобудуванні, контролю у здовжень сталюого дроту як вхідні перетворювачі динамометрів. Високо частотні індуктивні датчики використовується у диференціальних масових, резонансних схемах, а також в схемах, що використовує метод буття і частотні дискримінатори. Переваги високочастотних датчиків: висока чутливість, малі габарити, мізерні вимірювальні зусилля.

7.2 Порядок виконання роботи

Перед виконанням лабораторної роботи студент повинен самостійно вивчити дійсні методичні вказівки і повторити розділ курсу про індуктивні датчики, підготувати таблиці 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7 і 7.8, зібрати схему рис 7.1.

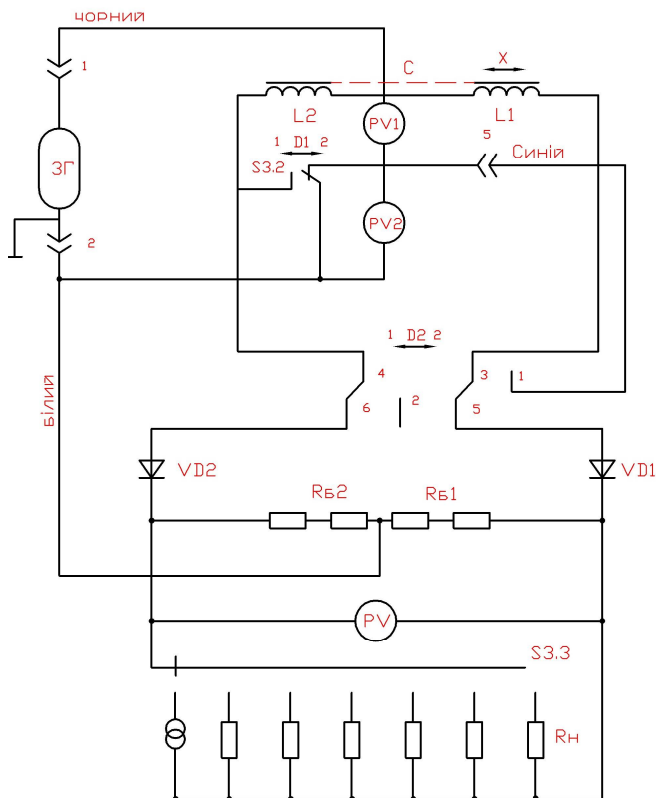


Рисунок 7.1 - Схема випробувань індуктивного датчика

При будь-яких вимірюваннях напругу звукового генератора підтримувати постійною по величині.

1. Вимірювання індуктивностей $L1(x)$ и $L2(x)$ при різних фіксованих положеннях осередня здійснюється за методом амперметр

- вольтметр. Для того, щоб вимірювати струм та напруги на котушці, перемикач S 3.1 необхідно перевести в положення «2», а перемикач S 3.2 в положення «0». Показання PV1 та PA записати до табл.7.1. Для вимірювання струму та напруги при тій же величині X в котушці перемикач S 3.2 необхідно поставити в положення «2», а S 3.1 в «0». Показання PV1 та PA записати до табл.7.1.

Таблиця 7.1 – Результати досліджень

Значення	1	2	3	4	5	6
X, мм						
Z1, Ом						
U1, В						
I1, А						
Z2, Ом						
U2, В						
I2, А						
L1, Гн						
L2, Гн						

Для вимірювання струму та напруги при тій же величині X в 2 котушці перемикач S 3.2 необхідно поставити в положення «2», а S 3.1 в «0». Показання PV1 та PA записати до табл.7.1.

В дослідному датчику межі вимірювання $0 < x < 35$ мм розділення на ряд ділянок (мітки на латунній частині осередня).

Виставляючи послідовно 5 - 6 значень X, провести заміри при кожному X, на 1 і 2 котушках. За результатами вимірів розрахувати $L1(x)$ і $L2(x)$, користуючись формулами, приведеними в додатку.

2. Характеристики $U2(x)$ розрахувати формулами, приведеними в додатку. Величини R_n і R_o подані в кінці тексту.

Розрахунок проводити при $f = 400$ Гц. Результати розрахунку звести до табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Результати розрахунку

Значення		1	2	3	4	5	6
R _n 1=	X1,мм						
	Kπ						
	U2,B						
	X1,мм						
R _n 2 =	Kz						
	U2, B						

Розрахунок провести для значень R_n. За табл.7.2 побудувати графіки U(x) при R=const в одних осях.

3. При проведенні досліду перемикач повинен бути в положенні «1»-«1».

Дослід проводити при $f = 4000$ Гц. Результати розрахунку занести до табл.7.3

Таблиця 7.3 – Результати розрахунку

Значення		1	2	3	4	5	6
R _n 1=	X1,мм						
	U2,B						
R _n 2 =	X1,мм						
	U2,B						

За табл.7.3 побудувати графік U(x) при R= var в одних осях з графіком за табл.7.2 і порівняти їх з розрахунковими.

4. Користуючись графіками, отриманими при виконанні пп.2 і 3 та формулами, приведеними в додатку, визначити залежність коефіцієнту чутливості датчика від R_n до κ(R_n).

Побудувати в одних осях координат графіки R(R_n), отримані за експериментальними та розрахунковими даними.

Порівняти дві криві і дати аналіз. Результати розрахунку занести до табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – Розрахункові дані

№	R, Ом	Δx , мм		ΔU_2 , В		K1, В/м	
		Розрахунок	Дослід	Розрахунок	Дослід	Розрахунок	Дослід

Величини Δx і ΔU_2 , брати з прямолінійних ділянок характеристик.

5. Величину $R = \text{const}$ вибрати довільно. Частоти задавати послідовно $f = (10^3, 2 \cdot 10^5, 3 \cdot 10^3, 4 \cdot 10^3, 5 \cdot 10^3) \text{ Гц}$.

При кожній фіксованій частоті, користуючись формулами, приведеними в п.1 додатку розрахувати $U_2(x)$. Потім провести дослідне вимірювання $U_2(x)$ при тих же частотах.

Результати розрахунків і експериментів занести до таб.7.5.

Таблиця 7.5 – Дані вимірювань і розрахунків

№	$f = 10 \text{ Гц}$			$f = 2 \cdot 10^3 \text{ Гц}$			$f = 3 \cdot 10^3 \text{ Гц}$			$f = 4 \cdot 10^3 \text{ Гц}$			$f = 5 \cdot 10^3 \text{ Гц}$		
	X мм	Kz	U_2 В	X мм	Kz	U_2 В	X мм	Kz	U_2 В	X мм	Kz	U_2 В	X мм	Kz	U_2 В

Отримані експериментально і за допомогою розрахунку графіки побудувати в одних координатах.

Побудувати графіки $U(x)$, отримані експериментально і за розрахунками в одних осях.

6. Користуючись графіками, отриманими в п.5 і за формулами п.3 додатку, розрахувати $K(f)$ за експериментальними та розрахунковими даними. Результати розрахунків занести до табл.7.6.

Таблиця 7.6 – Розрахункові дані

№	f, Гц	Δx , мм		ΔU_2 , В		K1, В/м	
		Розрахунок	Дослід	Розрахунок	Дослід	Розрахунок	Дослід

Побудувати розрахунковий і дослідний графіки $K(f)$ в одних осях координат. Дати аналіз отриманих залежностей.

7. За результатами досліджень (графіки) в пп.3, 4, 5, і за формулами, приведеними в додатку, розрахувати похибки датчика в залежності від частоти підведеної напруги і R_H .

Результати розрахунків занести до таб.7.7 і таб.7.8.

Таблиця 7.7 – Розрахункові дані

№	R_H			
	$\Delta U_2, B$	U_2, B	$\Delta U, \%$	R_H, Ω_M

Таблиця 7.8 – Розрахункові дані

№	f			
	$\Delta U_2, B$	$U_{2\text{расч}}, B$	$\Delta U, \%$	R_H, Ω_M

Побудувати графіки $\Delta U\%(f)$ і $\Delta U(R_H)$. Додати аналіз отриманих залежностей.

Для будь якої котушки

$$Z = \frac{U}{I}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot \omega \cdot L$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$L = \frac{1}{\omega \cdot \sqrt{z^2 + R^2}} \frac{z}{\omega}$$

$$U^2 = 0.45 \lambda U_1 k z$$

Коефіцієнт λ залежить від екрануючої дії близько розташованих металевих частин, розподіленої ємкості і ряду інших факторів $\lambda(0,2-1)$
В роботі прийняти $\lambda=0,4-0,6$

$$K_z = \frac{L2 - L1}{\omega(L1 \cdot L2) / R\sigma + L1 + L2 + (R\sigma / \omega) + 2\omega L1 \cdot L2 + R\sigma(L1 + L2)}$$

$$L = \frac{\Delta U2}{\Delta X}$$

$$\Delta U\% = \frac{U2_{\text{розрах}} \cdot U2_{\text{дослід}} \cdot 100\%}{U2_{\text{розрах}}}$$

Значення R_H і R_σ

$$R_{H1} = 0.3 \text{ кОм} \quad R_\sigma = 3.3 \text{ кОм}$$

$$R_{H2} = 0.56 \text{ кОм} \quad R_\sigma = 6.2 \text{ кОм}$$

$$R_{H3} = 1.0 \text{ кОм} \quad R_\sigma = 1.5 \text{ кОм}$$

$$R_{H4} = 2.0 \text{ кОм} \quad R_\sigma = 1.5 \text{ кОм}$$

7.3 Вказівки з техніки безпеки

- усі переключення в схемі виконувати при виключеному автоматі QF;
- чітко дотримувати інструкції по техніці безпеки і правил внутрішнього розпорядку.

7.4 Контрольні запитання

1. Дайте визначення датчика та індуктивного датчика переміщення.
2. Які датчики називають параметричними дії індуктивного датчика.
3. Розкажіть про принцип дії індуктивного датчика.
4. Які переваги і недоліки індуктивних височастотних датчиків.?
5. Поясніть принцип роботи схеми для випробувань датчика.
6. Поясніть закономірність зміни величин за графіками.
7. Зробіть висновки про властивості похибки датчика.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕЛЕ З МАГНІТОКЕРОВАНИМИ КОНТАКТАМИ

Мета роботи: вивчити особливості конструкції і роботи реле з магнітокерованими контактами. На моделі симетричного нейтрального геркона, керованого обмоткою зі струмом; побудувати за даними тягову і протидіючу характеристики цього реле; визначити кут повороту на межі спрацювання; коефіцієнт повернення струму на герконі, кероване полем шини зі струмом; вивчити інструкцію промислових герконів КЭМ-2 КЭМ-3 та ін.

До іспиту представлений стенд, де Р1-модель симетричного нейтрального замикаючого реле, що керує обмоткою зі струмом, Р2-реле струму на герконі, керованого полем шини зі струмом.

Обмотка Р1 підключаються до 200В постійного струму, а обмотка Р2 підключається до 16В постійного струму.

Для аналізу працездатності реле необхідно побудувати протидіючу і тягову характеристику в одних координатах.

8.1 Порядок виконання роботи

- перед виконання лабораторних робіт студент повинен самостійно вивчити дійсну методичну вказівку і повторити розділ курсу про герконові реле;

- скласти таблиці 8.1 8.2;

- зібрати схеми з реле Р1 і Р2 мал. 8.1;

- для нездатності замикання реле Р1 на контакт – деталі покласти фольгу, що також наблизить макет геркона до реального;

- товщину фольги виміряти мікрометром, що буде відповідати $\delta_0 = 0,01$ мм;

- регулятор схеми стенда вивести в крайнє ліве положення (положення 0). Перемикач 2 поставити в положення КС1 чи КС2 в залежності від того яке реле Р1 чи Р2 досліджується;

- при дослідженні реле Р1 перемикач 2 поставити в положення КС1 і плавно підвищуючи напругу регулятором Т, зняти показання вольтметра РV и амперметра РА1(настільні прилади) при різних значеннях а і у. Почати дослідження необхідно при $a_{\max}$ и $y_{\max}$;

- значення а,у,в,н, I_{kc} вимірюються лінійкою. Різні значення У виставляють за допомогою регуляторів положення на контакт-деталях;

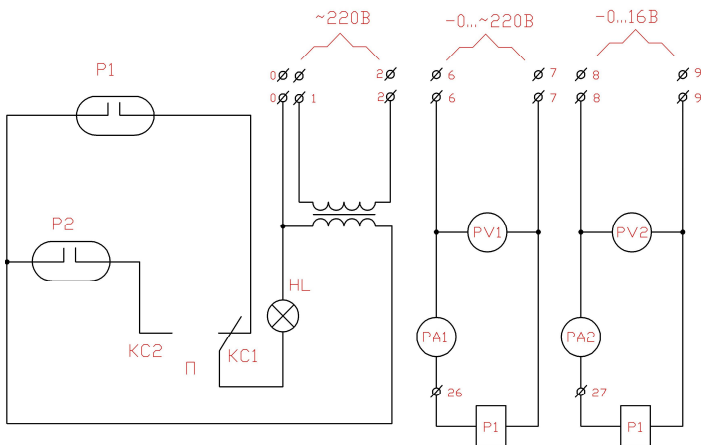


Рисунок 8.1 - Принципова електрична схема

- регулятори що встановлені на контакт-деталях дозволяють також дослідити шляхом виставити максимальний розхил контакт-контакт деталей δ_H при якому можливий початок спрацювання геркона. Данні заносяться до табл. 8.1.

Таблиця 8.1- Данні вимірювань та розрахунків

[illegible]

Постійні величини:

$$E = 1.36 \cdot 10^{-11}$$

$$C = 4000 \text{ H} / \text{м}^2; \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн} / \text{м}$$

Відносна магнітна проникливість сплаву $\mu = 65000 \text{ Гн} / \text{м}$

при дослідженні реле P1 спочатку задаємося U а потім вимірюємо значення a (3 значення);

- побудувати залежність $F=f(y)$ $F_{em}=f(y)$, $I=f(y)$, $P=f(y)$, причому залежності $F_{mx}=f(y)$ та $F_{em}=f(y)$ побудувати в одному графіку;

- при дослідженні реле P2 перемикач 2 поставити в положення КС2 і, плавно змінюючи струм регулятором Т, зняти показання амперметра РА2 і вольтметра PV2 при спрацюванні і відпусканні реле P2, при різних значеннях

- кута α , між повздовжньою віссю геркона і напрямом струму шині;

- визначити граничний кут спрацювання $\alpha_{ер}$. Результат

заноситься до табл. 8.2

- визначити $(Iw)_{спрац}$, $(Iw)_b$, $K_b = (Iw)_{ер} / (Iw)_b$, побудувати залежність $(Iw)_{ер} = f(\alpha)$ $I_{ер} = f(\alpha)$, $K_{\epsilon} = f(\alpha)$ $P_{ер} = f(\alpha)$

Таблиця 8.2- Данні вимірювань та розрахунків

		Виміряні величини				Розрахункові			
	α	$I_{спрац}$	I_B	$U_{спрац}$	U_B	$IW_{спрац}$	IW_B	K_B	$P_{спрац}$
1	90								
2									
3									
сер									
1	75								
2									
3									
Сер									
1	60								
2									
3									

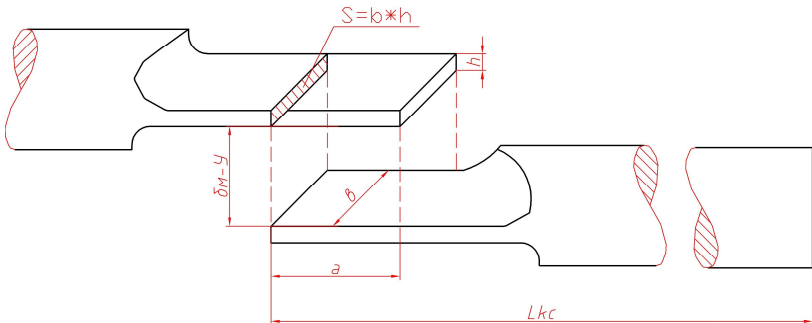


Рисунок 8.2 - Ескіз місця контактування

8.2 Вказівки з техніки безпеки

- усі переключення в схемі виконувати при виключеному автоматі QF;
- чітко дотримувати інструкції по техніці безпеки і правил внутрішнього розпорядку.

8.3 Контрольні запитання

1. Що зветься точкою рівноваги?
2. Що є причиною вібрації (дзенькоту) при спрацюванні геркона?
3. Поясніть принципову різницю між процесом спрацювання геркона і звичайного якірного реле?
4. Поясніть залежність МРС спрацювання геркона від положення обмотки відносно робочого зазору.
5. Поясніть залежність $I_{спрац}$ реле геркона від кута повороту повздовжньої віссі геркона відносно повздовжньої віссі струмопровідної шини.
6. Поясніть залежність МРС відпускання і Кв від величини контактного перекриття.

Список літератури

- 1 Буль Б.К. та ін. Електромеханічні апарати автоматики. М.: Вищ. шк., 1988.– 303с.
- 2 Електричні та електронні апарати./Під. ред. Ю.К. Розанова.- М.: Інформелектро, 2001.–700с.
- 3 Кухлінг Х. Довідник по фізиці.-М.: Мир, 1985.–619 с.
- 4 Харазов К.І. Пристрої автоматики з магнітокерованими контактами.- М.: Енергоатоміздат, 1990.–255с.