

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для виконання лабораторних робіт**

**з освітнього компонента
«МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ»**

Харків 2026

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд 22 червня 2026 р., протокол № 13 і засіданні методичної ради будівельного факультету 26 червня 2026 р., протокол № 9.

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з освітнього компонента «Метрологія, стандартизація та основи автоматизації» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей G19 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньої програми «Промислове та цивільне будівництво», J7 «Залізничний транспорт» освітньої програми «Залізничні споруди та колійне господарство» усіх форм здобуття освіти.

Укладачі:

доценти О. С. Герасименко,

О. С. Борзяк

Рецензент

доц. Д. О. Потапов

ВСТУП

Освітній компонент «Метрологія, стандартизація та основи автоматизації» є важливою складовою професійної підготовки здобувачів вищої освіти галузі знань, пов'язаної з будівництвом і транспортною інфраструктурою. Його вивчення спрямоване на формування в майбутніх фахівців системи знань про єдність і точність вимірювань, нормативно-правове забезпечення якості продукції, процесів і послуг, принципи стандартизації, оцінювання відповідності, а також сучасні засоби та основи автоматизації виробничих процесів.

Лабораторні роботи є невід'ємною складовою освітнього процесу, оскільки забезпечують поєднання теоретичних знань із практичними навичками роботи із засобами вимірювальної техніки, нормативними документами, методами контролю якості та сучасними технічними засобами автоматизації. Виконання лабораторних робіт сприяє розвитку практичних компетентностей, необхідних для професійної діяльності інженера у сфері будівництва, цивільної інженерії та залізничного транспорту.

Ці методичні вказівки розроблено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей G19 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньої програми «Промислове та цивільне будівництво» і J7 «Залізничний транспорт» освітньої програми «Залізничні споруди та колійне господарство» усіх форм здобуття освіти.

Методичні вказівки містять рекомендації щодо підготовки до виконання лабораторних робіт, теоретичні відомості, порядок виконання експериментальних досліджень, вимоги щодо оформлення та захисту звітів, контрольні запитання для самоперевірки, а також критерії оцінювання результатів навчання. Зміст лабораторних робіт побудований відповідно до робочої програми освітнього компонента і орієнтований на формування

загальних і фахових компетентностей, визначених стандартами вищої освіти.

У результаті виконання лабораторних робіт здобувачі освіти набувають практичних навичок застосування метрологічних методів вимірювання, аналізу похибок вимірювань, використання національних і міжнародних стандартів, роботи з нормативною документацією, а також ознайомлюються з принципами побудови та функціонування систем автоматизації технологічних процесів, що використовують у будівництві та на об'єктах залізничної інфраструктури.

Методичні вказівки можуть бути використані здобувачами освіти під час аудиторної та самостійної роботи, а також викладачами для організації та проведення лабораторних занять з освітнього компонента «Метрологія, стандартизація та основи автоматизації».

Лабораторна робота 1

КОНТРОЛЬ І РЕЄСТРАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННОГО МОСТУ

Мета роботи: вивчити принцип побудови та порядок обслуговування автоматичних мостів для контролю і реєстрації температури.

Завдання:

- тарувати датчик – термометр опору;
- перевірити градування автоматичного мосту за допомогою магазину опору та контрольного термометра.

1.1 Загальні відомості

Основним завданням автоматизації пропарювальних камер є автоматичне регулювання режиму пароповітряного середовища в камері з метою одержання необхідної міцності бетонних і залізобетонних виробів за малих витрат електричної та теплової енергії та часу. Крім того, потрібно

здійснювати автоматичний контроль і записувати температурний режим теплової обробки виробів.

Для ямних пропарювальних камер найчастіше використовують програмний електронний регулятор типу «ПРТЕ-2» і автоматичні електронні мости, у яких вимірювальний параметр (зміна температури) перетворюють у зміну опору. Структурна схема автоматизованої пропарювальної камери показана на рисунку 1.1

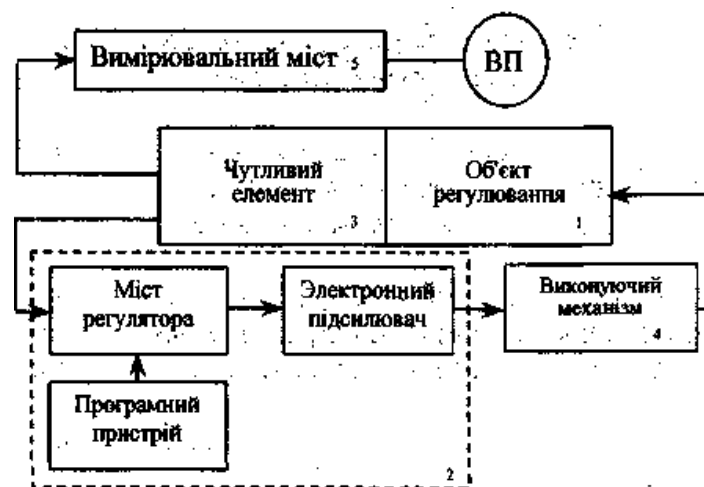


Рисунок 1.1 – Структурна схема автоматизованої пропарювальної камери

1.2 Опис конструкції

Електричний термометр опору

Як термометр використовують металевий опір, виготовлений із чистих металів, таких як мідь, залізо, нікель, платина. Зміна опору чистих металів складає від 3,7 до 6,5 % на 10 °C, що відповідає температурному коефіцієнту електроопору в межах (3,7 - 6,5) W³ Ом. Опір чистих металів монотонно виростає зі збільшенням температури від 0 °C (R₀) до максимальної робочої (R_t). Ця залежність відрізняється стабільністю.

Із додаванням суміші в чисті метали монотонність і стабільність характеристики порушується, температурний коефіцієнт електроопору

зменшується. У такому випадку сплави металів як термоопір застосовувати не можна.

Металевий термоопір використовують для вимірювання температури від $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче до $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$. За короткочасної роботи (поміщений у вакуум або нейтральний газ) вимірювання максимальної температури може бути значно вищим. Наприклад, платиновий термоопір може короткочасно працювати за температури до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Залізний термоопір, розміщений у колбі з воднем, працює за температурі до $+700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1

Матеріал термоопору	Максимальна робоча температура	R_T/R_0 для $t\text{ }^{\circ}\text{C max}$
Мідь	150	1,64
Залізо	150	2,06
Нікель	200	2,33
Платина	500	2,84

Металевий термометр опору (рисунок 1.2) складається з чутливого елемента 1, виготовленого з платинового дроту діаметром 0,07 мм або мідного дроту діаметром 0,1 мм.

Для охорони від пошкоджень чутливий елемент захищений захисною арматурою 2.

У верхній частині термометра розташована алюмінієва головка 3.

Мідний опір застосовують для вимірювання температури від $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+650\text{ }^{\circ}\text{C}$. Стандартні термометри опору виготовляють з опором чутливого елемента для $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ для мідних датчиків 53 Ом.

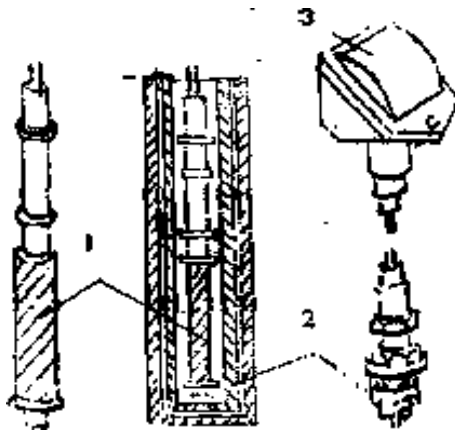


Рисунок 1.2 – Металевий термометр опору

Автоматичний електронний міст

Електронні мости поділяють за кількістю точок вимірювання на одноканальні та багатоканальні.

За формою діаграми, де записують інформацію, поділяють на прилади зі стрічковою діаграмою та прилади з дисковою діаграмою.

Для контролю режиму теплової обробки за добу перевагу віддають приладам із дисковою діаграмою.

Прилади живляться від мережі змінного струму 220 В, а вимірювальна частина мосту живиться постійним струмом від сухого елемента напругою 1,5 В або змінним струмом напругою 6,3 В від вторинної обмотки силового трансформатора.

Принципова схема електронного мосту з дисковою діаграмою наведена на рисунку 1.3.

В основу роботи мосту покладено принцип вимірювання опору зрівноваженим мостом. Мостова схема складається із чотирьох плечей і опору реохорда. Чотири плеча та опір реохорда з'єднані послідовно.

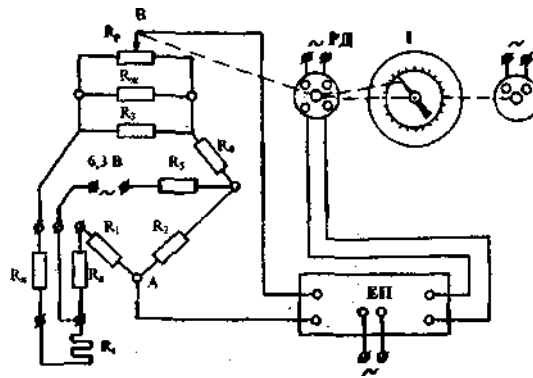


Рисунок 1.3 – Принципова схема електронного мосту

До однієї діагоналі мосту підключено джерело живлення, а з другої діагоналі знімають сигнал, який поданий на електронний підсилювач. Рівень сигналу на виході з мосту залежить від якості збалансованості плечей мосту. За достатньо хорошої збалансованості плечей електронного мосту рівень сигналу на його виході дорівнює нулю.

Термозалежний опір R_t підключений в одне з плечей мосту за тридротовою схемою. Таке підключення гарантує узгодження внутрішнього опору термодатчика з параметрами балансного мосту, а також для підвищення чутливості мосту.

Робота балансного мосту

Роботу балансного мосту потрібно розглядати у двох випадках: для вимірювання температури; регулювання температури.

У разі вимірювання температури до діагоналі мосту АВ підключений електронний підсилювач, до виходу якого підключено вимірювальний прилад. Розбалансування мосту з підвищенням температури призведе до підвищення різниці потенціалів у точках АВ, що поданий на вимірювальний прилад, шкала якого проградуєрована у величинах температури або опору. Таке градуювання дає змогу вимірювати температуру об'єкта, у якому розташований датчик температури, а в другому випадку – опір датчика, що потрібно для дослідження роботи датчика за різних режимів і температур.

У другому випадку для регулювання температури потрібно забезпечити механічний зворотний зв'язок між опором реохорда і реверсивним двигуном, який електрично зв'язаний із виходом електронного підсилювача. Таке підключення забезпечує регулювання температури, наприклад, у камері пропарювання без оператора.

1.3 Прилади і обладнання

Лабораторний стенд складається з металевих термометрів опору; мосту постійного струму типу МВУ-49; автоматичного електронного мосту; двох резисторів по 2,5 Ом для імітації опору лінії та контрольного магазину опору.

1.4 Порядок виконання роботи

Ознайомитися з лабораторним стендом, приладами і встановленими елементами автоматики.

Вивчити конструкцію металевого термометра опору.

Підготувати лабораторну установку для підключення термометрів до роботи, для чого необхідно:

- підключити металевий термометр опору до вимірювального мосту МВУ-49;
- помістити металевий термометр опору в ємність із водою разом зі спиртовим термометром;
- помістити ємність на електроплитку, яку ввімкнути в мережу живлення.

Послідовно вимірювати значення температури за спиртовим термометром та електричний опір термометра опору за мостом постійного струму типу МВУ-49.

Результати вимірювань записати в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

Параметр	Показник			
	1	2	3	4
$T, ^\circ\text{C}$				
R_t				

Вивчити будову автоматичного електронного мосту.

Перевірити градуювання автоматичного електронного мосту за допомогою контрольного магазину опору, для чого на вхідні клеми електронного мосту 1 (рисунок 1.4) підключити резистори 2 по 2,5 Ом і контрольний магазин опору 3; ввімкнути прилад в електричну мережу; перевірити градуювання приладу на всіх відмітках шкали.

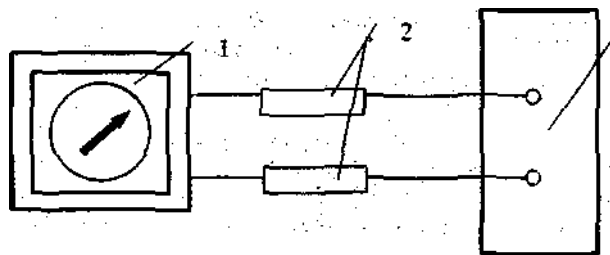


Рисунок 1.4

Результати вимірювань записати в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3

Показник контрольного магазину опору		Показник мосту, що підлягає перевірці, $^\circ\text{C}$	
Ом	$^\circ\text{C}$	прямий хід	зворотний хід

Після роботи відключити прилад від мережі; відключити від електронного мосту контрольний магазин опору і резистори.

Ввімкнути електронний міст, підключивши до нього термометр опору, установлений у склянці з водою. Протягом 20 хв записувати температуру за показниками контрольного термометра і автоматичного мосту.

Результати вимірювань записати в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4

Час, хв	5	10	15	20
Показники за термометром, °C				
Показники за автоматичним мостом, Ом				

Відключити автоматичний електронний міст, вимкнути установку з мережі.

Зміст звіту

1 Загальні відомості, опис конструкції та принцип дії електронного мосту.

2 Схема автоматичного електронного мосту.

3 Заповнені таблиці 1.1-1.3.

4 Ескіз фрагмента діаграми автоматичного мосту із записом кривої зміни температури відносно часу.

Контрольні запитання

1 Як змінюється опір електричних термометрів опору зі зміною температури?

2 Будова автоматичного електронного мосту.

Література [1-5].

Лабораторна робота 2

ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ПРОГРАМНОГО РЕГУЛЯТОРА ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ ПРОПАРЮВАЛЬНОЇ КАМЕРИ

Мета роботи: вивчити пристрій, принцип дії та порядок обслуговування програмного регулятора температури типу ПРТЕ.

Завдання: вивчити пристрій ПРТЕ та електромагнітного клапана; налаштувати вимірювальний міст регулятора; контролювати і регулювати температуру в ємності з водою, що нагрівають за допомогою ПРТЕ.

2.1 Опис конструкції

Регулятор температури. Конструктивно регулятор виконаний як щитовий прилад. Він складається з шасі I кожуха. На шасі змонтовані всі основні елементи - синхронний двигун, реле МКУ-48, датчик температури, трансформатор, електронні лампи.

Програмний колір із циферблатом закріплені з лицьового боку передньої панелі, що дає змогу задавати нову програму, не виймаючи шасі з кожуха. На лицевій стороні панелі закріплені також мікроамперметр, тримач запобіжника, сигнальні лампи.

Сюди ж виведені осі потенціометрів, що забезпечують зручність налагоджування регулятора, оскільки це дає змогу налагодити регулятор, також не виймаючи шасі з кожуха.

Для з'єднання схеми регулятора із зовнішнім колом використано 14-контактний роз'єм, вилка якого закріплена на шасі, а гніздо – на внутрішній стінці кожуха.

Кожух регулятора складається з корпусу і кришки. У верхній частині кришки вирізане вікно, закрите склом, для спостережень за циферблатом і показником температури. Час, який пройшов від початку регулювання процесу, визначають за допомогою циферблата, що обертається, і нерухомої стрілки, закріпленої на кришці.

Електронний клапан. Пуск і припинення подавання пари в камеру за автоматизації пропарювання відбувається найчастіше за допомогою електромагнітних клапанів або вентилів, у яких клапан (вентиль) з'єднано з електромагнітним приводом.

Перевагами електромагнітного клапана є простота обладнання, але він має суттєвий недолік, пов'язаний із можливістю виникнення гідравлічних ударів у трубопроводах із рідинами за миттєвих перемикань, які властиві цим апаратам.

2.2 Принцип дії

Регулятор температури. На рисунку 2.1 наведена функціональна схема програмного регулятора температури типу ПРТЕ. Термометр опору R_t , який розміщений у пропарювальній камері, включено в одне із плечей мосту опору; в інші плечі мосту включені постійні резистори R_1 , R_2 , R_a і реохорд R_p .

Повзунок реохорда переміщує програмний профільований диск (ПД), насаджений на вал електричного двигуна ЕД.

Напруга ΔU , яку знімають із діагоналі мосту, подана на вхід електронного підсилювача ЕП. До виходу останнього підключені проміжні реле 1Р і 2Р, контакти яких включені в коло виконавчих механізмів вентилів впуску пари.

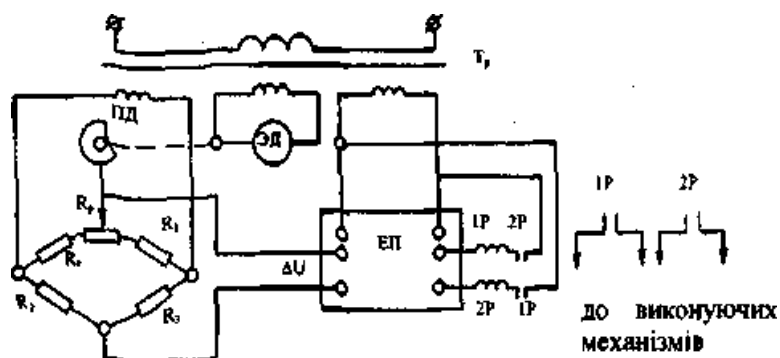


Рисунок 2.1

Положення повзунка реохорда R_p буде визначати задане, а значення опору реохорда R_p – дійсне значення температури.

Якщо дійсне і задане значення температури рівні, то на вхід електронного підсилювача напруга не подається, і контакти реле 1Р і 2Р розімкнуті.

Якщо фактична температура нижча від заданої, то спрацьовує реле 1Р, і подається напруга на головний електромагніт, який відкриває вентиль подавання пари. Якщо фактична температура вища від заданої, то спрацьовує реле 2Р, яке замкне коло електромагнітної засувки. Відбувається закриття парового вентиля.

Електромагнітний клапан (вентиль) (рисунок 2.2)

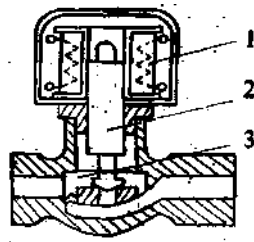


Рисунок 2.2

Електромагнітні клапани і вентиля можна поділити на дві групи:

1) розраховані на тривале обтікання струмом котушок клапана. Із подаванням напруги на котушку 1 електромагнітний якір 2 притягується і відкриває клапан 3, який закривається, коли знімається напруга (рисунок 2.2). Недоліком клапанів цієї групи є постійна потреба енергії для відкритого положення робочого органу і переключення робочого органу зі зникненням напруги;

2) розраховані на короточасний режим роботи. Такі механізми мають два електромагніти (котушки), розміщені в одному корпусі. Один із них є тяговим, який служить для відкривання робочого органу, другий – електромагнітом засувки, що утримує якір тягового електромагніту у

відкритому положенні робочого органу. Із подаванням струму на обмотку другого електромагніту засувка відпускає якір тягового електромагніту, і робочий орган закривається. Котушки обох електромагнітів знаходяться під струмом тільки в момент переключення робочого органу.

2.3 Прилади і обладнання

Лабораторний стенд складається з металевих термометрів опору; програмного регулятора температури ПРТЕ-2М; ємності зі встановленим нагрівачем; набору програмних профільних копіїв; двох резисторів по 2,5 Ом для імітації опору лінії; контрольного магазину опору.

2.4 Порядок виконання роботи

Ознайомитися з лабораторним стендом, елементами автоматики, які установлені на ньому.

Вивчити пристрій і принцип дії програмного регулятора температури.

Підготувати лабораторну установку до роботи:

- заповнити ємність водою до відмітки на боковій стінці;
- в отвір на верхній кришці ємності встановити спиртовий термометр;
- відкрити кришку регулятора, установити програмний копір.

Щоб встановити копір до початку програми, його потрібно закріпити так, щоб поділка «24» циферблата була розташована напроти вказівника на передній панелі регулятора;

- тумблер «мережа» на передній панелі перевести в положення «ВКЛ.».

Настроїти вимірювальний міст припаду:

- замість датчика вимірювального мосту ввімкнути опір класу точності не нижче 0,2, для чого замкнути накоротко кінці кабельної лінії в місці підключення датчика, включити в коло магазин опору;

- встановити за магазином опір 53,00 Ом;
- тумблер «мережа» на передній панелі перевести в положення «ВКЛ.»

Стрілка приладу має стати в положення «0». У протилежному випадку встановити її за допомогою потенціометра R_2 :

- встановити за магазином опір 75,52 Ом. За допомогою резистора R_5 встановити стрілку приладу в положення «100»;
- знову встановити опір за магазином 53,00 Ом і 75,52 Ом і відрегулювати стрілку приладу на початок і кінець шкали за допомогою резистора R_2 , R_5 відповідно, повторивши цю операцію один-два рази;
- тумблер «мережа» перевести в положення «відкл.», відключити магазин опору і підключити датчик.

Перевірити роботу виконавчого елемента (у лабораторній установці його роль виконує реле в колі нагрівання, яке встановили в посудині з водою):

- тумблер «мережа» на передній панелі приладу перевести в положення «вкл.», при цьому має загорітися червона лампа;
- ослабивши гайку, яка притискає програмний копій із циферблатом, повернути вручну програмний копій ліворуч на такий кут, за якого загоряється зелена сигнальна лампа. Водночас має спрацювати виконавчий елемент.

Повернути копій у колишнє положення, зелена лампа має згаснути, виконавчий елемент – вимкнутися.

Якщо після ввімкнення регулятора через деякий час після загоряння червоної лампи (після прогрівання електронних ламп) загоряється зелена, це свідчить про те, що температура об'єкта, що підлягає регулюванню, нижча за +20 °C;

- тумблер «мережа» на передній панелі приладу перевести в положення «викл.».

Увімкнути програмний регулятор і автоматичний електронний міст, підключивши до нього термометр опору, встановлений у ємності з водою.

Протягом 20 хв записувати температуру за показниками приладу регулятора, контрольним термометром і автоматичним мостом.

Результати вимірювань записати в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Час, хв	5	10	15	20
Показники за термометром, °С				
Показники за приладом регулятора, °С				
Показники за автоматичним мостом, °С				

Вимкнути програмний регулятор: відключити установку від мережі.

Зміст звіту

1 Загальні відомості, опис конструкції та принцип дії програмного регулятора температури.

2 Схема програмного регулятора.

3 Заповнена таблиця 2.1.

Контрольні запитання

1 Як побудований і працює програмний регулятор температури?

2 Як сформується програма для регулятора?

3 Як налагоджують програмний регулятор?

Література [1-5].

Лабораторна робота 3

ВИВЧЕННЯ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНИХ ДАТЧИКІВ І СИГНАЛЬНОГО АНЕМОМЕТРА

Мета роботи: вивчити будову приладу і принцип дії потенціометричних датчиків і тахогенераторного датчика.

Завдання: вивчити будову потенціометричних датчиків; тарувати і оцінити точність датчиків; вивчити будову і принцип дії сигнального анемометра.

3.1 Опис конструкції та принцип дії

Потенціометричні датчики. Чутливими елементами датчиків зусилля і кута є потенціометричні (реостатні) датчики, які перетворюють вхідні переміщення у величину струму або напруги за рахунок змін омичного опору кола, існує дві принципові схеми потенціометричних датчиків: для перетворення кутових (а) і лінійних (б) переміщень (рисунок 3.1).

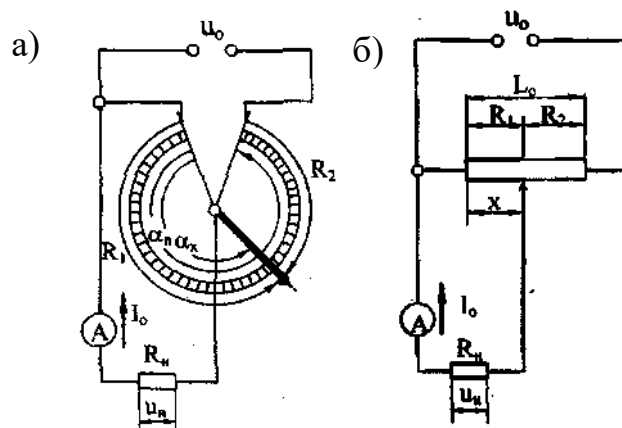


Рисунок 3.1

Реостат першого виду перетворює кутові переміщення у величину R_1 омичного опору на виході. Якщо реостат має рівномірну намотку, то на

одиницю довжини кола припадає R Ом. Для радіуса контактної планки r величина омічного опору на виході

$$R_1 = 2\pi r \rho \frac{1}{360} \alpha. \quad (3.1)$$

Реостат другого виду перетворює лінійне переміщення повзунка «х» у величину омічного опору на виході. Аналогічно до вищенаведеного

$$R_1 = \rho x, \quad (3.2)$$

де ρ – питомий опір електричному струму.

Отже, для заданих значень U_0 , R_0 , R_H напруга U_H і струм I_H прямо пропорційні величині опору R_1 , тобто вимірюваному кутовому переміщенню α або лінійному переміщенню x .

Анемометр сигнальний. Анемометр із сигнальним пристроєм призначений для вимірювання миттєвої швидкості вітру і автоматичного встановлення небезпечних за сумісництвом великої швидкості та продовження поривів вітру і ввімкнення аварійних пристроїв. Він установлений на вахтових і порталних кранах, де потрібні пристрої аварійного вітрового захисту. Принципова схема сигнального анемометра подана на рисунку 3.2. У коло тахогенератора включені дві реле – сигналізації РС і проміжне РП із різною напругою спрацьовування.

Для швидкості вітру близько 60 – 70 % (максимально допустимої) спрацьовує реле сигналізації РС, яке вмикає сигнальну лампу СЛ (звуковий сигнал С).

Якщо швидкість вітру досягає максимально допустимого значення, напруга на якорі тахогенератора ТГ піднімається до величини, за якої спрацьовує реле РП. Останній розмикає коло котушки лінійного контактора

Л, який управляє електроприводом крана, при цьому всі механізми крана загальмовуються. Водночас подано аварійний світловий (можливо, і звуковий) сигнал.

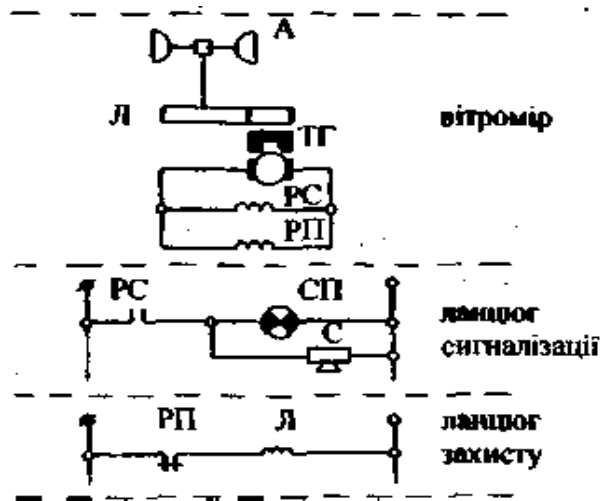


Рисунок 3,2

Якщо далі швидкість вітру зменшується, то пов'язане з цим падіння напруги призведе до того, що буде вимкнене тільки реле РС, а реле РП залишиться на самоблокуванні. Розблокувати його можна тільки в тому випадку, якщо швидкість вітру в заданому інтервалі часу буде менше допустимої.

Анемометр складається із датчика швидкості вітру та вимірювального пульта.

Датчик швидкості вітру. Чутливим елементом (рисунок 3.3) є вертушка з трьома лопатями 1, закріплена на вертикальній осі 2 за допомогою конічної гайки 8.

Вісь вільно рухається на двох шарикопідшипниках 3 і 4 і тримає кільцевий постійний магніт із трьома парами полюсів, які виконують роль ротора електротахогенератора. Статором тахогенератора є котушка 5.

З обертанням магніту 6 навколо нерухомої котушки 5 в її обмотці наявна змінна напруга, пропорційна кутовій швидкості обертання вертушки.

Кінці обмотки котушки приєднані до колодки 7 штепсельного роз'єму.

Вертушка датчика складається із трьох спиць із лопатями і балансирами, гайки 8 і втулки 9, у якій жорстко закріплені внутрішні кінці спиць.

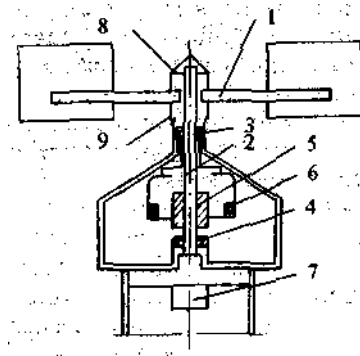


Рисунок 3.3

Вимірювальний пульт. Пульт (рисунок 3.4) змонтовано в металевому корпусі 1, на лицьовій панелі якого укріплені:

- показчик швидкості вітру 2;
- кнопка 3 розблокування командного реле;
- три сигнальних ліхтарі - жовтий 4, червоний 5 і білий;
- тримач запобіжника 6.

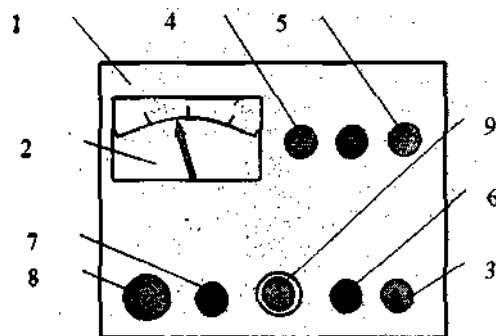


Рисунок 3.4

Як показчик швидкості вітру застосовано мікроамперметр типу М-204 зі шкалою 0-50, що відповідає змінам швидкості вітру до 50 м/с.

Через один із роз'ємів 7 підведена змінна напруга тахогенератора датчика, а через другий 8 – живлення від мережі змінного струму 220 В, 50 Гц, третій – штепсельний роз'єм 9 – служить для підключення пристроїв, які управляють дією аварійного засобу, який обслуговує об'єкт.

Основні деталі приладу: трансформатор, реле типу РКМ, командне реле типу РЕН17, монтажна плита, змінний опір – змонтований усередині корпусу.

3.2 Прилади та обладнання

Лабораторний стенд складається з установки для вивчення потенціометричних датчиків; сигнального анемометра.

3.3 Порядок виконання роботи

Ознайомитися з лабораторним стендом, приладами, елементами автоматики, які установлені на ньому.

Вивчити будову потенціометричних датчиків.

Підготувати лабораторну установку для вивчення потенціометричних датчиків і дослідити їх, для цього зібрати схему відповідно до рисунка 3.1.

Живлення схеми здійснюється від автотрансформатора типу ЛАТР напругою 10 В (U_0).

Двигун потенціометра встановити на нульову поділку шкали.

Для опору навантаження $R_H = 100$ Ом зняти залежність вихідних величин I_H від переміщення повзунка потенціометра. Дані записати в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Переміщення повзунка датчика кута, град	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270
Дослід										
Розрахунок										
Абсолютна помилка ΔI										
Абсолютна помилка ΔU										

Скласти схему за рисунком 3.1 і повторити для неї вимірювання і розрахунок, аналогічні розглянутим. Дані записати в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Переміщення повзунка лінійного датчика (мм)	0	8	16	24	32	40	48	56	64
Дослід									
Розрахунок									
Абсолютна помилка ΔI									
Абсолютна помилка ΔU									

За даними таблиць побудувати графічну залежність анемометра.

Вивчити пристрій і принцип дії сигнального анемометра.

Для відповідного значення R_H і положення повзунка a_H розрахувати значення I_H і U_H . Визначити абсолютні помилки ΔI і ΔU .

Підключити датчик швидкості вітру до вимірювального пульта (рисунок 3.4), а пульт – до мережі. Обертаючи вісь 2 (рисунок 3.3), прослідкувати за спрацюванням сигналізації з досягненням швидкості вітру (спостерігаючи при цьому за показниками мікроамперметра) граничних значень.

Зміст звіту

- 1 Загальні відомості, опис конструкції і принцип дії.
- 2 Схеми ввімкнення потенціометричних датчиків.
- 3 Схема сигнального анемометра.

- 4 Таблиці з результатами вимірювань.
- 5 Графічна залежність для потенціометричних датчиків.
- 6 Дані про швидкість вітру відносно попередження та аварійного сигналу.

7 Висновки.

Контрольні запитання

- 1 Призначення потенціометричних датчиків.
 - 2 Яка суттєва залежність між вхідною та вихідною величинами для потенціометричних датчиків?
 - 3 Яку має будову і як працює сигнальний анемометр?
- Література [1-5].

Лабораторна робота 4

ВИВЧЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНОГО ОБМЕЖУВАЧА ВАНТАЖНОСТІ СТІЛОЧНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КРАНІВ

Мета роботи: вивчити будову і принцип дії обмежувача вантажності кранів.

Завдання: вивчити будову і принцип дії датчиків вантажу і кута нахилу стріли; побудувати вантажну характеристику крана.

4.1 Загальні відомості

Обмежувач вантажності типу ОВ-1 призначений для автоматичного попередження перекидання або поломки стрілочних кранів у результаті перевантаження і може бути застосований на самохідних, пересувних, баштових та інших типах кранів.

Обмежувач монтують на кран (рисунок 4.1) і включають в електричну схему електричних і дизель-електричних кранів або схему спеціальних

виконавчих механізмів механічних кранів так, щоб із досягненням небезпечного навантаження були виключені небезпечні рухи крана і подані відповідні сигнали.

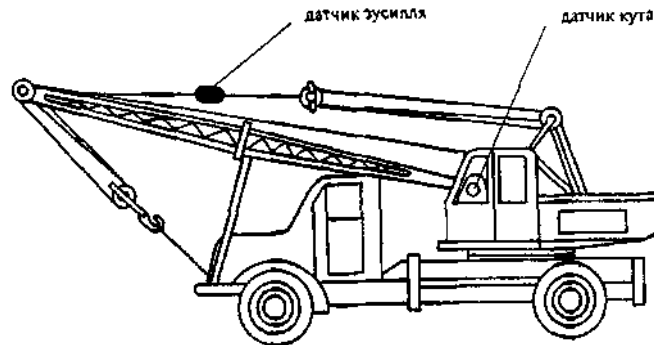


Рисунок 4.1

Умови експлуатації обмежувача вантажності:

- 1) зміна температури навколишнього середовища від -40 до $+50$ $^{\circ}\text{C}$;
- 2) відносна вологість навколишнього середовища повітря до 9 % за температури 20 $^{\circ}\text{C}$;
- 3) зміна живлення напруги від -15 до $+20$ % номінального значення.

4.2 Принцип дії

Робота ОВ-1 заснована на принципі порівняння зусилля, яке вимірюють датчиком, із метою допустимої величини зусилля, яке дає датчик кута.

Вимірювані і допустимі зусилля перетворюють датчики в електричні сигнали (як напругу) і порівнюють за допомогою поляризованого реле, включеного в діагональ балансного мосту, який складається з потенціометрів датчиків. Із перевищенням можливо допустимої величини зусилля обмежувач ОВ-1 спрацьовує.

Для заміни меж зрівноваження мосту (або рівня спрацьовування обмежувача) послідовно з потенціометром датчика кута вмикають резистори, які підлягають регулюванню (рисунок 4.2).

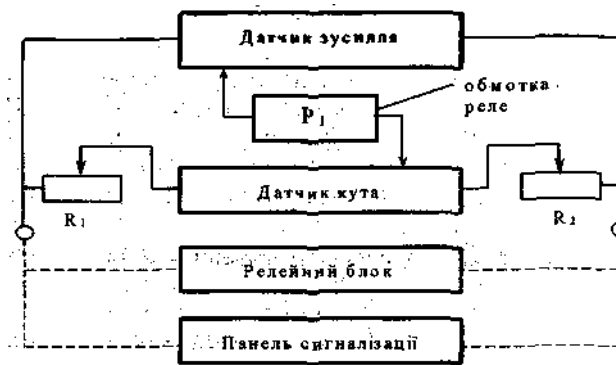


Рисунок 4.2

4.3 Конструкція обмежувача

Обмежувач вантажності ОВ-1 складається із датчика зусилля (ДЗС), датчика кута (ДКТ), релейного блока (РБ), панелі сигналізації (ПС).

Датчик зусилля. Датчик зусилля (рисунок 4.2) складається із пружного кільця 1, деформація якого пропорційна величині діючого на нього зусилля; потенціометричного перетворювача 2, який перетворює деформацію кільця в пропорційну величину електричного сигналу (у вигляді опору); деталей, за допомогою яких зусилля, яке сприймає датчик, передається пружному кільцю.

Конструкцією датчика передбачена можливість установлення кілець на навантаження 250, 500, 1000 кг за однакової деформації – 2 мм.

Механізм датчика розташований в корпусі 3 брызконепроникного виконання. Для включення в електричну схему обмежувача датчик забезпечений штепсельним роз'ємом.

Датчик кута. Датчик кута (рисунок 4.4) перетворює кут підймання стріли 2 в електричний сигнал (у вигляді опору), відповідний можливо допустимій величині вантажу для певного вильоту стріли. Залежність електричного сигналу від кута повороту датчика задана профілем кулачка 3, встановленого в датчику. Датчик розташований в корпусі брызконепроникного виконання.

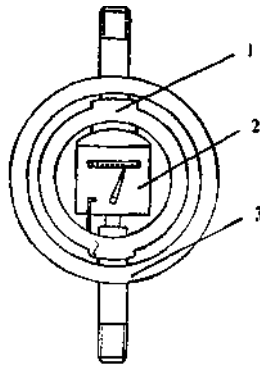


Рисунок 4.3

Релейний блок. Релейний блок замкнено в металевий корпус, на зовнішньому боці якого знаходиться тумблер, перемикач характеристики крана, а також запобіжник.

Усередині корпусу розташована релейна панель. Сполучення релейного блока з датчиками, панеллю сигналізації та виконавчими пристроями крана відбувається за допомогою штепсельних роз'ємів, встановлених в основі релейного блока.

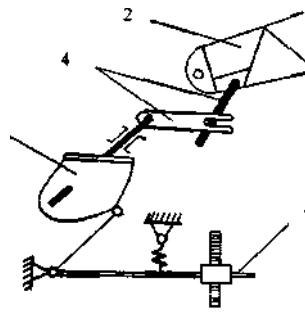


Рисунок 4.4

Панель сигналізації. Панель сигналізації є індикаторним пристроєм, який дає змогу спостерігати (за приладом) ступінь навантаження крана і роботу виконавчого пристрою у ввімкненому і вимкненому положеннях (за сигнальними лампами). Панель сигналізації розташована в металевому корпусі закритого виконання.

Розташування та встановлення обмежувача на крані. Датчики зусилля і кута встановлені на конструкціях крана так, щоб під час експлуатації були виключені їхні механічні пошкодження і демонтаж для зміни вантажозахоплюючого обладнання.

Датчик зусиль обмежувача встановлений у стрілопідйомному поліспасті на нерухомих відтяжках. На рисунку 4.1 зображено один із варіантів встановлення обмежувача на крані. Датчик кута встановлений уздовж осі п'яти стріли за допомогою кронштейна на нерухомій металоконструкції крана і буде приведений у рух з підйманням і опусканням стріли за допомогою привода 4 (рисунок 4.4).

Релейний блок і панель сигналізації розташовані в кабіні. Панель сигналізації має знаходитися в полі зору кранівника.

Основні деталі приладу: трансформатор, реле типу РКН, командне реле типу РЕНП, монтажна плита/змінний опір – змонтовані всередині корпусу.

4.4 Прилади і обладнання

Лабораторний стенд складається:

- з обмежувача вантажності крана ОВ;
- пристрою для створення зусиль, який включає стояк із захватами, силовимірювач та електродвигун;
- блока живлення обмежувача вантажності.

4.5 Порядок виконання роботи

Ознайомитися з лабораторним стендом, приладами, елементами автоматики, встановленими на ньому.

Вивчити пристрій і принцип дії обмежувача вантажності кранів.

Підготувати установку для проведення іспитів:

- підключити в мережу обмежувач вантажності і електродвигун;
- встановити перемикач характеристик крана в положення 2;
- ввімкнути живлення ОВ тумблером релейного блока;
- датчик кута встановити в положення 30° .

Увімкнути електродвигун, записати показники за силовимірювачем і приладом на панелі сигналізації до спрацьовування пристрою.

Змінивши кут нахилу стріли (10, 20, 30°...), записати показники приладів в таблицю 4.2.

Таблиця 4,2

Кут нахилу стріли	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Характеристика вантажності, т							

За даними таблиці побудувати графік вантажної характеристики крана.

Зміст звіту

1 Загальні відомості, опис конструкції і принцип дії обмежувача вантажності.

2 Ескізи датчиків зусиль і кута, схема їх ввімкнення.

3 Таблиці з результатами вимірювань.

4 Графічні залежності для вантажної характеристики крана для різних значень вильоту стріли.

5 Висновки.

Контрольні запитання

1 Для чого застосовують обмежувач вантажності кранів?

2 Як побудований і працює датчик зусиль?

3 Як обладнаний і працює датчик кута?

4 Як порівнюють електричні сигнали датчика зусиль і датчика кута?

5 Які елементи входять у комплект обмежувача вантажності кранів?

Література [1-5].

Лабораторна робота 5

ВИВЧЕННЯ ПРИСТРОЮ І ПРИНЦИП РОБОТИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РІВНЯ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи: вивчити пристрій і принцип роботи системи контролю рівня матеріалів.

Завдання: вивчити пристрій і принцип дії фотодатчиків; знайти характеристики фотодатчиків; вивчити пристрій і принцип дії автоматичного сигналізатора рівня.

5.1 Загальні відомості

Для вивчення рівня рідини і сипких матеріалів, автоматизації електропривода трансформатора, який заповнює бункер або технологічні ємності, застосовують вимірювачі рівнів.

Рівнеміри бувають:

- дискретної дії, які дають сигнал у зовнішні кола в момент, коли рівень речовини, що підлягає вимірюванню, досяг заданого значення;
- безперервної дії, коли сигнал по зовнішньому колу несе інформацію про висоту рівня в певний момент.

Автоматичний сигналізатор рівня СУФ-42 являє собою рівнемір дискретної дії і призначений для сигналізації про досягнення рівня осаду заданого значення (що дорівнює глибині занурення датчика сигналізатора) у відстійних пунктах промивання піску та інших подібних споруд.

В основу роботи сигналізатора покладено фотоелектричний метод.

Прилад призначений для використання за температури робочої рідини в межах від 2 до 35 °С і глибини занурення датчика до 10 м.

5.2 Опис конструкції

Автоматичний сигналізатор рівня складається із таких блоків:

- датчика;
- блока сигналізатора;

- трансформатора.

Датчик. Датчик зануреного типу являє собою зварний корпус (рисунок 5.1, а), виконаний із нержавіючої сталі. У кожусі датчика закріплений вузол фоторезистора і патрон із джерелом світла. Герметичності датчика: досягають за допомогою захисного скла, кришок і кілець ущільнення. Як чутливий елемент використано фоторезистор типу ФСК. Фоторезистори – це напівпровідникові фотоелектричні прилади з внутрішнім фото ефектом, у яких використана зміна питомого опору напівпровідникових матеріалів під дією світла. Для виготовлення фоторезисторів використовують сірчаний свинець, сірчаний кадмій і сірчаний вісмут; крім того, може бути використаний селен і сірчаний талій. Шар одного з напівпровідникових матеріалів 1 (рисунок 5.1, б) наносять на ізоляційну пластинку 2. На краї цього шару наносять металеві електроди 3.

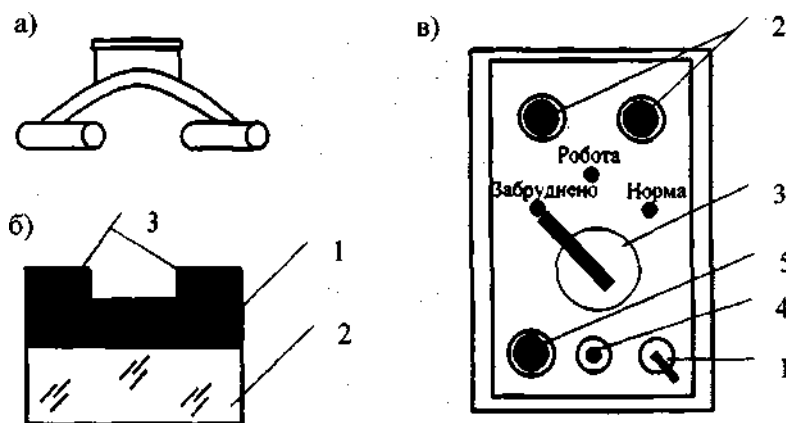


Рисунок 5.1

Фоторезистор змонтований на пластмасовому корпусі зі скляним дном для забезпечення доступу світла до напівпровідникового матеріалу. Для зручності включення в апаратуру фоторезистори мають металеві шпеники. Якщо неосвітлений фоторезистор підключити до джерела ЕДС, то в колі з'явиться невеликий струм, який називають темрявним струмом. З освітленням фоторезистора струм у колі значно зростає.

Фоторезистори можуть працювати як на постійному, так і змінному струмі.

До недоліків фоторезисторів слід віднести нелінійність їхньої світлової характеристики і залежність струму від температури. Переваги – висока чутливість, яка складає, наприклад, для фоторезисторів із сірчаного кадмію 10^6 мкА/лк.

Ці властивості фоторезисторів визначають галузь їх застосування, реєстрацію наявності світлового потоку, а не перетворення зміни величини світлового потоку в пропорційну зміну величини вихідного сигналу. Висока міцність і малі габарити, а також можливість працювати на змінному струмі роблять фоторезистори дуже зручними для використання у схемах автоматики.

Блок сигналізатора. Блок сигналізатора складається з корпусу і шасі. Усі елементи сигналізатора змонтовані на шасі. Передня стінка її є лицевою панеллю (рисунк 5.1, в), на якій змонтовано вимикач живлення 1, сигнальні лампи 2, перемикач режимів зусилля 3, кнопка 4 і неонова лампа контролю справності лампи просвічування 5.

Трансформатор. Трансформатор для живлення джерела світла встановлений у герметичний (вилитий, виконаний із пластмаси) корпус і закріплений у ньому.

5.3 Принцип дії і опис роботи

Сигналізатор являє собою фотореле, яке спрацьовує зі збільшенням оптичної щільності просвічуваного шару, яке настає з досягненням рівня осаду глибини занурення датчика сигналізатора.

Принципова електрична схема наведена на рисунку 5.2.

Збільшення оптичної щільності середовища викликає зменшення світлового потоку, який падає на світлоприймач (фоторезистор), що призводить до зміни фотоструму, а отже, зміни напруги у вантажному резисторі фоторезистора. Сигнал, що дорівнює перепаду напруги на

резисторі, надходить на вхід підсилювача і викликає спрацювання вихідного реле Р1, комутуючого вихідні контакти системи управління або сигналізації.

Підсилювач зібрано на транзисторах Т1 і Т2. Схема живиться від трансформатора Тр1 і однонапівперіодного випрямляча, який складається із діода Д11 і конденсатора С1.

Джерело світла Л1 живиться від трансформатора Тр2.

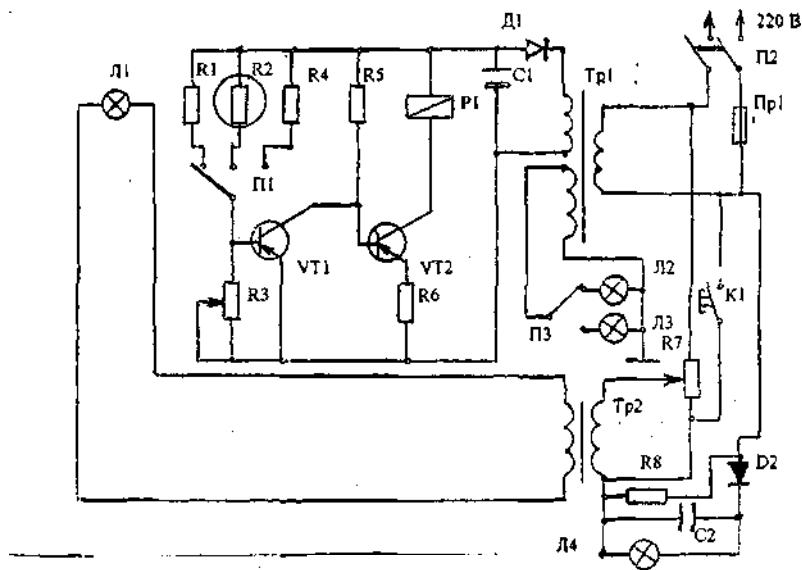


Рисунок 5.2

Для регулювання порогу спрацювання сигналізатора в коло першого каскада підсилювача включено змінний резистор R3, а для регулювання напруги живлення лампи Л в первинну обмотку трансформатора Тр2 включено змінний резистор R7.

5.4 Прилади та обладнання

Лабораторний стенд складається:

- із фоторезисторів;
- установки для вивчення світлових характеристик фоторезисторів;
- автоматичного сигналізатора рівня СУФ-42;
- металевої ємності для проведення дослідів;

- вимірною лінійкою.

Лабораторна установка для вивчення світлових характеристик фоторезисторів (рисунок 5.3) складається із джерела світла 1, фоторезистора 2, вентильного фотоелемента 3, джерела живлення 4, мікроамперметра 5, люкметра 6. Джерело світла підключено через автотрансформатор типу ЛАТР.

За допомогою вентильного фотоелемента і люкметра визначають освітленість панелі, на якій розташовано фоторезистор.

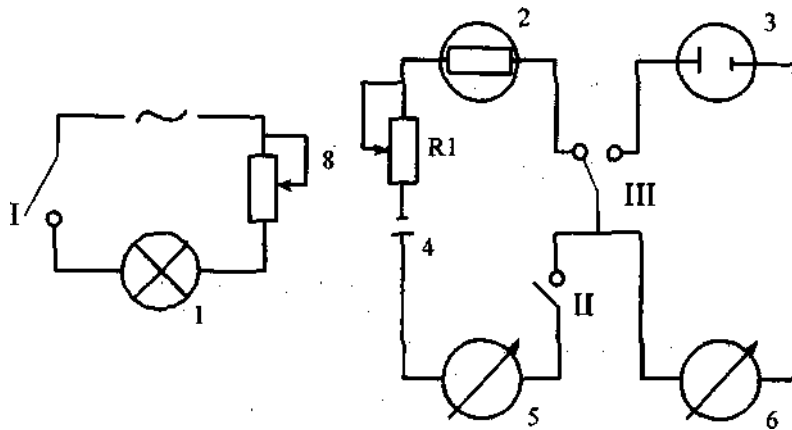


Рисунок 5.3

5.5 Порядок виконання роботи

Ознайомитися з лабораторним стендом, приладами, елементами живлення автоматики, встановленими на ньому.

Вивчити пристрій фоторезисторів.

Підготувати лабораторну установку для вивчення фоторезисторів до роботи:

- встановити перемикач 1 у положення «Г_х»;
- перемикач люкметра встановити на «500»;
- перемикач II встановити в положення «робота»;
- перемикач III встановити в положення «фотоелемент»;
- регулюючи напругу, що подаємо на джерело світла за допомогою регулятора напруги 8, встановити максимальну освітленість панелі 500 лк.

Виміряти струм фоторезистора для освітленості 500 лк, для цього перемикач III перевести в положення «резистор», а перемикач II – у положення «цА» і зняти значення струму за показником мікроамперметра.

Послідовно зменшуючи освітленість (для положень перемикача люксметра «500» – через кожні 50 лк; «100» – через кожні 10 лк; «25» – через кожні 5 лк, за допомогою регулювання напруги на джерелі світла, знайти відповідні значення струму фоторезистора.

Результати вимірювань записати в таблицю 5.1.

За результатами вимірювань побудувати графік $I_{\Phi} - L_{\Phi}(\Phi)$.

Таблиця 5.1

Освітленість Φ , лк							
Фотострум							

Вивчити пристрій і принцип дії автоматичного сигналізатора рівня.

Відрегулювати автоматичний сигналізатор рівня:

- встановити датчик у металевій ємності;
- заповнити ємність водою;
- перед ввімкненням сигналізатора повзунок резистора 86 встановити в ліве крайнє положення;
- тумблер ввімкнення перевести в положення «вкл.»;
- перемикач контролю режиму роботи підсилювача встановити в положення «забруднення».

При цьому має загорітися червона сигнальна лампа.

У протилежному випадку за допомогою резистора В3 досягти її запалення;

- переключити перемикач В1 у положення «нормально», переконатися, що загорілася зелена сигнальна лампа.

Перевірити поріг спрацьовування і відпускання сигналізатора:

- послідовно помістити у світловий канал датчика нейтральні світлофільтри з коефіцієнтом пропускання $\tau_1 < 3 \%$, $\tau_2 > 56 \%$;
- із розташуванням у світловому каналі датчика світлофільтра з $\tau_1 < 3 \%$ сигналізатор має надійно спрацювати, при цьому загоряється червона сигнальна лампа «забруднено»;
- якщо помістити у світловий канал датчика світлофільтр із $\tau_2 > 56 \%$, сигналізатор не має спрацювати, горить зелена сигнальна лампа «нормально»;
- у випадку відхилення порогу спрацьовування від вказаних меж його регулюють за допомогою змінного резистора ВЗ.

Перевірити спрацьовування сигналізатора рівня:

- встановити датчик в металевій ємності на умовленій висоті, результати записати в журнал;
- заповнити ємність водою;
- ввімкнути автоматичний сигналізатор рівня;
- поступово всипати в посудину з водою пісок до моменту загорання на сигналізаторі червоної лампи;
- безпосереднім вимірюванням лінійкою визначити фактичний рівень піску в посудині і порівняти цей результат із даними про висоту розміщення датчика.

Результати перевірок, випробувань і основні висновки записати в журнал.

Зміст звіту

- 1 Загальні відомості, опис конструкції та принцип дії автоматичного сигналізатора рівня.
- 2 Принципова електрична схема сигналізатора рівня.
- 3 Заповнена таблиця.
- 4 Графік залежності $I_{\phi} = f(\phi)$ для фоторезистора.

5 Результати перевірок і випробувань автоматичного сигналізатора рівня.

6 Висновки.

Контрольні запитання

- 1 Як побудований а працює автоматичний рівнемір?
- 2 Будова фоторезистора.
- 3 Які параметри визначають величину фотоструму і фоторезистора?
- 4 Як регулюють автоматичний сигналізатор рівня?

Література [1-5].

Лабораторна робота 6

ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ МАГНІТНОГО ПУСКАЧА

Мета роботи: вивчити будову та принцип дії магнітних пускачів.

Завдання: вивчити будову магнітних пускачів; зібрати схему управління електродвигуном за допомогою магнітного пускача; визначити величину струму навантаження, за якої спрацьовує термореле пускача.

6.1 Загальні відомості

Для управління асинхронним електродвигуном (пуск, зупинка, зміна напрямку обертів, а також для захисту його від ненормальних режимів: перевантаження, двофазне живлення, аварійне зростання струму через заклинення ротора тощо, служить магнітний пускач. Він являє собою комплексний апарат, складовими частинами якого є контактор і теплове реле.

Для захисту двигуна від струму короткого замикання у схемі мають бути передбачені плавкі запобіжники.

6.2 Опис конструкції

Магнітний пускач складається з контактора і теплового реле, яке захищає схему від перевантаження (рисунок 6.1).

Генератор являє собою трифазний електромагнітний апарат (рисунок 6.1), який має такі основні частини: нерухомий магнітопровід 1 із котушкою 2 і короткозамкнутими витками 11, необхідними для усунення вібрації притягнутого рухомого магнітопроводу; рухомий магнітопровід (якір) 3, зв'язаний через траверсу 4 рухомими контактами 5; нерухомі контакти 6, які розташовані в окремих для кожної фази комірках ізоляційної камери 7 і з'єднані із затискачами 8, що служать для підключення зовнішньої струмопідвідної проводки; блок-контакти, включені в малопотужні кола управління; основа 9, на якій змонтовані всі вузли контактора.

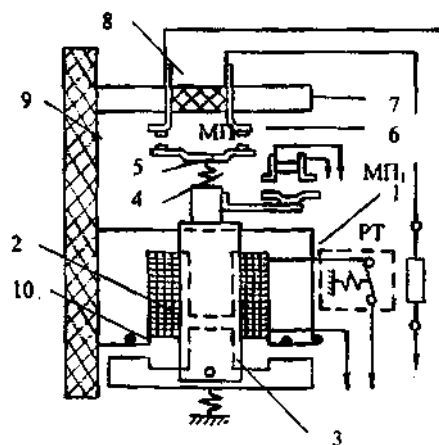


Рисунок 6.1

На рисунку 6.2 показана схема конструкції теплового реле.

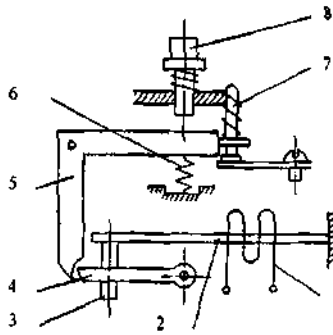


Рисунок 6.2

Струм проходить через нагрівальний елемент 1, біметалева пластина 2 упирається у гвинт 3 клеми 4, який перешкоджає повороту важеля 5 під дією пружини 6. Із важелем з'єднаний рухомий контакт 7. Розмикання контактів відбувається тоді, коли вигин біметалевої пластини виводить засувку із зчеплення з важелем. Після охолодження біметалевої пластини натиском на кнопку S повертають важіль і засувку в нормальне зчеплене положення

Контактор і теплове реле розміщені в одному корпусі, на кришці якого є кнопка, що повертає теплове реле у вихідне положення.

6.3 Принцип дії та опис роботи

На рисунку 6.3 показана електрична схема ввімкнення нереверсивного магнітного пускача. Тут L_1, L_2, L_3 – лінії електроживлення (три фази); C_1, C_2, C_3 – затискачі обмоток електродвигуна; ЛК – головні контакти контактора; 1РТ і 2РТ – контакти теплових реле. На схемі показані також кнопки «Пуск» і «Стоп», які служать для ввімкнення і вимкнення котушки контактора.

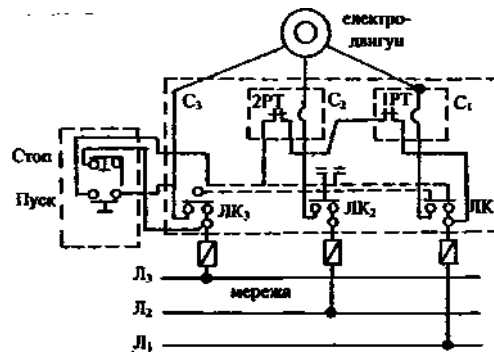


Рисунок 6.3

Коли на котушку контактора 2 (рисунок 6.1) подана відповідна напруга, якір 3 притягується до нерухомої серцевини 1, і контакти Б, замкнувшись, приєднують обмотку електродвигуна до мережі. Відключення котушки веде до розмикання контактів під дією поворотної пружини і припинення електроживлення обмоток двигуна.

Теплове реле являє собою апарат, який спрацьовує під дією тепла. Спрацьовування реле (розімкнення і замкнення його контактів) відбувається внаслідок зміни положення спеціального елемента, із яким з'єднані рухомі контакти реле. Звичайно вказаний елемент виготовляють із біметалу – жорсткого з'єднання (за допомогою зварювання) двох металів із різними температурними коефіцієнтами лінійного розширення.

Із нагріванням такого елемента кожний із двох металів буде збільшуватися на конкретну величину, пропорційну температурі і коефіцієнту лінійного розширення.

Оскільки ці коефіцієнти неоднакові, а метали жорстко з'єднані один з одним, біметалевий елемент буде згинатися в бік металу, який має менший коефіцієнт лінійного розширення. Як метал із низьким коефіцієнтом лінійного розширення (термопасивного) звичайно використовують залізо-нікелеві сплави (36-40 % нікелю). Іншим металом (термоактивним) може бути мідь, сталь, латунь та ін.

У теплових реле, які вставляють у магнітні пускачі, нагрівання біметалевого елемента відбувається в результаті проходження струму електродвигуна або по біметалевому елементу (реле з усередненим нагріванням), або по розташованому поряд з елементом ніхромовому елементу (реле з усередненим нагріванням), або по тому та іншому (реле із змішаним нагріванням).

Зі збільшенням струму нагрівання елемента підсилюється, і, коли струм збільшується вище допустимого значення, температура елемента стає такою, що зусилля, яке перешкоджає вигину біметалу, виявляється недостатнім. Біметалевий елемент вигинається і його рухи передаються рухомим контактам реле, викликаючи їх розімкнення. Оскільки контакти реле включені в коло котушки контактора, то їх розімкнення викликає відключення контактора та зупинку живлення електродвигуна.

6.4 Прилади і обладнання

Лабораторний стенд складається з магнітного пускача, кнопкової станції, асинхронного двигуна, генератора постійного струму, реостата, вольтметра і амперметра, секундоміра.

Вал синхронного електродвигуна за допомогою напівжорсткої муфти сполучено з валом генератора постійного струму. Генератор постійного струму працює на реостат, величину омичного опору якого можна змінювати, тим самим змінюючи навантаження асинхронного електродвигуна. Величину навантаження можна встановити за показаннями вольтметра і амперметра в мережі генератора постійного струму. Час від початку роботи двигуна з цим навантаженням до моменту відключення його в результаті спрацювання термореле встановлюють за допомогою секундоміра.

6.5 Порядок виконання роботи

Вивчити будову магнітного пускача.

Зібрати схему управління електродвигуна за допомогою магнітного пускача і кнопкової станції за рисунком 6.3.

Вмикаючи і вимикаючи асинхронний електродвигун за допомогою кнопкової станції, прослідкувати за роботою магнітного пускача.

Встановити за допомогою реостата потужність навантаження. Виміряти час від початку роботи двигуна з таким навантаженням до моменту ввімкнення його в результаті спрацювання термореле.

Повторити з навантаженням $N_1 = N_2$.

За даними вимірювань побудувати графічну залежність часу спрацювання термореле від потужності навантаження.

Зміст звіту

- 1 Загальні відомості і опис конструкції магнітного пускача.
- 2 Схема ввімкнення нереверсивного магнітного пускача.
- 3 Графік залежності.
- 4 Висновки.

Контрольні запитання

- 1 Яке призначення і будова магнітного пускача?
- 2 Пояснити схему ввімкнення нереверсивного пускача.
- 3 Будова теплового реле.
- 4 Будова і принцип дії контактора.

Література [1-5].

Лабораторна робота 7

ВИВЧЕННЯ ПРИСТРОЮ ТИПУ ІЗС-10Н ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ ЗАХИСНОГО ШАРУ

Мета роботи: вивчити пристрій та принцип дії і навчитися працювати з приладом для контролю товщини захисного шару арматури в бетоні типу «ІЗС-10Н».

Завдання: вивчити пристрій і принцип дії індуктивного датчика; вивчити будову приладу ІЗС; виміряти товщину захисного шару та діаметр арматури в армованих бетонних зразках.

7.1 Загальні відомості

Одним із головних завдань у галузі подальшого розвитку бетонних і залізобетонних виробів і конструкцій є досконалість технології виготовлення, підвищення якості, надійності і довговічності. Підвищення якості може бути досягнуто розробленням і впровадженням чіткого і постійно діючого контролю на всіх етапах технологічного процесу.

Організація поопераційного контролю на високому рівні з використанням сучасних приладів і вимірювальних засобів покликана значно зменшити, а в деяких випадках повністю виключити випуск недоброякісних виробів і конструкцій. До цих приладів належать і пристрої для контролю товщини захисного шару залізобетонних конструкцій.

Якісні показники залізобетонних конструкцій значною мірою залежать від правильного розташування арматури в них.

Через недосконалість технологічних процесів під час виготовлення конструкцій розміщення арматури може мати недопустимі відхилення від проєктного положення, виявлення яких необхідне для того, щоб своєчасно звернути увагу на технологію виробництва і усунути недоліки, а крім того, визначити якість будівельних виробів.

Для визначення глибини залягання сталевій арматури використовують вимірювач захисного шару типу ІЗС, в основу якого покладено електромагнітний метод.

7.2 Опис конструкції приладу ІЗС-10н

Вимірювач захисного шару ІЗС-10н призначений для вимірювання товщини захисного шару бетону (відстань за нормами між поверхнею бетону і арматурним стрижнем) і визначення розташування (отримання проєкції осі арматурного стрижня на поверхні бетону) арматури діаметром від 4 до 32 мм у залізобетонних виробих і конструкціях в умовах виробництва будівельної індустрії, будівельних майданчиків, будинках і спорудах, що експлуатують.

Межа допустимої основної помилки вимірювання товщини шару бетону має бути не більше

$$\Delta h_{\text{ЗС}} = \pm (0,05 h_{\text{ЗС}} + 0,5 \text{ мм}), \quad (7.1)$$

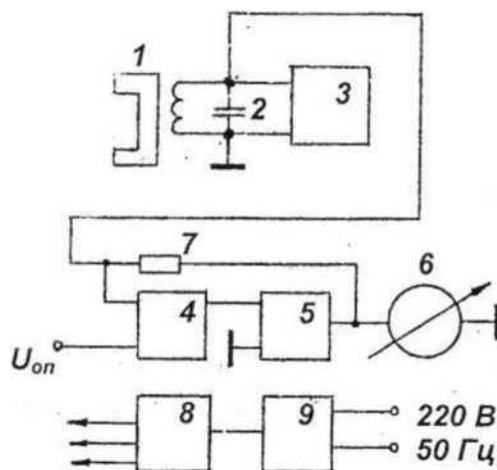
де $h_{\text{ЗС}}$ – товщина захисного шару бетону, мм.

Межа допустимої основної помилки визначення розташування проєкції осі арматурного стрижня на поверхні бетону має бути не більше ± 10 мм від дійсного розташування для всіх діаметрів стрижнів.

Принцип дії приладу засновано на реєстрації змін комплексного опору перетворювача (датчика), який виникає зі взаємодією електромагнітного поля датчика з арматурним стрижнем в залізобетоні.

Принципова схема приладу наведена на рисунку 7.1.

Перетворювач (датчик) приладу являє собою П-подібний феритовий магнітопровід із розташованою на ньому котушкою, тобто є індуктивним датчиком.



1 – перетворювач (датчик); 2 – конденсатор; 3 – схема негативного опору;
4 – обмежувач; 5 – інвертор; 6 – стрілочний індикатор; 7 – коло зворотного зв'язку; 8 – стабілізатор напруги; 9 – виносний блок живлення

Рисунок 7.1 – Функціональна схема приладу

Датчик призначений для перетворення неелектричної величини – товщини захисного шару бетону в електричну. Котушка датчика з підключеним паралельно їй конденсатором утворює коливальний контур, який настроєно на частоту 500 ± 50 Гц.

Паралельно контуру підключена схема негативного опору, що вносить у контур негативне загасання, що призводить до виникнення в контурі гармонічних коливань. Схема негативного опору виконана на операційному підсилювачі (мікросхема К 553УД1А).

Паралельно контуру зі схемою негативного опору підключено обмежувач, призначений для обмеження напруги, що генерований по амплітуді. Обмежувач побудовано на операційному підсилювачі (мікросхема К 553УД1 А) і діоді КД407А.

На вході мікросхеми подано опорне навантаження $U_{оп}$, яке встановлює напругу обмежувача. Коефіцієнт передачі обмежувача дорівнює 1.

До виходу обмежувача підключено інвертор, який служить для інвертування (перевертання) сигналу, який виконано на операційному підсилювачі (мікросхема К 553УД1 А).

До виходу інвертора підключено стрілочний індикатор (мікроамперметр), який градуйовано в міліметрах захисного шару бетону (верхня шкала). Друга шкала служить для індивідуального градуювання пристрою у випадку контролю конструкцій з армуванням, не передбаченим у технічних вимогах на прилад.

7.3 Принцип дії датчика

Індуктивний датчик приладу ІЗС-10н складається із П-подібного феритового магнітопроводу 1 і намотаної на нього котушки 2, кінці якої включені у вимірювальне коло приладу (рисунок 7.2).

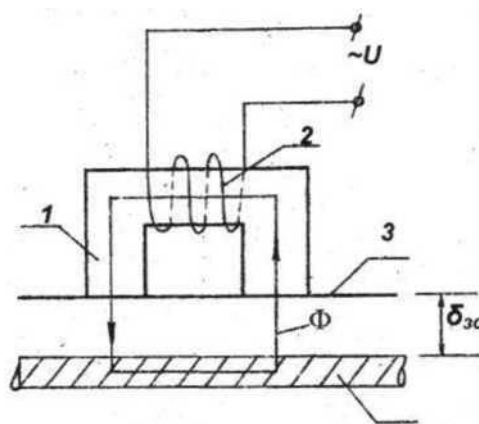


Рисунок 7.2 – Схема індуктивного датчика приладу ІЗС-10М

Зі встановленням датчика в робоче положення на поверхні бетону 3 над арматурним стрижнем 4 між останнім і магнітопроводом знаходиться шар бетону товщиною, величина якого заздалегідь невідома і яку необхідно виміряти.

По котушці протікає змінний струм I , що призводить до виникнення магнітного потоку Φ , який циркулює по колу, складеному з магнітопроводу, арматурного стрижня і двох зазорів, заповнених бетоном.

Відомо, що за заданих параметрів датчика струм у колі котушки залежить від товщини захисного шару бетону, площі перерізу S_a арматури або діаметра арматури.

7.4 Прилади та обладнання

Лабораторний стенд складається:

- із приладу ІЗС-10Н;
- контрольних зразків залізобетону.

7.5 Порядок виконання роботи.

Ознайомитися з приладом ІЗС-10Н.

Вивчити індуктивний датчик.

Підготувати прилад ІЗС-10Н до роботи.

Підключити перетворювач до роз'єму приладу з написом «Перетв.».

Увімкнути прилад, натиснути кнопку «ВКЛ» і «БП» на лицьовій панелі приладу.

Проконтролювати напругу живлення, натиснувши кнопку «Контр-ЖИВЛ». При цьому стрілка індикатора знаходиться в полі чорного сектора на шкалі.

Прогріти прилад протягом 5 хв.

Відкалібрувати чутливість приладу в такій послідовності: натиснути кнопку «КАЛІБР», за допомогою ручки змінного резистора «ЧУТЛИВ» встановити стрілку індикатора на показник 60 шкали.

Примітка – під час калібрування перетворювача датчик має бути віддалений від металевих предметів на відстань не менше 500 мм.

Дослідити залежність вихідної величини Y (струм I мкА) від вхідної X (відстань від поверхні датчика до арматури S).

Встановити перемикач «Діаметр» на значення, яке відповідає дійсному діаметру зразка.

Встановити над арматурним стрижнем датчик, визначити величину струму I (мкА) за .нижньою шкалою індикатора (мікроамперметра).

Записати значення X_1 (відстань від поверхні датчика до арматури 8, мм) і U , (струм I , мкА) у таблицю 7.1.

Таблиця 7.1

Величина X (δ , мм)	$X_1 =$	$X_2 =$	$X_3 =$	$X_4 =$
Величина U (I , мкА)	$U_1 =$	$U_2 =$	$U_3 =$	$U_4 =$

Послідовно встановити над арматурним стрижнем діелектричні пластини товщиною 10, 20, 30 мм і виміряти відповідну їм величину струму. Записати в таблицю 7.1 значення X_2 , X_3 , X_4 і значення U_2 , U_3 , U_4 .

Побудувати графік (характеристику датчика) залежності $U = (X)$.

Визначити характер (статистичний, динамічний) коефіцієнта перетворювача (чутливості датчика). Розрахувати його величину ($K = U/X$ або $K = \Delta U_i / \Delta X_i$).

Виміряти товщину захисного шару бетону S для відомого діаметра арматури в бетоні.

Встановити перемикач «Діаметр» у положення, співвідносне діаметру стрижня арматури в контрольному зразку (виробі).

Встановити датчик на поверхні контролюючого об'єкта і, повільно переміщуючи його з боку в бік і повертаючи навколо вертикальної осі, добитися мінімального показника стрілки приладу. При цьому положенні датчика арматурний стрижень розміщений під центрами вузьких сторін датчика (стрілка I і пунктирна лінія на рисунку 7.3).

Виміряти показники індикатора приладу по верхній шкалі, який і буде відповідати питомій товщині захисного шару бетону над арматурою (глибина залягання арматури).

Виміряти для невідомого діаметра арматури.

Те саме зробити за допомогою датчика положення арматури, при цьому датчик буде розміщено вздовж арматурного стрижня (струму) над ним.



Рисунок 7.3 – Установлення датчика на поверхні об'єкта, що контролюють

Виміряти товщину захисного шару бетону для всіх положень перемикача «Діаметр», мм (d.). Визначити отримані значення S_j . Записати значення в таблицю свого зошита.

Не змінюючи положення датчика в плані, розмістити між датчиком і поверхнею бетону діелектричну прокладку (текстоліт, оргскло та ін.) товщиною 10 мм. Повторити вимірювання для всіх положень перемикача «Діаметр», мм. Визначити і записати значення в таблицю 7.2.

Звернути увагу, що ці значення є сумою значень, відповідних невідомій товщині захисного шару і відомій товщині прокладки 10 мм.

Відніміть із значення a_{zi} , мм, значення товщини прокладки 10 мм і запишіть отримані величини $o_{zi} - 10$ в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2

Діаметр арматури за	4	5	6	8	12	14	16	18	20-25	28-32
Вимірювання без прокладки										
Вимірювання з прокладкою,										

Побудуйте на одному графіку обидві залежності.

Визначити значення питомих товщини захисного шару $a_{ар}$ і діаметра арматури d за точкою перетину двох кривих. Отриманий результат є розв'язком двох рівнянь $Sti(d_{ар})$ із двома невідомими s і d .

Зміст звіту

1 Загальні відомості, опис конструкції і принцип дії датчика ІЗС-10Н.
2 Таблиця і графік-характеристика індуктивного датчика $Y = f(X)$ або $I = f(a)$.

3 Таблиця та графік визначення товщини захисного шару і діаметра арматури залізобетонного зразка для невідомого діаметра арматури.

4 Висновки.

Контрольні запитання

1 Призначення приладу ІЗС-10Н, основні конструктивні дані, технічні характеристики.

2 Принцип дії індуктивного датчика.

3 Написати формули:

- для магнітного опору кола R_M ;
- магнітного потоку Φ ;
- комплексного опору котушки Z .

4 Вивести формулу залежності вимірюваного струму від товщини захисного шару S і діаметра $a_{ар}$.

5 Що таке характеристика індуктивного датчика? Як визначити алгебраїчно і графічно характеристику індуктивного датчика?

6 Порядок вимірювання товщини захисного шару бетону для відомого діаметра арматури?

7 Порядок вимірювання товщини захисного шару бетону і діаметра арматури для її невідомої величини?

Література [1-5].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 15.11.2024 р., № 4017-IX. База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text> (дата звернення: 20.06.2026).

2 ДСТУ 3651.0–97. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення. Чинний від 2097-09-10. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1998. 9 с.

3 ДСТУ 3651.1–97. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні положення, назви та позначення. Чинний від 2097-09-10. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1998. 15 с.

4 Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова та ін. Кіровоград: Лисенко В. Ф., 2016. 352 с.

5 Електротехніка у будівництві: навч. посіб. / А. Є. Ачкасов, В. А. Лушкін, В. М. Охріменко та ін. Харків: ХНАМГ, 2009. 363 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для виконання лабораторних робіт

з освітнього компонента
*«МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ»*

Відповідальний за випуск Герасименко О. С.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 24.07.2026 р.
Умовн. друк. арк. 3,0. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018