

**ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ**

**Кафедра „Автоматика і комп'ютерне телекерування  
рухом поїздів”**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи  
з дисципліни**

***“СПЕЦІАЛЬНІ ВИМІРЮВАННЯ”***

**Частина 2**

**Харків – 2011**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри ”Автоматика та комп'ютерне

телекерування рухом поїздів” 4 листопада 2009 р., протокол №4.

Рекомендуються для студентів спеціальності 7.092507 ”Автоматика і автоматизація на транспорті” спеціалізації 7.092507.01 ”Автоматика і комп’ютерні системи управління рухом поїздів” денної та заочної форми навчання.

Укладачі:

проф. А.Б. Бойнік,  
старш. викл. А.А. Меліхов

Рецензенти:

доц. В.П. Мороз

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи  
з дисципліни

*“СПЕЦІАЛЬНІ ВИМІРЮВАННЯ”*

Частина 2

Відповідальний за випуск Меліхов А.А.

Редактор Еткало О.О.

---

Підписано до друку 04.12.09 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,0. Тираж 250. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.  
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

## Зміст

Вступ .....	4
Лабораторна робота 1. Дослідження параметрів апаратури автоматики і телемеханіки на випробувальному стенді.....	5
Лабораторна робота 2. Дослідження параметрів дросель-трансформатора типу ДТ-0,2-500.....	14
Лабораторна робота 3. Дослідження статистичних характеристик перехідного опору контактів реле.....	26
Список літератури.....	36

## ВСТУП

До початку занять у лабораторії студент повинен ознайомитися з даними методичними вказівками, а також опрацювати самостійно розділи теоретичного курсу за підручниками, конспектом лекцій і літературою, що рекомендується.

До виконання чергової роботи допускаються студенти, що надали звіт з попередніх лабораторних занять.

Зошити з таблицями, формулами й іншими матеріалами, що полегшують запис результатів досліджень, повинні бути підготовлені заздалегідь. Елементи, які необхідно вносити до звіту, зазначені по кожній роботі окремо у розділі "Зміст звіту" даних методичних вказівок.

Студенти, які не захистили дві лабораторні роботи, до виконання наступних допускаються після захисту роботи або з дозволу деканату.

Пропущені заняття відпрацьовуються за графіком, який затверджує завідувач кафедри, або в кінці семестру.

Лабораторні роботи виконуються під контролем викладача при строгому дотриманні правил технічної безпеки.

Результати вимірювань і розрахунків по роботі необхідно показати викладачеві. Тільки після його схвалення робота вважається виконаною.

## Лабораторна робота 1

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АПАРАТУРИ АВТОМАТИКИ І ТЕЛЕМЕХАНІКИ НА ВИПРОБУВАЛЬНОМУ СТЕНДІ

**Мета роботи:** вивчення випробувального стенда СВ-СЦБ і методів перевірки апаратури автоматики і телемеханіки.

#### 1.1 Загальні положення

Електромагнітне реле з'явилося в другій половині XIX ст. після винаходу електромагніту. Саме слово "реле" (з франц. relais) означає "пункт перевантаження", "місце зміни коней". Вибір цього терміну відображає той факт, що реле – елемент, що перемикає зовнішні кола навантаження.

За допомогою реле з'явилася можливість створювати складні автоматичні системи управління і можливість ефективно управляти об'єктами на відстані. Це у свою чергу викликало розвиток теорії автоматичного управління, теорії релейних схем і дискретних пристроїв. На реле були побудовані перші обчислювальні пристрої і машини. Таким чином, саме винахід електромагнітного реле поклав початок сьгоднішньому високому рівню розвитку засобів автоматизації.

У системах залізничної автоматики і телемеханіки прийнято таке визначення для реле:

**Реле** - це елемент автоматики, в якому при плавній зміні вхідної величини вихідна величина змінюється стрибкоподібно.

Пояснюючи це визначення, можна сказати, що при плавній зміні струму або напруги на обмотках реле відбувається стрибкоподібне переміщення якоря у контактних реле або ж зміна внутрішнього електричного чи магнітного опору в безконтактних реле.

Надійна і безпечна робота систем автоматики і телемеханіки може бути забезпечена при справному стані її апаратури. Так, всі типи реле постійного струму, одноелементні реле змінного струму, дешифратори автоблокування та інші елементи

перевіряють у контрольно-випробувальному пункті (КВП) СЦБ в терміни, встановлені нормами експлуатаційного обслуговування.

Для перевірки і випробування вказаної апаратури в КВП СЦБ застосовують спеціальні стенди.

У даній роботі дослідження характеристик реле постійного струму необхідно виконати на стенді для випробувань реле СЦБ, дешифраторних комірок і трансформаторів.

## **1.2 Опис робочого місця**

Стенд складається з групи приладів комутації (перемикачів, кнопок, ключів і затискачів), групи вимірювальних приладів (вольтметрів, амперметрів і секундоміра) і блока живлення з органами регулювання напруги і струму.

Згідно з функціональною схемою (рисунок 1.1) на стенді можна виміряти:

1) електричні характеристики реле постійного і змінного струму з напругою перевантаження до 250 В;

2) перехідні опори контактів реле методом вольтметра-амперметра;

3) цикл спрацьовування термічних реле типу НМШТ;

4) напругу перегону і струм кодових трансмітерів всіх типів;

5) характеристики дешифраторних комірок;

6) число спрацьовувань швидкодіючих реле (випробування на задане число спрацьовувань).

У стенді є, окрім допоміжних, три основні кола:

- електричне коло А – для вимірювання електричних характеристик реле;

- електричне коло Б – для вимірювання перехідного опору контактів;

- електричне коло Ф-О-Т – для вимірювання тимчасових характеристик реле.

Блок живлення стенда має ступінчасте і плавне регулювання напруги.

На передній панелі стенда встановлені такі комутаційні прилади:

1) перемикач ступінчастої напруги електричного кола А – ПНА;

- 2) перемикач схеми електричного кола А – ПСА;
- 3) перемикач схеми електричного кола Б – ПСБ;
- 4) додатковий перемикач схеми електричного кола Б – ДПСБ;
- 5) перемикачі меж вимірювання приладів;
- 6) кнопка Э/С для вмикання електросекундоміра;
- 7) ручка реостата кола Б – “рег. цепи Б”;
- 8) ручка автотрансформатора кола А – “рег. цепи А”;
- 9) ключ К1 увімкнення і зміни полярності напруги в електричному колі А;
- 10) ключ К2 увімкнення і зміни полярності напруги в електричному колі Б.

На панелі розміщені також світловий екран для підсвічування контактів і кнопки комутації електричних кіл для випробування іншої апаратури А і Т.

Перед початком випробувань апаратури А і Т необхідно на стенді встановити всі рукоятки управління в нормальне положення: перемикачі меж вимірювань приладів у максимальне або нульове, перемикач ПНА – у нульове, ключі К1 та К2 – у середнє, тумблери – у положення “вимкнено”, кнопки – не натиснуті, реостати і рукоятки ЛАТРов – у крайнє ліве положення.

### **1.3 План виконання лабораторної роботи**

- 1) вивчити можливості стенду і порядок випробування апаратури А і Т;
- 2) виміряти електричні і тимчасові характеристики нейтрального реле;
- 3) виміряти перехідний опір контактів;
- 4) зробити висновки за виміряними параметрами;
- 5) відповісти на контрольні запитання.

### **1.4 Методика виконання лабораторної роботи**

#### **Завдання 1.4.1**

#### **Вивчення стенда**

Для вивчення процесу випробування реле постійного струму на стенді необхідно скористатися технічним описом [1] і даними методичними вказівками. Паспортні дані на апаратуру систем А і Т наведені в довіднику [2].

Після ознайомлення і вивчення стенда записати в таблицю 1.1 паспортні дані реле, запропонованого викладачем для випробування.

#### **Завдання 1.4.2**

#### **Вимірювання електричних характеристик нейтрального реле постійного струму**

Основними електричними характеристиками реле є напруга і струм притягання і відпускання якоря [3].

Для виконання вимірювань вказаних параметрів необхідно:

1) підключити обмотку реле, що випробовується, до затискачів “±А” стенда;

2) встановити перемикач ПНА в положення, відповідне напрузі перевантаження реле, що дорівнює триразовій напрузі повного підйому;

3) встановити перемикачі меж вимірювання амперметра і вольтметра електричного кола А на межі, що відповідають напрузі і струму перевантаження реле;

4) встановити перемикач ПСА в положення “1”;

5) увімкнути живлення електричних кіл А і Б;

6) ключ К1 перемкнути в положення “+” (до обмотки реле буде прикладено напруга прямої полярності);

7) за допомогою ЛАТРа електричного кола А встановити на реле напругу перевантаження, а потім, повільно знижуючи напругу, зафіксувати за показанням вольтметра напругу відпускання якоря реле;

8) за допомогою ЛАТРа електричного кола А понизити напругу на обмотках реле до нуля;

9) перервати ключем К1 електричне коло А на 1 с і, підвищуючи напругу, зафіксувати напругу притягання якоря;

10) аналогічно за допомогою ЛАТРа електричного кола А понизити напругу на обмотках реле до нуля;



11) перевести ключ К1 в мінусове положення “-” (до обмотки реле буде прикладено напруга зворотної полярності);

12) за допомогою ЛАТРа електричного кола А встановити на реле напругу перевантаження, а потім, повільно знижуючи напругу, зафіксувати за показанням вольтметра напругу відпускання якоря реле;

13) за допомогою ЛАТРа електричного кола А понизити напругу на обмотках реле до нуля;

14) перервати ключем К1 електричне коло А на 1 с і, підвищуючи напругу, зафіксувати напругу притягання якоря.

Після закінчення випробувань всі рукоятки керування повернути у вихідне положення.

Результати вимірювань записати в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Паспортні і виміряні дані реле постійного струму

Тип реле	Напруга притягання якоря, В		Напруга відпускання якоря, В		Час, с								Опір контактів, Ом				
					Притягання		Відпускання		Переліт контактів				Фронтоний		Тиловий		
	пасп.	вим.	пасп.	вим.	пасп.	вим.	Ф-Т		Т-Ф		пасп.	вим.	пасп.	вим.			
НМШМ1-180																	

### Завдання 1.4.3

#### Дослідження тимчасових характеристик реле постійного струму

Надійна робота систем А і Т багато в чому визначається стабільністю тимчасових параметрів реле. Тому в КВП СЦБ при

експлуатаційному обслуговуванні обов'язково перевіряються ці параметри.

Для дослідження залежності тимчасових параметрів реле від напруги живлення необхідно:

1) підключити обмотку реле до затискачів “±А ” і один з контактних “трійників” реле – до затискачів “Ф-О-Т” стенда;

2) перемикач ПСА встановити в положення “1” – для вимірювання часу від моменту розриву електричного кола живлення обмотки реле до моменту розмикання фронтних контактів;

3) встановити стрілку Э/С на “0”, для чого його рукоятку натиснути до упора нагору;

4) перевести ключ К1 в положення “+” і встановити ЛАТРОм електричного кола А на обмотці реле напругу притягання якоря;

5) натиснути кнопку Э/С і ключ К1 встановити в середнє положення;

6) за показаннями Э/С визначити час затримки на відпускання якоря і записати його в таблицю 1.1;

7) кнопку Э/С повернути у вихідне положення.

Для вимірювання часу перельоту контактів реле при раніше встановленій напрузі електричного кола А необхідно:

1) встановити перемикач ПСА в положення “2”;

2) встановити стрілку Э/С – на “0”;

3) натиснути кнопку Э/С;

4) перевести ключ К1 в положення “+” і визначити за Э/С час перельоту загального контакту від тилового до фронтного;

5) перевести ключ К1 в середнє положення і визначити за Э/С час перельоту загального контакту від фронтного до тилового;

6) кнопку Э/С повернути у вихідне положення.

Результати вимірювань записати в таблицю 1.1.

Для вимірювання часу затримки на притягання якоря (рисунок 1.1) при вибраній раніше напрузі електричного кола А необхідно:

1) встановити Э/С на “0”, перемикач ПСА в положення “3” і натиснути кнопку Э/С;

2) перевести ключ К1 в положення “+” і визначити за Э/С час затримки на притягання якоря.

Результати вимірювань записати в таблицю 1.1.

Рукоятки керування повернути у вихідне положення.

За завданням викладача вимірювання тимчасових параметрів реле виконати в чотирьох - п'ятьох точках за напругою. Самостійно можна виміряти тимчасові характеристики реле, збільшуючи напругу через кожні 0,5 В.

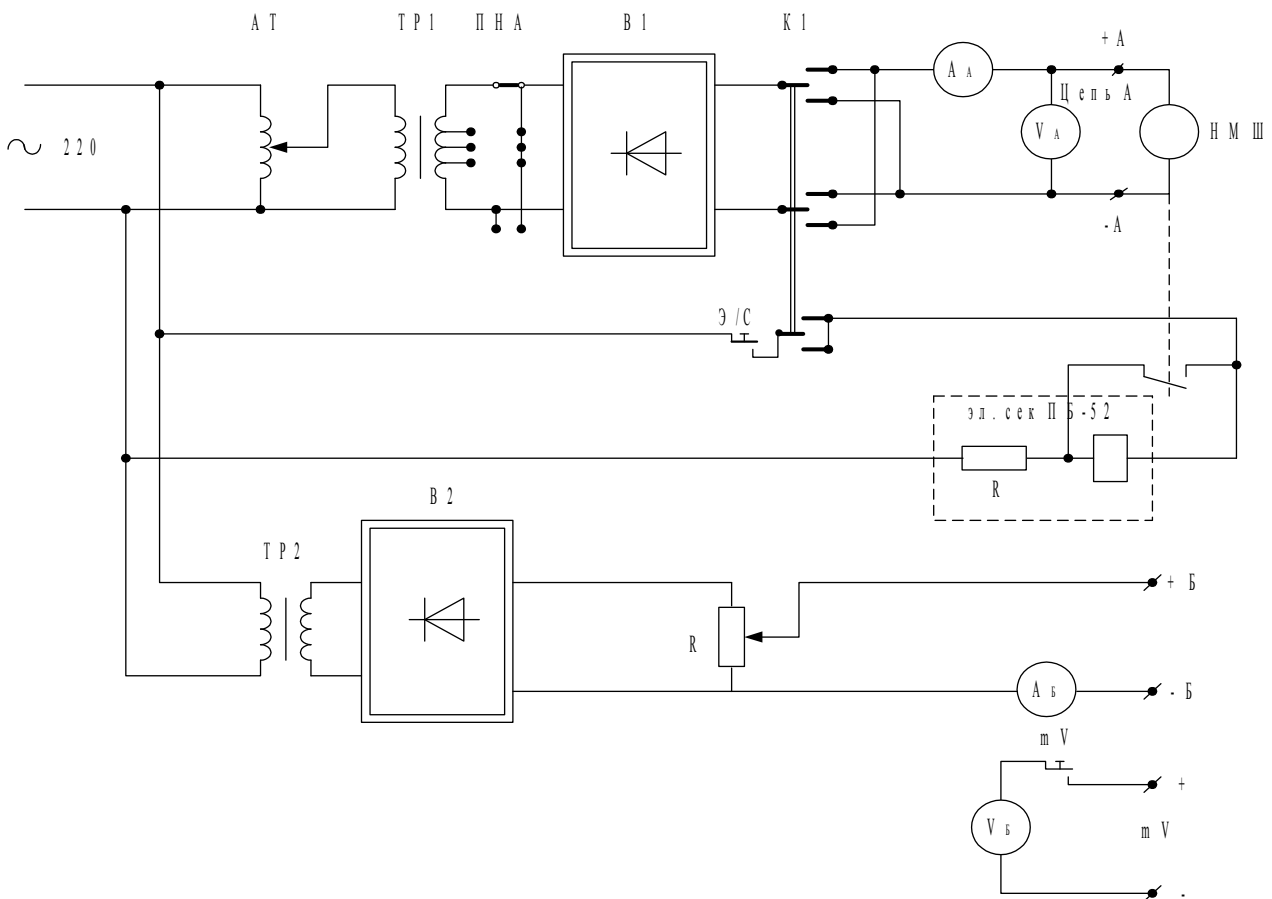


Рисунок 1.1 – Функціональна схема стенда

#### Завдання 1.4.4

### Вимірювання перехідного опору контактів реле постійного струму

Опір контакту складається з опору контактних пластин, перехідного опору самого контакту і внутрішніх з'єднувальних проводів [3].

Для виключення похибки вимірювань від опору з'єднувальних проводів використовується чотирипровідна схема підключення до стенда, на якому необхідно:

1) підключити обмотку реле до затискачів “ $\pm A$ ”, перевести ключ К1 в положення “+” і встановити ЛАТРОм електричного кола А на реле напругу притягання якоря;

2) першим двопровідним шнуром підключити фронтний контакт, який буде вимірюватися, до затискачів “+Б” і “ $\mu V$ ”, а іншим – загальний контакт даного “трійника” до затискачів “-Б” і “ $\mu V$ ”;

3) встановити перемикач меж вимірювання вольтметра електричного кола Б на межу “1,5” В;

4) встановити перемикач меж вимірювання амперметра електричного кола Б на межу “0,6” А;

5) встановити перемикач схеми електричного кола Б - ПСБ в положення “ $\pm B$ ”;

6) установити ключ К2 в положення “+”;

7) реостатом електричного кола Б встановити струм через контакт 0,5 А;

8) натиснути кнопку “ $\mu V$ ” і зафіксувати падіння напруги на фронтному і загальному контактах;

9) відтиснути кнопку “ $\mu V$ ”;

10) перевести ключі К1 і К2 в середнє положення;

11) до затискачів “+Б” і “ $\mu V$ ” підключити тильний контакт того самого “трійника”;

12) ключ К2 установити в положення “+”;

13) реостатом електричного кола Б установити струм через контакт 0,5 А;

14) натиснути кнопку “ $\mu V$ ” і зафіксувати падіння напруги на загальному і тильному контактах.

Після виконання вимірювань рукоятки керування установити в нормальне положення.

Розділивши зафіксовану напругу на струм, визначити опори контактів і записати їх значення в таблицю 1.1.

## 1.5 Зміст звіту

1 Короткий опис призначення і принципу перевірки реле на стенді.

2 Таблиця паспортних і вимірних даних реле, порівняльний аналіз даних.

3 Графіки тимчасових характеристик реле і аналіз результатів вимірювань.

4 Висновки за наслідками вимірювань.

5 Відповіді на контрольні запитання (за вказівкою викладача).

### **Контрольні запитання**

1 Які функціональні можливості стенда і перспективи вдосконалення випробувань апаратури А і Т?

2 У чому полягають особливості експлуатації апаратури А і Т?

3 Назвіть ознаки надійності реле.

4 Перерахуйте вимоги, що висуваються до реле 1-го класу надійності.

5 Чому для напруги піднімання встановлена верхня межа, а для напруги відпускання – нижня?

6 Як залежать тимчасові параметри реле від напруги живлення?

7 Які основні причини втрати надійності реле?

8 Від яких чинників залежить величина перехідного опору контактів?

9 Які інші випробувальні стенди застосовуються для перевірки блоків ЕЦ, ГАЦ і АЛСБ?

10 У яких випадках використовується двопровідна і чотирипровідна схеми підключення апаратури А і Т до стендів?

11 Наведіть приклад механічної характеристики реле. Дайте її опис.

12 Наведіть приклад тягової характеристики реле. Дайте її опис.

**Література** [1, 2, 3].

## Лабораторна робота 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДРОСЕЛЬ- ТРАНСФОРМАТОРА ТИПУ ДТ-0,2-500

**Мета роботи:** вивчення методів вимірювання параметрів дросель-трансформатора та обчислення коефіцієнтів чотириполюсника схеми його заміщення.

#### 2.1 Загальні положення

Дросель-трансформатори (ДТ) призначені для пропускання тягового струму в обхід ізолюючих стиків і узгодження параметрів апаратури релейного кінця з рейковою лінією [2].

Дросель-трансформатори типів ДТ-0,2 і ДТ-0,6 застосовуються для установа на ділянках залізниць, обладнаних автоблокуванням на змінному струмі при електричній тязі на постійному струмі. На таких ділянках залізниць встановлюються колійні ДТ типів ДТ-0,2-500; ДТ-0,6-500; ДТ-0,2-1000 і ДТ-0,6-1000 [4].

Дросель-трансформатори мають основну і додаткову обмотки.

Перші цифри в позначенні указують його повний опір змінному сигнальному струму частотою 50 Гц (0,2 Ом або 0,6 Ом), а останні – значення номінального тягового струму, на пропускання якого розрахована основна обмотка (500 або 1000 А по кожній рейці).

Дросель-трансформатори типів ДТ-0,2-500 і ДТ-0,6-500 розраховані на пропускання номінального (тривалого) тягового струму через кожен секцію основної обмотки 500 А. Середній вивід обмотки розрахований на 1000 А.

Дросель-трансформатори типів ДТ-0,2-1000 і ДТ-0,6-1000 розраховані на пропускання номінального (тривалого) тягового струму через кожну секцію основної обмотки 1000 А. Середній вивід обмотки розрахований на 2000 А.

Основна обмотка виконана з мідної шини великого перетину і має малий опір постійному тяговому струму: 0,0008 - 0,0024 Ом залежно від типу ДТ.

Дросель-трансформатори нових типів ДТ-0,2-500.1М і ДТ-0,6-500.1М зображені на рисунках 2.1 і 2.2.

Дросель-трансформатор ДТ-0,2-500.1М призначений для ділянок залізниць, обладнаних автоблокуванням на змінному струмі при електротязі на постійному струмі, він виготовляється з коефіцієнтом трансформації:  $n=17$ ;  $n=23$ ;  $n=40$  [5].

Дросель-трансформатор ДТ-0,6-500.1М призначений для ділянок залізниць, обладнаних автоблокуванням на змінному струмі при електротязі на постійному струмі, а також при стикуванні двох систем електричної тяги, він виготовляється з коефіцієнтом трансформації:  $n=3$ ;  $n=15$ ;  $n=38$  [5].

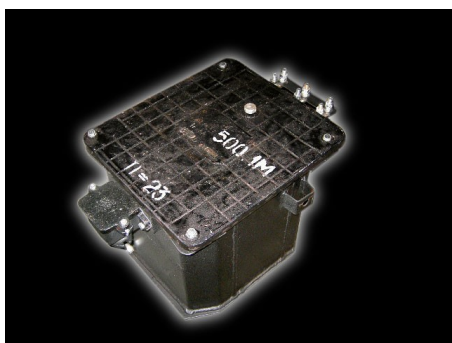


Рисунок 2.1 – Дросель-трансформатор типу ДТ-0,2-500.1М

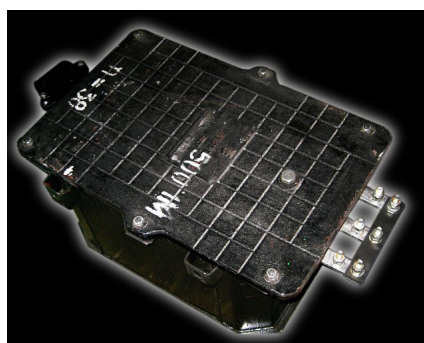


Рисунок 2.2 – Дросель-трансформатор типу ДТ-0,6-500.1М

Дросель-трансформатор типу ДТ-0,2-500 (рисунок 2.3) складається з сердечника 5 і ярма 4, зібраних з листової електротехнічної сталі, основної 3 і додаткової 6 обмоток. Сердечник з обмотками поміщений в чавунний корпус 7 і закритий кришкою 2, на якій є вентиляційна пробка й ущільнювач з гуми [5].

У задній частині корпусу розташована муфта 7 для обробки кабелю, що підводиться до дросель-трансформатора.

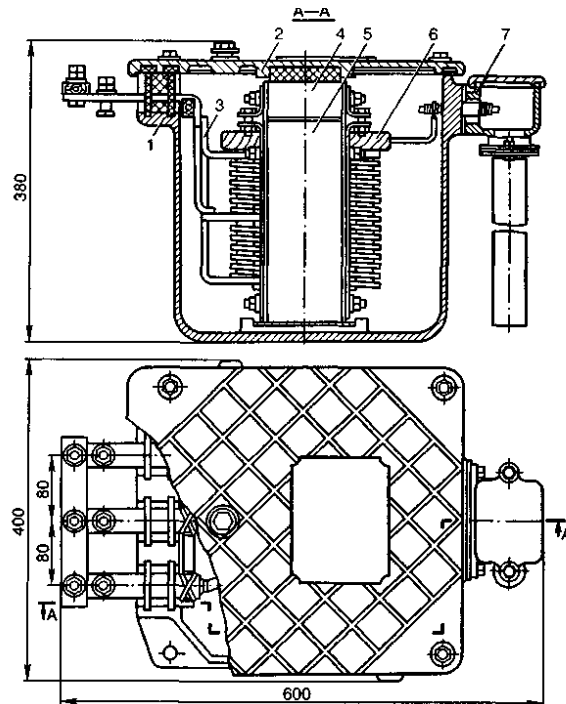


Рисунок 2.3 – Дросель-трансформатор типу ДТ-0,2-500

Для охолодження основної і додаткової обмоток у корпус дросель-трансформатора перед установкою в експлуатацію заливають трансформаторне масло до рівня контрольного отвору на корпусі.

У нижній і верхній частинах стінки корпусу дросель-трансформатора є пробки, що відгвинчуються зовні, для контролю рівня і спуску трансформаторного масла.

У лабораторній роботі досліджується ДТ-0,2-500, у якого додаткова обмотка має декілька виводів (рисунок 2.4), що дозволяє розміщувати іншу апаратуру рейкових кіл на відстані до 5 км від колії. Основними електричними характеристиками цього типу ДТ є:

- номінальний (тривалий) тяговий струм, що протікає через кожен секцію основної обмотки (по одній рейці), – 500 А;

- повний опір основної обмотки за відсутності подмагнічування постійним струмом і зазору між сердечником і ярмом 1-3 мм на частоті 50 Гц - 0,2 - 0,22 Ом;



- опір основної обмотки постійному струму при  $t + 20^{\circ}\text{C}$  - 0,0013 Ом;
- коефіцієнти трансформації - 7, 10, 13, 17, 23, 30, 33, 40.

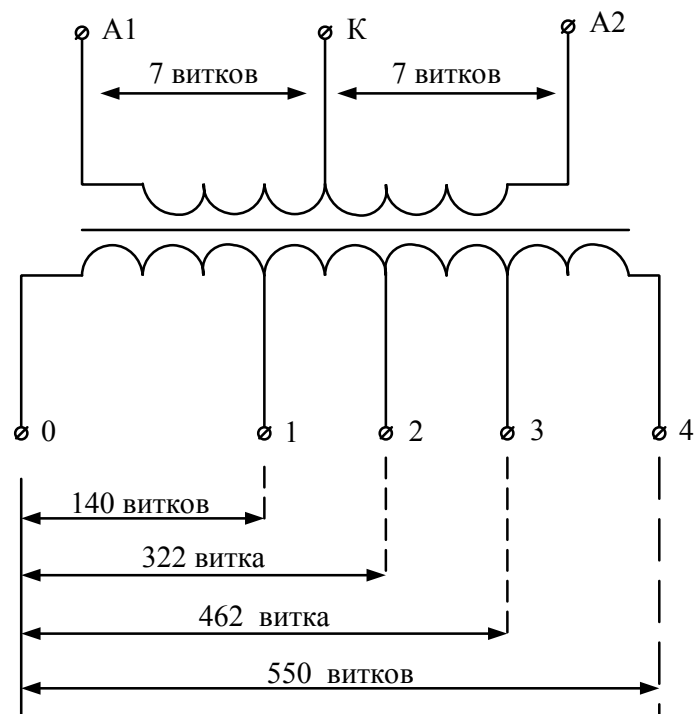


Рисунок 2.4 – Схема з'єднання основної і додаткової обмоток дросель-трансформатора типу ДТ-0,2-500

З червня 1986 р. з метою економії міді дросель-трансформатори ДТ-0,2-500 почали випускатися в трьох варіантах виконання: з коефіцієнтами трансформації 17, 23 і 40 залежно від замовлення. Між сердечником і ярмом у цього типу ДТ є повітряний зазор 1-3 мм, наявність якого забезпечує стабільність опору ДТ змінному сигнальному струму при підмагнічуванні його тяговим струмом.

ДТ-0,2-1000 і ДТ-0,6-1000 встановлюються на ділянках обороту важковісних поїздів, гірських ділянках і в місцях приєднання відсмоктуючих фідерів тягових підстанцій.

## 2.2 Короткі відомості

Дросель-трансформатор на релейному кінці можна зобразити еквівалентною схемою каскадного з'єднання Т-

подібного чотириполюсника та ідеального трансформатора (рисунок 2.5).

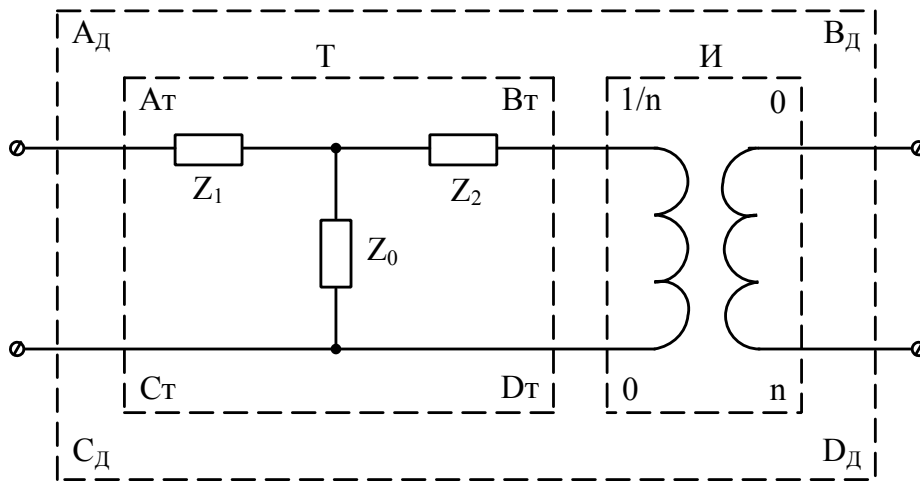


Рисунок 2.5 – Еквівалентна схема заміщення ДТ-0,2-500 на релейному кінці

T-подібна схема заміщення характеризує втрати енергії в ДТ, а ідеальний трансформатор враховує його коефіцієнт трансформації.

Опори  $Z_1$  і  $Z_2$  характеризують втрати енергії в міді обмоток і внаслідок магнітного розсіювання, а  $Z_0$  (опір холостого ходу) - втрати енергії в залізі сердечника.

Коефіцієнти чотириполюсника ДТ розраховуються за даними вимірювань методом холостого ходу і короткого замикання і вони, згідно з нормативними документами при коефіцієнті трансформації  $n = 40$  дорівнюють:

$$\begin{aligned} A_D &= 1.23e^{+j1.5}; & B_D &= 0.056e^{+j70.21}; \\ C_D &= 5.67e^{-j86.29}; & D_D &= 1.07e^{-j5.28}. \end{aligned}$$

Вхідні опори, виміряні з боку основної і додаткової обмоток методами холостого ходу і короткого замикання, визначаються виходячи з основних рівнянь чотириполюсника:

$$Z_{\text{хх0}} = A_D / C_D; \quad (2.1)$$

$$Z_{\text{ххд}} = D_D / C_D; \quad (2.2)$$

$$Z_{кзД} = B_{Д} / A_{Д}. \quad (2.3)$$

Розв'язуючи рівняння (2.1), (2.2) і (2.3) щодо коефіцієнтів чотириполюсника, обчислюють:

$$A_{Д} = \frac{Z_{xxO}}{Z}; \quad (2.4)$$

$$B_{Д} = \frac{Z_{xxO} \cdot Z_{кзД}}{Z}; \quad (2.5)$$

$$C_{Д} = \frac{1}{Z}; \quad (2.6)$$

$$D_{Д} = \frac{Z_{xxД}}{Z}, \quad (2.7)$$

де  $Z = \sqrt{Z_{xxO} \cdot (Z_{xxД} - Z_{кзД})}$ .

Для підвищення точності визначення коефіцієнтів чотириполюсника необхідно всі три вимірювання проводити при одній і тій самій величині магнітного потоку в сердечнику ДТ. Для виконання цієї умови потрібно, щоб напруга на додатковій обмотці при вимірюванні  $Z_{xxД}$  і  $Z_{кзД}$  була в  $n$  (коефіцієнт трансформації) разів більше від напруги на основній обмотці, встановленої при вимірюванні  $Z_{xxO}$ .

При конструюванні і випробуваннях ДТ часто виникає необхідність визначення його первинних параметрів  $Z_1$ ,  $Z_2$  і  $Z_0$ . Ці параметри, як опори трьох плечей Т-подібного чотириполюсника, можна виразити через коефіцієнти чотириполюсника  $A_{Д}$ ,  $B_{Д}$ ,  $C_{Д}$ ,  $D_{Д}$ .

$$Z_1 = \frac{\frac{D_{Д} - 1}{C_{Д}}}{n}; \quad (2.8)$$

$$Z_2 = \frac{A_{Д} \cdot n - 1}{C_{Д} \cdot n}; \quad (2.9)$$

$$Z_0 = \frac{n}{C_{Д}}. \quad (2.10)$$

Вимірювання вхідних опорів ДТ можна провести за допомогою моста змінного струму, вимірювальних приладів - вольтметра, амперметра і фазометра, а також способом трьох вольтметрів і амперметра.

У даній лабораторній роботі з метою спрощення процесу вимірювання модулів і аргументів вхідних опорів виконуються способом трьох вольтметрів і амперметра.

Для виключення похибок від опору сполучних проводів усі три напруги  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  повинні вимірюватися одним вольтметром (мультиметром), при цьому напруги  $U_2$  і  $U_3$  повинні бути сумірними.

Модулі вхідного опору обчислюються за значеннями  $U_1$  і  $I$ , а їх аргументи - графічним або аналітичним способом.

Графічно – означає, згідно зі значеннями напруги і струму у вказаних режимах рисуються векторні діаграми (рисунок 2.6), де кут між векторами  $U_1$  і  $I$  є аргументом вказаних опорів, який шукали.

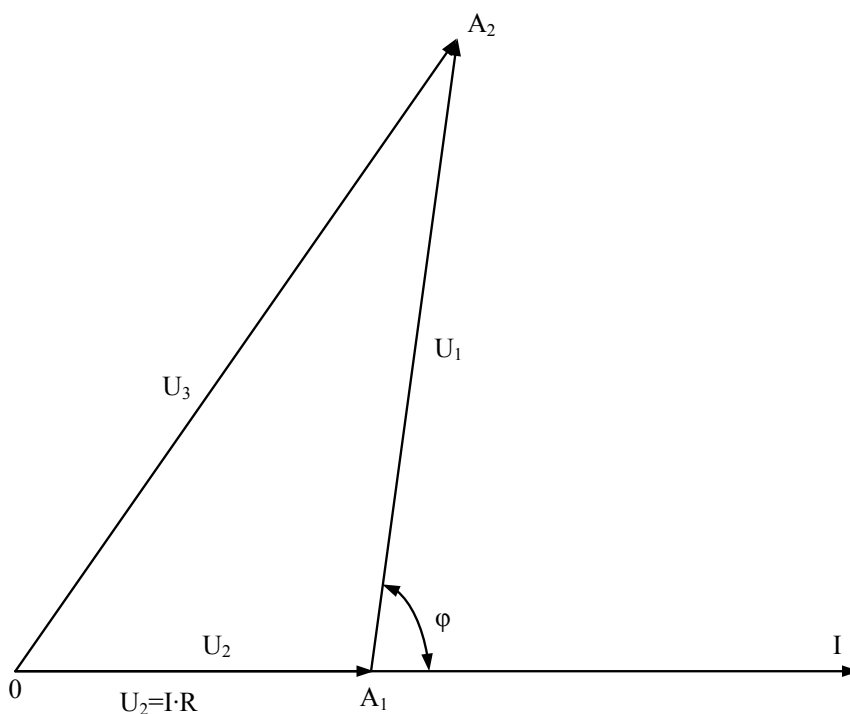


Рисунок 2.6 – Векторна діаграма напруги  
Аналітично – кут  $\varphi$  може бути визначений за формулою

$$\varphi = \arccos \frac{U_3^2 - U_2^2 - U_1^2}{2 \cdot U_1 \cdot U_2}. \quad (2.11)$$

### 2.3 Опис робочого місця

Принципова схема станда для дослідження ДТ (рисунок 2.7) містить: автотрансформатор ЛАТР, трансформатор ПОБС-2, резистор R – 0,2 Ом, реостат – 500 Ом, міліамперметр Э513 (0,25-0,5-1 А), амперметр Э514 (5-10 А), мультиметр і досліджуваний ДТ-0,2-500. На передній панелі станда зображена мнемонічна схема з'єднання елементів і тумблер вмикання електроживлення.

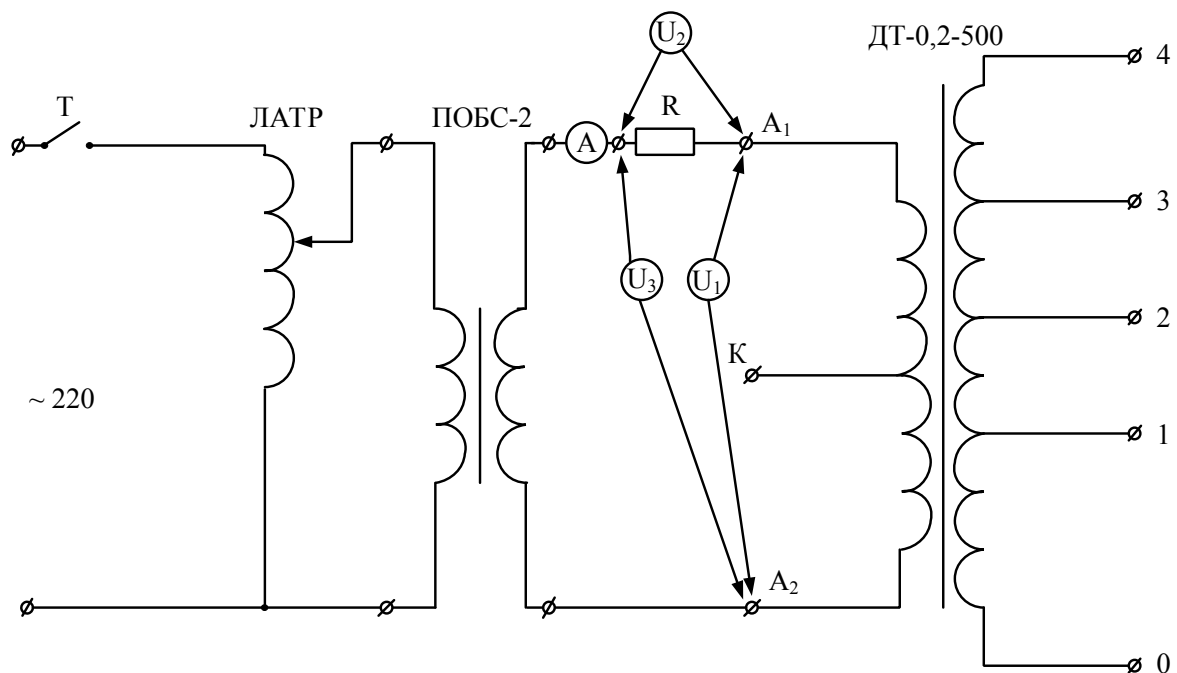


Рисунок 2.7 – Принципова схема для дослідження дросель-трансформатора типу ДТ-0,2-500

### 2.4 План виконання лабораторної роботи

- 1) вивчити пристрій і роботу ДТ-0,2-500;
- 2) ознайомитися зі стандом для дослідження ДТ-0,2-500;
- 3) заміряти напругу  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  і струм  $I$  при різних режимах роботи ДТ і коефіцієнті трансформації, що дорівнює 40;
- 4) обчислити коефіцієнти чотирьохполюсника ДТ;
- 5) обчислити первинні параметри ДТ;

- 6) проаналізувати отримані результати;
- 7) скласти звіт з лабораторної роботи;
- 8) відповісти на контрольні запитання. Обов'язково відповісти на одне з контрольних запитань письмово у звіті.

## 2.5 Методика виконання лабораторної роботи

### Завдання 2.5.1

1 Зібрати на стенді схему для вимірювання  $Z_{\text{хх0}}$  за рисунком 2.7, включивши амперметр з межею 10 А, резистор  $R = 0,2$  Ом, ЛАТР встановити в крайнє ліве положення, після чого ввімкнути тумблер електроживлення.

2 За показанням мультиметра встановити на основній обмотці ДТ напругу  $U_1 = 1$  В і заміряти  $U_2$ ,  $U_3$  і струм  $I$ .

3 Результати вимірювань занести в таблицю 2.1.

4 Вимкнути тумблером електроживлення лабораторного стенда.

Таблиця 2.1 – Параметри дросель-трансформатора, що вимірювали

Режим вимірювання	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$U_3, \text{В}$	$I, \text{А}$
ХХО				
ХХД				
КЗД				

### Завдання 2.5.2

1 Зібрати на стенді схему для вимірювання  $Z_{\text{ххД}}$  за рисунком 2.8.

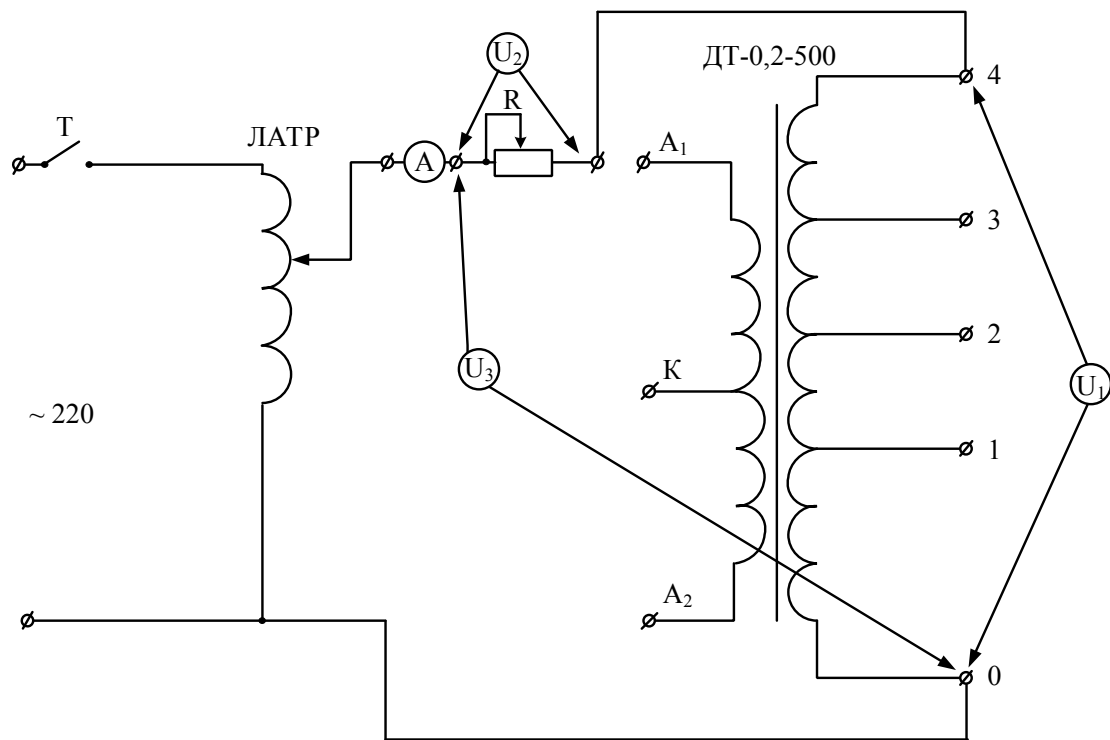


Рисунок 2.8 – Принципова схема для визначення  $Z_{xxД}$  дросель-трансформатора типу ДТ-0,2-500

2 Для визначення  $Z_{xxД}$  на стенді провести аналогічні вимірювання параметрів ДТ з боку додаткової обмотки, при цьому зі схеми вимірювання виключити трансформатор ПОБС-2, включити амперметр з межею 1 А, у якості резистора використовувати реостат 500 Ом.

3 Рукоятку ЛАТРа перевести в крайнє лівє положення і ввімкнути електроживлення.

4 За допомогою ЛАТРа і реостата встановити на додатковій обмотці ДТ напругу  $U_1$ , яка повинна дорівнювати 40 В, і падіння напруги  $U_2$  на реостаті, що також приблизно дорівнює 40 В. Заміряти напругу  $U_3$  і струм  $I$ , а результати записати в таблицю 2.1.

5 Схему не розбирати. Вимкнути тумблером електроживлення лабораторного стенда.

### Завдання 2.5.3

1 Не змінюючи схеми вимірювань, замкнути основну обмотку коротким провідником (режим визначення  $Z_{кзД}$ ) (рисунок 2.9).

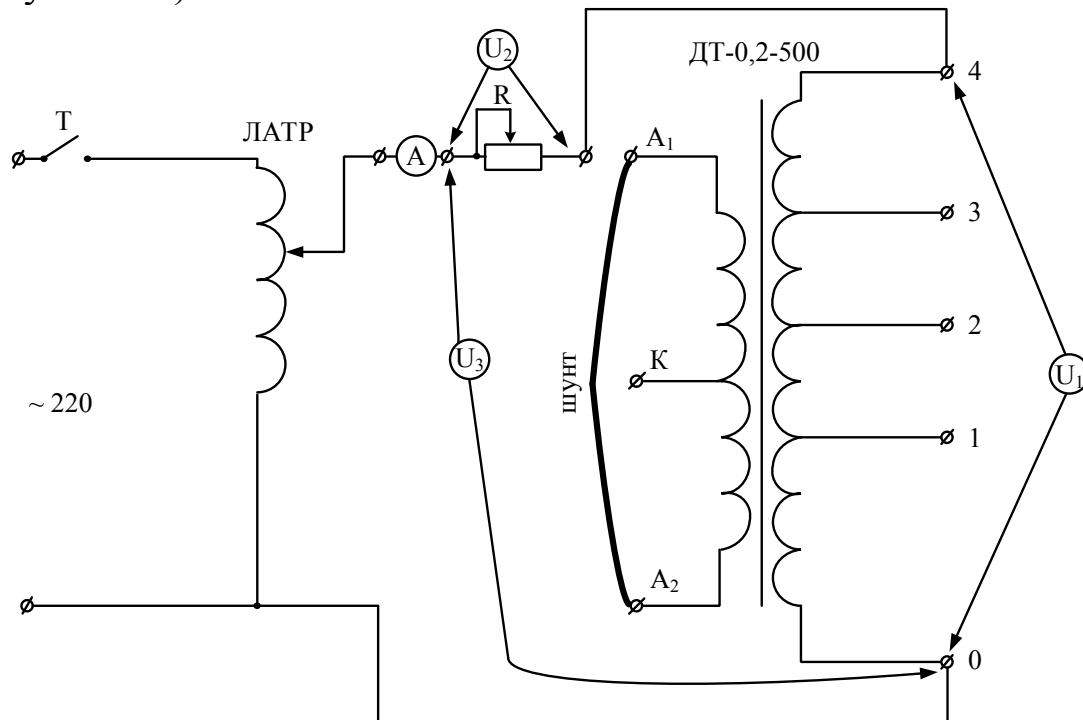


Рисунок 2.9 – Принципова схема для визначення  $Z_{кзД}$  дросель-трансформатора типу ДТ-0,2-500

2 Ввімкнути тумблером електроживлення лабораторного стенда.

3 Виміряти напругу  $U_3$  і струм  $I$ , а результати записати в таблицю 2.1.

#### Завдання 2.5.4

**Обчислення вхідних опорів, коефіцієнтів чотириполюсника і первинних параметрів ДТ**

1 Використовуючи результати вимірювань (таблиця 2.1), спочатку обчислити модулі і аргументи  $Z_{xxO}$ ,  $Z_{xxД}$ ,  $Z_{кзД}$  за формулою (2.11).

2 За формулами (2.4 – 2.10) розрахувати коефіцієнти і первинні параметри ДТ.

3 Результати обчислень записати в таблицю 2.2.



Таблиця 2.2 – Параметри дросель-трансформатора, які були розраховані

$Z_{xx0},$ Ом	$Z_{xxд},$ Ом	$Z_{кзд},$ Ом	$Z,$ Ом	$A_d$	$B_d,$ Ом	$C_d,$ Ом	$D_d$	$Z_0,$ Ом	$Z_1,$ Ом	$Z_2,$ Ом

4 Перевірити точність результатів обчислень, розв'язуючи рівняння:

$$A_d \cdot D_d - B_d \cdot C_d = 1. \quad (2.12)$$

5 Порівняти результати обчислень коефіцієнтів чотириполюсника ДТ з нормативними даними.

6 Зробити висновки про причини можливих похибок.

## 2.6 Зміст звіту

1 Коротка характеристика ДТ і схема його заміщення.

2 Коротка характеристика методу вимірювань і схем вимірювань.

3 Результати вимірювань і розрахунку у вигляді таблиць і діаграм.

4 Висновки про отримані результати.

5 Відповіді на контрольні запитання. Обов'язково відповісти на одне з контрольних запитань письмово у звіті.

### Контрольні запитання

1 Призначення і функції ДТ.

2 Як впливає асиметрія тягового струму на параметри ДТ і роботу рейкових кіл?

3 Як забезпечується стабілізація електричних характеристик ДТ при зміні струму підмагнічування?

4 Допустимі значення струму асиметрії при вільному і зайнятому рейковому колі залежно від роду тяги.

5 Як визначити коефіцієнт трансформації ДТ?

6 Перерахуйте особливості схеми заміщення ДТ.

7 Призначення і опір основної обмотки ДТ.

8 З якою метою визначається кут зсуву фаз?

9 Як позначається величина внутрішнього опору вимірювального приладу на точність вимірювання модуля і аргументу вхідного опору ДТ?

10 Які дросель-трансформатори призначені для пропускання як постійного, так і змінного тягового струму?

11 Які принципові відмінності дросель-трансформаторів ДТ-0,2-500 і ДТ-1-150?

**Література** [2, 4, 5].

### **Лабораторна робота 3**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕХІДНОГО ОПОРУ КОНТАКТІВ РЕЛЕ**

**Мета роботи:** вивчення методів статистичної обробки результатів вимірювань перехідного опору контактів реле.

### **3.1 Загальні положення**

Електричним контактом називається таке з'єднання двох провідників, при якому забезпечується надійне проходження електричного струму.

Контактні поверхні залежно від якості шліфовки мають нерівності з висотою виступів від 0,1 до 200 мкм, тому контакти при замиканні стикаються лише на окремих ділянках – точках дотику. Із збільшенням контактного натиснення число точок дотику і їх площа збільшуються, що призводить до зменшення перехідного опору контакту [3].

Опір контакту реле є малою величиною випадкового характеру і складається з перехідного опору власне контакту, опорів контактних пластин, з'єднувальних проводів усередині реле, паянь і затискачів [6].

Дослідження показують, що випадкова величина перехідної провідності контакту з підвищенням ступеня однорідності контактної поверхні прагне до нормального закону розподілу. Тоді за величиною відхилення статистичного розподілу перехідної провідності групи зміряних контактів від кривої Гауса можна дати кількісну оцінку якості виготовлення або експлуатації контактів [6].

Законом розподілу випадкової дискретної величини (X) називається , будь-яке співвідношення, що встановлює зв'язок між можливими значеннями випадкової величини ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) і відповідною їм вірогідністю ( $p_1, p_2, \dots, p_n$ ). При цьому події ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) утворюють повну групу (тобто поява одного з них є достовірною подією), що означає [6]

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 .$$

Про випадкову величину X у такому разі говорять, що вона підпорядкована цьому закону розподілу.

Простою формою завдання цього закону є таблиця, в якій перераховані можливі значення випадкової величини і відповідна їм вірогідність (таблиця 3.1):

Таблиця 3.1

Можливе значення X	$X_1$	$X_2$	...	$X_n$
Вірогідність	$P_1$	$P_2$	...	$P_n$

Така таблиця називається таблицею розподілу (вірогідності) випадкової величини X.

Контактна група реле першого класу надійності складається з рухомого (загального), замикаючого (фронтowego) і розмикаючого (тилового) контактів. Фронтový контакт є плоскою бронзовою пружиною з графіто-срібним наклепом, а загальний і тиловий контакти мають срібні наклепи.

Контактна група повинна забезпечувати не менше 600 тис. перемикань при перехідному опорі фронтowego контакту до 0,8 Ом, а тилового – 0,03 Ом [2].

У процесі експлуатації реле відбувається поступове зменшення контактного тиску і забруднення поверхонь, що призводить до збільшення перехідного опору контактів і викликає іскріння при перемиканнях. Це сприяє ерозії контактів з подальшим катастрофічним їх зносом і відмовою.

Статистичний аналіз результатів вимірювань перехідної провідності контактів допомагає знайти причину їх незадовільної роботи і прогнозувати надійність роботи контактів.

## **3.2 План виконання лабораторної роботи**

- 1) ознайомитися з методикою вимірювання перехідного опору контакту на стенді;
- 2) виконати 30 вимірювань перехідного опору загального і фронтального контакту реле першого класу надійності;
- 3) виконати статистичну обробку результатів вимірювань перехідних опорів і провідності контактів;
- 4) побудувати гістограми, визначити числові характеристики законів розподілів, оцінити ступінь відхилення отриманих законів від нормального.

## **3.3 Методика виконання лабораторної роботи**

### **Завдання 3.3.1**

#### **Вимірювання перехідного опору контактів**

У даній роботі опір контактів реле першого класу надійності вимірюють методом вольтметра-амперметра на стенді СВ-СЦБ.

З метою зменшення похибки від з'єднувальних проводів, опір яких може бути сумірним з перехідним опором контактів, застосовують чотиріпрохідну схему вимірювань.

Перед вмиканням стенда необхідно встановити всі елементи керування у вихідне положення: перемикачі меж вимірювання приладів – у максимальне, перемикач ПНА – у нульове, реостати і ЛАТри – у крайнє ліве, ключі К1 і К2 – у середнє, а кнопки – у відтиснуте положення.

Для виконання вимірювань необхідно:

- 1 Підключити обмотку реле до затискачів « $\pm A$ ».
- 2 Встановити перемикач ПНА в положення, відповідне триразовій напрузі повного підйому.
- 3 Встановити перемикачі меж вимірювання вольтметра і амперметра електричного кола А на межі, що відповідає напрузі і струму перевантаження реле.
- 4 Встановити перемикач ПСА в положення “1”.
- 5 Перевести тумблери електричних кіл А і Б в положення “ввімкнено”, а ключ К1 в положення “+”.

6 За допомогою ЛАТРа в електричному колі А встановити напругу повного піднімання якоря реле.

7 Першим двопровідним шнуром підключити вимірюваний фронтний контакт до затискачів “+Б” і “mV”, а іншим - загальний контакт даного “трійника” до затискачів “-Б” і “mV”.

8 Встановити перемикачі меж вимірювання вольтметра електричного кола Б - у положення “1,5 В”, а амперметра електричного кола Б – у положення “0,6 А”.

9 Поставити перемикач ПСБ в положення “±Б” і ключ К2 на “+”.

10 Реостатом електричного кола “Б” встановити струм, що протікає через контакт 0,5 А.

11 Натиснути кнопку “mV” і зафіксувати падіння напруги на контакті. Набуте значення занести в таблицю 3.2.

Після кожного вимірювання відтискати кнопку “mV” і ключем К1 знеструмлювати реле, а для наступного вимірювання знов натиснути кнопку “mV” і, підтримуючи струм через контакт 0,5 А, провести відлік показань мілівольтметра.

Щоб уникнути псування мілівольтметра, кнопку “mV” натискати тільки за наявності струму 0,5 А в електричному колі контакту.

12 Виконати такі вимірювання 30 разів.

Після вимірювань всі елементи керування необхідно повернути у вихідне положення.

За відомими значеннями напруги і струму визначити опір контакту  $R_k$ . Для набуття значення чистого перехідного опору  $R$  з кожного результату відняти опір контактних пластин, внутрішньорелейних проводів і з'єднань, які складають загалом 0,01 Ом. За кожним результатом  $R$  обчислити перехідну провідність  $g$ . Результати вимірювань і обчислень занести в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри, які вимірювалися

N вимірювання	$R_k$ , Ом	$R$ , Ом	$G=1/R$ , См
1			
2			
...			
...			

...			
30			

### Завдання 3.3.2

#### Статистична обробка результатів вимірювань

Повною характеристикою будь-якої випадкової величини  $G$  є об'єктивно існуючий закон її розподілу, виражений в інтегральній  $F(g)$  або диференціальній  $f(g)$  формі. Віддзеркаленням об'єктивного закону є статистичний розподіл, який отримують у процесі статистичної обробки вибірки реалізації випадкової величини. При необмеженому зростанні об'єму вибірки статичний розподіл прагне до об'єктивно існуючого (теоретичного) [7].

Статичний розподіл можна зобразити графічно у вигляді варіаційного ряду (рисунок 3.1, а) або гістограми (рисунок 3.1, б). При цьому діапазон значень випадкової величини розбивається на  $m$  інтервалів однакової довжини:

$$g = (g_{\max} - g_{\min}) / m. \quad (3.1)$$

Для побудови гістограми визначається число значень  $N_i$  випадкової величини, що потрапляють в  $i$ -й інтервал, і будується прямокутник з основою на даному інтервалі і з висотою, пропорційною  $N_i$ . Форма гістограми приблизно відповідає вигляду кривої диференціальної функції розподілу. Кількість стовпців гістограми вибирається відповідно до об'єму вибірки  $N$  і передбачуваним видом закону розподілу. Зазвичай кількість стовпців приймають непарною.

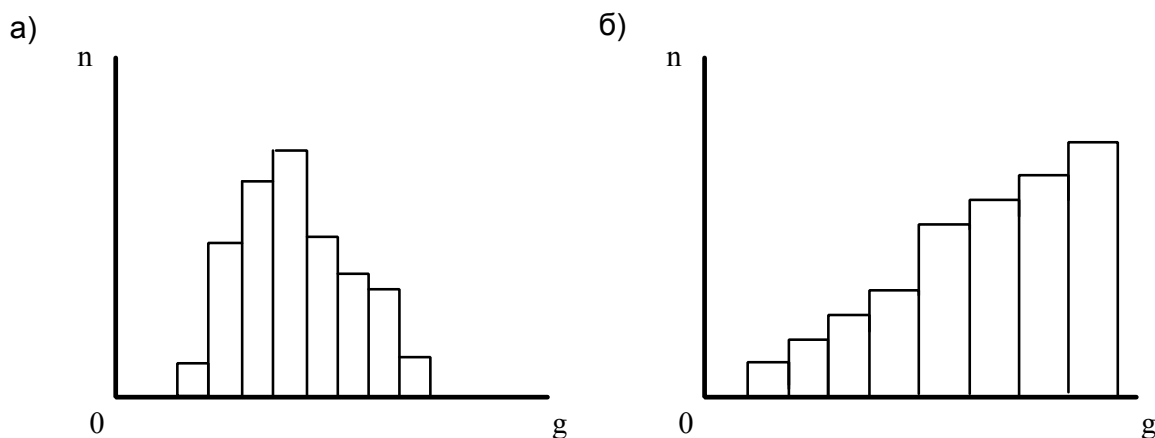


Рисунок 3.1 – Графічне зображення статистичного розподілу:  
 а) вигляд варіаційного ряду;  
 б) вигляд гістограми

Для побудови варіаційного ряду визначається число значень  $N_j$  випадкової величини, що потрапляють в інтервали з 1-го по  $j$ -й включно. Форма графіка варіаційного ряду приблизно відповідає вигляду кривої інтегральної функції розподілу.

Для оцінки вигляду і параметрів розподілу використовуються числові характеристики випадкової величини, які визначаються на основі моментів розподілу, що отримуються теоретично або експериментально. Центральним моментом  $k$ -го порядку називається число, яке визначається як

$$\mu_k = \int_{-\infty}^{\infty} (g - g_0)^k f(g) dg, \quad (3.2)$$

де  $g_0 = \int_{-\infty}^{\infty} g f(g) dg$  - математичне очікування, що характеризує положення центра розподілу.

Для характеристики ступеня розсіювання випадкової величини щодо центра використовується другий центральний момент  $\mu_2$ , який називають дисперсією, або величину  $\sigma = \sqrt{\mu_2}$  - середньоквадратичне відхилення. Іншою характеристикою розсіювання є ентропійний коефіцієнт

$$K_E = \frac{1}{2\sigma} \exp \left[ - \int_{-\infty}^{\infty} f(g) \ln f(g) dg \right]. \quad (3.3)$$

Для оцінки симетричності розподілу використовується коефіцієнт асиметрії

$$K_{ac} = \mu_3 / \sigma^3. \quad (3.4)$$

Характеристикою протяжності розподілу є його ексцес

$$\varepsilon = \mu_4 / \sigma^4 \quad (3.5)$$

або контрексцес

$$\chi = 1 / \sqrt{\varepsilon}. \quad (3.6)$$

Значення ентропійного коефіцієнта і контрексцесу для деяких видів розподілів наведені в таблиці 3.3.

Таким чином, визначивши за наслідками статистичної обробки значень  $K_E$ ,  $\chi$  і  $K_{ac}$ , можна з достатньою упевненістю охарактеризувати вид розподілу випадкової величини.

У лабораторній роботі потрібно виконати статистичну обробку результатів вимірювань окремо за провідністю  $g$  і за опорами  $R$ , побудувати гістограми і визначити числові характеристики. Аналізуючи отримані результати, необхідно зробити висновок про ступінь відхилення законів розподілу від нормального.

Розрахунки доцільно виконувати в такій послідовності:

- 1) розбити діапазон зміни провідності на 5 інтервалів рівної довжини, наприклад  $\Delta g = 0,5 \text{ Ом}$ ;
- 2) визначити для кожного інтервалу значення  $N_i$  і побудувати гістограму;
- 3) обчислити математичне очікування

$$g_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m g_i N_i, \quad (3.7)$$

де  $m = 5$  – число інтервалів;

$N$  – загальне число вимірювань;

$g_i$  – середина  $i$ -го інтервалу;

- 4) обчислити середньоквадратичне відхилення



$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^m (g_i - g_0)^2 N_i}; \quad (3.8)$$

5) обчислити коефіцієнт асиметрії

$$K_{ac} = \frac{1}{N\sigma^3} \sum_{i=1}^m (g_i - g_0)^3 N_i; \quad (3.9)$$

6) обчислити ексцес

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^m (g_i - g_0)^4 N_i}{\sigma^4} \quad (3.10)$$

і контрексцес

$$\chi = 1/\sqrt{\varepsilon}; \quad (3.11)$$

7) обчислити ентропійний коефіцієнт:

$$K_E = \frac{\Delta g \cdot N}{2\sigma} \cdot e^{\left[ -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^m (N_i \ln N_i) \right]}; \quad (3.12)$$

8) використовуючи дані, наведені в таблиці 3.3, зробити висновок про вид закону розподілу. Порівнюючи результати, отримані при обробці даних за провідністю і опорами, визначити, який із законів ближче до нормального (рисунок 3.2).

Таблиця 3.3 - Ентропійні коефіцієнти і контрексцеси деяких законів розподілу

Параметр	Закон розподілу				
	Коши	Лапласа	Нормальний (Гауса)	Трикутний (Симпсона)	Рівномірний
Кэ	0	1,920	2,066	2,020	1,730
χ	0	0,408	0,577	0,645	0,745

9) результати розрахунків рекомендується заносити в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків

Інтервал			№	Границі, см	Середина, $g_i$ , см	$N_i$	$g_i N_i$	$g_i - g_0$	$(g_i - g_0)^2 \cdot N_i$	$(g_i - g_0)^3 \cdot N_i$	$(g_i - g_0)^4 \cdot N_i$	$N_i \cdot \ln N_i$
№	Границі, см	Середина, $g_i$ , см										
1												
2												
·												
·												
·												
Сума												

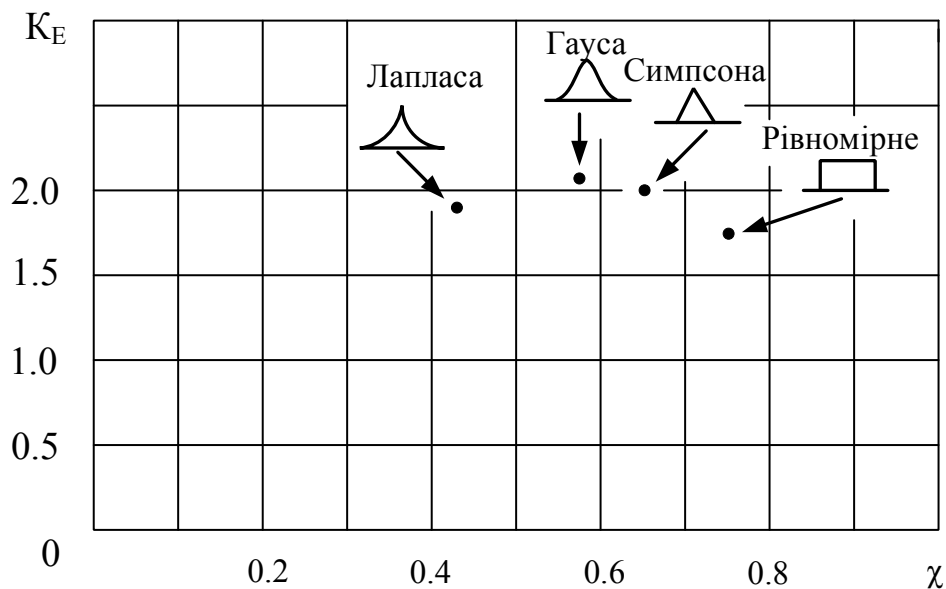


Рисунок 3.2 – Графічне визначення закону розподілу

### 3.4 Зміст звіту

1 Коротка характеристика контактів і контактних з'єднань у пристроях А і Т.

2 Коротка характеристика законів розподілу (рівномірний, Симпсона, Гауса, Лапласа, Коши).

3 Результати вимірювань і розрахунків у вигляді таблиць і гістограм.

4 Відповіді на контрольні запитання.

### Контрольні запитання

1 Які причини зносу контактних груп реле?

- 2 Які основні ознаки надійності реле?
- 3 Які основні вимоги, що висуваються до реле першого класу надійності?
- 4 Назвіть закони розподілу випадкових величин і наведіть характеристики цих законів.
- 5 Що таке математичне очікування і дисперсія?
- 6 Як визначається надійність контакту, якщо відомий закон розподілу його перехідного опору?
- 7 Що характеризує ентропійний коефіцієнт?
- 8 Що характеризує коефіцієнт асиметрії?
- 9 Які основні причини втрати надійності реле?
- 10 Від яких чинників залежить величина перехідного опору контактів?

**Література [2,3,6,7].**

## Список літератури

1. Техническое описание стенда для испытания реле СЦБ, дешифраторных ячеек и трансмиттеров: 13415.00.00БТ0. - Харьков, 1977.

2. Сороко В.И., Разумовский Б.А. и др. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Справочник. – М.: Транспорт, 1976

3. Дмитренко И.Е., Устинский А.А., Цыганков В.И. Измерения в устройствах автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1975.

4. Сороко В.И., Милюков В.А. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Справочник. Кн. 1. – М.: Транспорт, 2000.

5. Путевая блокировка и авторегулировка / Под ред. Н.Ф. Котляренко. – М.: Транспорт, 1983

6. Новицкий П.В., Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. – Л.: Энергия, 1975.

7. Новицкий П.В. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоиздат, 1991.



