

МІНІСТЕРСТВО МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ



Кафедра «Тяговий рухомий склад залізничного транспорту»

Методичні вказівки  
щодо підготовки та виконання практичних занять  
з дисципліни «Електричні залізниці та метрополітени»  
для студентів спеціальності 7.092202  
«Електричний транспорт»  
Спеціалізація «Електровози та електропоїзди»

УДК 629.23 (629.23)

**Кулешов В.П., Ревчук М.О.** Електричні залізниці та метрополітени: Методичні вказівки щодо підготовки та виконання практичних занять з дисципліни «Електричні залізниці та метрополітени» для студентів спеціальності 7.092202 «Електричний транспорт», спеціалізація «Електровози та електропоїзди». – К.: ДЕТУТ, 2012. – 23 с.

Методичні вказівки щодо підготовки та виконання практичних занять з дисципліни «Електричні залізниці та метрополітени» розглядають зміст і методику проведення практичних занять за темами лекційного матеріалу. Методичні вказівки містять рисунки, схеми, пояснення окремих питань, рішення задач, рекомендовану літературу.

Методичні вказівки розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Тяговий рухомий склад залізничного транспорту» (протокол № 5 від 15.12.2009 р.) та методичної комісії факультету «Інфраструктура та рухомий склад залізничного транспорту» (протокол №5 від 24 грудня 2009 р.).

Призначені для студентів спеціальності 8.092202 «Електричний транспорт», спеціалізації «Електровози та електропоїзди» і відповідають робочій програмі курсу «Електричні залізниці та метрополітени».

**Укладачі:** *В. П. Кулешов*, кандидат технічних наук, доцент;  
*М. О. Ревчук*, завідувач навчальною лабораторією кафедри  
«Тяговий рухомий склад залізничного транспорту»

**Рецензенти:** *Ю. Ф. Дубравін*, кандидат технічних наук, доцент;  
*О. В. Золотарьов*, начальник локомотивного депо  
Київ-пасажирський

## Зміст

1. Вступ.....	4
Організація виконання практичних робіт.....	5
2. Порядок виконання практичних робіт, передбачених навчальною програмою «Електричні залізниці та метрополітени».....	6
2.1. Практичне заняття №1 «Поняття про кількісні і якісні показники і їх розрахунок».....	6
2.2. Практичне заняття №2 «Вивчення конструкції і принципу дії струмоприймача».....	9
2.3. Практичне заняття №3 «Вивчення конструкції і принципу роботи головного вимикача».....	10
2.4. Практичне заняття № 4 «Вивчення конструкції і принципу дії електропневматичного контактора».....	12
2.5. Практичне заняття №5 «Вивчення конструкції контактора з дугогасінням електричного контролера групового».....	13
2.6. Практичне заняття №6 «Вивчення конструкції кремнієвих вентилів».....	13
2.7. Практичне заняття №7 «Вивчення загальної будови тягового двигуна постійного струму».....	14
2.8. Практичне заняття №8 «Вивчення конструкції окремих частин тягового двигуна постійного струму».....	14
2.9. Практичне заняття №9 «Загальне поняття про конструкцію стенда для випробування тягових двигунів постійного струму».....	15
2.10. Практичне заняття №10 «Вивчення будови генератора постійного струму» .....	16
2.11. Практичне заняття №11 «Розрахунок величини напруги на тягових двигунах електровоза ВЛ8».....	18
2.12. Практичне заняття №12 «Розрахунок величини напруги на тягових двигунах електровоза ВЛ10».....	18
2.13. Практичне заняття №13 «Вивчення принципової схеми регулювання обертів асинхронного двигуна».....	20
3. Список використаної літератури.....	22

## ВСТУП

Локомотивному господарству належить одне з провідних місць у забезпеченні перевізного процесу, графіка руху поїздів, безпеки руху, ефективного використання рухомого складу. Сучасний технічний прогрес на залізничному транспорті характеризується оновленням тягового рухомого складу. Розглядаючи конструкцію електричного рухомого складу (далі ЕРС) необхідно відмітити його різноманітність за призначенням, конструктивним виконанням, технічними параметрами і складністю.

Обладнання ЕРС, як правило, втілює у собі багато видів фізичних процесів, що одночасно протікають в обмеженому просторі. Різноманітність конструктивних рішень і принципів роботи обладнання ЕРС, які відрізняються між собою за призначенням, технічними параметрами, масою, мають забезпечити надійну його роботу в експлуатації.

Надійну роботу і якісний ремонт обладнання неможливо забезпечити, якщо не вивчити його конструкцію та принцип дії. Якісне проведення теоретичних і практичних занять і мають забезпечити виконання цієї задачі.

На етапі навчання у вищому навчальному закладі студент повинен зрозуміти, що сумлінне опанування теоретичного і практичного матеріалу, є передумовою його якісної роботи, як майбутнього спеціаліста, на виробництві. Авторитет спеціаліста в колективі без знань неможливий. Знання дозволяють кваліфіковано знайти причини відмов обладнання ЕРС, розробляти ефективні заходи щодо підвищення його надійності, кваліфіковано контролювати якість виконання ремонту працівниками колективу, який він очолює, проводити на високому рівні технічні заняття і приймати об'єктивні рішення з питань заохочення або покарання окремих працівників колективу.

Від рівня знань і їх використання в повсякденному житті залежить просування спеціаліста службовими сходами. Вивчення конструкції і принципу дії основного обладнання ЕРС на натурних зразках при проведенні практичних занять сприяють кращому засвоєнню лекційного теоретичного матеріалу і підпорядковані головній задачі – якісно підготувати майбутнього спеціаліста для роботи на виробництві.

## 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Ефективність практичних занять, особливо по вивченню конструкції і принципу роботи обладнання ЕРС, без сумніву залежить від їхньої організації. При проведенні практичних занять із студентами необхідно:

1.1. Провести інструктаж із питань охорони праці, особливу увагу приділивши електробезпеці;

1.2. Поділити групу на підгрупи. Кількість підгруп залежить від кількості студентів та складності теми практичних занять;

1.3. Здійснити опитування 3 – 4 студентів із групи для оцінювання знання теми лекційного матеріалу, по якій буде здійснюватися практичне заняття;

1.4. Визначити послідовність проведення практичного заняття з окремими підгрупами безпосередньо на робочому місці;

1.5. Вивчити із студентами підгрупи порядок і послідовність виконання окремих операцій при приведенні в дію натурального зразка, при цьому попередньо виконання операцій здійснює безпосередньо особа, яка проводить практичне заняття;

1.6. Надати необхідний час кожному студенту підгрупи для «впізнання» окремих елементів конструкції обладнання і їх розміщення в конструкції на основі знань лекційного матеріалу;

1.7. Оцінити знання конструкції обладнання кожним студентом підгрупи шляхом опитування. Уміння студентом розпізнавати окремі елементи конструкції на основі знання лекційного матеріалу є основою його успішної роботи, як майбутнього спеціаліста, на виробництві. У процесі практичної діяльності на виробництві спеціаліст повинен на основі рисунків, ескізів, креслень тощо самостійно вивчити конструкцію і принцип дії пристрою, електричного апарата, агрегату, їхню взаємодію з іншими пристроями, електричними апаратами тощо, передати свої знання працівникам, які будуть здійснювати огляд, ремонт і випробування обладнання;

1.8. Підвести результати виконання практичного заняття кожним студентом групи.

## 2. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ, ПЕРЕДБАЧЕНИХ НАВЧАЛЬНОЮ ПРОГРАМОЮ «ЕЛЕКТРИЧНІ ЗАЛІЗНИЦІ ТА МЕТРОПОЛІТЕНИ»

### 2.1. Практичне заняття № 1 «Поняття про кількісні та якісні показники і їхній розрахунок»

#### *Зміст завдання*

1. Вивчення переліку основних кількісних і якісних показників і їхнє значення в забезпеченні ефективної діяльності підприємств залізничного транспорту.

2. На основі заданих вихідних даних визначити основні кількісні та якісні показники.

#### *Виконання завдання*

1. Для забезпечення правильного планування і фінансування видатків з перевезення, керівництва і оцінювання експлуатаційної діяльності окремих підрозділів і в цілому залізниць прийнято систему показників, що характеризують роботу кожної галузі господарства залізничного транспорту, і які поділяються на кількісні та якісні.

Кількісні показники визначають обсяги робіт. Обсяг робіт локомотивів визначають числом локомотиво-кілометрів, тонно-кілометрів бруто і локомотиво-годин.

Якісні показники оцінюють ефективність використання технічних засобів транспорту за часом і потужністю. Основними показниками використання електрорухомого складу є середньодобова продуктивність у тонно-кілометрах бруто, середньодобовий пробіг у кілометрах, повний оборот у годинах, технічна, дільнична та ходова швидкість, середня вага складу бруто поїзда, загальний процент несправних локомотивів.

2. А. Вихідні дані для визначення окремих кількісних і якісних показників (Таблиця 1).

Таблиця 1

№ з/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Величина параметру	При-мітка
1	2	3	4	5
1	Спосіб обслуговування поїздів локомотивами дільниці	-	плечовий	Рис. 1
2	Довжина плеч обслуговування: А-Б А-В	км км	300 250	
3	Добова кількість пар поїздів у парному і непарному напрямках	пар	40	
4	Середня вага поїздів бруто: парний напрямок непарний напрямок	Т Т	3000 5000	

1	2	3	4	5
5	Час чистого ходу на плечах: парний напрямок Б-А А-В непарний напрямок В-А А-Б	год. год. год. год.	6 5 5 6	
6	Час на розгін та уповільнення	хв	2	
7	Загальний час витрачений на графікові зупинки і їх кількість: парний напрямок Б-А А-В непарний напрямок В-А А-Б	год/кількість год/кількість год/кількість год/кількість	0,5/3 0,3/2 0,3/2 0,5/3	
8	Загальний час, витрачений на не графікові зупинки і їх кількість: парний напрямок А-Б	год/кількість	0,1/1	
9	Час простою локомотива:			
9.1	На станції основного депо			
9.2	На станціях обертання	год	1,5	
9.3	На приймання і здачу локомотива локомотивними бригадами	год	0,5	

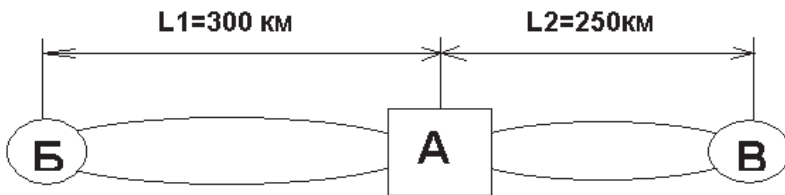


Рис. 1. Схема обслуговування поїздів локомотивами на дільниці

Умовні позначення:

А – станція основного депо;

Б, А – станції обертання локомотивів.

Б. Користуючись вихідними даними і схемою обслуговування поїздів, визначити:

Кількісні показники:

- роботу локомотивів у тонно-кілометрах брутто за добу за формулою:

$$A = \sum_i^n 2L_i \cdot n_i \cdot Q_{\text{брі}} \quad (1)$$

де:  $2L_i$  – довжина  $i$ -го плеча (дільниці) обслуговування, км,

$n_i$  – число пар поїздів на  $i$ -й дільниці.

$Q_{\text{брі}}$  – середня маса (вага) состава брутто на  $i$ -му тяговому плечі, т

- роботу локомотивів у локомотиво-кілометрах за формулою:

$$A_n = \sum_i^n 2L_i \cdot n_i \quad (2)$$

- роботу локомотивів в локомотиво-годинах по формулам:

- 1) добова кількість локомотиво-годин чистого руху без урахування простоїв на проміжних станціях:

$$A_{np} = \sum_i^n \frac{2L_i \cdot n_i}{V_{\text{max}} i} \quad (3)$$

де  $V_{\text{max}} i$  – технічна швидкість руху поїзда на  $i$ -му плечі (дільниці), км/год.

- 2) добова кількість локомотиво-годин перебування локомотива на проміжних станціях:

$$A_{np.cm} = \sum_i^n \frac{2L_i \cdot n_i}{V_{\text{д}} i} - A_{np} \quad (4)$$

де  $V_{\text{д}} i$  – дільнична швидкість руху поїзда на  $i$ -му плечі (дільниці), км/год.

- 3) Загально добова кількість локомотиво-годин на всій дільниці обертання:

$$A_z = A_{np} + A_{np.cm} \quad (5)$$

В. Якісні показники:

- 1) Технічна швидкість визначається за формулою:

$$V_{\text{mex}} = \frac{L}{t_{\text{д}} - \sum t_{\text{cm}}} \quad (6)$$

де  $L$  – відстань між станціями, що обмежують плечі дільниці, км;

$t_{\text{д}} = t_{\text{np}} - t_{\text{відnp}}$  – час перебування поїзда на дільниці без урахування часу

графікових зупинок на проміжних станціях, але з урахуванням часу на розгін і уповільнення при зупинках або обмеженні швидкості, а також *на зупинки, не передбачені графіком руху.*

$\sum t_{\text{cm}}$  – час графікових зупинок на шляху слідування;

- 2) Дільнична швидкість визначається за формулою:

$$V_{\text{д}} = \frac{L}{t_{\text{д}}} \quad (7)$$



3) Ходова швидкість визначається за формулою:

$$V_x = \frac{L}{t_d - \sum (t_{\text{зпн}} + t_{\text{п.у.}})}, \quad (8)$$

де  $t_{\text{п.у.}}$  – час, витрачений на розгін і уповільнення.

4) Середньодобовий пробіг визначається за формулою:

$$S_{\text{сер}} = \frac{\sum 2L_i \cdot n_i}{N_{\text{ЕК}}}, \quad (9)$$

де  $N_{\text{ЕК}}$  – необхідна кількість локомотивів.

$$N_E = \frac{A_3}{24} \quad (\text{локомотивів}) \quad (10)$$

5) Повний оборот локомотива визначається за формулою:

$$T_{\text{об}}^n = \frac{2L_i}{V_d} + t_{\text{осн}} + t_{\text{об}} + t_{\text{зм}}, \quad (11)$$

де  $\frac{2L_i}{V_d} = t_p$  – час прямування «туди» і «назад».

$t_{\text{осн}}$  – час перебування локомотива на станції основного депо;

$t_{\text{об}}$  – час перебування локомотива на станціях обертання;

$t_{\text{зм}}$  – час перебування локомотива на станціях приймання і здавання його локомотивними бригадами при їхній зміні.

6) Середньодобова продуктивність локомотива визначається за формулою:

$$П_{\text{сер.доб}} = \frac{\sum L_i \cdot n_i \cdot Q_{\text{бри}}}{N_{\text{ЕК}}} \quad (12)$$

#### Контрольні запитання № 1

1. Дати визначення окремих кількісних показників роботи тягового рухомого складу.
2. Дати визначення окремих якісних показників роботи тягового рухомого складу.
3. Значення якісних і кількісних показників у підвищенні ефективності роботи підприємства залізничного транспорту.

### Практичне заняття № 2

**Тема заняття: «Вивчення конструкції і принципу дії струмоприймача»**

#### Зміст завдання:

1. Вивчити конструкцію струмоприймача з використанням натурального зразка електровоза ЧС-4.
2. Зібрати електричне коло для підйому і опускання струмоприймача та привести його в дію.

### *Виконання завдання*

1. Вивчити конструкцію струмоприймача згідно з цими методичними вказівками з виконанням пунктів 2.6 та 2.7.
2. Вивчити схему електричного кола управління струмоприймачем (рис. 2).

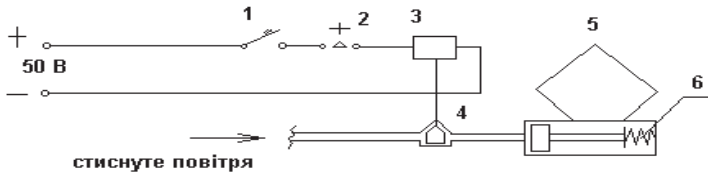


Рис. 2. Принципова схема управління струмоприймачем

Живлення гілок управління струмоприймачем здійснюється від внутрішньої мережі лабораторії через перемикачі «1», «2», живлення подається на котушку електропневматичного клапана «3», який включається, і через клапан «4» стиснуте повітря надходить у пневмопривід струмоприймача «5», переміщує поршень зі штоком і струмоприймач піднімається.

Для опускання струмоприймача перемикачем «2» розривається електричне коло живлення котушки електропневматичного клапана, пневмопривід з'єднується з атмосферою, стиснене повітря виходить у атмосферу і під дією опускної пружини «6» поршень зі штоком переміщується в попереднє положення і струмоприймач опускається.

### *Контрольні запитання № 2*

1. Призначення і принцип дії струмоприймача.
2. Порядок вимірювання активного і пасивного натисків струмоприймача на контактний дріт.
3. Значення якості ремонту струмоприймача в забезпеченні безвідмовної роботи контактної мережі.

### **Практичне заняття № 3**

#### **Тема заняття: «Вивчення конструкції і принципу роботи головного вимикача (далі ГВ)»**

#### *Зміст завдання*

1. Вивчити конструкцію головного вимикача з використанням натурального зразка.
2. Зібрати електричне коло для включення і виключення головного вимикача.

### *Виконання завдання*

1. Вивчити конструкцію головного вимикача згідно з цими методичними вказівками з виконанням пунктів 2.6 та 2.7.

2. Вивчити схему управління головним вимикачем, зібрати електричне коло і здійснити його оперативне включення і відключення (Рис. 3).

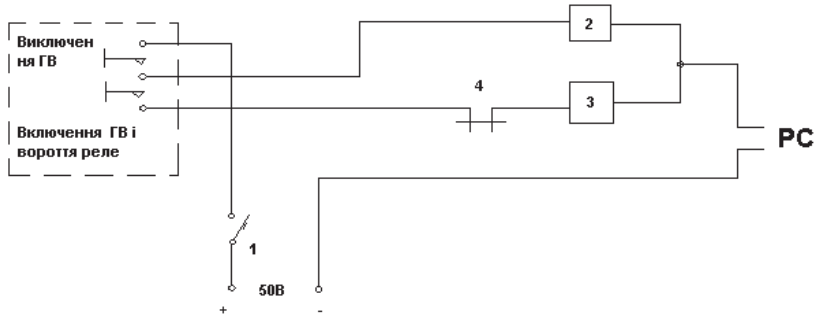


Рис. 3. Схема управління головним вимикачем

Живлення гілок управління ГВ здійснюється від внутрішньої електричної мережі лабораторії через перемикач «1».

- Для ввімкнення ГВ необхідно ввімкнути перемикач «1», кнопку «Виключення ГВ». При цьому живлення подається на утримуючу котушку «2» ГВ, але він не вмикається. Натиском кнопки «Включення ГВ і ворота реле» з самовороттям її подається живлення на вмикаючу котушку «3» ГВ вмикається, але при цьому розмикається власна нормально закрита блокування «4» ГВ в колі вмикаючої котушки і вона втрачає живлення.

- Вимкнення ГВ здійснюється вимкненням кнопки «Виключення ГВ». При цьому втрачає живлення утримуюча котушка і ГВ вимикається.

При подачі живлення на котушки утримуючого або вмикаючого електромагнітів зпрацьовують відповідні пневмоприводи, які здійснюють перемикання ГВ з положення вимкненого стану у ввімкнений стан або навпаки.

### Контрольні запитання № 3

1. Призначення і принцип дії головного вимикача електрорухомого складу змінного струму.
2. Технічні параметри головного вимикача і їх вимірювання.
3. Призначення окремих елементів дугогасильної камери і нелінійного опору.

## Практичне заняття № 4

### Тема заняття: «Вивчення конструкції і принципу дії електропневматичного контактора»

#### Зміст завдання

1. Вивчити конструкцію електропневматичного контактора з використанням натурального зразка.
2. Зібрати електричне коло живлення електропневматичного контактора і здійснити його ввімкнення і вимкнення.

#### Виконання завдання

1. Вивчити конструкцію електропневматичного контактора згідно з цими методичними вказівками з виконанням пунктів 2.6 та 2.7.
2. Вивчити електричну схему управління електропневматичним контактором (рис. 4) і здійснити його ввімкнення і вимкнення.

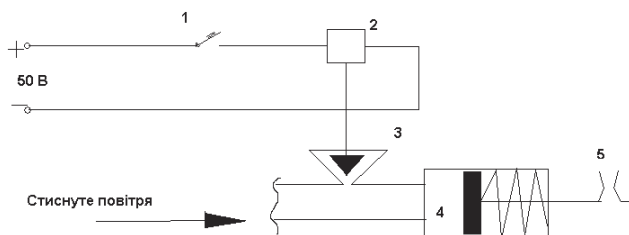


Рис. 4 Схема управління електропневматичним контактором

- Для ввімкнення електропневматичного контактора треба від внутрішньої електромережі подати живлення через перемикач «1» на котушку електромагнітного вентиля «2», який спрацьовує і відкривається клапан «3», що пропускає стиснуте повітря у пневмопривід «4» і переміщує його поршень зі штоком. Шток, з'єднаний з важелем приводу рухомого контакта, переміщує його до входження в контакт з нерухомим контактом.

Для вимкнення електропневматичного контактора необхідно розірвати перемикачем «1» коло живлення котушки «2» електромагнітного вентиля і з'єднати пневмопривід з атмосферою. Поршень зі штоком під дією пружини займе попереднє положення і контакти «5» розімкнуться.

#### Контрольні запитання № 4

1. Призначення і принцип дії електропневматичних контакторів
2. Принцип роботи дугогасильної системи контактора.
3. Призначення, будова і принцип дії електромагнітного вентиля.

4. Значення спеціального профілю контактів в забезпеченні надійної їх роботи.

### **Практичне заняття № 5** **«Вивчення конструкції контактора з дугогасінням електричного контролера групового»**

#### *Зміст завдання*

1. Вивчити конструкцію контактора з дугогасінням електричного контролера групового з використанням натурального зразка.
2. Вивчити взаємозв'язок роботи головних і розривних контактів контактора з дугогасінням електричного контролера групового.

#### *Виконання завдання*

1. Вивчити конструкцію контактора з дугогасінням електричного контролера групового згідно з цими методичними вказівками з виконанням пунктів 2.6 та 2.7.
2. Намалювати самостійно електричну схему ввімкнення головних і розривних контактів і описати їхній взаємозв'язок при роботі електричного контролера групового.

#### *Контрольні запитання № 5*

1. Відмінності в конструкції контакторів електричного контролера групового і їхнє призначення.
2. Визначення номерів контакторів, які замкнені залежно від позиції.
3. Будова і призначення окремих елементів редуктора контролера групового.

### **Практичне заняття № 6** **«Вивчення конструкції кремнієвих вентилів (діодів)»**

#### *Зміст завдання*

1. Вивчити конструкцію кремнієвих вентилів, установлених у випрямних установках перетворення однофазного змінного струму в пульсуючий.
2. Вивчити суть написів на кожусі діода.

#### *Виконання завдання*

1. Вивчити конструкцію кремнієвих вентилів з використанням натурального зразка та згідно з цими методичними вказівками з виконанням пунктів 2.6 та 2.7.
2. Написи на діодах і їхнє призначення.  
При підборі діода для заміни несправного необхідно знати його технічну характеристику, що наведена на його кожусі. При виконанні завдання студентам надається натурний зразок діода з чіткими написами параметрів

технічної характеристики. Кремнієві вентиля поділяються на класи і групи. Порядок визначення класу і групи розглядається на прикладі виконаних написів на натурному зразку, наприклад: ВЛ-200-15-0,54, та розшифровуються їхні написи:

- ВЛ – вентиль лавинний;
- 200 – величина номінального прямого струму – 200А.
- 15 – клас діода, який характеризує значення зворотної напруги лавиноутворення – 1500В.
- 0,54 – підгрупа вентиля, яка характеризує пряме падіння напруги – 0,54В. За значенням прямого падіння напруги діоди розбиті на дві підгрупи і мають таке маркування:
  1. Підгрупа (0,52; 0,53; 0,54В) – колір чорний.
  2. Підгрупа (0,55; 0,56; 0,57; 0,58В) – колір білий.
  - 3.

#### *Контрольні запитання № 6*

1. Схема випрямлення змінного однофазного струму.
2. Будова кремнієвого вентиля.
3. Класифікація кремнієвих вентилів.

#### **Практичне заняття № 7**

#### **«Вивчення загальної будови тягового двигуна постійного струму з використанням натурального зразка»**

##### *Зміст завдання*

1. Вивчити повузлову будову тягового двигуна постійного струму з використанням натурального зразка згідно з цими методичними вказівками з виконанням пунктів 2.6 та 2.7.
2. Вивчити призначення кожної частини електричного двигуна.

##### *Контрольні запитання № 7*

1. Принцип дії електричного двигуна постійного струму.
2. Призначення додаткового полюса.
3. Призначення колектора.
4. Поняття про реакцію якоря.

#### **Практичне заняття № 8**

#### **«Вивчення конструкції окремих частин тягового двигуна постійного струму»**

##### *Зміст завдання*

1. Вивчити конструкцію кожної частини тягового двигуна з використанням їх натурних зразків.
2. Вивчити призначення кожного елемента, кожної частини двигуна.

### *Виконання завдання*

1. Вивчити конструкцію кожної частини електродвигуна з використанням натурального зразка та згідно з цими методичними вказівками з виконанням пунктів 2.6 та 2.7.

2. Вивчити призначення окремих елементів, кожної частини і на основі одержаних знань вивчити принцип роботи двигуна, явища комутації і реакції якоря, що виникають у ньому при перетворенні електричної енергії в механічну.

### *Контрольні запитання № 8*

1. Будова і призначення окремих елементів головного полюса.
2. Призначення вирівнювальної котушки.
3. Будова струмопровідної системи.

### **Практичне заняття № 9**

#### **«Загальне поняття про конструкцію стенда для випробування тягових двигунів постійного струму»**

#### *Зміст завдання*

1. Ознайомлення з принциповим загальним розміщенням обладнання випробувальної станції на одному з підприємств Укрзалізниці та його призначення.

2. Вивчення принципової електричної схеми стенда для випробування тягових двигунів методом взаємного навантаження.

#### *Виконання завдання*

1. Попередньо погодити проведення практичного заняття з керівництвом підприємства, на якому заплановано його виконання.

2. Тягові двигуни випробовують, як правило, за методом взаємного навантаження, при якому на випробувальний стенд встановлюють два тягових двигуни, з'єднаних один з одним механічно і електрично, один з яких працює в режимі генератора (Г). При цьому двигуни мають бути однотипні.

Електроорушійна сила (далі ЕРС) генератора (Г) менша, ніж у двигуна (М1), тому якорі залишаються нерухомими. Їхня робота можлива тільки тоді, коли ЕРС генератора буде більшою ЕРС двигуна. Для цього в електричне коло якоря генератора послідовно включають якір вольтодобавочної машини (ВДМ), який приводиться в обертання асинхронним двигуном (М3), а котушка незалежного збудження одержує живлення через резистор (R1) від зовнішнього джерела. Якщо при нерухомих якорях електричних машин (М1, Г) замкнуті коло живлення ВДМ і підняти зміною величини опору (R1) напругу і струм на обмотці збудження її, то в колі випробувальних електричних машин з'явиться струм. Однак і в цьому випадку внаслідок рівності зустрічно направлених обертових моментів випробувальних машин їхні якорі залишаться нерухомими.

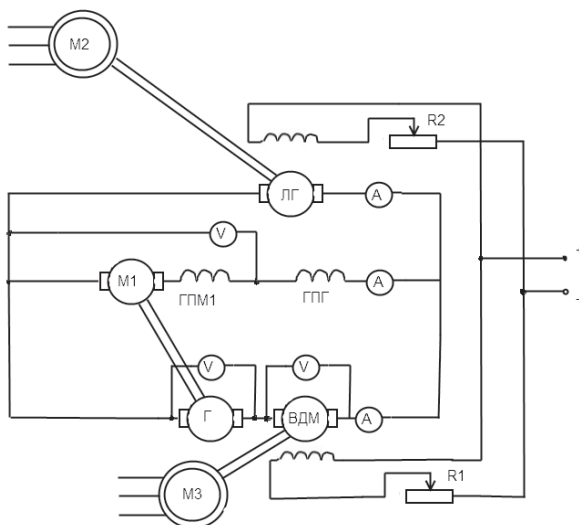


Рис. 5. Принципова електрична схема стенда для випробування тягових двигунів

Для того, щоб якоря почали обертатись, двигуну (М1) необхідно надати додатковий момент для компенсації гальмівних моментів випробувальних машин, які виникають від механічних, магнітних і додаткових втрат у них. Такий момент створюють в електричній машині (М1) подачею їй додаткової електроенергії від лінійного генератора (ЛГ), напругу на обмотці збудження регулюють зміною напруги живлення і струму в обмотці збудження (ЛГ) за допомогою резистора (R2).

#### *Контрольні запитання № 9*

1. Суть методу випробування тягового двигуна постійного струму методом взаємо навантаження.
2. Поняття про будову випробувальної станції.

#### **Практичне заняття № 10**

**«Вивчення будови генератора постійного струму і принципу його роботи».**

##### *Зміст завдання*

1. Вивчити конструкцію генератора постійного струму.
2. Вивчити принципові схеми збудження генераторів постійного струму і принцип їхньої дії.



### Виконання завдання

3. Вивчити конструкцію генератора постійного струму з використанням натурального зразка та згідно з цими методичними вказівками з виконанням пунктів 2.6 та 2.7.

4. Вивчити схему збудження генератора постійного струму (рис. 6).

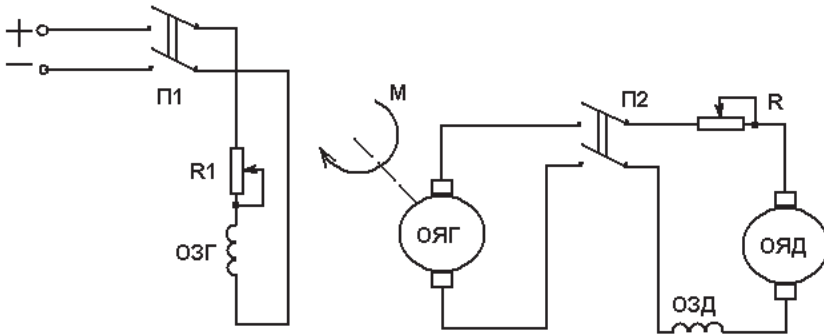


Рис. 6. Схема незалежного збудження генератора постійного струму

За схемою (рис. 6) пояснити принцип роботи генератора постійного струму:

- Якщо встановити максимальну величину опору реостата «R1» у схемі кола (рис.1) та поставити перемикач «П1» у положення «Включено», то в обмотці збудження генератора «ОЗГ» потече струм, який створить певний магнітний потік і в обмотці збудження якоря «ОЯГ», який обертається механічно від стороннього приводу, з'явиться електрорушійна сила (ЕРС). При зменшенні опору R1 струм у «ОЗГ» буде збільшуватись і ЕРС якоря спочатку зростає пропорційно струму збудження, а потім унаслідок насичення сталі магнітопровода зростатиме повільніше, ніж струм збудження в обмотці «ОЗГ»
- Якщо перемикач «П2», то потече струм у колі електричного двигуна в обмотках його збудження «ОЗД» і якоря «ОЯД». У результаті цього створюються два магнітних потоки, які взаємодіють, і електричний двигун починає обертатись.

### Контрольні запитання № 10

1. Розрахувати напругу на тягових двигунах електровоза ВЛ8 при різних схемах їхнього з'єднання відповідно до завдання.

**Практичне заняття № 11 та № 12**  
**«Розрахунок величини напруги на тягових двигунах постійного струму**  
**електровозів ВЛ8 та ВЛ10**

*Зміст завдання*

1. Вивчити принципову схему регулювання напруги на тягових двигунах постійного струму.
2. За заданими вихідними даними виконати розрахунок напруги на тягових двигунах електровозів ВЛ8 ВЛ10 залежно від схем їхнього з'єднання.
- 3.

*Виконання завдання*

1. Вивчити принципову схему регулювання напруги на тягових двигунах постійного струму електровозів постійного струму.

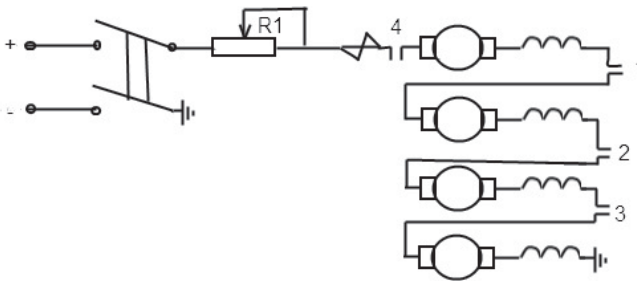


Рис. 7. Принципова схема регулювання напруги на тягових двигунах постійного струму при їхньому послідовному з'єднанні

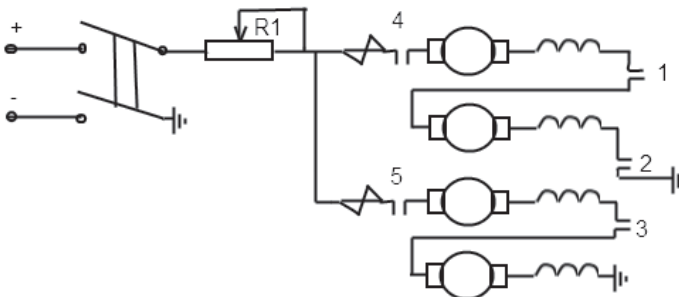


Рис. 8. Принципова схема регулювання напруги на тягових двигунах постійного струму при їхньому послідовно-паралельному з'єднанні

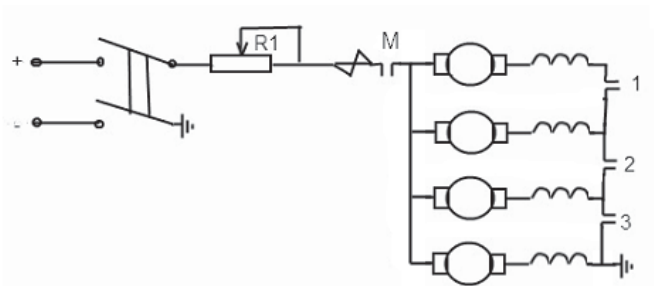


Рис. 9. Принципова схема регулювання напруги на тягових двигунах постійного струму при їхньому паралельному з'єднанні

Виконати розрахунок напруги на тягових двигунах електровозів ВЛ8 та ВЛ10 за заданими вихідними даними (Таблиця 2)

Таблиця 2

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Серія електровоза	
			ВЛ8	ВЛ10
1	Тип електричного двигуна	-	НБ406Б	ТЛ2К1
2	Номінальна величина напруги тягового двигуна	В	1500	1500
3	Номінальна величина напруги в контактній мережі	В	3000	3000
4	Максимальна величина вихідної напруги після регулювального резистора на позиціях: 1. Першій перехідній (П1) 2. Другій перехідній (П3) 3. Третій перехідній (П5)	В		
			3000	3000
			3000	3000
			3000	3000
5	Розрахувати величину напруги на кожному тяговому двигуні на позиціях (П1, П3, П5)	В	?	?

На схемах пояснити як розподіляється вихідна напруга контактної мережі при різних схемах з'єднання тягових двигунів (послідовному, послідовно-паралельному, паралельному) та призначення регулювального резистора в електричному колі живлення тягових двигунів. Використати закони Кірхгофа для розрахунку напруги на тягових двигунах при різних схемах з'єднання.

*Перший закон Кірхгофа* відображає закон збереження та формулюється так: алгебраїчна сума струмів у вузлі електричного кола дорівнює нулю,

тобто сума струмів, направлених до вузла, дорівнює сумі струмів, направлених від вузла:

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0. \quad (13)$$

*Другий закон Кірхгофа* (закон Кірхгофа для напруг): алгебраїчна сума електрорушійних сил, що діють у будь-якому контурі схеми електричного кола, дорівнює алгебраїчній сумі спадів напруг на ділянках кола:

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^n U_k. \quad (14)$$

#### *Контрольні запитання № 11 та 12*

1. Розрахувати напругу на тягових двигунах електровоза ВЛ10 при різних схемах їх з'єднання відповідно до завдання.
2. Розрахувати оберти асинхронного двигуна в залежності від кількості пар полюсів, напруги і частоти струму згідно із завданням

### **Практичне заняття № 13**

#### **«Вивчення принципової схеми регулювання обертів асинхронного двигуна»**

##### *Зміст завдання*

1. Вивчити конструкцію та принцип роботи асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.
2. Регулювання частоти обертання асинхронного двигуна і її розрахунок.

##### *Виконання завдання*

1. Вивчити конструкцію асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором з використанням натурального зразка та згідно з цими методичними вказівками з виконанням пунктів 2.6 та 2.7.

2. Регульовальні властивості асинхронних двигунів мають важливе значення, оскільки в електроприводі потрібне регулювання їхньої частоти обертання і вони характеризуються такими показниками:

- Діапазоном регулювання частоти обертання, тобто плавне (безступеневе) чи ступеневе.
- Економічністю регульовальної операції з погляду витрат на устаткування і подальших експлуатаційних витрат.

Можливість регулювання частоти обертання асинхронних двигунів впливає з виразу:

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \rightarrow n = n_1(1 - S). \quad (15)$$

2.1. Регулювання частоти обертання зміною кількості пар полюсів обмотки статора (ступінчасте регулювання).

При промисловій частоті  $f=50\text{Гц}$  частота обертання асинхронного двигуна в залежності від числа пар полюсів визначається за формулою:

$$n = \frac{60f_1}{P}, \quad (16)$$

де  $P$  – кількість пар полюсів.

Змінити кількість полюсів у обмотці статора можна або укладанням на статорі двох обмоток з різною кількістю полюсів, або однієї обмотки, конструкція якої дозволяє шляхом перемикування котушкових груп одержувати різну кількість полюсів. Останній спосіб набув найбільшого застосування. При проведенні лабораторної роботи студенту необхідно зробити розрахунок обертів двигуна при різній кількості полюсів (Таблиця 3)

Таблиця 3

$P$	1	2	3	4	5
$n_1$ , об/хв					

### 2.1. Частотне регулювання обертів асинхронного двигуна.

Для здійснення цього способу регулювання потрібне джерело живлення двигуна змінним струмом з регульованою частотою. Такими джерелами струму можуть бути електромашинні або напівпровідникові перетворювачі частоти. При частотному регулюванні одночасно із зміною частоти  $f_1$  потрібно за певним законом змінювати і напругу  $U$ .

#### Контрольні запитання № 13

1. Поділення тиристорів залежно від випрямлення зворотної напруги і падіння напруги.
2. Призначення управляючого анода.

#### 4. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Головатий А. Т., Исаев И. П., Борцов П. И. Электроподвижной состав. Эксплуатация, надежность, ремонт. – М.: Транспорт, 1983. – 350 с.
2. Захарович А. Э., Крылов С. С. Основы электротехники для локомотивных бригад. – М.: Транспорт, 1980. – 167 с.
3. Качан Ю. Г. Линейная электротехника. – Запорожье, ЗГИА, 1995. – 213 с.
4. Сементовский Е. А. Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава метрополитенов. – М.: Транспорт, 1987. – 336 с.
5. Хасин А. Ф., Матвеев А. Н. Экономика, организация и управление локомотивным хозяйством. – М.: Желездат, 2002. – 450 с.
6. Калинин В. К. Электровозы и электропоезда. – М.: Транспорт, 2002. – 456 с.

*Навчально-методичне видання.*

**Володимир Петрович Кулшов,  
Михайло Олександрович Ревчук**

## **ЕЛЕКТРИЧНІ ЗАЛІЗНИЦІ ТА МЕТРОПОЛІТЕНИ**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

щодо підготовки та виконання практичних занять із дисципліни «Електричні залізниці та метрополітени» для студентів спеціальності 7.092202 «Електричний транспорт», спеціалізація «Електровози та електропоїзди»

Відповідальний за випуск: *Ревчук М. О.*

Укладачі: *В. П. Кулшов, М. О. Ревчук*  
Директор РВЦ ДЕТУТ – Л. В. Пономаренко  
Головний редактор – О. В. Ємець  
Верстка В. О. Андрієнко

---

Підписано до друку 11.02.2010.  
Формат 60x84/16. Папір офсетний.  
Спосіб друку – ризографія.  
Замовлення № 15-2/10. Наклад 60 прим.

---

Надруковано РВЦ ДЕТУТ.  
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 3079 від 27.12.2007.  
03049, м. Київ-49, вул. Миколи Лукашевича, 19

