

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ЧЕРНІГІВСЬКИЙ КОЛЕГІУМ» імені Т.Г.ШЕВЧЕНКА

Кафедра  
технологічної освіти  
та інформатики

**М. ХОВРИЧ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ  
РОБІТ З КУРСУ**

# **ЕЛЕКТРОТЕХНІКА**

**ЧАСТИНА 3**

Чернігів  
2018

УДК 621.3 (072)

ББК 32

X 68

Рецензенти:

**Торубара О.М.**, декан технологічного факультету, доктор педагогічних наук, професор кафедри професійної освіти та безпеки життєдіяльності Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка

**Дятлов Ю.В.**, завідувач кафедри фізики та астрономії, кандидат історичних наук, доцент Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка

**Ховрич М.О.**

**X 68 «Електротехніка». Навчально-методичний посібник для підготовки бакалавра напрямку 014.10 Середня освіта (Трудове навчання та технології), 015.20, 015.21 Професійна освіта. Частина 2. – Чернігів: Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка, 2018. –66 с.**

УДК 621.3 (072)

ББК 32

Рекомендовано до друку Вченою радою  
технологічного факультету  
Національного університету «Чернігівський колегіум»  
імені Т.Г.Шевченка  
(протокол №5 від 21 грудня 2018 року)

© М. О. Ховрич, 2018

## ДАНІ ПРО СТУДЕНТА

---

—  
(прізвище)

---

—  
(ім'я)

---

—  
(по-батькові)

---

—  
(група)

Номер та назва лабораторної роботи	Дата виконання	Дата захисту	Бали	Підпис викладача
15. Дослідження автомобільного генератора.				
16. Вивчення двигунів постійного струму.				
17. Дослідження двигуна постійного струму.				
18. Вивчення апаратів ручного керування електроустановками.				
19. Вивчення та дослідження контакторів постійного та змінного струмів.				

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

### ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

*Мета роботи:* Вивчити будову, принцип дії і схему вмикання автомобільного генератора для його перевірки і роботи в паралельній роботі з реле-регулятором.

*Знати:* будову, принцип дії, технічні характеристики, способи підключення автомобільного генератора.

*Вміти:* перевіряти генератор в режимі холостого ходу та навантаження, робити висновки про відповідність його характеристик технічним параметрам.

*Обладнання:* 1. Установка для дослідження автомобільних генераторів. 2. Амперметр на струм 50 А. 3. Вольтметр на напругу 15 В. 4. Омметр. 5. Ротор. 6. Статор. 7. Діодний випрямляч генератора.

### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В сучасних автомобілях використовуються трифазні генератори змінного струму. Генератор складається зі статора, на якому розміщується трифазна обмотка; ротора з обмоткою збудження та контактними кільцями, до яких подається напруга збудження через щітки; випрямного трифазного діодного містка – тому генератор видає постійну напругу.

Генератор має три виводи: “М” – маса, тобто “–”, “+” та “Ш” – шунт. Клема “М” завжди приєднується до корпусу автомобіля; клема “+” приєднується до акумуляторної батареї, споживачів та до відповідної клеми на реле-регуляторі; клема “Ш” – це вивід одного кінця обмотки збудження (інший кінець підключений до маси), під’єднується тільки до відповідної клеми на реле-регуляторі.

Таким чином автомобільний генератор є звичайний синхронний трифазний генератор змінного струму з діодним містком. Основні характеристики генератора:  $U_n$  – номінальна напруга;  $I_m$  – максимальний струм навантаження;  $n_0$  – частота

обертів без навантаження,  $n_{p.н.}$  – частота обертів при навантаженні силою струму  $I_m$  та відповідною напругою  $U_n$ ;  $I_{зб.}$  – струм збудження;  $t_{p.м.}$  – максимально допустима робоча температура.

Іноді на генераторі вказується не максимальний струм навантаження, а максимальна потужність  $P_m$ .

Розглянемо паралельну роботу генератора Г 250 та реле-регулятора РР-380 (рис. 1).

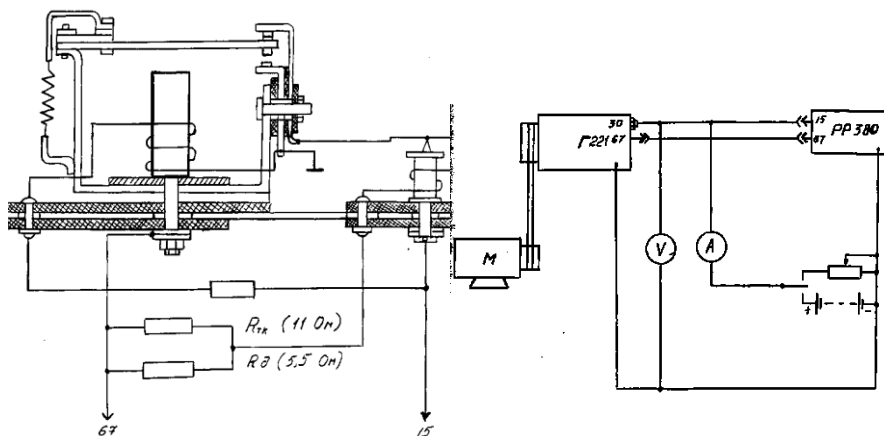


Рис. 1 Паралельна робота генератора Г 250 та реле-регулятора РР 380

Під час запуску двигуна автомобіля все електрообладнання живиться від акумуляторної батареї, в тому числі напруга через шунтову обмотку реле подається на обмотку збудження генератора. Ротор генератора приводиться в обертання від двигуна внутрішнього згорання через клинопасову передачу. "+" генератора підключений до струмової обмотки реле-регулятора. Коли напруга на генераторі досягає номінальної, то по струмовій обмотці реле починає протікати струм, який створює магнітне поле, достатнє, щоб притягнути якірок. При цьому перемикаються контакти і все електрообладнання починає працювати лише від генератора, причому акумулятор отримує від нього підзарядку. Як тільки частота обертів падає нижче

номінальної, то в результаті зменшення струму в струмовій обмотці реле-регулятора якірок під дією пружини повертається в початкове положення і все електрообладнання працює від акумулятора.

Зараз існує багато різновидів таких генераторів та реле-регуляторів. Основні з них та їх характеристики представлені в таблицях 1, 2.

Складна система роботи електрообладнання автомобіля вимагає дбайливого ставлення і періодичної перевірки або ремонту. Коли з ладу виходить хоча б одна ланка, то автомобіль починає погано працювати, або взагалі не працює. Для перевірки генератора або реле-регулятора не достатньо лише перевірити обмотки на обрив, або пошкодження ізоляції, тому що робота цього обладнання залежить від багатьох факторів. Звідси впливає потреба у створенні для обладнання реальних умов роботи. Так як на автомобілі це зробити складно або іноді взагалі не можливо, то були створені спеціальні стенди для перевірки електрообладнання автомобілів.

В даній лабораторній роботі використовується стенд, що якісно відрізняється від вже застарілих. Він складається з двох основних частин: приводу (рис. 2) та робочого дослідного стенду (рис. 3).

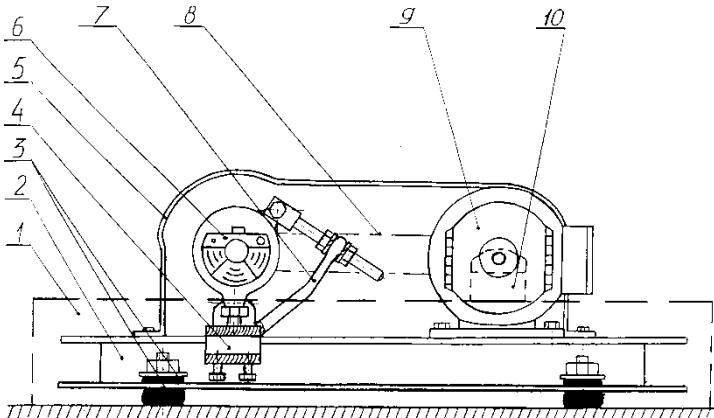


Рис. 2. Привід генератора

Приводом служит двигун постійного струму 9, частота обертів якого регулюється за допомогою автотрансформатора ЛАТР 9 та двох реостатів 11 (рис. 3). Обертовий момент від

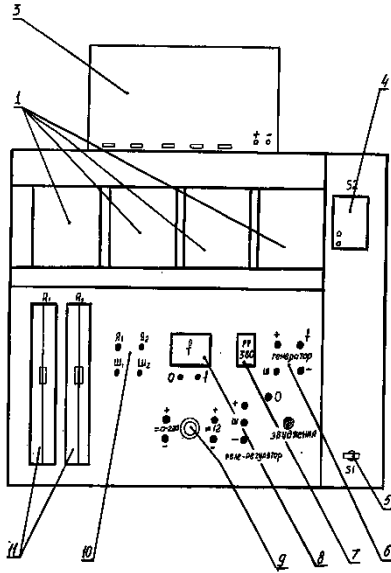


Рис. 3. Робочий дослідний стенд

двигуна до генератора передається через клинопову передачу 8. На робочому столі знаходяться електровимірювальні прилади – амперметр  $A_1$  вольтметр  $V_1$  електронний тахометр - 8, покази якого потрібно помножити на 50, щоб отримати одиниці вимірювання об/хв; маховичок повзунка

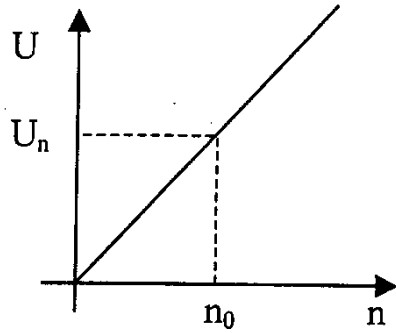


Рис. 4

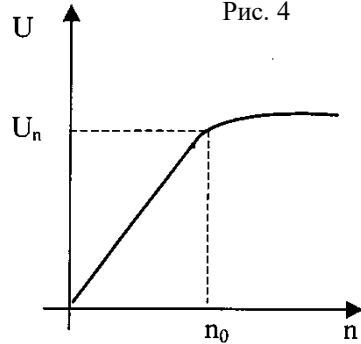


Рис. 5

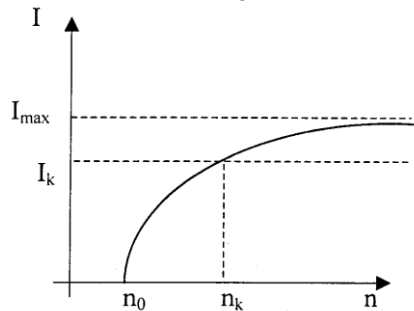


Рис. 6

автотрансформатора ЛАТР; два реостати  $R_1$  та  $R_2$ ; реле-регулятор РР-380 - 7; панель ламп для навантаження генератора 3. Напряга живлення подається за допомогою апаратів ручного керування – пакетного вимикача 5 та автомата АП 50 - 4, розрахованого на струм спрацювання 10 А (рис. 3).

Генератор перевіряють у двох режимах: холостий хід та навантаження. Режим холостого ходу перевіряють двома способами:

1. Збирають робочу схему генератора без реле-регулятора. Тоді при збільшенні частоти обертів справний генератор почне видавати напругу, яка буде збільшуватись прямо пропорційно частоті обертів від 0 до безмежності (рис. 4).

2. Збирають схему генератора з реле-регулятором. При цьому внаслідок збільшення частоти обертів справний генератор почне видавати напругу від 0 В також прямо пропорційно, але тільки до частоти обертів  $n_0$ , потім відбувається спрацювання реле-регулятора і напруга на генераторі перестає збільшуватись – залишається сталою (рис.5).

Для режиму навантаження збирають схему з реле-регулятором. Встановлюють частоту обертів генератора 5000 об/хв і починають поступово його навантажувати до максимального струму. При досягненні максимально можливого струму надалі він не буде зростати а при збільшенні частоти обертів напруга буде знижуватися (рис. 6).

Якщо генератор виявляється несправним, тоді його розбирають і перевіряють окремо всі його частини. Основні несправності, які можуть виникати в генераторі: обрив обмотки статора або ротора, пошкодження ізоляції обмоток, пробій діодів випрямляючого містка, спрацювання щіток або контактних кілець. Технічні характеристики генераторів та реле-регуляторів, які найчастіше використовуються на вантажних автомобілях приведені в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1

Тип генератора	$P_M$ , Вт	$U_M$ , В	$I_M$ , А	$n_0$ , об/хв	$n_{PM}$ , об/хв	$U_{PM}$ , В	$I_{PM}$ , А	Вага, кг
Г502-А	420	14	30	1500	3200	14	20	3,2
Г250	500	12	40	950	2100	12,5	28	5,2



Тип генератора	$P_M$ , Вт	$U_M$ , В	$I_M$ , А	$n_0$ , об/х В	$n_{PM}$ , об/х В	$U_{PM}$ , В	$I_{PM}$ , А	Вага, кг
Г221-А	600	14	42	1150	2500	14	30	4,2
Г222	700	14	50	1250	2400	13	35	4,3
37.3701	770	14	55	1100	2000	13	35	4,4
16.3701	900	14	65	1100	2500	14	45	5,6
17.3701	500	14	40	1000	2000	12,5	24	5,2
19.3701	1260	14	90	1050	2150	14	60	10
29.3701	700	14	50	1250	2250	13	32	5
32.3701	840	14	60	1050	2200	14	40	5
38.3701	1390	14	95	900	1800	14	60	10
58.3701	730	14	52	1400	2400	13	32	4,8
Г254	560	14	40	1100	2350	14	28	5,2
Г226	840	14	50	1250	2750	13	40	5,6
Г286	1200	14	85	900	1700	14	63	15
Г273	780	28	28	1050	2200	28	20	5,4
Г289	2200	28	80	1250	2400	26	60	15
Г263-А,-Б	4200	28	150	1500	2500	28	80	21,5
65.3701	2500	28	90	1200	2500	26	60	8,8

Таблиця 2

Модель регулятора	Номинальна напруга, В	Регульована напруга, В	Застосовується з генераторами
PP 127	24	27,4 ... 30,2	Г271
PP 380	14	14,2 <sup>+</sup> 0,3	Г221
PP 362	14	13,8...14,6	Г250
PP 350	14	13,8...14,5	Г250
PP 350 – А	14	14,0...14,7	Г250
13.3702	14	13,8...14,5	16.3701
PP 356	28	28,4 <sup>+</sup> 0,8	Г272
Я 112 – А	14	14,3 <sup>+</sup> 0,2	Г266, Г254, 17.3701
Я 112 – В	14	14,1 <sup>+</sup> 0,2	Г222
Я 120	28	27,5 <sup>+</sup> 0,3	Г273

### САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитись з інструкцією і установкою для перевірки автомобільного генератора в лабораторії. Звернути увагу на

способи керування частотою обертів генератора, розміщення вимірювальних приладів, розташування приводу та генератора на ньому.

2. Відповісти на одне з контрольних питань до роботи.

Номер питання приймається за останньою цифрою залікової книжки.

## ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з обладнанням та вимірювальними приладами, які використовуються в роботі, записати їх технічні характеристики. Перевірити наявність необхідного обладнання і приладів та відповідність їх параметрів умовам виконання роботи. Записати основні технічні показники генератора, що буде досліджуватись.

2. Скласти робочу схему (рис. 7). Після перевірки схеми викладачем і одержання дозволу на виконання роботи потрібно: *встановити маховичок повзунка ЛАТРа в крайнє положення проти годинникової стрілки, реостат  $R_1$  в положення «введено», а реостат  $R_2$  в положення «виведено»; вимикачі ламп навантаження – «вимкнено»; перед кожним ввімкненням навантаження децю підвищувати швидкість обертання двигуна, щоб уникнути зовеликого падіння обертів, що може спричинити спрацювання реле-регулятора і генератор перестане видавати номінальну напругу, а в обмотках двигуна буде протікати дуже великий струм; кнопку «збудження» можна натискувати лише при номінальних обертах і на короткий час.*

3. Ввімкнути пакетний вимикач  $S_1$ , потім апарат АП 50 –  $S_2$ . Повільно повертаючи маховичок ЛАТРа за годинниковою стрілкою впевнитися візуально у правильності напрямку обертання ротора генератора (за годинниковою стрілкою, якщо дивитися на генератор з боку шківів). Якщо напрямок обертання не співпадає з потрібним, то необхідно змінити напрямок обертання ротора двигуна, змінивши напрям струму в обмотці збудження або якоря.

4. Маховичок ЛАТРа повернути в крайнє праве положення і

вивести повільно повзунок реостата  $R_1$ . При цьому частота обертів зростає до певної величини і за рахунок залишкового намагнічення ротора генератора він самозбудиться і почне видавати номінальну напругу, яка фіксуватиметься на вольтметрі  $V_1$ . Це буде також чутно по спрацюванню реле-регулятора. *Якщо цього не станеться, то потрібно при частоті обертів приблизно 2000 об/хв. натиснути на кнопку «збудження».*

5. Зменшувати повільно частоту обертів генератора. На певній частоті вимкнеться реле-регулятор (зафіксуйте цю частоту обертів). Далі, зменшуючи через рівні проміжки частоту обертів, зняти характеристику режиму холостого ходу генератора до мінімального значення напруги на ньому (8-10 значень). Дані дослідів занести до таблиці 1.

6. Зняти характеристику навантаження генератора. Для цього встановити частоту 5000 об/хв. Поступово вмикати навантаження (лампи), фіксуючи покази амперметра  $A_1$  та зміну частоти обертів. Дані (8-10 вимірів) занести до таблиці 2.

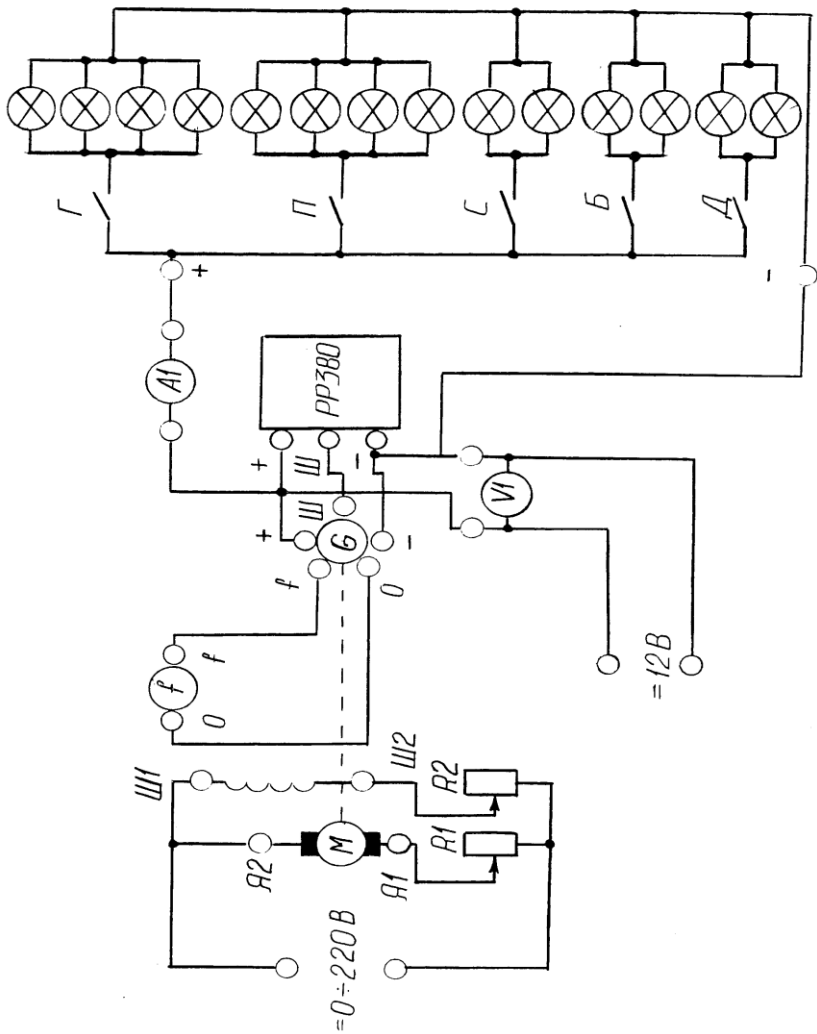


Рис. 7. Схема для дослідження автомобільного генератора

## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Будова і принцип дії автомобільного генератора.
2. Поясніть принцип дії паралельної роботи реле-регулятора та генератора.
3. Як перевірити справність обмоток ротора та статора не розбираючи генератор?
4. Як знімаються характеристики генераторів і для чого вони використовуються?
5. Які несправності генератора можна виявити при перевірці його на холостому ході та в режимі навантаження?
6. Чи можна генератор змінного струму збудити без акумуляторної батареї і чому?
7. Чому не можна перевантажити генератор змінного струму?
8. Як на практиці визначити максимальну потужність генератора?
9. Що зміниться в роботі генератора при зміні напрямку обертання ротора?
10. Як впливає спрацювання щіток на роботу генератора?
11. Які несправності генератора спричиняють несправності реле-регулятора напруги?
12. Перерахуйте всі засоби перевірки на справність ротора та статора.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Электрооборудование автомобилей: Справочник / А.В. Акимов, О.А. Акимов, С.В. Акимов и др.; Под. ред. Ю.П. Чижкова. – М.: Транспорт, 1993. – 233 С.
2. Тимофеев Ю.Л., Тимофеев Г.Л. Лабораторный практикум по электрооборудованию автомобилей: Учебное пособие для учащихся техникумов. – М.: Транспорт, 1988. – 160 с.

## ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Результати дослідження генератора в режимі холостого ходу занесіть до таблиці 1.

Таблиця 1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота обертів $n$ , об/хв.										
Напруга на генераторі $U_{xx}$ , В										

2. За даними досліджень генератора в режимі холостого ходу побудуйте графік залежності  $U_{x.x.} = f(n)$ . Позначте на графіку точку, коли спрацював реле-регулятор і на генераторі з'явилась номінальна напруга.

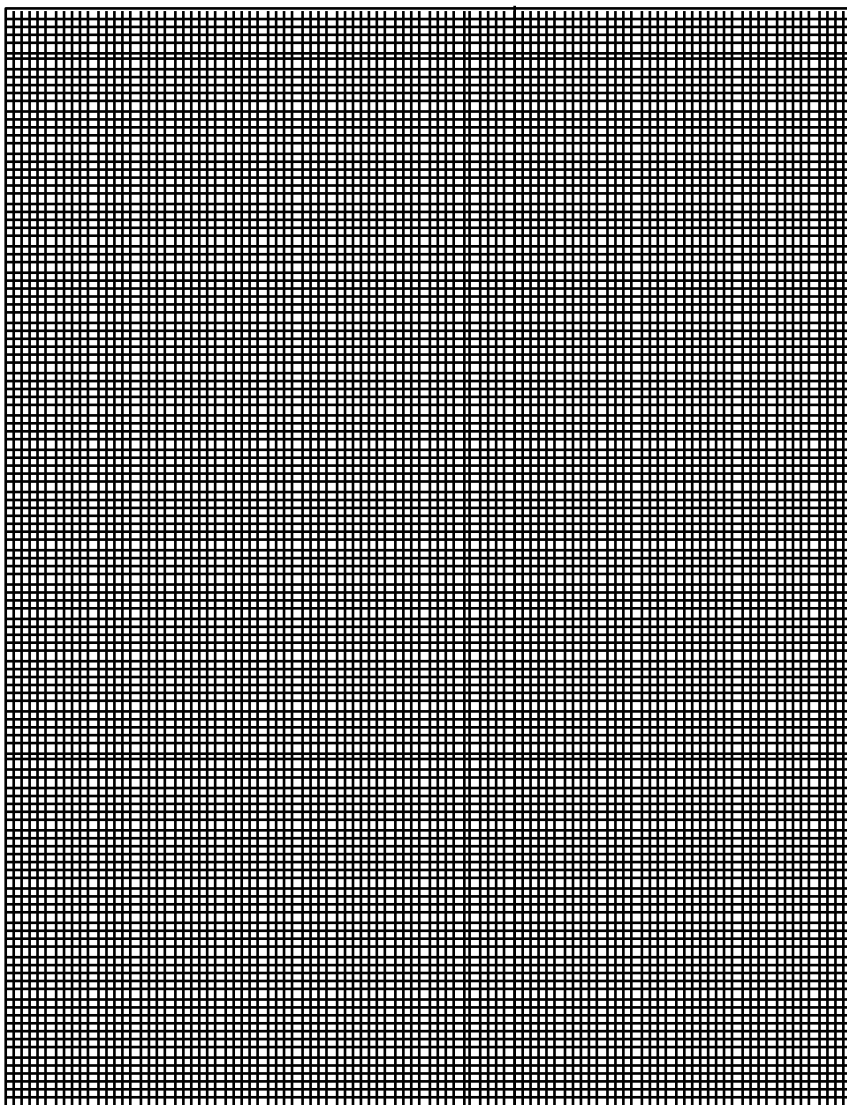
3. Результати дослідження генератора в режимі навантаження занесіть до таблиці 2. По даних дослідження побудуйте характеристику навантаження  $I_n = f(n)$ .

Таблиця 2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сила струму навантаження $I_n$ , А										
Частота обертів $n$ , об/хв.										

4. Зробіть висновки по роботі.

ГРАФІКИ ЗАЛЕЖНОСТІ  $U_{x.x} = f(n)$  та  $I_n = f(n)$



## РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ



## **ВИВЧЕННЯ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

*Мета роботи.* Вивчити будову, принцип дії, технічні характеристики та галузі застосування двигунів постійного струму. Освоїти способи пуску в хід та реверсування двигунів постійного струму.

*Знати:* будову, принцип дії, технічні характеристики, способи підключення двигунів до мережі.

*Вміти:* підключати до мережі двигуни постійного струму з різним типом збудження.

*Обладнання:* 1. Двигун постійного струму у розібраному стані. 2. Двигун постійного струму у робочому стані. 3. Вольтметр електромагнітної системи на напругу 250В. 4. Амперметр електромагнітної системи на струм 0-5А. 5. Пусковий реостат РП – 2521. 6. Міст типу ММЗ для вимірювання опорів обмоток. 7. Пусковий та регулювальний реостати.

### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Двигуном постійного струму називають електричну машину, яка перетворює енергію постійного струму у механічну. Машини постійного струму, як і всі електричні машини, оборотні, тобто можуть працювати як в режимі генератора, так і в режимі двигуна. В даний час вони застосовуються, в основному, як двигуни приводів машин і механізмів, що вимагають плавного і економічного регулювання частоти обертання вала в широких межах (наприклад, в електротранспорті), а також великих перевантажувальних і пускових моментів, особливо в металургії для приводу прокатних станів.

До основних недоліків машин постійного струму, що обмежують їх застосування, відносяться: складність конструкції і ненадійність у роботі із-за наявності колектора, а для двигунів – необхідність в джерелі постійного струму.

Будова двигуна постійного струму зображена на рисунку 1. Він складається з нерухомого статора (індуктора) з полюсами і ротора (якоря), який обертається. Статор є джерелом магнітного поля і механічною основою машини, якір – це частина машини, в обмотці якої індукуються е.р.с. На валу якоря жорстко закріплюється колектор, який сполучений з його обмоткою. Колектор – характерна деталь машини постійного струму. До мідних пластин колектора торкаються нерухомі вугільно-графітові щітки, закріплені в щіткотримачах на

траверсі і електрично з'єднані із зовнішнім джерелом постійного струму. Щоб уникнути іскріння, щітки ретельно притираються до колектора, а їх необхідний натиск регулюють.

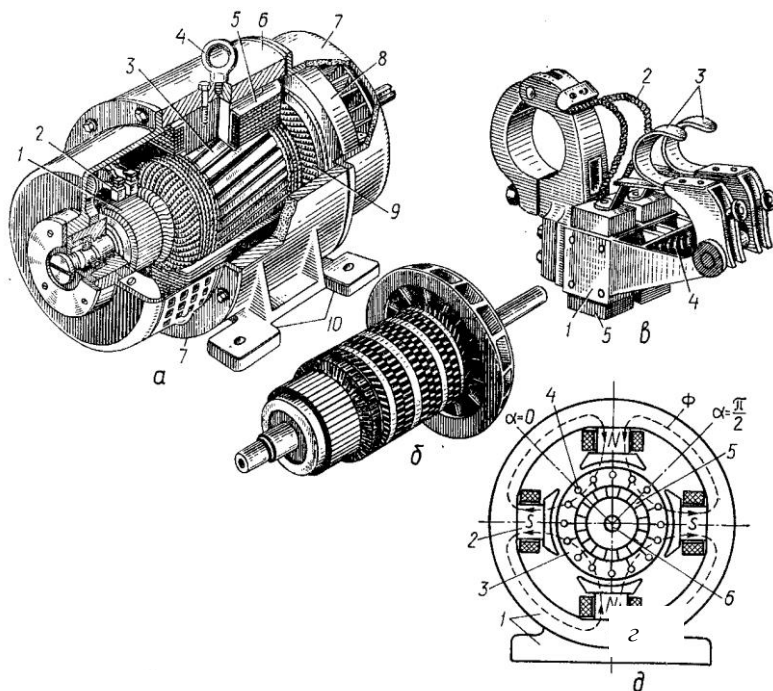


Рис. 1. Будова двигуна постійного струму: а) 1 – колектор, 2 – щітки, 3 – сердечник якоря, 4 – монтажний кріюк, 5 – головний полюс із обмоткою збудження, 6 – станина, 7 – підшипникові щити, 8 – вентилятор, 9 – обмотка якоря, 10 – монтажні лапи; б) якір з вентилятором; в) 1 – обойма, 2 – гнучкий провідник, 3 – прижимний курук, 4 – пружина, 5 – щітки; г) 1 – корпус, 2 – головний полюс, 3 – сердечник якоря, 4 – обмотка якоря, 5 – колектор, 6 – сталевий вал

Принцип дії машин постійного струму ґрунтується на законі електромагнітної індукції і законі Ампера. В обмотках полюсів статора постійним струмом (струмом збудження) створюється магнітне поле. Силві лінії його замикаються через сталеві станину, сердечники полюсів і сердечник якоря, двічі долаючи на своєму шляху повітряний

зазор між ними. Магнітний ланцюг чотирьохполюсної машини постійного струму розгалужений, симетричний. Якщо машина працює в режимі двигуна, то до якоря і до обмотки збудження машини одночасно підводиться постійний струм від джерела. Взаємодія магнітного поля полюсів статора із струмом обмотки якоря створює обертаючий електромагнітний момент, який і приводить в рух якор (ротор).

Статор (індуктор) машини постійного струму складається з циліндричної станини (корпусу), полюсів з обмоткою збудження і підшипникових щитів (рис. 2).

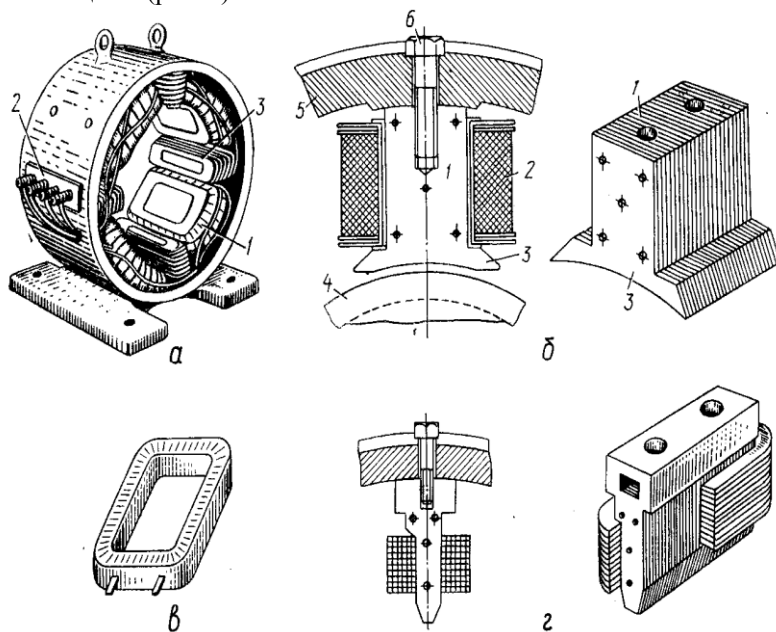


Рис. 2. Будова статора. а) 1 – головний полюс, 2 – щиток з виводами, 3 – додатковий полюс; б) 1 – сердечник, 2 – обмотка полюса, 3 – полюсний наконечник – башмак, 4 – якор, 5 – станина, 6 – болт-шпилька; в) обмотка головного полюса; г) додатковий полюс з обмоткою та його кріплення

Станину, що є основою нерухомої частини машини, відливають або зварюють із сталі з великою магнітною проникністю. Станина в працюючій машині відіграє роль магнітопроводу. На внутрішній стороні станини симетрично з допомогою болтів закріплюють головні та додаткові полюси. У машинах малої і середньої потужностей до циліндричної станини з торців кріпляться підшипникові щити з підшипниками. У потужних машинах підшипники іноді виносяться на окремі стояки.

Головні полюси із струмом в котушках обмотки (рис. 2,а і б) створюють в машині магнітне поле. Кожен полюс є електромагнітом, що складається із сталевго сердечника з полюсним наконечником (башмаком) і котушкової обмотки з ізолюваного мідного дроту (рис. 2,в). Обмотку основних полюсів називають обмоткою збудження машини. Сердечник полюса для зменшення втрат на вихрові струми набирається у вигляді пакету з листової електротехнічної сталі завтовшки 0,5-2 мм і стягується шпильками.

Додаткові полюси (рис. 2,г) мають конструкцію аналогічну головним, але їх сердечники частіше робляться з литої сталі і мають малу магнітну індукцію. Вони встановлюються симетрично між основними полюсами (рис. 2,а).

Додаткові полюси мають обмотку з товстого ізолюваного дроту, яка включається послідовно з якорем, і призначені для усунення іскріння щіток.

Якір (ротор) машини постійного струму (рис. 1, б) складається із сталевго валу, сталевго сердечника, обмотки і колектора.

Сердечник якоря (рис. 3,а) є циліндричним барабаном, на зовнішній поверхні якого фрезерують пази в які закладають обмотку якоря. Для зменшення втрат на вихрові струми (під час роботи якір обертається в постійному і нерухомому магнітному полі статора) сердечник набирається

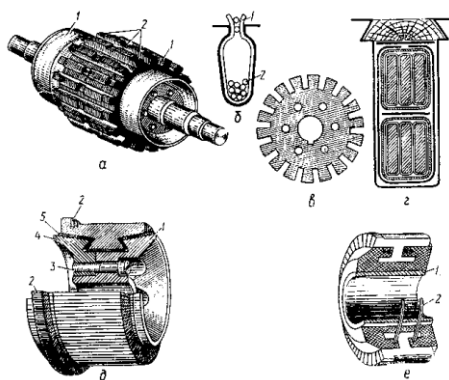


Рис. 3. Будова якоря: а) 1 – прижимні шайби, 2 – канавки для бандажа; б) 1 – ізоляція паза, 2 – всипна обмотка, в) 1 – корпус-втулка, 2 – виступ колекторної пластини, 3 – стяжний болт, 4 – зажимне кільце, 5 – міканітова ізоляція, е) 1 – металічна втулка,

з ізованих штампованих листів електротехнічної сталі завтовшки 0,35 або 0,5 мм. Сердечник жорстко закріплюється на валу. Для кращого охолодження в сердечнику якоря є осеві вентиляційні канали, а в машинах великої потужності - і радіальні канали між пакетами сердечника.

Колектор (рис. 3,д) набирається з клиноподібних мідних пластин (ламелей), які ізовлюються один від одного міканітом. У проріз виступу колекторної пластини припаюють два кінці сусідніх секцій обмотки якоря.

Принцип дії двигунів полягає в наступному (рис. 4).

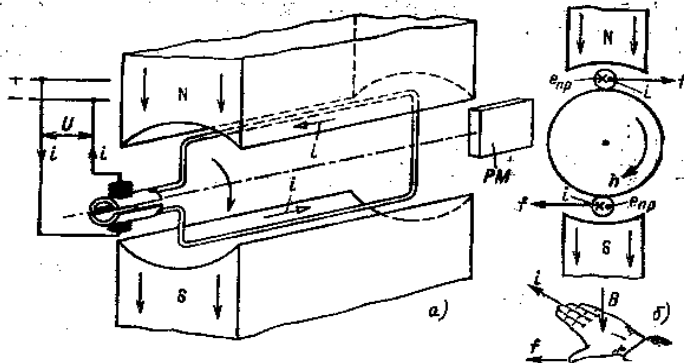


Рис. 4. Принцип дії двигуна

Якщо до обмоток збудження підвести постійну напругу, то внаслідок проходження струму виникає магнітне поле статора  $\Phi$ . Оскільки обмотки знаходяться на головних полюсах, створюються постійні магнітні полюси  $N$  та  $S$ . Якщо через щітки та колектор підвести до якоря двигуна постійну напругу, то по обмотках якоря піде струм  $I_{я}$ . Згідно закону Ампера, якщо провідник із струмом знаходиться в магнітному полі, то на нього діє сила, направлена перпендикулярно до напрямку індукції та сили струму. Наявність колектора в двигунах постійного струму забезпечує зміну напрямку струму в обмотках якоря при переході секцій через геометричну нейтраль. Завдяки цьому обертальний момент залишається сталим за напрямом і величиною. Напрямок сили визначають за правилом лівої руки. Для зміни напрямку дії сили необхідно змінити напрям сили струму в обмотці якоря або в обмотці збудження.

Більш докладну інформацію можна отримати із приведеної в інструкції літератури.

## САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. По літературі до лабораторної роботи вивчити будову, принцип дії, технічні характеристики та галузі застосування двигунів постійного струму.

2. По інструкції до лабораторної роботи ознайомитись з порядком виконання роботи та проаналізувати схеми.

3. Коротко письмово відповісти на одне з питань для перевірки, що приведені в кінці лабораторної роботи. Номер питання приймається за останньою цифрою залікової книжки.

### ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з двигунами постійного струму, вимірювальними приладами та іншим обладнанням, яке використовується в роботі. Записати до протоколу технічні характеристики двигуна (таблиця 1).

2. Вивчити будову двигуна постійного струму, користуючись машиною в розібраному вигляді. Звернути увагу на конструкцію магнітопроводу, обмоток збудження, а також на якір, щіткотримачі з щітками і колектор. Замалювати ескіз магнітного кола двигуна, вказавши розміщення основних частин двигуна. Замалювати розміщення затискачів двигуна в з'єднувальній коробці і вказати їх призначення. Розглянути якір двигуна постійного струму з розібраною обмоткою.

3. Визначити за допомогою містка або методом вольтметра-амперметра опори обмотки якоря і додаткових полюсів  $R_{я}$ ,  $R_{Д}$ , послідовної  $R_{С}$  та паралельної  $R_{III}$  обмоток збудження робочого двигуна постійного струму. Користуючись результатами вимірювань і паспортними даними обчислити необхідний опір пускового реостату  $R_n$  з умови  $I_n = 2I_n$  (пусковий струм при вмиканні дорівнює подвійному номінальному). Дані вимірювань занести до таблиці 2.

4. Враховуючи дані на щитку двигуна, визначити можливі схеми підключення його до мережі постійного струму. Скласти схеми (рис. 5) і після перевірки їх викладачем запустити двигун в хід. *Перед вмиканням обмоток двигуна на напругу реостат  $R_n$  встановити в положення ВВЕДЕНУ, реостат  $R_3$  в положення ВИВЕДЕНУ*

(зверніть увагу на напрямок обертання вала). Зупиніть двигун, поміняйте місцями провідники під'єднання до мережі, зверніть увагу на напрямок обертання вала. Перевірити всі способи реверсування двигуна (змінити напрям струму в обмотці якоря, не змінюючи в обмотці збудження і навпаки).

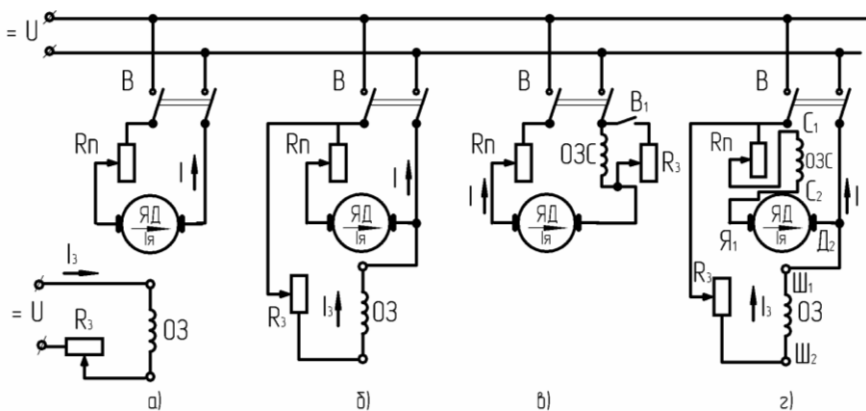


Рис. 5. Електричні схеми вмикання двигунів постійного струму:  
 а) з незалежним, б) паралельним, в) послідовним,  
 г) мішаним збудженням

5. Ввімкнути двигун постійного струму в мережу за допомогою спеціального пускового реостату (рис. 6). Після перевірки схеми запустити двигун у хід. Виміряти пусковий струм двигуна  $I_{ян}$ , струм якоря  $I_{я}$  при холостому ході і струм обмотки збудження  $I_3$ . Дані вимірювань занесіть до таблиці 3.

6. Ознайомитись з будовою і роботою реостата РП 2521.

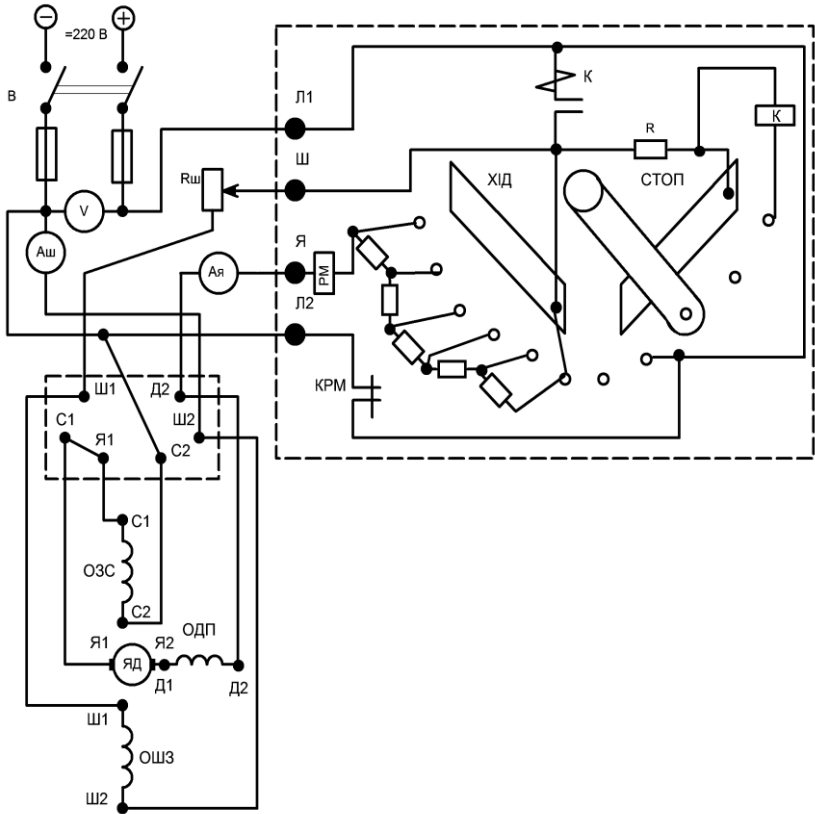


Рис. 6. Схема вмикання двигуна постійного струму за допомогою пускового реостата



## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Будова та принцип дії двигуна постійного струму. Назвіть основні частини двигуна та поясніть їх призначення.
2. Що можна визначити за паспортними даними двигуна?
3. Які втрати потужності виникають в двигуні при його роботі? Як визначити втрати потужності в двигунах постійного струму?
4. Як виміряти опір обмоток двигунів постійного струму?
5. Як визначити опір пускового реостата?
6. Як запустити двигун постійного струму в хід?
7. Як змінити обертання ротора двигуна постійного струму з мішаним збудженням?
8. Намалюйте і поясніть енергетичну діаграму двигуна постійного струму.
9. Які втрати потужності в двигунах постійного струму є сталими і які змінними та чому?
10. Назвіть переваги і недоліки двигунів постійного струму.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка / В.А.Вартабедян – 4-е вид., перероб. и доп. – К.: Вища шк. Головне вид-во, 1986. – С. 197-200.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – С. 297-304.
3. Электротехника / А.П. Трегуб; Под ред. Э.В. Кузнецова. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – С. 343-351.
4. Борисов Ю.М. Липатов Д.Н. Общая электротехника. Учеб пособие для вузов. М., “Высшая школа”, 1974. – С. 426-433.
5. Вольнский Б.А. и др. Электротехника / Б.А. Вольнский, Е.Н. Зейн, В.А. Шатерников: Учеб пособие для вузов, – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 528 с. – С. 332-341.
6. Общая электротехника: Учеб. пособие для вузов / Под ред. д-ра техн. наук А.Т. Блажкина. – 4 –е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1986. – 592 с. С. 364-384.

## ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Запишіть основні технічні характеристики двигуна постійного струму.

Таблиця 1

Тип двигуна	Основні технічні характеристики

2. Запишіть значення опорів обмотки якоря і додаткових полюсів  $R_{я}$ ,  $R_{д}$ , послідовної  $R_{с}$  та паралельної  $R_{ш}$  обмоток збудження двигуна постійного струму та визначте опір пускового реостата (табл. 2).

Таблиця 2

Виміряно				Обчислено
$R_{я}$	$R_{д}$	$R_{с}$	$R_{ш}$	$R_{п}$

3. Запишіть дані вимірювань пускового струму двигуна  $I_{яп}$ , струму якоря  $I_{я}$  при холостому ході і струму обмотки збудження  $I_{з}$  (табл.3).

Таблиця 3

Виміряно		
$I_{яп}, A$	$I_{я}, A$	$I_{з}, A$

4. Використовуючи ескіз двигуна (рис. 7), підключіть двигун до мережі та визначте магнітні полюси машини і напрям обертання ротора. Варіант вибирається за номером бригади (табл. 4).

Таблиця 4

Точки підключення до мережі	Варіант					
	1	2	3	4	5	6
«+»	С1Я1 Ш1	С1Д2 Ш1	С1Я1 Ш2	С2Д2 Ш2	С2Я1 Ш2	С1Я1 Ш1
«-»	С2Д2 Ш2	С2Я1 Ш2	С1Я1 Ш1	С1Я1 Ш1	С1Д2 Ш1	С1Я1 Ш2

5. Зробіть висновок по роботі.

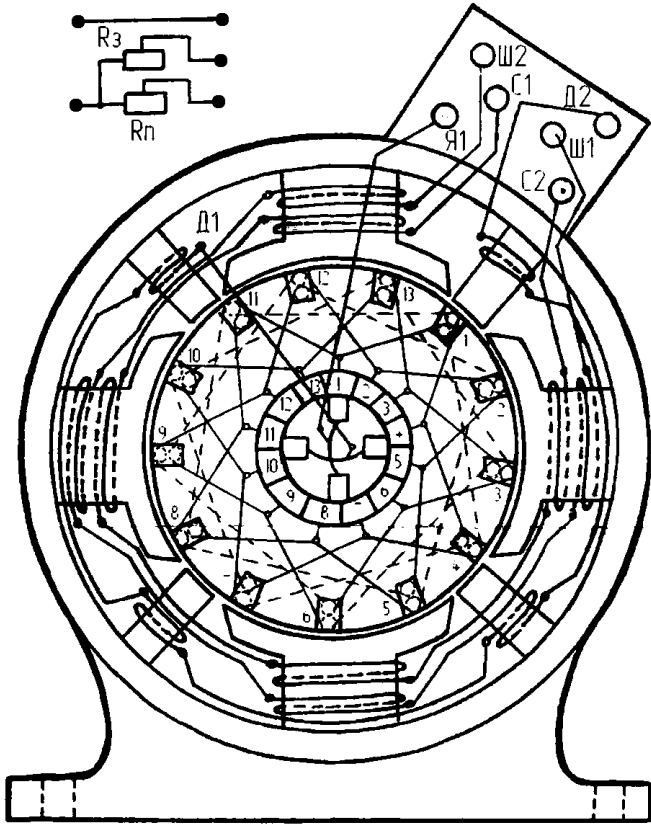


Рис. 7. Ескіз двигуна постійного струму

## РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

*Мета роботи.* Вивчити будову, принцип дії, технічні характеристики та освоїти методику і способи дослідження двигунів постійного струму.

*Знати:* будову, принцип дії, способи підключення двигунів до мережі та методику визначення їх параметрів та характеристик.

*Вміти:* пускати в хід, регулювати швидкість обертання, реверсувати двигун постійного струму, визначати його характеристики.

*Обладнання:* 1. Установка для дослідження двигуна постійного струму. 2. Вольтметр (0-250 В). 3. Вольтметр (0-75 В). 4. Амперметр (0-10 А). 5. Амперметр (0-2 А) – 2 шт. 6. Електронний тахометр. 7. Лабораторний автотрансформатор ( $U$  – до 50В). 8. Діодний місток.

### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Двигуни постійного струму призначаються для перетворення електричної енергії постійного струму в механічну енергію обертального руху. Двигуни мають дві основні частини: індуктор та якір. Індуктор складається з магнітопроводу (станина та головні і додаткові полюси) і обмоток збудження. Якір складається з зубчастого сердечника, набраного з листової сталі, обмотки, укладеної в пази сердечника і колектора.

Принцип дії двигуна постійного струму ґрунтується на взаємодії магнітного потоку індуктора  $\Phi$  із струмом якоря  $I_{\text{я}}$ . При цьому виникає електромагнітний обертальний момент, який приводять якір в обертальний рух. Колектор в двигунах постійного струму забезпечує зміну напрямку струму в провідниках обмотки якоря при переході її від одного полюсу до іншого. Завдяки цьому обертальний момент двигуна є сталим за напрямком.

При обертанні якоря двигуна провідники якоря перетинають силові лінії магнітного поля індуктора і в них індукується е.р.с.  $E$ , яка спрямована (за правилом правої руки) назустріч струму якоря  $I_{\text{я}}$  тобто назустріч підведеній напрузі  $U$ . Е.р.с. якоря залежить від конструктивних параметрів двигуна (числа полюсів  $p$ , числа провідників якоря  $N$ , числа пар паралельних віток обмотки якоря

магнітного потоку індуктора  $\Phi$  і швидкості обертання якоря  $n$ :  $E = \frac{pN}{60a} \Phi_n = C_E \Phi_n$ .

Оскільки е.р.с. спрямована назустріч підведеній напрузі  $U$ , то її називають проти е.р.с.

Для будь-якого усталеного режиму роботи двигуна, враховуючи, що коло якоря має опір  $R_{я}$ , можна записати рівняння балансу напруг:

$U - E = I_{я} R_{я}$  звідки  $U = E + I_{я} R_{я}$ . Тобто, прикладена до двигуна напруга врівноважується проти е.р.с. двигуна та спадом напруги на активному опорі кола якоря.

Якщо обидві частини цього рівняння помножити на  $I_{я}$ , то одержимо рівняння потужності двигуна:  $I_{я} U = I_{я} E + I_{я}^2 R_{я}$  або  $P'_1 = P_{ем} + \Delta P_M$ , де  $P'_1 = UI_{я}$  – потужність, підведена до якоря двигуна;  $P_{ем} = EI_{я}$  – електромагнітна потужність, яка передається на вал двигуна;  $\Delta P_M = I_{я}^2 R_{я}$  – втрати потужності в міді якоря.

Електромагнітна потужність складається з потужності на валу двигуна  $P_2$ , яку віддає двигун і потужності при холостому ході  $\Delta P_0$ , тобто  $P_{ем} = P_2 + \Delta P_0$ .

Втрати холостого ходу  $\Delta P_0$  складаються із втрат у сталі двигуна на перемагнічування і механічних втрат  $\Delta P_{мех}$ . Якщо врахувати втрати потужності на збудження  $\Delta P_{зб} = UI_{зб}$ , то одержимо втрати двигуна:  $\Delta P = \Delta P_M + \Delta P_0 + \Delta P_{зб}$ .

К.к.д. буде дорівнювати:  $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P}$ . Маючи на увазі, що

$M = P / \omega_{мех}$ , можна одержати обертальний момент двигуна:

$M_{ем} = \frac{P_{ем}}{\omega_{ем}}$ , де  $\omega = 2\pi n / 60$  – кутова швидкість обертання якоря

двигуна. Виразивши  $P_{ем}$  через струм якоря  $I_{я}$  і його е.р.с.

$$E = \frac{pN}{60a} \Phi n \text{ одержимо: } M_{ем} = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_{я} = C_M \Phi I_{я}.$$

З одержаного рівняння електромагнітного моменту двигуна постійного струму видно, що зміна напрямку обертання двигуна можлива при зміні напрямку струму збудження  $I_{зб}$  (поток  $\Phi$ ), або напрямку струму в якорі  $I_я$ . При одночасній зміні напрямків обох струмів напрямок обертання вала двигуна не зміниться.

З рівняння е.р.с. кола якоря можна визначити струм якоря  $I_я$  –

$$I_я = \frac{U - E}{R_я}. \text{ В момент пуску двигуна } n = 0, \text{ тому і е.р.с.}$$

$$E = C_e \Phi_n = 0, \text{ а пусковий струм в якорі: } I_{ян} = \frac{U}{R_я}. \text{ Оскільки опір}$$

якоря дуже малий, то пусковий струм наближається до струму короткого замикання ( $I_{ян} = (10 \div 20)I_{яном}$ ), що небезпечно для двигуна. Щоб зменшити пусковий струм при пуску двигунів у хід (при вмиканні їх у мережу) необхідно послідовно з обмоткою якоря вмикати пусковий реостат. В цьому разі пусковий струм буде:  $I'_{ян} = \frac{U}{R_я + R_n}$ . Із

збільшенням швидкості обертання струм якоря зменшується і пусковий реостат виводиться.

Двигуни постійного струму, в залежності від способу з'єднання з мережею обмотки якоря та обмотки збудження класифікуються наступним чином: двигуни з незалежним, паралельним, послідовним і змішаним збудженням (рис. 1).

Двигуни з незалежним збудженням застосовуються в тих випадках, коли напруга збудження відмінна від напруги якоря, наприклад, виконавчі двигуни в системах автоматики.

У двигунах паралельного збудження (шунтові) напруга однієї мережі підводиться і до обмотки якоря, і до обмотки збудження. Струм живлення двигуна  $I = I_я + I_{зб}$ . Двигуни з паралельним збудженням застосовуються в схемах автоматизованого приводу, де з точки зору технології необхідне плавне і широке регулювання швидкості обертання.

Двигуни з послідовним збудженням (серієсні) мають послідовно з'єднану обмотку збудження з обмоткою якоря, тому струм якоря дорівнює струму збудження:  $I = I_я = I_{зб}$ . Електромагнітний момент

цього двигуна пропорційний квадрату струму:  $M_{em} = C_M \Phi I_{\text{я}} = C'_M I_{\text{я}}^2$ ,  
 ( $\Phi = k I_{\text{я}}$ ).

Двигуни з послідовним збудженням застосовуються як тягові на заводському і шахтному електротранспорті, у метро і трамваях, на приміських і магістральних електрифікованих залізницях.

Двигуни з мішаним збудженням (компаундні) мають дві обмотки збудження, включені одна послідовно, друга паралельно до якоря. Послідовна обмотка має невелику кількість витків і включається узгоджено або зустрічно. Ці двигуни застосовуються в тролейбусах і на електрифікованих залізницях, у потужних прокатних станах і в текстильній промисловості.

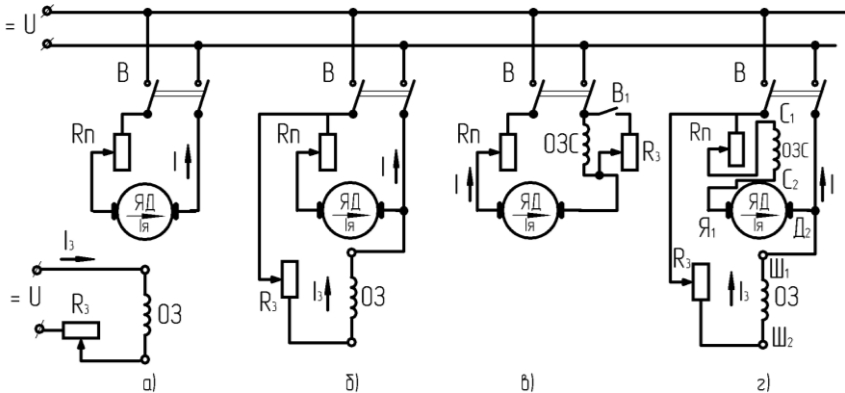


Рис. 1. Електричні схеми вмикання двигунів постійного струму:  
 а) з незалежним, б) паралельним, в) послідовним,  
 г) мішаним збудженням

Двигуни постійного струму найбільш повно задовольняють вимоги виробників до двигунів: створювати достатній обертальний момент, підтримуючи сталю швидкість обертання при зміні навантаження і при необхідності регулювати швидкість обертання в широких межах. З формули  $E = C_e \Phi_n = U - I_{\text{я}}(R_{\text{я}} - R_p)$  можна



визначити швидкість обертання вала двигуна:  $n = \frac{U - I_{\text{я}}(R_{\text{я}} - R_p)}{C_e \Phi}$ , де

$R_p$  – опір регулювального реостата в колі якоря.

З одержаної формули видно, що швидкість обертання вала двигунів постійного струму можна регулювати трьома способами: а) зміною опору кола якоря при допомозі реостата  $R_p$  б) зміною потоку  $\Phi$  (струму збудження при допомозі реостата в колі збудження), в) зміною напруги  $U$  підведеною до двигуна.

Двигуни постійного струму характеризуються номінальними параметрами: напругою  $U_n$ , на яку вони вмикаються, струмом  $I_n$ , який вони споживають, потужністю  $P_{2n}$ , яку вони віддають при номінальному навантаженні, швидкістю обертання  $n_n$  при цьому навантаженні. Ці параметри вказуються на паспорті двигунів. Властивості двигунів під час пуску характеризують: пусковий струм  $I_n$ , пусковий момент  $M_n$ , тривалість пуску  $t_n$  та інші. Ці параметри можна знайти в каталогах. Крім того, властивості двигунів постійного струму характеризуються певними залежностями (характеристиками) між їх параметрами при зміні режиму навантаження: а) характеристика холостого ходу  $n = f(I_{\text{зб}})$  при  $U = U_n = \text{const}$ ,  $P_2 = 0$  (рис. 2);

б) робочі характеристики  $n, M, I_{\text{я}}, n = f(P_2)$  (рис. 4) (до робочих також відносяться швидкісна  $n = f(I_{\text{я}})$  і механічна  $n = f(M)$  характеристики (рис. 3) Всі ці характеристики знімаються при  $U = U_n = \text{const}$ ;

в) регулювальна характеристика  $I_{\text{зб}} = f(I)$  при  $U = U_n = \text{const}$ . Характеристика холостого ходу  $n = f(I_{\text{зб}})$  може бути знята тільки для двигунів паралельного, незалежного і мішаного збудження.

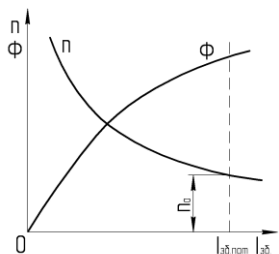


Рис. 2.  
Характеристика  
холостого ходу  
двигуна з

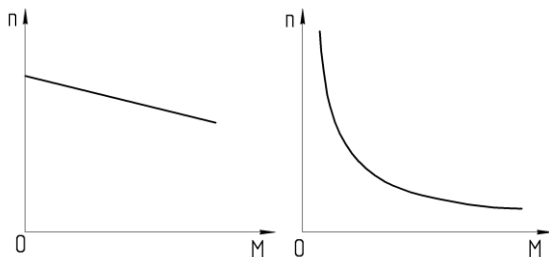


Рис. 3. Механічні характеристики двигуна з  
паралельним та послідовним збудженням

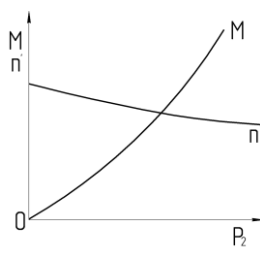
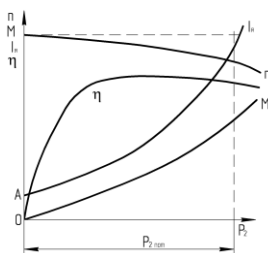
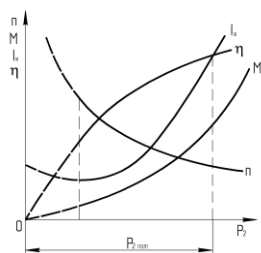


Рис. 4. Робочі характеристики двигуна з паралельним,  
послідовним мішаним збудженням

## САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. По літературі до лабораторної роботи вивчити будову, принцип дії, технічні характеристики постійного струму.
2. По інструкції до лабораторної роботи ознайомитись з порядком виконання роботи та проаналізувати схеми.
3. Коротко письмово відповісти на одне з питань для перевірки, що приведені в кінці лабораторної роботи. Номер питання приймається за останньою цифрою залікової книжки.

## ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з установкою для дослідження двигуна. Звернути увагу на спосіб навантаження двигуна. Записати паспортні дані двигуна до протоколу.

2. Ознайомитись з комутаційним обладнанням установки і вимірювальними приладами, записати їх технічні характеристики. Перевірити готовність установки, обладнання і вимірювальних приладів до роботи.

3. За допомогою містка виміряти опір обмотки якоря. Результати записати.

4. Зібрати схему (рис. 5) і підготувати двигун до запуску. Для цього треба встановити пусковий реостат двигуна  $R_n$  в положення **Введено**, а регулювальний  $R_3$  в положення **Виведено**.

5. Після перевірки схеми викладачем освоїти пуск і зупинку двигуна. Для пуску двигуна треба при **виведеному** реостаті  $R_3$  і **введеному**  $R_n$  ввімкнути вимикач  $S_1$ , після чого реостат  $R_n$  повністю вивести. Для зупинки **ввести** реостат  $R_n$  і **вивести** реостат  $R_3$  і вимкнути  $S_1$ .

6. Зняти характеристику холостого ходу двигуна  $n = f(I_{зб})$  при  $U = U_n = const$  та  $R_n = 0, P_2 = 0$ . Струм збудження змінювати (зменшувати) реостатом  $R_3$ . При цьому треба бути **обережним**, щоб не розірвати коло збудження. Результати записати до таблиці 1.

7. Зняти робочі характеристики двигуна при  $U = U_n = const, I_{зб} = const$ . Для цього запустити двигун, зняти покази приладів без навантаження (електромагніт вимкнено). Включити постійний електромагніт. Збільшувати напругу з допомогою ЛАТРа до значення, коли  $I_я = 1,2I_{яном}$ . Зменшуючи напругу ЛАТРа змінюють навантаження на якорі від  $I_я = 1,2I_{яном}$  до  $I_{xx}$ . Проводять 6-8 дослідів. Дані записати до таблиці 2.

8. Зняти регулювальну характеристику двигуна  $I_{зб} = f(I_я)$  при

$U = U_n = const$ ,  $n = n_0$ . Змінюючи навантаження від  $I_{я} = 1,2I_{яном}$  до  $I_{я} = I_{я0}$  і підтримуючи  $U = U_n = const$ ,  $n = const$  виміряти 8-10 разів значення струму якоря  $I_{я}$  і струму збудження  $I_{зб}$ . Результати занести до таблиці 3.

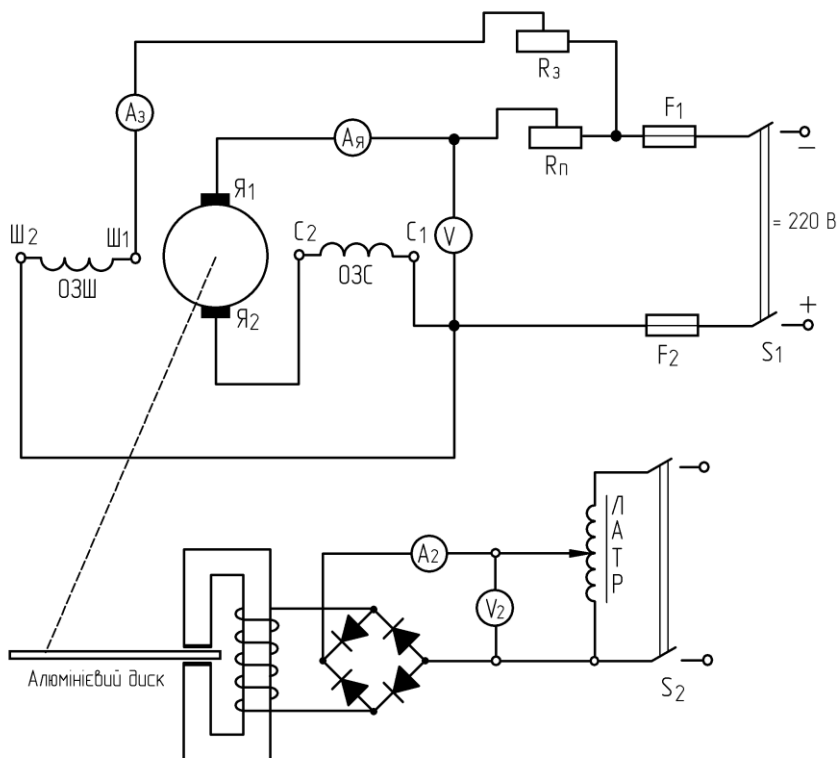


Рис. 5. Схема для дослідження двигуна постійного струму

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Поясніть принцип роботи машини постійного струму в режимі двигуна. Яка роль електромагнітного моменту і е.р.с. в цьому режимі.
2. Напишіть та поясніть формули е.р.с. і електромагнітного

моменту машини постійного струму.

3. Поясніть фізичну суть явища реакції якоря.
4. Вкажіть умови, при яких знімається характеристика холостого ходу. Поясніть хід характеристики.
5. Напишіть формули, що характеризують роботу двигуна постійного струму.
6. Виведіть рівняння механічної характеристики двигуна постійного струму.
7. На прикладі двигуна паралельного збудження поясніть фізичні процеси і особливості пуску в хід двигуна постійного струму.
8. Зобразіть і поясніть механічні характеристики двигунів паралельного і послідовного збудження.
9. У якому випадку і чому можливий «рознос» двигуна паралельного збудження, послідовного збудження?
10. Перерахуйте способи регулювання частоти обертання вала двигунів паралельного та послідовного збудження.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка / В.А.Вартабедян – 4-е вид., перероб. и доп. – К.: Вища шк. Головне вид-во, 1986. – С. 200-208.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – С. 304-312.
3. Электротехника / А.П. Трегуб; Под ред. Э.В. Кузнецова. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – С. 351 – 359, 364-376.
4. Борисов Ю.М. Липатов Д.Н. Общая электротехника. Учеб пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1974. – С. 433-435, 453-470.
5. Вольнский Б.А. и др. Электротехника / Б.А. Вольнский, Е.Н. Зейн, В.А. Шатерников: Учеб пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 528 с. – С. 341-349, 359-371.
6. Общая электротехника: Учеб. пособие для вузов / Под ред. д-ра техн. наук А.Т.Блажкина. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1986. – 592 с. С. 389-398.

#### ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Результати дослідження двигуна в режимі холостого ходу запишіть в таблицю 1.

$$n = f(I_{30}), U = U_n = \text{const}, R_n = 0, P_2 = 0.$$

Таблиця 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I_{зб}, A$										
$n,$ об/хв										

2. Результати дослідження двигуна в режимі навантаження запишіть в таблицю 2.

$$U = \quad , I_{зб} = const.$$

Таблиця 2

№		Виміряти			
		$I_я, A$	$n, об/хв$	$U_2, В$	$I_2, A$
1	Холостий хід				
2	Навантаження				
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

3. Зробіть необхідні обчислення і занесіть у таблицю 3 у відповідності до даних дослідження.

Таблиця 3

№	$P_1$ , Вт	$P_M$ , Вт	$\Delta P$ , Вт	$P_2$ , Вт	$\eta$	$M$ , Н*м
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Споживана двигуном потужність із мережі визначається так:

$$P_1 = U(I_{я} + I_{зб}).$$

Втрати двигуна включають:  $\Delta P = P_{xx} + P_M + P_3$ ,

де  $P_{xx} = \Delta P_C + \Delta P_{мех.} = UI_{яxx}$  – втрати холостого ходу;

$P_M = I_{я}^2 R_{я}$  – втрати в обмотці якоря;

$P_3 = UI_{зб}$  – втрати в обмотці збудження.

Потужність на валу двигуна:  $P_2 = P_1 - \Delta P$ .

Коефіцієнт корисної дії двигуна дорівнює:  $\eta = \frac{P_2}{P_1} * 100\%$ .

Момент на валу двигуна дорівнює:  $M = \frac{P_2}{2\pi n_2}$ .

За даними таблиці 1 побудуйте характеристику холостого ходу двигуна –  $n = f(I_{зб})$ .

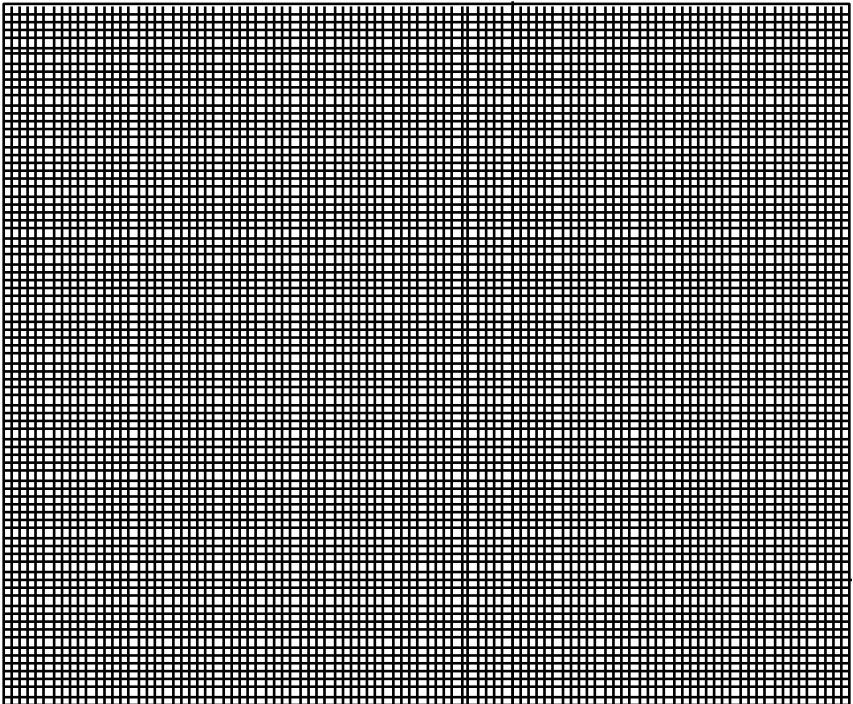
4. За даними таблиць 2 та 3 побудуйте робочі характеристики двигуна –  $I_{я}, M, n, \eta_o = f(P_2)$ .

5. За даними таблиць 2 і 3 побудуйте швидкісну  $n = f(I_{я})$  та механічну  $n = f(M)$ . характеристики.

6. Зробіть висновки по роботі.

#### ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЛОСТОГО ХОДУ

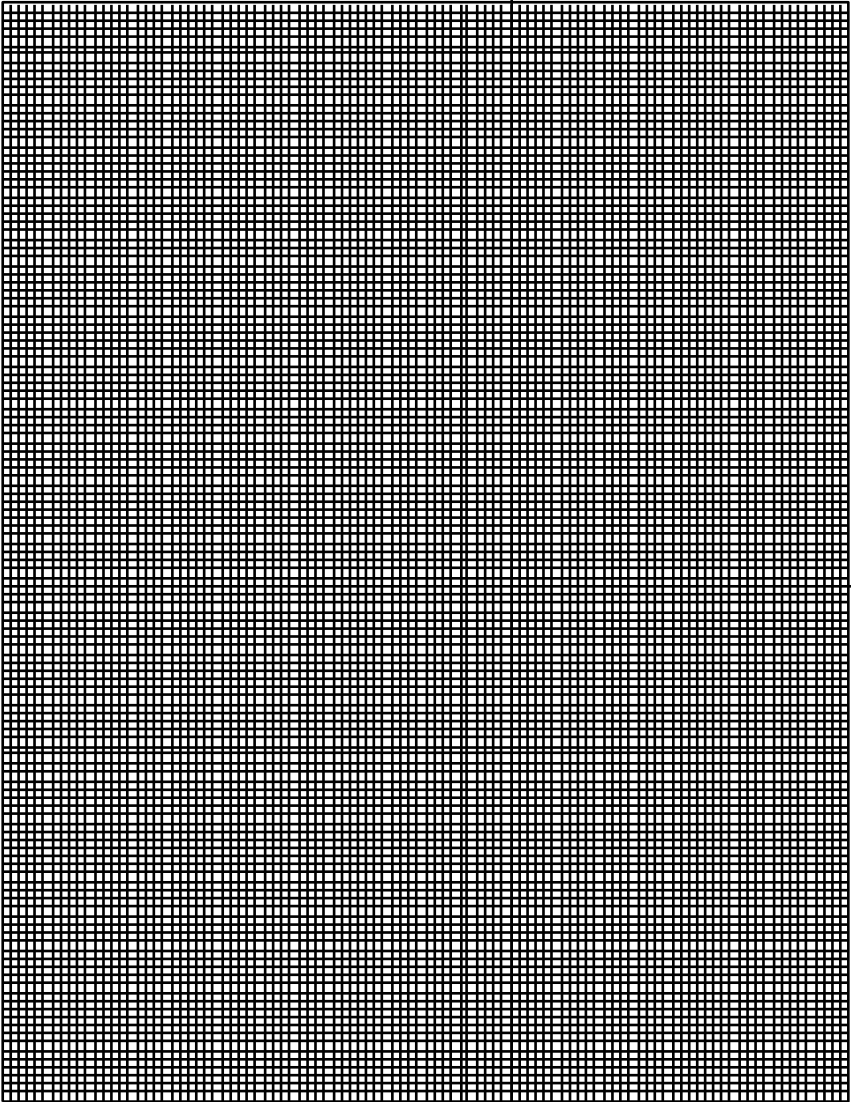
$$n = f(I_{зб})$$



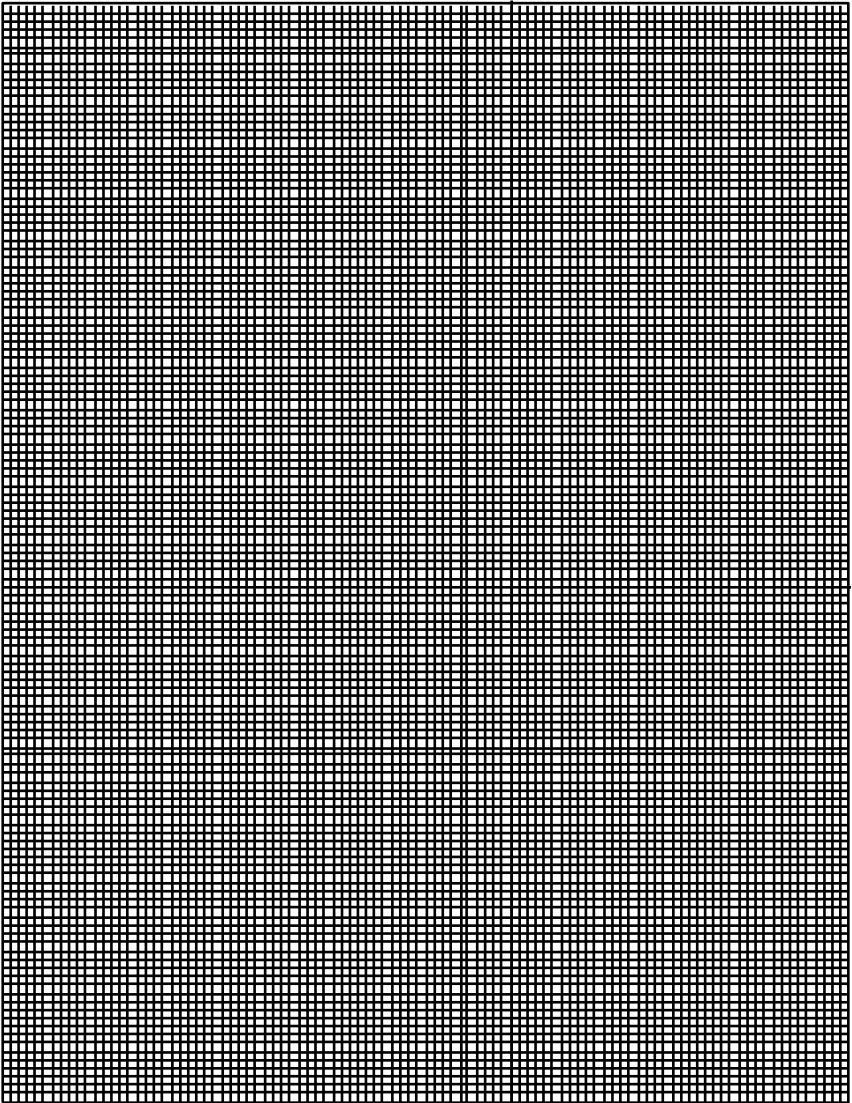


РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА

$$I_a, M, n, \eta_o = f(P_2).$$



ШВИДКІСНА  $n = f(J_{\text{я}})$  ТА МЕХАНІЧНА  $n = f(M)$ .  
ХАРАКТЕРИСТИКИ



## РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ

**ВИВЧЕННЯ АПАРАТІВ РУЧНОГО КЕРУВАННЯ  
ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ**

*Мета:* Вивчити будову, принцип дії і технічні характеристики основних типів апаратів ручного керування.

*Знати:* будову, принцип дії, технічні характеристики, умовні позначення в електричних схемах основних типів апаратів ручного керування.

*Вміти:* вибирати апарати ручного керування електроустановками відповідно до вимог електрообладнання.

*Обладнання:* стенд умовних позначень апаратів ручного керування на електричних схемах; комплект апаратів ручного керування різних типів

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Для керування роботою електричних машин застосовують різноманітну пускорегулювальну апаратуру: рубильники, пакетні вимикачі і перемикачі, контролери, пускові і регулювальні реостати та апаратуру автоматичного керування – реле, контактори і магнітні пускачі, запобіжники, різні автоматичні вимикачі тощо.

Керування приводами двигунів буває ручним і автоматичним. Захист електродвигунів від перевантаження, короткого замикання, підвищення, зниження і втрати напруги здійснюється автоматично.

До апаратури ручного керування належать рубильники, пакетні вимикачі і перемикачі, контролери і пускові реостати.

При виборі апаратів ураховують потужність і режим роботи привода, величину і т.ін. Для безпечної роботи вибирають апарати ручного керування так, щоб їх номінальний струм був утричі більший за струм споживачів.

*Рубильники і перемикачі* призначені для нечастої комутації (вмикання, вимикання і перемикання) електричних кіл постійного і змінного струмів напругою до 500 В.

Рубильники і перемикачі бувають одно-, дво- і триполюсні на різні струми і різних типів. На рис. 1 показано триполюсні рубильники з бічним приводом РПБ-31 та з центральним приводом РПЦ-31.

Рубильники монтують на щитах керування електричних станцій, трансформаторних підстанцій, на розподільних щитах і на щитках окремих двигунів. Губки рубильників встановлюють вертикально по виску на висоті 1,3-1,5м від підлоги. Пружини на ножах рубильника

регулюють так, щоб контакти під час вимикання розривали одночасно всі три фази. Контактні поверхні ножів і губок повинні бути чисті і щільні, а ножі повинні торкатись губок без перекосів.

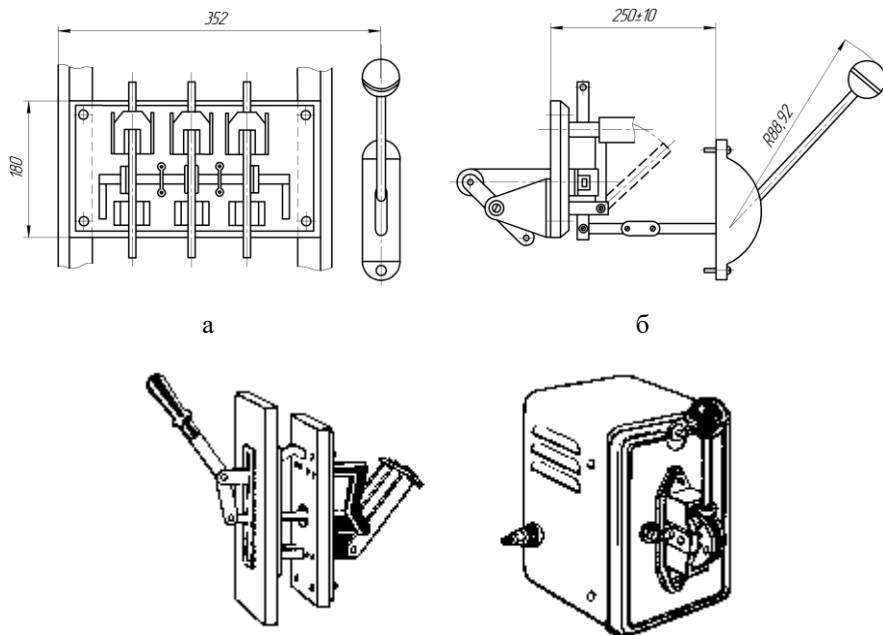


Рис. 1. Триполюсні рубильники: а – з бічним приводом РПБ-31;  
 б – з центральним важільним приводом РПЦ – 31;  
 в – у сталевому кожусі з важільним приводом.

Пакетні вимикачі і перемикачі (рис. 2) широко використовують як пускачі в асинхронних двигунах невеликої потужності з робочою напругою 380/220 В на струми до 100 А. Вони допускають до 300 вимикань на годину, бувають відкриті, захищені і герметичні, за кількістю полюсів одно-, дво- і триполюсні. Позначають їх так: ПВ1-10, ПВ2-60, ПВ3-10, ПП2-10/Н2, ПП3-100/Н2 і т. ін.

Особливістю пакетних вимикачів є те, що вони мають механізм миттєвого розривання кіл, і тому швидкість вмикання, вимикання і перемикання контактів не залежить від швидкості обертання ручки.

Контролери - це перемикачі барабанного (рис. 2), або кулачкового типу, призначені для пуску, регулювання швидкості й зміни напрямів обертання двигунів різних потужностей. Барабанні контролери

застосовують при кількості вмикань до 240, а кулачкові – до 600 за годину. Контролер вмонтовують у спеціальний кожух 5 і кріплять болтами у вертикальному положенні .

Контролери широко застосовують у трамваях, електровозах, кранах і т. ін.

*Пускові і регулювальні реостати* призначені для пуску двигунів постійного струму, а також асинхронних двигунів з фазним ротором.

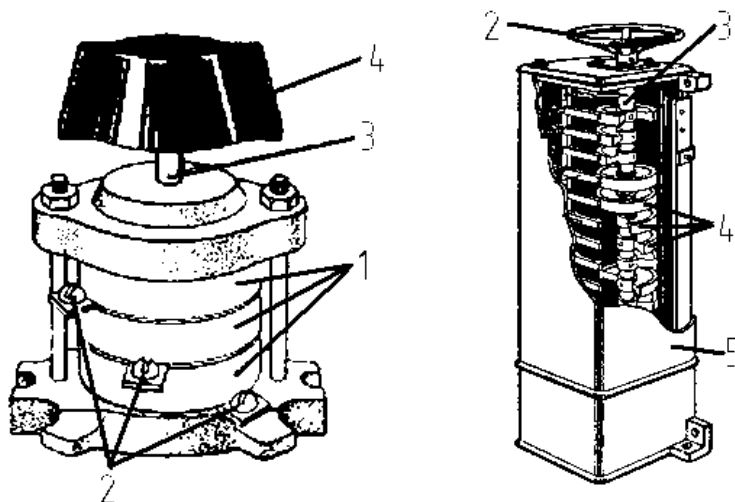


Рис. 2. Пакетний вимикач та барабанный контролер

Пускові реостати використовують тільки для пуску, а для регулювання швидкості обертання двигунів вони непридатні, бо під час тривалого проходження струму перегріваються. Регулювальні реостати розраховують на тривале проходження робочого струму.

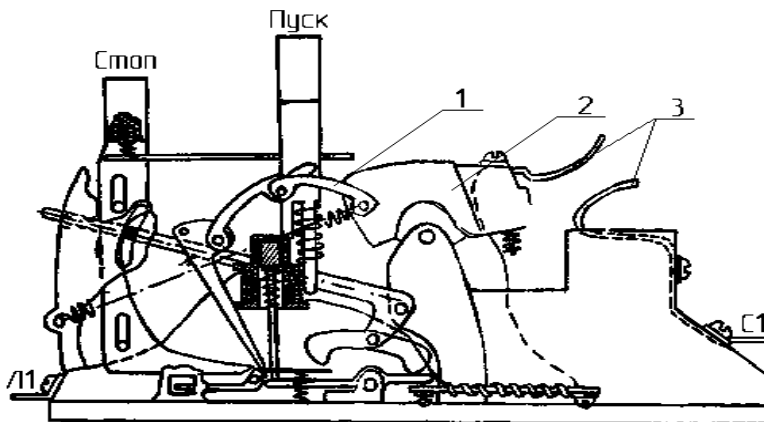


Рис. 3. Схема будови АП – 50

В силових колах змінного і постійного струму використовують автоматичні вимикачі багатьох серій в тому числі серій АП – 50, АЕ 1000 і АЕ 2000 для оперативного вмикання і вимикання електричних кіл, а також для захисту їх при перевантаженнях і коротких замиканнях. Автомати серії АЕ 1000 застосовують в колах однофазного струму, а АП – 50 та АЕ 2000 – в колах трифазного струму. На рис. 3 приведена будова апарату АП – 50.

### САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями, вивчити умовні позначення апаратів ручного керування.

2. Розробити і накреслити схему вмикання до електричної мережі трьох ламп розжарювання за допомогою указаних в таблиці 1 апаратів ручного керування. Варіант визначається за останньою цифрою номера залікової книжки.

3. Відповісти письмово в робочому зошиті на одне з контрольних запитань до даної роботи. Номер запитання приймається за останньою цифрою залікової книжки.

Таблиця 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
<b>Тип апарата</b>	Однополюсний вимикач	Три однополюсні вимикачі	Триполюсний вимикач	Однополюсний трипозиційний вимикач	Триполюсний автоматичний вимикач	Однополюсний вимикач та двопозиційний перемикач	Однополюсний і двополюсний вимикач	Два однополюсні вимикачі	Однополюсний вимикач і три позиційний перемикач	Триполюсний роз'єднувач

### ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з будовою і технічними характеристиками апаратів ручного керування.

2. Накреслити ескіз вимикача типу рубильник і умовні зображення одно-, дво- і трьохполюсного рубильників, указавши їх технічні характеристики.

3. Розглянути механізм фіксації та прискорення замикання і розмикання пакетного вимикача. Накреслити його ескіз та умовне позначення. Указати технічні характеристики.

4. Ознайомитись з будовою кнопки керування та кнопковою станцією, накреслити ескіз кнопки керування і дати її технічні характеристики і умовне зображення.

5. Вивчити будову перемикачів різної конструкції, накреслити ескіз шкільного перемикача. Дати умовні позначення п'яти перемикачів і привести їх технічні характеристики (за вказівкою викладача).

6. Ознайомитись з будовою автоматів типу АП-50-3М7 і А-3100. Накреслити механізм вільного розчеплення автомата типу АП-50 та його умовне позначення. Записати технічні характеристики автоматів. Звернути увагу на механізм дугогасіння.

7. Ознайомитись з кімнатним вимикачем освітлення та тумблерами побутових пристроїв. Вияснити роботу їх механізму фіксації.

8. Здійснити монтаж схеми вмикання трьох ламп до електричної сітки або трифазного двигуна (за вказівкою викладача).



## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Дати визначення вимикача і перемикача і привести їх основні умовні позначення в електричних схемах.
2. Як умовно позначаються вимикачі та перемикачі з самоповерненням, без самоповернення, роз'єднувачі з автоматичним розмиканням, з дугогасильними пристроями?
3. Якими технічними параметрами характеризуються апарати ручного управління різних типів? Призначення цих параметрів.
4. Пояснити роботу електромагнітного розчіплювача автомата АП-50 при короткому замиканні.
5. Як здійснюється автоматичне вимикання автомата АП-50 за допомогою електротеплового розчіплювача при перевантаженні?
6. Описати способи прискорення розмикання контактів з метою поліпшення дугогасіння в апаратах ручного керування?
7. Які засоби дугогасіння використовуються в апаратах ручного керування? Пояснити механізм дугогасіння.
8. Дати позначення типів апаратів ручного керування. Розшифрувати їх.
9. Описати механізми фіксації пакетного вимикача, універсального перемикача, тумблера, пояснивши їх роботу.
10. Які переваги і недоліки мають апарати ручного керування різних типів: рубильники, пакетні вимикачі, автомати?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна електротехніка / В.А.Вартабедян – 4-е вид., перероб. и доп. – К.: Вища шк. Головне вид-во, 1986. – С. 311-321.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб пособие для вузов. – 4 - е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – С. 424-427.
3. Электротехника / А.П. Трегуб; Под ред. Э.В. Кузнецова. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – С. 515-523.
4. Общая электротехника: Учеб пособие для вузов / Под ред. д-ра техн. наук А.Т. Блажкина; 4-е изд. перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. отд-ние, 1986. – С. 472-478.

## ЗВІТ ДО РОБОТИ

1. Дати креслення вимикачів типу "Рубильник", механізму прискорення і фіксації пакетного вимикача, креслення кнопки управління. Привести їх умовні позначення та технічні характеристики.

2. Накреслити схему вмикання трьох ламп до електричної мережі /за своїм варіантом/ та пояснити її роботу.

3. Накреслити схему механізму вільного розчеплення автоматичного вимикача АП-50 і пояснити його роботу в усіх режимах. Привести умовні позначення і технічні характеристики автоматів і пояснити їх.

4. Зробити висновки по роботі.

## КРЕСЛЕННЯ ТА ВИСНОВКИ

## **ВИВЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТОРІВ ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМУ**

*Мета роботи:* 1. Ознайомитись з призначенням і технічними характеристиками контакторів. 2. Вивчити будову, принцип дії і засоби дугогасіння контакторів. 3. Дослідити контактори постійного та змінного струму.

*Знати:* будову, принцип дії та застосування контакторів постійного та змінного струму.

*Вміти:* вибирати контактори постійного та змінного струму за їх технічними характеристиками; досліджувати контактори постійного та змінного струму.

*Обладнання:* 1. Амперметри. 2. Вольтметр (0-75-150-300-600В). 3. Реостати. 4. Ламповий реостат. 5. Контакттор постійного струму. 6. Контакттор змінного струму. 7. Кнопкові станції.

### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Важливими недоліками апаратів ручного керування електроустановками (вимикачів, рубильників, перемикачів, тощо) є неможливість забезпечення частоті комунікації малопотужних електричних кіл, обов'язкова присутність обслуговуючого персоналу, необхідність захисту персоналу від високої напруги. Крім того, при високих напругах ручні апарати взагалі не можуть забезпечити зручне та безпечне керування електроустановками.

Механізація комутації силових електричних кіл низької напруги (до 1000 В) здійснюється *контакторами*, в яких процес замикання та розмикання електричних кіл виконується електромагнітним приводом, а людина тільки керує цим процесом.

*Контакттор* – це електромагнітний апарат, призначений для частих замикань і розмикань у силових колах постійного (з напругою до 440 В) та змінного (з напругою до 660 В) струмів. Сучасні контактори витримують до 20 млн. вимикань, розриваючи струми 100-600 А, за дуже малий час – 0,04-0,1 с. Оскільки процес комутації за допомогою контакторів механізований, то управління ним можна частково або повністю автоматизувати. Контакттори забезпечують також автоматичний захист від нульової та мінімальної напруги і різні автоматичні блокування. Крім напівавтоматичного та автоматичного керування електроустановками контактори дозволяють здійснювати дистанційне керування. Однак слід мати на увазі, що контактори не захищають від коротких замикань та перевантажень, тому їх використовують разом з апаратами автоматичного захисту

електроустановок.

Незалежно від призначення і конструктивних особливостей всі контактори складаються з таких основних частин: головні (робочі) контакти, електромагнітний привод, дугогасильний пристрій, блокуючі контакти. В залежності від конструкції головних контактів контактори поділяються на прямо ходові, в яких рухомі контакти при спрацюванні переміщуються прямолінійно, і поворотні, в яких рухомі контакти повертаються навколо осі.

В залежності від кількості головних контактів контактори бувають однополюсні та багатопольсні. Крім головних контактів, контактори можуть мати від одного до п'яти блокуючих контактів, призначених для комутації в оперативних колах (колах керування).

Будову контактора постійного струму зображено на рис. 1.

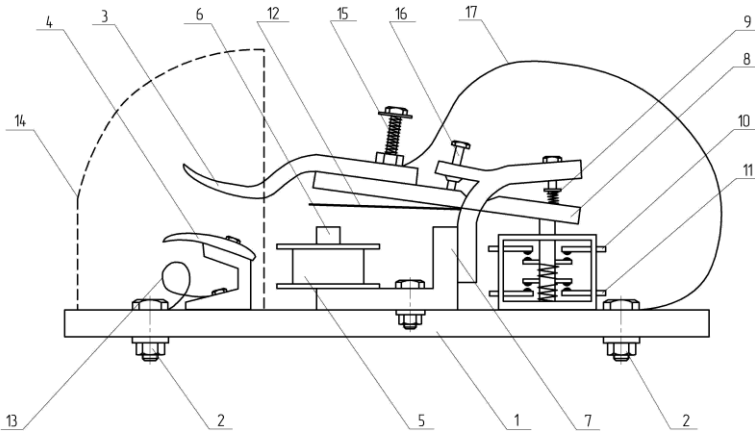


Рис. 1. Контактр постійного струму

Коли через котушку 5 пройде струм, то виникне тягове зусилля під дією якого яр 8 притягнеться до стержня 6. При цьому нижній нерухомий контакт головних контактів 4 зімкнеться з верхнім рухомим 3. Струм буде проходити так: клемма головного робочого контакту 2, котушка магнітного дугтя 13, головний нерухомий 4 та верхній рухомий 3 контакт, гнучкий струмопровід 17, клемма головного контакту 2. Одночасно будуть замикатись або розмикатись блок-контакти 10 та 11.

На рисунку 2 приведено будову контактора змінного струму. Будова та принцип дії контакторів подібні. Відрізняються вони, в основному, тільки конструктивними особливостями: магнітопровід контактора постійного струму штампований або відлитий, а змінного – набраний з

листів електротехнічної сталі (шихтований); контактори постійного струму, як правило, однополюсні або двополюсні, а змінного триполюсні.

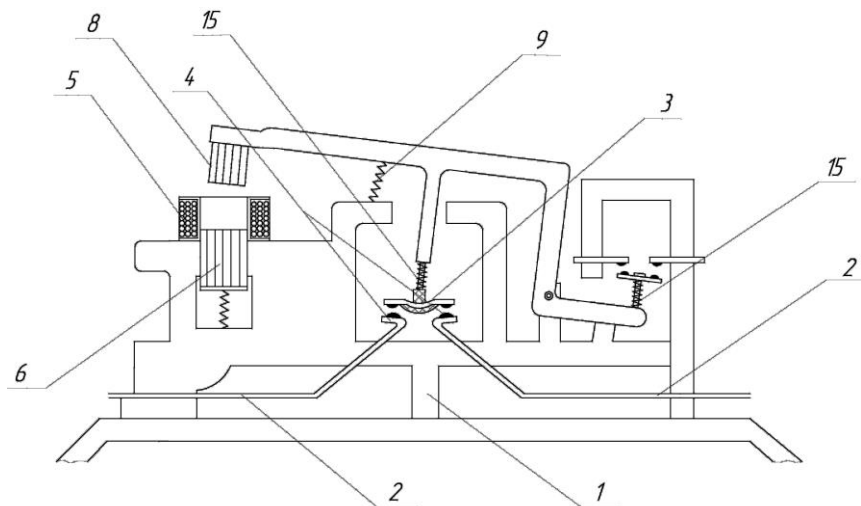


Рис. 2. Контактор змінного струму

Для гасіння дуги, яка виникає при розриві електричного кола, головні контакти обов'язково мають дугогасильну систему. В апаратах низької напруги використовуються три види дугогасіння: 1) відкритий розрив – електрична дуга горить і гаситься в атмосфері повітря; 2) гасіння для кожної пари контактів у вузьких камерах з термостійкого матеріалу (азбест, кераміка тощо) з щілинами або без них; 3) гасіння в камері з дугогасильною (деіонною) решіткою, що складається з обміднених сталевих пластин, які розбивають дугу на короткі відрізки і охолоджують її як радіатор. В контакторах використовують другий та третій види дугогасіння та їх комбінації.

#### САМОСТІЙНА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитись за даною інструкцією та літературою з будовою і принципом дії контакторів.
2. По інструкції до лабораторної роботи ознайомитись з порядком виконання роботи та проаналізувати дослідні схеми.

3. Описати будову і призначення елементів контактора згідно варіанту (табл.1). Варіант визначається за останньою цифрою номера залікової книжки

Таблиця 1

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Позиція елемента на рис. 1	17	16	3	4	5	6	7	8	9	10
Позиція елемента на рис. 2	13	5	10	11	12	13	14	15	2	1

## ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з апаратурою та вимірювальними приладами, які використовуються в роботі і записати до протоколу їх технічні характеристики. Вивчити схему вмикання споживачів постійного струму за допомогою контактора та дію нульового захисту. Зберіть схему рисунок 3 і, після перевірки схеми викладачем, виконайте наступне: при **виведеному** реостаті  $R_p$  і **вимкненому** тумблері  $T$  подайте до кола за допомогою вимикача  $S$  напругу постійного струму 220 В. Натиснувши кнопку “Пуск”, спостерігати роботу контактора: подання напруги до споживачів  $R_n$  та вимикання напруги при натискуванні кнопки “Стоп”. Потім знову ввімкнути споживачі кнопкою “Пуск” та вимикачем  $S$  зняти і швидко подати напругу до кола. Спостерігати дію нульового захисту. Проробити ті ж самі операції, замикаючи коло котушки тумблером. Висновок із спостереження запишіть до протоколу.

2. Дослідити контактор постійного струму. Для цього в схемі (рис. 3) необхідно **ввести** реостат  $R_p$  і подати напругу до кола. Увімкнувши тумблер  $T$ , поступово виводити реостат  $R_p$ , спостерігаючи за приладами. Записати їх покази в момент вмикання контактора. Встановити реостатом  $R_p$  номінальну напругу  $U_n$  та виміряти номінальний струм  $I_n$ . Збільшуючи опір реостата  $R_p$ , зафіксувати напругу  $U_e$  та струм  $I_e$ , при яких робочі контакти онтактора розімкнуться. Результати вимірювань занести до таблиці 2

3. Дослідити роботу системи дугогасіння. Для цього скласти схему рис. 4. При замкненому рубильнику  $P$  та **введеному** реостаті  $R_n$  включити і виключити контактор за допомогою кнопкової станції декілька разів. Спостерігати гасіння дуги в камері контактора. Потім ввімкнути коло контактором, а розімкнути його рубильником  $P$ , спостерігати дугу. Зробити висновок із спостереження і записати його до протоколу.

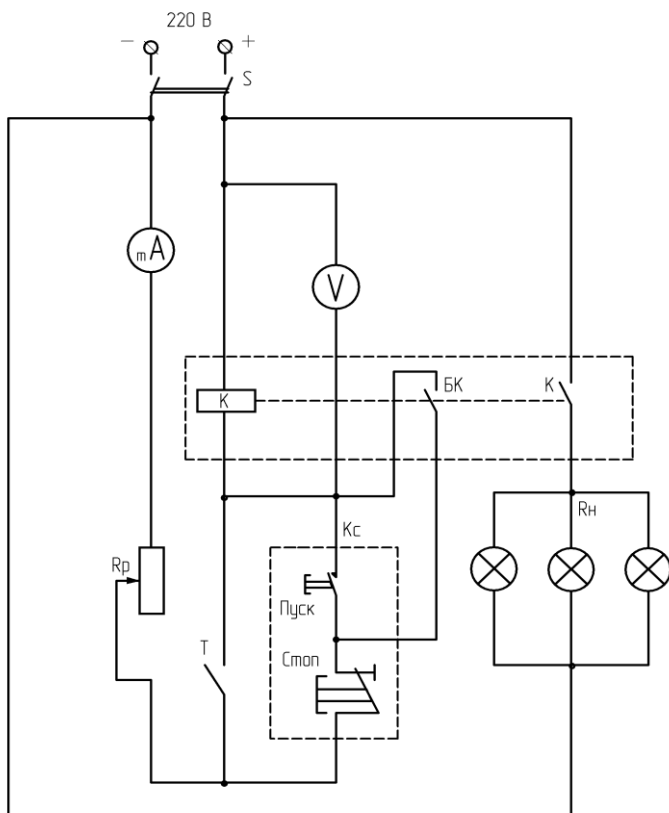


Рис. 3. Схема для дослідження контактора постійного струму

4. Зібрати схему рис. 5. з контактором змінного струму. Після перевірки схеми викладачем, виконайте наступне: при **виведеному** реостаті  $R_p$  і **вимкненому** тумблері  $T$  подайте до кола за допомогою вимикача  $B$  напругу змінного струму. Натиснувши кнопку “Пуск”, спостерігати роботу контактора: подання напруги до споживачів  $R_n$  та вимкнення напруги при натискуванні кнопки “Стоп”. Потім знову ввімкнути споживачі кнопкою “Пуск” та вимикачем  $B$  зняти і швидко подати напругу до кола. Спостерігати дію нульового захисту.



Проробити ті ж самі операції, замикаючи коло котушки тумблером. Висновок із спостереження запишіть до протоколу.

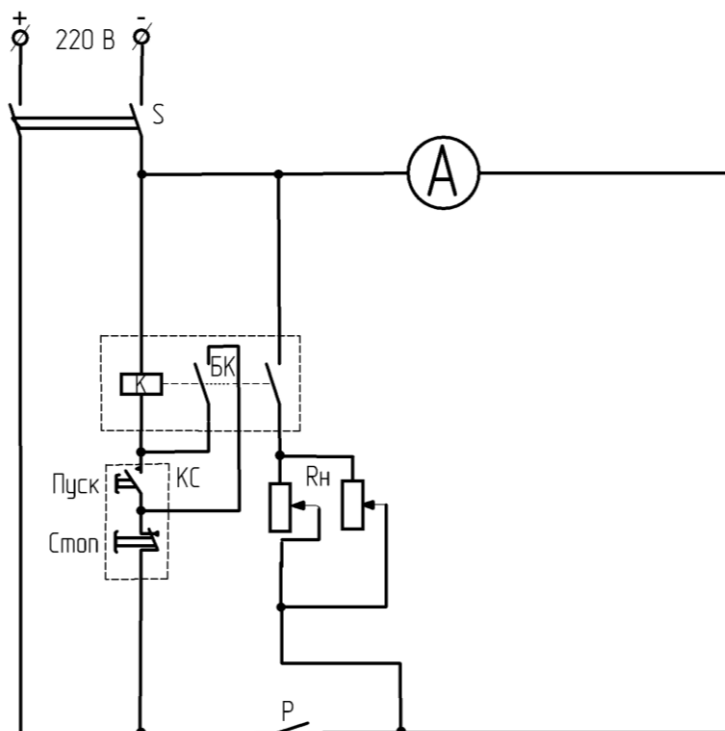


Рис. 4. Схема для дослідження механізму дугогасіння

5. Дослідити контактор змінного струму. Для цього в схемі (рис. 5) необхідно **ввести** реостат  $R_p$  і подати напругу до кола. Увімкнувши тумблер  $T$ , поступово виводити реостат  $R_p$ , спостерігаючи за приладами. Записати їх покази в момент вмикання контактора. Встановити реостатом  $R_p$  номінальну напругу  $U_n$  та виміряти номінальний струм  $I_n$ . Збільшуючи опір реостата  $R_p$ , зафіксувати напругу

$U_e$  та струм  $I_e$ , при яких робочі контакти контактора розімкнуться. Результати вимірювань занести до таблиці 2.

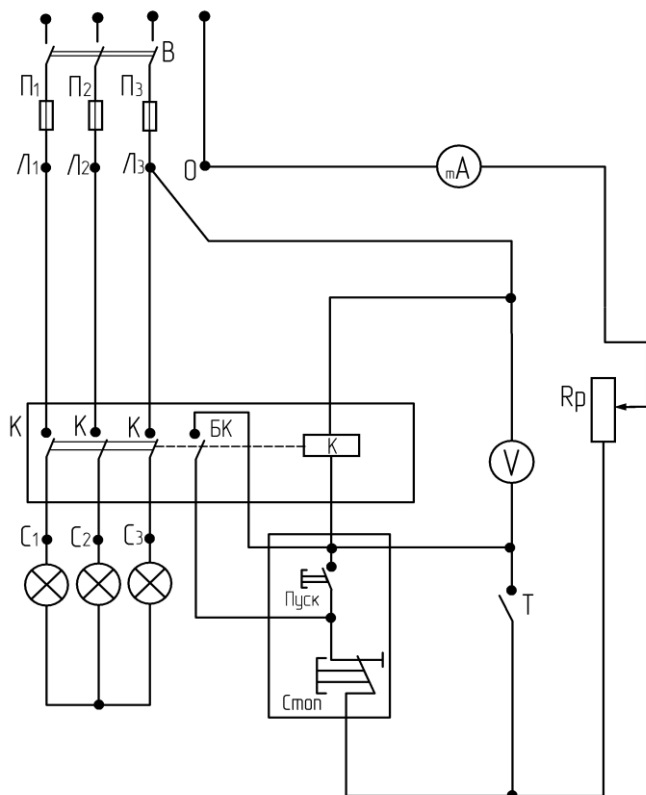


Рис. 5. Схема для дослідження контактора змінного струму

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Дайте визначення контактора.
2. Яке призначення контакторів постійного та змінного струму?
3. Що називають дистанційним керуванням електроустановками?
4. Що називають напівавтоматичним керуванням електроустановками за допомогою контактора?
5. Поясніть суть автоматичного керування електроустановками за допомогою контакторів?



3. За результатами вимірювань (табл. 2) обчисліть коефіцієнт перекриття  $K_U$  та  $K_I$  та поясніть їх фізичну суть.
4. Поясніть результати дослідження механізму дугогасіння.
5. Зробіть висновки по роботі.

## РОЗРАХУНКИ ТА ВИСНОВКИ

## ОСНОВНІ ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Перед початком лабораторних занять студенти повинні ознайомитись з правилами техніки безпеки і суворо дотримуватись їх при виконанні лабораторних робіт. Необхідно дотримуватись наступних правил безпеки:

1. Перед початком роботи слід перевірити відсутність напруги на затискачах джерела дослідного стенда.

2. Після складання схема обов'язково перевіряється викладачем або лаборантом.

3. Вмикати схему в мережу без попередньої перевірки її викладачем або лаборантом **категорично забороняється**.

4. Подавати на схему напругу можна тільки переконавшись, що ніхто не торкається до струмопровідних частин схеми.

5. Перед вмиканням кола під напругу попередити про це всіх членів бригади.

6. Після вмикання схеми забороняється торкатися руками проводів і частин приладів, що знаходяться під напругою.

7. Будь-які зміни в схемі кола виконувати тільки після відключення її з мережі. Вмикання в мережу після внесених змін проводити з дозволу викладача.

8. При виявленні відхилень у роботі елементів кола негайно відключити його від мережі і повідомити про це викладача або лаборанта.

9. Категорично забороняється залишати без нагляду електроустановку, що знаходиться під напругою.

10. Розбирати коло можна тільки після відключення його від джерела напруги на дослідному стенді.

11. Головні вимикачі вмикаються й вимикаються тільки викладачем або лаборантом.

12. При нещасному випадку негайно вимкнути напругу і надати першу допомогу тому, хто постраждав від електричного струму.

## ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Кожна лабораторна робота виконується на окремому дослідному стенді. Виконання роботи передбачає складання схем, проведення вимірювань, обробку отриманого дослідного матеріалу, складання звіту досліджень.

Перед складанням схеми необхідно ознайомитися з матеріальною частиною.

Дуже важливо спочатку з'ясувати, які прилади відповідають тим чи іншим позначенням схеми.

Перед початком складання електричної схеми необхідно переконавшись у тому, що напруга на затискачах джерела живлення відсутня.

Складаючи схему досліджень, основну увагу треба звернути на надійність контактів.

При складанні кола завжди слід збирати спочатку головне послідовне коло з амперметром і струмовими колами ватметрів, а потім допоміжні та паралельні кола, підключаючи вольтметри та обмотки напруги ватметрів. При такій послідовності складання схеми кола зменшується можливість неправильних з'єднань, а також значно скорочується час збирання кола.

Перед вмиканням електричного кола всі апарати, що регулюють струм і напругу (реостати, автотрансформатори), повинні бути встановлені в положення, яке відповідає мінімуму величини, що регулюється. Усі багатомежові прилади повинні бути увімкнені на максимальні межі вимірювань. Перехід на менші межі вимірювань допускається тільки після дослідної перевірки і впевненості, що вимірювана величина менше межі вимірювання приладу.

Складена схема перевіряється усіма членами бригади, які виконують дану роботу, а потім вже викладачем або лаборантом.

***Без дозволу викладача підключати коло до мережі забороняється!***

На увімкненому під напругу електричному колі викладач першим проводить всі регулювання та перевіряє почергово роботу кола на всіх режимах.

Необхідно постійно стежити за показами вимірювальних приладів. Якщо стрілки приладів виходять за межі шкали, необхідно негайно вимкнути напругу та повідомити викладача.

Під час роботи забороняється відходити від обладнання, що знаходиться під напругою.

Під час проведення досліду покази приладів записують у заздалегідь складені таблиці із зазначенням постійної ціни поділки приладу.

Після закінчення всіх дослідів і вимірювань коло вимикається з мережі, але не розбирається до затвердження викладачем попередніх результатів роботи. Експеримент із помилковими даними повторюється.

Про виконану лабораторну роботу складається звіт. Бригада, яка не подала звіт про попередню роботу, до лабораторних робіт не допускається.

Під час роботи в лабораторії студенти повинні дотримуватись правил техніки безпеки й правил внутрішнього розпорядку Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка.

Студенти, які порушують ці правила, від роботи в лабораторії відстороняються.

У випадках, коли порушення правил тягне за собою пошкодження обладнання, ремонт та відновлення останнього проводиться за кошти порушника.



# НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

**ХОВРИЧ**

**Микола Олександрович**

## **Методичні рекомендації до лабораторних робіт з курсу «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»**

Технічний редактор	<i>О. Клімова</i>
Комп'ютерна верстка та макетування	<i>М. Ховрич</i>
Комп'ютерний набір	<i>М. Ховрич</i>

**Ховрич М.О.**

X 68 **Методичні рекомендації до лабораторних робіт з курсу  
«Електротехніка». Частина 3.** – Чернігів: Національний  
університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка 2018.  
– 66 с.

ББК 32  
УДК 621.3

---

Підписано до друку 24.12.18. Формат 60x84 1/16.

Папір офсетний. Друк на різнографі.

Ум. друк арк. 3,26. Обл.-вид. 1,95.

Наклад 100 прим. Зам. № 219.

Редакційно-видавничий відділ ЧДПУ імені Т.Г.Шевченка.

14013, вул. Гетьмана Полуботка, 53, к. 208.

Тел. 65-17-99.

