

**Міністерство освіти і науки,
молоді та спорту України**

Державний ВНЗ
«Національний гірничий університет»

Електротехнічний факультет
Кафедра електроприводу

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ
“ЕЛЕКТРОПРИВОД ТА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ГІРНИЧИХ
ПІДПРИЄМСТВ”**

для студентів напрямів 6.05.03.01 Гірництво (ГІ)
 6.05.05.02 Інженерна механіка (ІМ)
 6.05.05.03 Машинобудування (ГМ)

Дніпропетровськ
2012

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Електропривод та електрообладнання гірничих підприємств» для студентів
напрямів 6.05.03.01 - Гірництво,

6.05.05.02 - Інженерна механіка (ІМ),

6.05.05.03 - Машинобудування (ГМ)

/Упорядник: В.Е.Воскобойник. - Дніпропетровськ: НГУ , 2012.-32с.

Упорядник: В.Е.Воскобойник , кандидат техн. наук, професор.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри електропривода

О.С. Бешта, доктор техн. наук, проф.

Загальна інформація	.4
Спеціальні терміни. Позначення елементів на електричних схемах	
Лабораторна робота №1. Дослідження механічних характеристик двигуна постійного струму незалежного збудження	.7
Мета роботи. Програма роботи. Опис лабораторної установки. Теоретична частина. Порядок виконання роботи. Нотування та обробка результатів. Зміст звіту. Контрольні запитання.	
Лабораторна робота №2. Дослідження механічних характеристик асинхронного двигуна з фазним ротором.	.11
Мета роботи. Програма роботи. Опис лабораторної установки. Теоретична частина. Порядок виконання роботи. Нотування та обробка результатів. Зміст звіту. Контрольні запитання.	
Лабораторна робота №3. Дослідження характеристик системи генератор – двигун (Г-Д)..	.16
Мета роботи. Програма роботи. Опис лабораторної установки. Теоретична частина. Порядок виконання роботи. Нотування та обробка результатів. Зміст звіту. Контрольні запитання.	
Лабораторна робота №4. Дослідження системи керування резисторним електроприводом з асинхронним двигуном.	.21
Мета роботи. Програма роботи. Опис лабораторної установки. Теоретична частина. Порядок виконання роботи. Нотування та обробка результатів. Зміст звіту. Контрольні запитання.	
Лабораторна робота №5. Система релейного керування асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором і динамічним гальмуванням.	.26
Мета роботи. Програма роботи. Опис лабораторної установки. Теоретична частина. Порядок виконання роботи. Нотування та обробка результатів. Зміст звіту. Контрольні запитання.	
Лабораторна робота №6. Дослідження системи релейного керування двошвидкісним асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором.	.29
Мета роботи. Програма роботи. Опис лабораторної установки. Теоретична частина. Порядок виконання роботи. Нотування та обробка результатів. Зміст звіту. Контрольні запитання.	

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

ЗІ.1. Спеціальні терміни

Контакт – пристрій для комутації (замикання/розмикання) електричних ланцюгів. Потужними вважаються контакти для комутації струмів понад 10А, які мають спеціальні пристрої для примусового гасіння іскор або дуги під час розмикання.

Контактор – електромагнітний апарат, що має керуючу котушку і механічну рухому частину з контактами, серед яких обов'язково є потужні. Котушка і контакти мають однакові назви.

Нормальним називається стан, коли керуюча котушка не одержує живлення.

Реле – апарат для комутації малопотужних електричних контурів. Має рухому механічну частину, яка змінює стан однойменних контактів у функції різних фізичних величин: струму або напруги (електромагнітні реле), температури спеціального елемента (теплові реле),...

Рубильник, вимикач, перемикач, командоапарат – пристрої для комутації (замикання або розмикання) електричних ланцюгів вручну.

Характеристика - залежність однієї фізичної величини від іншої. Наприклад:

$n(M)$ - механічна характеристика двигуна або електропривода;

$n(I)$ - електромеханічна характеристика двигуна;

$n(I_{ЗБ})$ - регульовальна характеристика двигуна;

$U_d(\alpha)$ - регульовальна перетворювача;

$U_d(I_d)$ - зовнішня перетворювача,

(n - частота обертання вала; M - електромагнітний момент; I - струм силового контуру двигуна; $I_{ЗБ}$ - струм обмотки збудження двигуна, U_d, I_d - напруга та струм на виході перетворювача).

Перетворювач - пристрій, що змінює фізичну форму, або параметри енергії. У лабораторних роботах використовують:

випрямляч – перетворювач електричної енергії змінного струму на електричну енергію постійного струму;

інвертор – перетворювач електричної енергії постійного струму на електричну енергію змінного струму;

генератор – електромеханічний перетворювач, що перетворює механічну енергію на електричну, ...

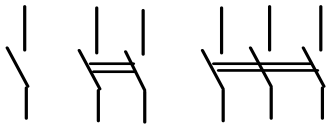
Підсилювач – пристрій, що збільшує потужність керуючих сигналів. Підсилювач у електроприводі виконує ще функції суматора керуючих сигналів. Наприклад магнітний підсилювач регулює вихідні напругу або струм у функції алгебраїчної суми електрично незалежних струмів керуючих обмоток.

Командоапарат – пристрій, що перетворює механічні позиції рукоятки або вала на керуючі дії замикання чи розмикання електричних контурів.

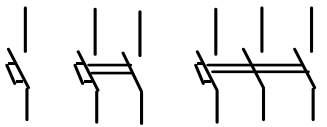
Випробувальна машина – машина, характеристики якої досліджуються.

Навантажувальна машина – машина, що створює для випробувальної зовнішнє механічне навантаження.

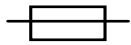
3І.2. Позначення елементів на електричних схемах



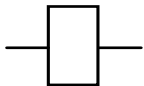
Одно, двох, та триполюсні рубильники
з ручним вмиканням та вимиканням



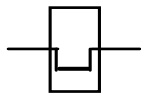
Одно, двох, та триполюсні рубильники з
автоматичним максимальним струмовим захистом



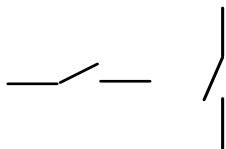
Запобіжник для захисту від струмів короткого
замикання



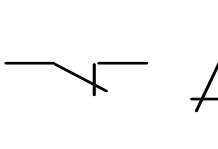
Котушка електромагнітного апарату (реле, контактора,
..)



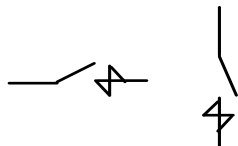
Чутливий елемент реле теплового захисту



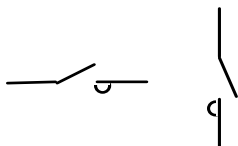
Замикальний контакт апарату



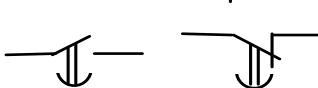
Розмикальний контакт апарату



Потужний замикальний контакт апарату з пристроєм
дугогасіння



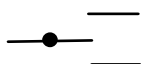
Замикальний контакт апарату з пристроєм іскрогасіння



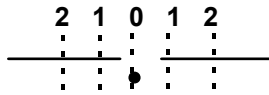
Контакт електромагнітного реле часу із затримкою
вимикання та вмикання відповідно



Контакт захисного апарату з ручним поверненням до
замкненого стану



Контакти ручного перемикача



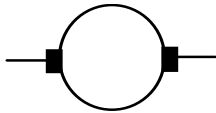
Контакт командоапарату з ручним керуванням, замкнений у нульовому положенні рукоятки



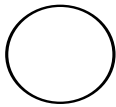
Загальне позначення обмотки електричної машини або електромагнітного апарату



Обмотка незалежного збудження електричної машини постійного струму



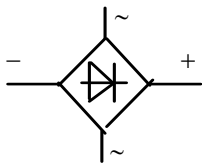
Якірна обмотка електричної машини постійного струму



Обмотка статора або ротора електричної машини змінного струму



Механічне з'єднання валів електричних машин



Однофазний двонапівперіодний випрямляч

Лабораторна робота № 1
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА
ПОСТІЙНОГО СТРУМУ НЕЗАЛЕЖНОГО ЗБУДЖЕННЯ

1.1. Мета роботи

Освоєння методів вмикання двигуна постійного струму незалежного збудження та одержання його реальних характеристик у різних режимах.

1.2. Програма роботи

- Ознайомитися з лабораторною установкою та порядком виконання експериментів.
- Виконати процедуру підготовки установки до запуску.
- Виконати пуск випробувальної машини у режимі природної характеристики.
- Регулюванням навантажувальної машини одержати дані природної характеристики у режимах рушійному, ідеального холостого ходу та рекуперативного гальмування.
- Одержати дані штучних характеристик у різних режимах.
- Встановити режим динамічного гальмування випробувальної машини.
- Регулюванням навантажувальної машини одержати дані характеристик динамічного гальмування.

1.3. Опис лабораторної установки

Електричну схему лабораторної установки наведено на рис. 1.1.

Лабораторна установка складається із трьох електричних машин: випробувальної (**ИМ**), навантажувальної (**НМ**) та допоміжної (**ТГ**). Вали машин з'єднані механічно і утворюють єдиний агрегат. Частота обертання вимірюється допоміжною мікромашиною **ТГ** з показуючим приладом **п**.

Випробувальна машина **ИМ** - двигун постійного струму із двома електричними контурами. Двигун має якірну обмотку на роторі (позначена колом) та обмотку збудження "**ОВИМ**" на статорі. Обмотки одержують живлення від мережі постійного струму **=220В** за допомогою загального вимикача **В**, вимикача **В7** та перемикача **П2**. Перемикач **П2** дозволяє увімкнути якірну обмотку до мережі живлення (положення "**ДВ**") або створити замкнений контур із нульовою напругою живлення, що включає якірну обмотку та додатковий резистор **Р3** (положення "**ДТ**"). Опір **Р3** регулюється ступінчастим закорочуванням секцій вимикачами **В8**, **В9**, **В10**, **В11**. Струм якірної обмотки **ИМ** контролюється амперметром **А1**. Струм обмотки збудження **ОВИМ** контролюється амперметром **А4** і не регулюється. Характеристики **ИМ** залежать від напруги живлення та опору у контурі якірної обмотки.

Навантажувальна машина **НМ** - така сама машина, як і **ИМ**. У контурі обмотки якоря встановлено вимикач **В6**, перемикач **П1** та додатковий резистор **Р1**, опір якого регулюється вимикачами **В1**, **В2**, **В3**, **В4**, **В5**. Перемикач **П1** дозволяє змінювати полярність напруги живлення та вмикати навантажувальну машину протилежно до напрямку **ИМ** ("**ВСТР**") або сумісно із **ИМ** ("**СОГЛ**"). Струм якірного контуру контролюється амперметром **А2**. Струм обмотки збудження регулюється резистором **Р2** та контролюється амперметром **А3**.

1.4. Теоретична частина

Рівняння електромеханічної характеристики як залежності частоти обертання вала **ИМ** від якірного струму у сталому режимі за певних припущень має вигляд

$$n = \frac{U}{k\Phi} - \frac{I \cdot R}{k\Phi},$$

де **n** – частота обертання валу агрегату, об/хв; **U**-напруга живлення якірного контуру, В; **I** – струм якірного контуру, А; **R** - опір контуру якірної обмотки, Ом, що складається із опору якірних обмоток **R_a** та опору додаткового резистора **R3**; **k**- конструктивний коефіцієнт, В/(Вб об/хв); **Φ**– магнітний потік збудження **ИМ**, Вб, який залежить від струму збудження.

В умовах лабораторної роботи **R_a**, **Φ** та **k** не змінюються. Якщо встановити постійні значення **U** та **R3**, теоретично матимемо лінійну електромеханічну характеристику (рис.1.2) із

двома складовими частоти обертання:

$$n = n_0 - \Delta n.$$

Перша складова визначає загальний рівень і називається заданою частотою або частотою обертання ідеального холостого ходу

$$n_0 = \frac{U}{k\Phi}.$$

Друга складова визначає відхилення частоти обертання від заданої під впливом навантаження :

$$\Delta n = \frac{I \cdot R}{k\Phi}.$$

В цих формулах струм якірного контуру **I** є характеристикою навантаження

$$I = \frac{U - n \cdot k \cdot \Phi}{R},$$

де добуток **n · k · Φ = E** називають ЕРС двигуна. При зростанні навантаження **n** зменшується, а струм якірного контуру пропорційно зростає.

1.5. Порядок виконання роботи

5.1. Запустити ИМ. Перед запуском встановлюються:

- максимальний опір додаткового резистора **R3** (**B8**, **B9**, **B10**, **B11** вимкнуті);
- перемикач **П2** - у положенні “ДВ”.

Після цього вмикається **B**, а потім **B7**. Відбувається пуск **ИМ**.

5.2. Встановити характеристику. Характеристика випробувальної машини **ИМ** залежить від конкретних значень напруги живлення **U** та сумарного опору додаткового резистора **R3**. За умови **U=220 В**, **R3=0** характеристика природна. Всі інші - штучні.

Рекомендації щодо параметрів характеристик

- Природна - **R3=0** (**B8**, **B9**, **B10**, **B11** ввімкнуті), **U=220**;
- “шт.1” - **B8** вимкнуто, **B9**, **B10**, **B11** ввімкнуті, **U=220**;
- “шт.2” - **B8**, **B9** вимкнуті, **B10**, **B11** ввімкнуті, **U=220**;
- “шт.3” - **B8**, **B9**, **B10**, **B11** вимкнуті, **U=220**;
- “шт.4” - **B8** вимкнутий, **B9**, **B10**, **B11** ввімкнуті, **U=0**;
- “шт.5” - **B8**, **B9** вимкнуті, **B10**, **B11** ввімкнуті, **U=0**.

Регулювання навантаження. Дані конкретної електромеханічної характеристики у різних режимах одержують за допомогою навантажувальної машини **НМ**. Зміна навантаження змінює частоту обертання валу **n**, що викликає відповідну зміну струму **I**. Кожна пара сталих значень частоти обертання і якірного струму визначає робочу точку на характеристиці, яка досліджується. Навантажувальна машина може вмикатися протилежно (“ВСТР”) з поступовим вмиканням вимикачів **B1, B2, B3, B4, B5**, що дозволяє одержати рушійний режим ($n_0 > n > 0$; $I > 0$), режим короткого замикання ($n = 0$; $I > 0$) та режим гальмування противмиканням ($n < 0$; $I > 0$). Навантажувальна машина може вмикатися згідно (“СОГЛ”) з послідовним зменшенням до нуля опору **R1** і наступним збільшенням **R2**, що дозволяє одержати режими ідеального холостого ходу ($n = n_0$; $I = 0$) та рекуперативного гальмування ($n > n_0$; $I < 0$).

Режим динамічного гальмування одержується, якщо вимкнути якірний контур **ИМ** із мережі живлення **220** вимикачем **B7** та замкнути на додатковий резистор **R3** переведенням перемикача **П2** у положення “ДТ”. **ИМ** обертається за допомогою **НМ**. При цьому виникає струм якірного контуру **ИМ**, який рекомендується утримувати в межах - 4...+ 12А.

Увага! Перед кожним вмиканням якірного контуру **ИМ** або **НМ** до мережі живлення **220 В** необхідно встановлювати у цьому контурі максимальне значення опору додаткового резистора.

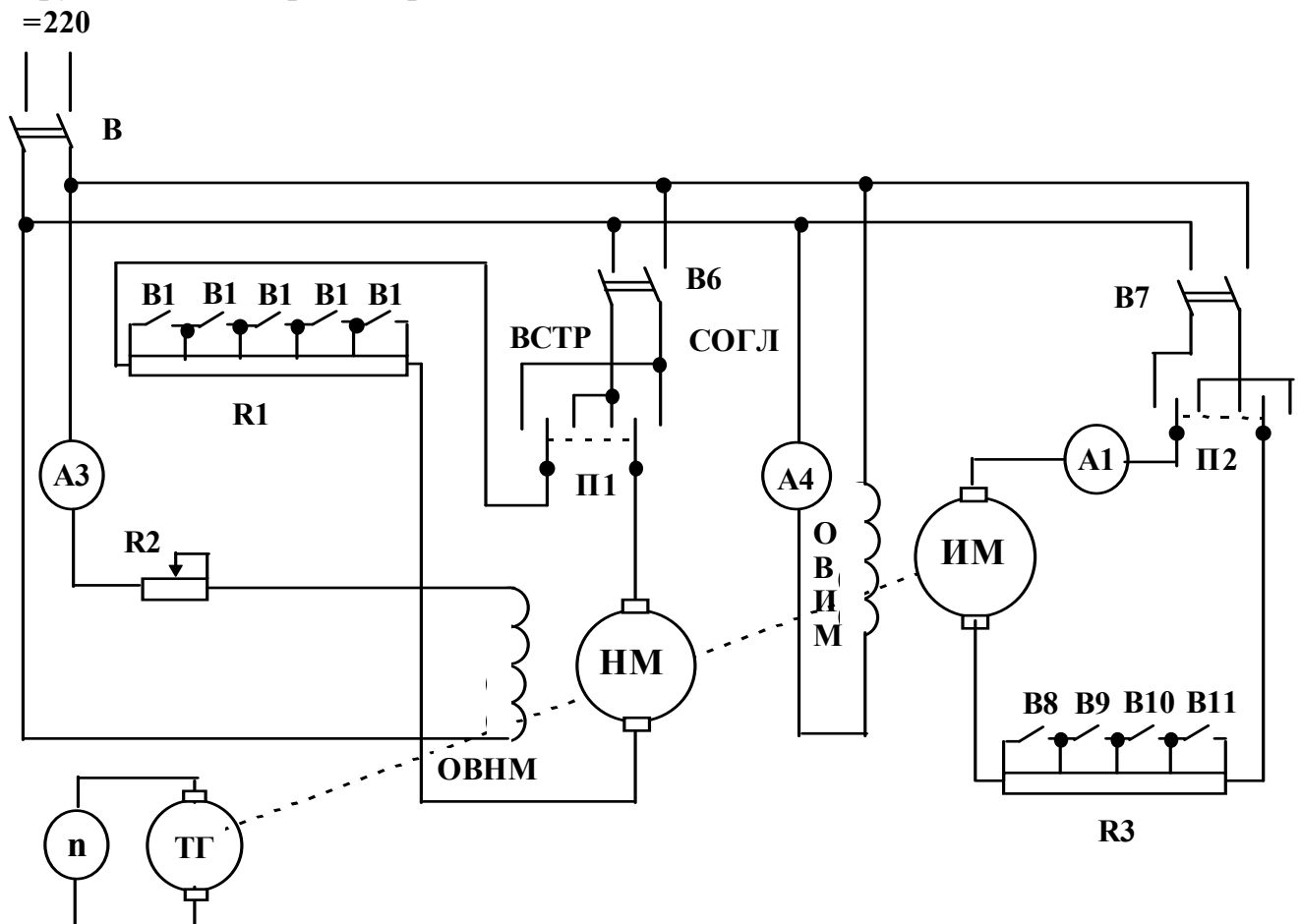


Рис. 1.1. Електрична схема лабораторної установки

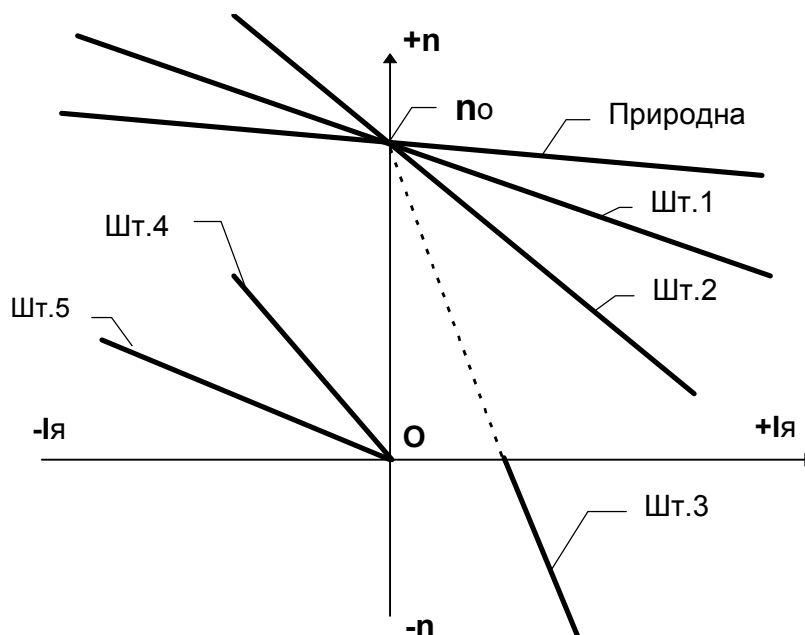


Рис. 1.2. Приблизні графіки електромеханічних характеристик **ИМ**

1.6. Нотування та обробка результатів

Результати вимірювань на характеристиках необхідно нотувати у заздалегідь підготовлених таблицях. Наприклад, такої **форми**:

Назва характеристики	Параметри	Одержані дані							
	$n, \text{об/хв}$								
	I_A, A								

Кількість таких таблиць повинна дорівнювати кількості характеристик.

1.7. Зміст звіту

- Назва, мета і програма роботи.
- Електрична схема лабораторної установки (рис.1.1).
- Таблиці результатів випробувань і розрахунків.
- Необхідний теоретичний матеріал до розрахунків.
- Графіки механічних характеристик з позначками результатів випробувань. Приблизний вигляд наведено на рис. 1.2.

1.8. Контрольні запитання

Яка характеристика привода називається **електромеханічною**? Який режим називають **рушійним**? Які умови визначають режим **ідеального холостого ходу**? Які умови визначають режим **короткого замикання**? Чому **залежність частоти обертання вала двигуна від струму якорного контуру вважається лінійною**? Як встановити **природну характеристику** двигуна? Як встановити характеристику **"шт1"**? Як одержати дані режиму **рекуперативного гальмування**? Як встановити характеристику **динамічного гальмування**? Як одержати дані режиму **гальмування противмиканням**? Як одержати дані режиму **динамічного гальмування**? Чому графіки характеристик **ИМ** мають спільний режим з параметрами **$n = n_0, I = 0$** ? Чому струм двигуна зростає при відхиленні частоти обертання від **n_0** ?

Лабораторна робота № 2
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО
ДВИГУНА З ФАЗНИМ РОТОРОМ

2.1. Мета роботи

Освоєння методів вмикання асинхронного двигуна з фазним ротором та одержання його реальних характеристик у різних режимах.

2.2. Програма роботи

- Ознайомитися з лабораторною установкою та порядком виконання експериментів.
- Виконати процедуру підготовки установки до запуску.
- Виконати пуск випробувальної машини у режим природної характеристики.
- Регулюванням навантажувальної машини одержати дані природної характеристики у режимах рушійному, ідеального холостого ходу та рекуперативного гальмування.
- Одержати дані штучних характеристик у різних режимах.
- Встановити режим динамічного гальмування випробувальної машини.
- Регулюванням навантажувальної машини одержати дані характеристик динамічного гальмування.

2.3. Опис лабораторної установки

Електричну схему лабораторної установки наведено на рис. 2.1.

Лабораторна установка складається із трьох електричних машин: випробувальної (**ИМ**), навантажувальної (**НМ**) та допоміжної (**ТГ**). Вали машин з'єднані механічно і утворюють єдиний агрегат. Частота обертання вимірюється допоміжною мікромашиною **ТГ** та показуючи приладом **n**.

Випробувальна машина **ИМ** - асинхронний двигун із фазовим ротором. Двигун має трифазну обмотку на статорі (зовнішнє коло схеми) та трифазну обмотку на роторі (внутрішнє коло схеми). Статорні обмотки можуть вмикатися до мережі змінного струму $\sim 220\text{В}$ за допомогою вимикача **В1** або до мережі постійного струму $=220\text{В}$ вимикачем **В2**. Режим вмикання обирається перемикачем **П1**, що має відповідні положення “ДВ” ($\sim 220\text{В}$) та “ДТ” ($=220\text{В}$). Вмикання статору до мережі постійного струму встановлює особливий режим динамічного гальмування.

Конкретні характеристики **ИМ** залежать також від опору роторних контурів, що регулюється перемикачем **П3** та контакторами **К1, К2, К3, К4**. Перемикач **П3** має п'ять фіксованих положень, помічених вертикальними пунктирними лініями із цифрами **0, 1, 2, 3, 4**. У положеннях, що помічено крапками на вертикальних пунктирах, одержують живлення котушки різних контакторів **К1-К4**. Відповідні контактори вмикаються і однойменними контактами змінюють опір роторних резисторів у роторі **ИМ**. Збільшення номерів положень **П3** зменшує опір роторного резистора. Під час пуску додаткові роторні резистори найбільші (**П3** - у положенні **0**). Природна характеристика **ИМ** має нульовий додатковий опір (**П3** - у положенні **4**, живлення від мережі змінного струму). Усі інші характеристики - штучні.

Амперметр змінного струму **А2** дозволяє вимірювати струм роторного контуру. Амперметр постійного струму **А1** дозволяє визначити режим ідеального

УВАГА! Вмикання ИМ до мережі змінного струму припустимо тільки за умови найбільшого роторного опору (перемикач ПЗ - у положенні 0).

УВАГА! Перемикач П2 неприпустимо перемикати з увімкненим В2.

Момент навантажувальної машини регулюється ступінчасто опором додаткового резистора у якірному контурі (вимикачами **В4**, **В5**, **В6**, **В7**, **В8**) або плавно зміною струму збудження (резистором **Ров**). Додатковий опір якірного контуру розподілено на **52,5** умовні частки. Вимикач **В4** може закорочувати 2,5 , **В5** - 5, **В6** - 10, **В7** - 20, **В8** - 15 таких часток. Комбінації положень вимикачів створюють 21 ступінь опору резистора.

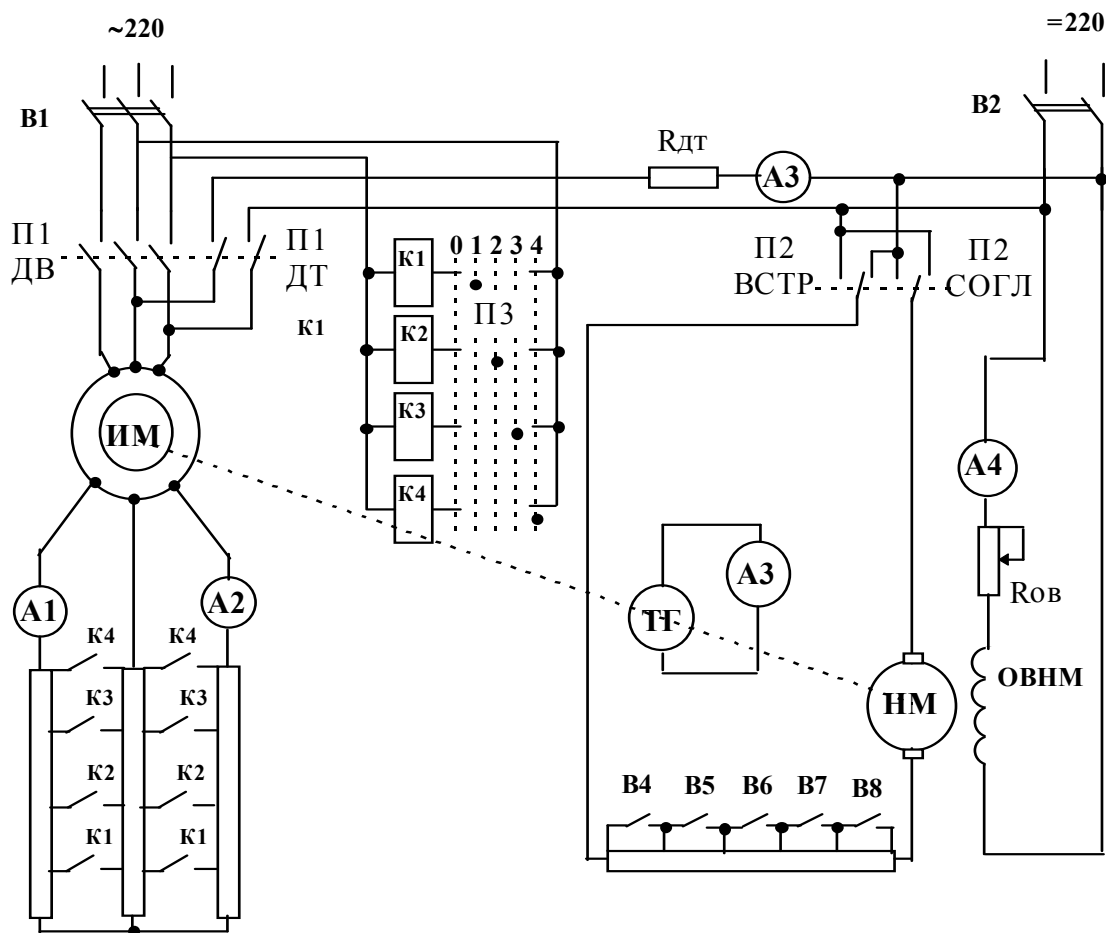


Рис. 2.1. Електрична схема лабораторної установки

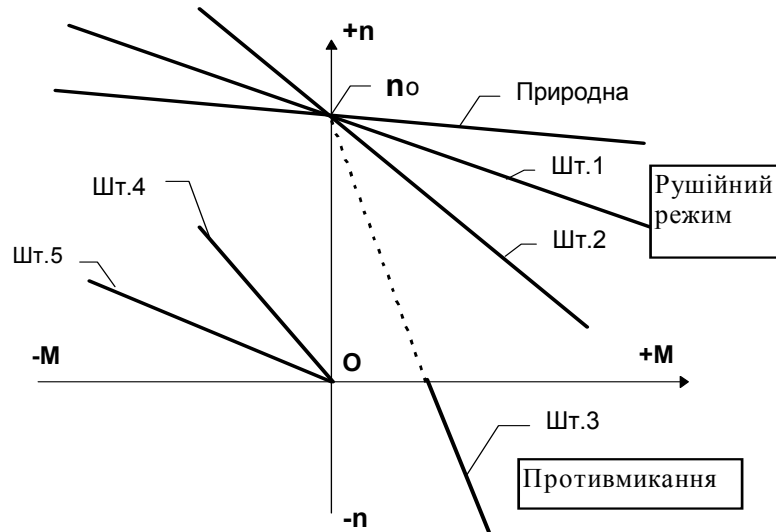


Рис. 2.2. Приблизні графіки характеристик **ИМ**

2.4. Теоретична частина

Рівняння механічної характеристики асинхронного двигуна має вигляд

$$M = \frac{2M_{kp}}{\frac{s}{s_{kp}} + \frac{s_{kp}}{s}},$$

де M, s - поточні значення електромагнітного моменту та ковзання ротора;
 M_{kp}, s_{kp} - критичні значення електромагнітного моменту та ковзання ротора.

Ковзання - це відносна частота обертання ротора

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0},$$

де n_0 - частота обертання магнітного поля статорних обмоток, об/хв; n - поточна частота обертання ротору двигуна, об/хв.

В умовах лабораторного стенду $s \ll s_{kp}$, що дозволяє знехтувати складовою

$\frac{s}{s_{kp}}$ знаменника у порівнянні з $\frac{s_{kp}}{s}$ та спростити формулу механічної

характеристики:

$$M = \frac{2M_{kp}}{s_{kp}} s = \frac{2M_{kp}}{s_{kp}n_0} (n_0 - n)$$

Метод дослідження механічної характеристики полягає у одержанні різних частот обертання n досліджуємого двигуна **ИМ** за рахунок змін зовнішнього навантаження машиною **ИМ** з одночасним фіксуванням M та n в усталених режимах.

Частота обертання n має розмірність “об/хв” і вимірюється приладом “ n ”.

Електромагнітний момент двигуна розраховується за значеннями струму ротора I_2 , що вимірюється амперметром A_2

$$M = k_M I_2.$$

Коефіцієнт пропорційності k_M вважається константою і розраховується за номінальними даними **ИМ**

$$k_M = \frac{M_H}{I_{2,H}} = 9550 \frac{P_H}{n_H I_{2,H}},$$

де M_H - номінальний момент двигуна, Hm ; P_H - номінальна потужність двигуна, kW ; n_H - номінальна частота обертання ротора, $об/хв$; $I_{2,H}$ - номінальний струм роторних обмоток, A .

2.5.Порядок виконання роботи

- 5.1. Підготувати стенд до запуску. Для цього: перемикач **ПЗ** установити у положення “0”, вимикачі **В4, В5, В6, В7, В8** вимкнути, встановити найбільше значення струму збудження **ИМ** (ввімкнути живлення стенду постійною напругою вимикачем **В2**, встановити найбільше значення струму за показами **А4**, вимкнути **В2**).
- 5.2. Запустити ИМ. Встановити перемикач **П1** у положення “ДВ”, а потім увімкнути **В1**.
- 5.3. Встановити природну характеристику ИМ. Перемикач **ПЗ** повільно перевести у положення “4”.
- 5.4. Одержати дані рушійного режиму. Перемикач **П2** встановити у положення “ВСТР” і увімкнути **ИМ** до мережі живлення вимикачем **В2**. Буде одержана пара значень n, I_2 . Інші 3..4 пари значень n, I_2 одержують регулюванням додаткового опору якірного контуру **ИМ** вимикачами **В4, В5, В6, В7, В8** із ступенями зміни частоти обертання ≥ 50 об/хв.
УВАГА ! Струм ротору ИМ не повинен перевищувати 15А.
Після одержання даних вимкнути **В2, В4, В5, В6, В7, В8**.
- 5.5. Одержати дані режиму рекуперативного гальмування та режиму ідеального холостого ходу. Перемикач **П2** встановити у положення “СОГЛ”. Збільшувати частоту обертання агрегату спочатку зменшенням до нуля додаткового опору якірного контуру **ИМ** вимикачами **В4, В5, В6, В7, В8**, а потім зменшенням струму обмотки збудження **ИМ** за допомогою **Ров**. У режимі ідеального холостого ходу $n=n_0$ (1000 об/хв) струм ротора дорівнює нулю ($I_2=0$ за показами **А1**). У режимі рекуперативного гальмування $n>n_0$, а значення струму роторного контуру за показами **А2** враховуються із знаком мінус.
Після одержання даних вимкнути **В2, В4, В5, В6, В7, В8**.
- 5.6. Установити штучну характеристику 1 переведенням **ПЗ** у положення “3”.
- 5.7. Одержати дані характеристики за п.п. 5.4. та 5.5.
- 5.8. Встановити штучну характеристику 2 переведенням **ПЗ** у положення “2”.
- 5.9. Одержати дані характеристики за п.п. 5.4. та 5.5.
- 5.10. Установити штучну характеристику 3 переведенням **ПЗ** у положення “0”.
- 5.11. Одержати дані режиму гальмування противмиканням. Перемикач **П2** установити у положення “ВСТР”. Увімкнути **В2** і регулюванням опору додаткового резистора якірного контуру вимикачами **В4,В5,В6,В7,В8** встановити режим короткого замикання $n=0$. За показанням **А2** зафіксувати значення I_2 .

Наступним зменшенням опору якірного контуру встановити режим обертання агрегату у зворотному напрямку ($n < 0$). Фіксується 3..4 пари значень $-n$, I_2 .

5.12. Установити характеристику 4 динамічного гальмування. Вимкнути **ИМ** із мережі живлення змінною напругою вимикачем **В1**. Підготувати ввімкнення **ИМ** до мережі постійного струму переведенням **П1** у положення “ДТ”. Встановити **П3** у положення номер 1.

5.13. Одержати дані характеристики 4. Установити перемикач **П2** у положення “СОГЛ”. Увімкнути **ИМ** до мережі живлення вимикачем **В2** і регулюванням опору додаткового резистора вимикачами **В4, В5, В6, В7, В8** одержати різні сталі значення n . Значення струму ротора фіксуються із знаком мінус ($-I_2$). Після одержання даних вимкнути **В2, В4, В5, В6, В7, В8**.

5.14. Установити характеристику 5 динамічного гальмування. Перевести **П1** у положення 2.

5.15. Одержати дані характеристики 5 за методом п.5.13.

5.16. Вимкнути установку із мереж живлення вимикачами В1 та В2.

2.6. Нотування та обробка результатів

Результати випробувань та розрахунків для кожного режиму слід нотувати в таблицю такої форми:

Характеристика	Параметри	Режими							
		Гальмовий				Ідеальний $\chi\chi$	Рушійний		
Природна (шт. 1,2,...)	$n, об/хв$								
	I_2, A								
	M, Hm								

2.7. Зміст звіту

- Назва, мета і програма роботи.
- Електрична схема лабораторної установки (рис.2.1).
- Таблиці результатів випробувань і розрахунків.
- Необхідний теоретичний матеріал до розрахунків.
- Графіки механічних характеристик з позначками результатів випробувань. Приблизний вигляд наведено на рис. 2.2.

2.8. Контрольні запитання

Яка характеристика двигуна називається **механічною**? Яка характеристика називається **природною**? Яку характеристику двигуна вважають **штучною**? Що таке **ковзання асинхронного двигуна**? Як **запустити** випробувальну машину лабораторного стенда? Як підключити навантажувальну машину? Як і для чого регулювати **навантаження випробувальною машиною**? Як встановити **природну** характеристику **ИМ**? Як встановити характеристику “шт.1”? Як встановити характеристику “шт.2”? Як встановити режим випробувань на характеристиці “шт.3”? Що таке рушійний режим? Що таке режим **гальмування противмиканням**? Що таке режим **динамічного гальмування**? Як підготувати лабораторну установку до випробувань у режимі **динамічного гальмування**? Чим характеристика “шт.3” відрізняється від характеристики “шт.4”? Що таке режим **ідеального холостого ходу**? Як одержати режим **ідеального холостого ходу** випробувальної машини в умовах лабораторної установки? Що таке **режим короткого замикання** електричної машини? Як одержати **режим короткого замикання ИМ**? Як **змінити частоту обертання** валу асинхронного двигуна у режимі гальмування із рекуперацією енергії у мережу живлення? Як розрахувати **момент двигуна** в умовах лабораторної роботи?

Лабораторна робота № 3
ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ГЕНЕРАТОР-ДВИГУН
(Г-Д)

3.1. Мета роботи

Освоєння методів запуску та регулювання системи, методів одержання реальних характеристик системи у різних режимах.

3.2. Програма роботи

- Ознайомитися з лабораторною установкою та порядком виконання експериментів.
- Виконати процедуру підготовки установки до запуску.
- Виконати пуск генераторного агрегату та одержати його регульовальні характеристики.
- Виконати процедуру введення системи у робочий стан та одержати електромеханічні характеристики у різних режимах.
- Виконати аналіз одержаних результатів.

3.3. Опис лабораторної установки

Електрична схема лабораторної установки рис. 3.1. одержує живлення від мережі $=220\text{В}$ та $\sim 220\text{В}$.

Установка складається із чотирьох електричних машин, механічно з'єднаних у два агрегати: генераторний АД-Г та двигунний Д-НМ. До системи Г-Д належать приводний двигун генератора АД, генератор Г та двигун Д. Навантажувальна машина НМ створює для двигуна зовнішнє навантаження.

У генераторному агрегаті асинхронний двигун із короткозамкненим ротором (АД) вмикається до мережі живлення $\sim 220\text{В}$ вимикачем В1 і обертає ротор генератора Г із постійною швидкістю. Генератор виробляє ЕРС, що регулюється струмом обмотки збудження ОВГ за допомогою резистора R1. Струм ОВГ контролюється амперметром А1. Резистор R1 одержує живлення від мережі живлення $=220\text{В}$ через вимикачі В5, В2.

Двигун Д має контур обмотки збудження ОВД, що одержує живлення від мережі $=220\text{В}$ через вимикач В5 та регульовальний резистор R2. Контроль струму ОВД забезпечується амперметром А2. Контроль частоти обертання - тахогенератором ТГ і приладом п.

Навантажувальна машина НМ має обмотку якоря, що одержує живлення від мережі $=220\text{В}$ через вимикачі В4, В5, перемикач П та додатковий резистор R4. Перемикач П дозволяє увімкнути НМ протилежно ("ВСТР") або згідно ("СОГЛ") до напрямку обертання Д. Опір резистора R4 регулюється закорочуванням секцій вимикачами В6, В7, В8, В9, В10, В11. НМ має також обмотку збудження ОВНМ, що одержує живлення від мережі $=220\text{В}$ через вимикач В5. Струм ОВНМ може регулюватися резистором R3.

Система має важливий елемент - **головний електричний контур**, що з'єднує якірні обмотки генератора і двигуна. Напруга та струм контуру контролюються вольтметром V та амперметром А3. Амперметр вимірює позитивні (відхилення

стрілки угору від нуля) та негативні (відхилення стрілки униз від нуля) значення струму. Комутація контуру (замикання / розмикання) виконується вимикачем **В3**.

3.4. Теоретична частина

Електромеханічна характеристика двигуна Д у системі Г-Д як залежність частоти обертання валу n від струму головного контуру I визначається формулою

$$\mathbf{n} = \frac{\mathbf{E}_\Gamma}{\mathbf{c} \cdot \Phi} - \frac{\mathbf{I} \cdot \mathbf{R}}{\mathbf{c} \cdot \Phi},$$

де n - частота обертання вала двигуна, $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$; E_r - ЕРС генератора, В; I - струм якорної обмотки двигуна (головного контуру системи), А; R - опір головного контуру системи, Ом; Φ - магнітний потік обмотки збудження двигуна, Вб; c - конструктивний коефіцієнт двигуна, $\frac{\text{В} \cdot \text{хв}}{\text{об} \cdot \text{Вб}}$.

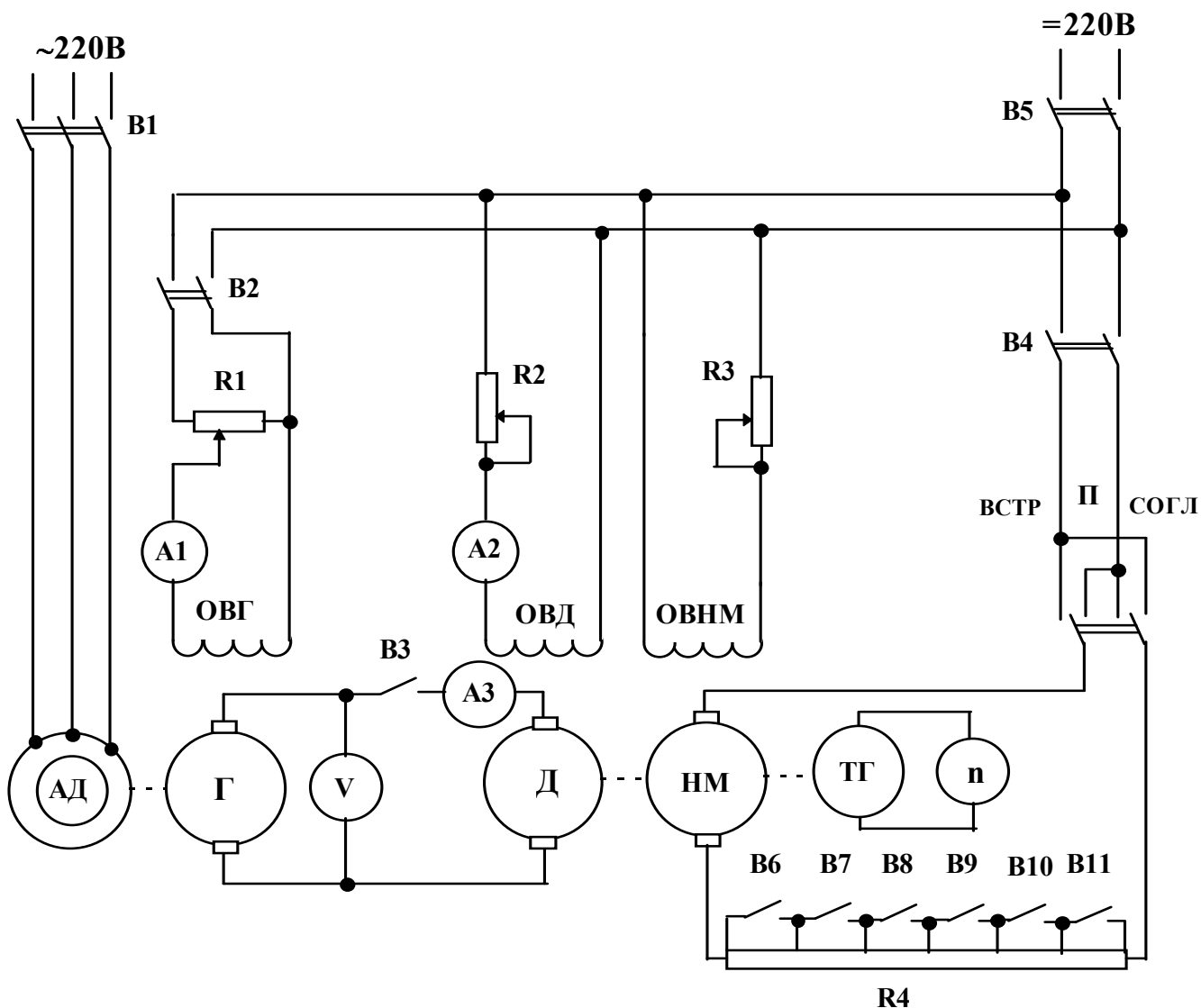


Рис. 3.1. Електрична схема лабораторної установки

E_r у системі залежить від струму збудження генератора i_{3r} :

$$\mathbf{E}_\Gamma = \mathbf{c}_\Gamma \Phi_\Gamma \mathbf{n}_\Gamma = \mathbf{c}_\Gamma \mathbf{c}_\Phi \mathbf{i}_{3\Gamma} \mathbf{n}_\Gamma = \mathbf{k}_\Gamma \mathbf{i}_{3\Gamma},$$

де k_{Γ} - коефіцієнт генератора, що може вважатися постійним, В/А; $i_{3\Gamma}$ - струм обмотки збудження генератора (ОВГ), А.

Магнітний потік в двигуні Φ залежить від струму збудження $i_{3д}$

$$\Phi = c_{фд} \cdot i_{3д} \quad (c_{фд} - \text{конструктивний коефіцієнт}).$$

Конкретна характеристика реалізується за умови встановлення конкретних значень $i_{3\Gamma}$ та $i_{3д}$.

Перевагою системи Г-Д є можливість регулювання n через малопотужні контури обмоток збудження. До того ж головна складова втрат потужності в системі на нагрівання $\Delta P = I^2 R$ має мінімальне значення і не залежить від n .

3.5. Порядок виконання роботи

5.1. Запустити генераторний агрегат: за умови вимкнутого **B5** увімкнути **B1**.

5.2. Установити робочий режим системи:

- Увімкнути живлення постійною напругою вимикачем **B5**.
- Встановити найбільший рівень струму збудження двигуна $i_{3д}$ (регулюванням **R2** за показами **A2**).
- Встановити нульове значення струму збудження генератора $i_{3\Gamma}$ (регулюванням **R1**).
- Замкнути головний контур системи вмиканням **B3**.

5.3. Одержати дані регульовальної характеристики системи: збільшувати струм збудження генератора $i_{3\Gamma}$ регулюванням **R1** з інтервалом **150-200 mA** за умови зростання напруги генератора до рівня **200-220В**. Для кожного сталого струму збудження нотуються:

- струм збудження $i_{3\Gamma}$ (амперметр **A1**);
- частота обертання вала двигуна n (прилад **n**) ;
- напруга генератора U_{Γ} (вольтметр **V**).

5.4. Одержати дані електромеханічних характеристик:

- Установити конкретну характеристику регулюванням **R1** із контролем напруги генератора U_{Γ} за показанням вольтметра **V**. Рекомендується досліджувати три характеристики із рівнями напруги генератора $U_{\Gamma} = 50, 100$ та **150В** без навантаження навантажувальною машиною.

Увага! Перед дослідженням кожної характеристики у кожному режимі та після дослідження необхідно виконувати такі дії: вимкнути **B4** , встановити перемикач **П** у положенні **0**, вимкнути вимикачі **B6..B11**

- Дані рушійного режиму одержуються за умови протилежного вмикання навантажувальної машини (перемикач **П** устновлюється в положення “**ВСТР**” та вмикається **B4**). Рівень навантаження регулюється опором **R4**. Рекомендуються використовувати не більше чотирьох значень опору: із вимкнутими **B6..B11**, увімкнутим **B6**, увімкнутими **B6, B7**, увімкнутими **B6, B7, B8**. Для кожного рівня навантаження нотуються значення **I** та n .
- Дані режиму рекуперативного гальмування із зворотним напрямком струму головного контуру системи одержуються за умови згідного вмикання навантажувальної машини (перемикач **П** встановити у положення “**СОГЛ**”

та увімкнути **B4**). Рівень навантаження регулюється опором **R4**. Рекомендуються використовувати не більше чотирьох значень опору: із вимкнутими **B6..B11**, увімкнутим **B6**, увімкнутими **B6, B7**, увімкнутими **B6, B7, B8**. Для кожного рівня навантаження нотуються значення I із протилежним до рушійного напрямком ($-I$) та відповідні значення n . Значення $n = n_0$, та $U_{\Gamma} = U_0$ що одержуються за умови $I=0$ нотуються окремо. Це - режим ідеального холостого ходу.

5.5. Вимкнути лабораторну установку у такому порядку:

- регулюванням **R1** встановити нульове значення струму збудження генератора за показами амперметра **A1**;
- послідовно вимкнути **B3, B4, B5, B1**.

3.6. *Нотування та обробка результатів*

Результати випробувань нотують у таблиці такої форми:

Для регулювальної характеристики:

Струм збудження $i_{зГ}$, А	0	0,2	0,4	..		
Частота обертання, n , об,хв						
Напруга генератора, U_{Γ} , В					..	220

Для електромеханічних характеристик:

U_{Γ} , В	Рушійний режим			Ідеальний холостий хід ($I=0$)	Гальмовий режим		
	№	I , А ($I > 0$)	n , об,хв		№	I , А ($I < 0$)	n , об,хв
50 (100) (150)	1 2 3 4			$U_0 =$ $n_0 =$	1 2 3 4		

За результатами іспитів будуються графіки. Можливий варіант показано на рис. 3.2.

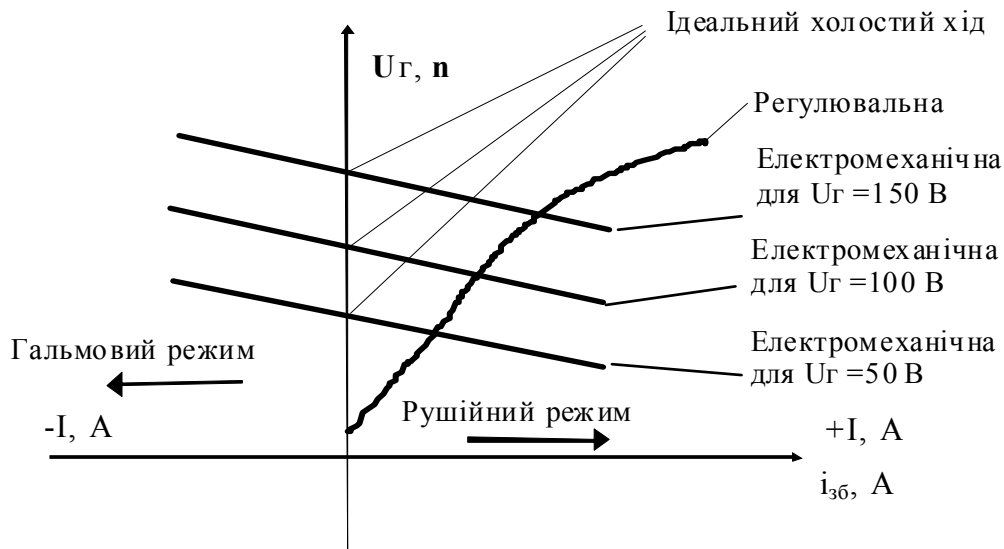


Рис. 3.2. Приблизна форма графіків характеристик системи Г-Д

3.7.Зміст звіту

- Назва, мета і програма роботи.
- Електрична схема лабораторної установки (рис.3.1).
- Таблиці результатів випробувань .
- Графіки регулювальної та електро механічних характеристик за результатами випробувань (форма на рис. 3.2.).

3.8.Контрольні запитання

Із яких потужних елементів складається **система Г-Д** ? Для чого у системі Г-Д використовують **асинхронний двигун** із короткозамкненим ротором ? Для чого в системі Г-Д **генератор постійного струму**? Що таке **регулювальна характеристика** генератора ? Як регулюється **генератор** ? Для чого **регулюється генератор** ? У чому **переваги системи Г-Д** ? Що таке **електромеханічна характеристика** системи ? Чому характеристики із різними значеннями струму збудження генератора **паралельні одна до одної** ? Як **підготувати** лабораторну установку до випробувань ? Як **одержати** регулювальну характеристику ? Як **одержати** електро механічну характеристику ? Як **відключити** лабораторну установку від мереж живлення?

Лабораторна робота № 4
ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕЗИСТОРНИМ
ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ З АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ

4.1. Мета роботи

Метою роботи є освоєння методів дослідження автоматизованих систем релейного керування електродвигунами.

4.2. Програма роботи

- Засвоїти принцип дії, призначення та конструктивні особливості станції.
- Засвоїти принцип дії, призначення та конструктивні особливості релейних апаратів для керування процесом пуску.
- Засвоїти принцип дії, призначення та конструктивні особливості релейних апаратів для керування процесами гальмування.
- Засвоїти принцип дії, призначення та конструктивні особливості релейних апаратів захисту.
- Виконати процедуру ввімкнення станції до мережі живлення.
- Виконати процедури автоматичного та неавтоматичного керування розгоном електродвигуна за допомогою станції.
- Виконати процедури автоматичного керування процесами гальмування.

4.3. Опис станції керування

Станція **ПУ 6520-03А2** (електрична схема на рис.4.1) призначена для автоматизованого керування розгоном та електричним гальмуванням електропривода з асинхронним двигуном, що має фазовий ротор.

Станція включає ізольовану панель із електричними апаратами, та окремий командоапарат **КК** для формування керуючих завдань. Електричні апарати виконують такі функції:

- ввімкнення до мереж електричного живлення (рубильники **1Р,2Р,3Р**);
- ввімкнення статорних контурів до мережі живлення трифазним змінним струмом (контактори **Л,В,Н**);
- ввімкнення статорних контурів до мережі живлення постійним струмом (контактор **Д**);
- комутація резисторів у роторних контурах (контактори **П,1У,2У**);
- автоматизація процесів розгону/гальмування (реле **1РУ,2РУ,РП, РД,РБД**);
- керування електромагнітом механічного гальма (контактор **Т**);
- захист електричних контурів та механізму (реле **1РМ,2РМ, 3РМ,РМ,РН**, запобіжники **2П**).

Додатково станція має механічний блокувальний пристрій від одночасного вмикання **В** та **Н**.

Апарати постійного струму забезпечують найбільшу швидкодію та надійність.

4.4. Опис роботи схеми

Основу станції релейного керування складають електромагнітні апарати. Нормальним вважається стан апарату з нульовим струмом через котушку. За умови протікання через котушку достатнього струму рухома механічна частина апарату змінює своє положення і стан однойменних контактів. Електромагнітне реле часу має додаткове електропровідне кільце навколо магнітопроводу, що уповільнює зміну магнітного потоку і затримує повернення механічної частини апарату у нормальний стан.

Логічне керування електродвигуном полягає у створенні умов замикання чи розмикання контактів у контурах статора та ротора.

За допомогою командоапарату **КК** задається підготовчий режим або одна з характеристик привода ("**1в**", "**2в**", "**3в**", "**1н**", "**2н**", "**3н**", "**2дт**", "**3дт1**", "**3дт**" на рис. 4.2). **КК** має сім фіксованих положень керуючої рукоятки ("**0**", {1,2,3} "**Вперед**", {1,2,3} "**Назад**") . Відповідно електрична схема має сім вертикальних пунктирних ліній. **КК** має п'ять контактів, що на електричній схемі зображені як розриви горизонтальних ліній і позначені **КК0**, **КК1**, **КК2**, **КК3**, **КК4**. Крапка на пунктирній лінії під назвою контакту визначає позицію рукоятки **КК**, у якій цей контакт замкнено.

Автоматичне керування полягає у послідовному створенні характеристик "**1в**", "**2в**", "**3в1**", "**3в**" ("**1н**", "**2н**", "**3н1**", "**3н**") (рис. 4.2) у режимах розгону, характеристик "**2дт**", "**3дт1**", "**3дт**" під час динамічного гальмування або характеристик "**1в**" ("**1н**") у режимах гальмування противмиканням. Проміжні характеристики дозволяють обмежити струм двигуна і встановити межі змін моменту двигуна від **М1** до **М2**.

Підготовчий режим встановлює робочий стан захисного реле **РН**. Для цього вмикаються рубильники **1Р, 2Р** і встановлюється у нульове положення **КК**. Котушка **РН** одержує живлення через контакти рубильника **2Р**, запобіжники **2П**, контакти командоапарату **КК0**, контакти реле **1РМ**, **2РМ**, **3РМ**. Реле **РН** вмикається і своїм контактом забезпечує живлення власної котушки та котушок **В**, **Н**, **Л**, **П**, **Т** у робочих положеннях **КК** . Вимикання **РН** робить ввімкнення двигуна до мережі живлення неможливим. Це - "нульовий" захист від мимовільного запуску механізму подачею напруги живлення.

Режим розгону привода задається пересуванням рукоятки **КК** в одне із робочих положень. Наприклад, встановлено "**1 вперед**". Замикаються контакти **КК1** і по контуру через контакти **РН**, **КК1**, **Д** одержує живлення котушка контактора **В**. По контуру через контакти **РН**, **КК1**, **В**, **Д** одержує живлення котушка **Л**. Статор двигуна вмикається до мережі живлення з максимальним опором роторних контурів (**R1+R2+R3**). Через контакти **РН**, **КК1**, **В**, **Л** одержує живлення котушка **Т** і механізм звільняється від механічного гальма. Реалізується характеристика "**1в**", що сприяє "м'якому" замиканню зазорів у механізмі. У другому положенні рукоятки **КК**: додатково вмикається контакт **КК3**, одержує живлення котушка **П**, контактор **П** вмикається і закорочує ступінь роторного резистора, реалізується характеристика "**2в**". Частота обертання вала двигуна зростає. У третьому положенні рукоятки **КК**: додатково вмикається контакт **КК4**, одержує живлення котушка **1У**, вмикається контактор **1У**, закорочується ступінь роторного резистора, розривається контур живлення котушки **2РУ**. Через термін часу контакти **2РУ** забезпечують вмикання контактора **2У** і повне закорочення додаткового роторного резистора. Реалізуються характеристики "**3в1**" та "**3в**".

Станція дозволяє автоматизацію процесу розгону у функції часу. Для цього досить переставити рукоятку командоапарату із нульового положення у третє, не затримуючись у проміжних. Послідовно, без помітної затримки у часі вмикаються контактори **В**, **Л**, **Т**, **П**. Двигун починає рух на характеристиці "**2в**". Після вмикання **П** втрачає живлення котушка **1РУ** і через певний проміжок часу (Δt_1) замикає свої контакти у контурі котушки **1У**. Вмикається **1У**, відбувається перехід на

характеристику “**Зв1**”, втрачає живлення котушка **2РУ**. Через наступний проміжок часу (Δt_2) замикаються контакти **2РУ** у контурі котушки **2У**. Додатковий роторний резистор закорочується. Встановлюється природна характеристика двигуна. Параметри реле часу **1РУ** та **2РУ** розраховуються таким чином, що перехід на наступну характеристику супроводжується встановленням моменту двигуна на рівні **М1**.

Аналогічно реалізується алгоритм керування у зворотному напрямку “**назад**”. Тільки замість **КК1** вмикається **КК2**, а замість **В - Н**.

Режим електричного гальмування противмиканням виникає за умови перестановки рукоятки **КК** із положення “**З вперед**” у положення “**З назад**” чи навпаки. Виникає подвійна від пускової ЕРС тому, що ротор за механічною інерцією продовжує обертатись у попередньому напрямку, а магнітне поле статорних обмоток вже обертається у іншому. Напруга на котушку реле **РП** зростає, воно вмикається і своїми контактами розриває контур живлення котушок **П**, **1У**, **2У**. Установлюється максимальний опір роторного резистора, що обмежує струм обмоток. Режим зберігається доки частота обертання ротора не знижується до нуля. Гальмування противмиканням автоматизується за значенням частоти обертання ротора.

Станція дозволяє реалізувати динамічне гальмування після переведення рукоятки **КК** із робочого положення до нульового. Після вимикання котушок **В(Н)** та **Л** двигун вимикається із мережі живлення змінного струму. Вмикається контактор **Д** та вмикає статор двигуна до мережі постійного струму. Створюється режим динамічного гальмування. Ефективність гальмування регулюється за рахунок регулювання опору роторного резистора. Контакти **Д** створюють умови вмикання **П** (характеристика “**2дт**”) і через проміжки часу, що створюють **1РУ**, **2РУ**- вмикання **1У**, **2У** (характеристики “**Здт1**”, “**Здт**”). Загальна тривалість процесу залежить від реле часу **РД**, що замикає свій контакт у контурі **Д** під час рушійного режиму. Станція дає можливість негайно припинити режим динамічного гальмування, якщо рукоятка **КК** переведена у одне із положень рушійного режиму. На цей випадок котушка реле **РБД** одержує живлення через котушку **В** або **Н**. Струм такого контуру достатній для вмикання реле і не достатній для вмикання контактора. Контакт **РБД** розриває контур живлення котушки **Д**, динамічне гальмування припиняється, розмикаючий контакт **Д** шунтує котушку **РБД** і дозволяє вмикання **В**, **Н**, **Л**. Затримка переключень **РБД** у часі дозволяє уникнути коливальних режимів.

4.5. Зміст звіту

- Найменування, мета та програма роботи.
- Електрична схема лабораторної установки (рис. 4.1.).
- Характеристики привода (приблизний вигляд на рис. 4.2.).
- Необхідні нотатки до захисту лабораторної роботи.

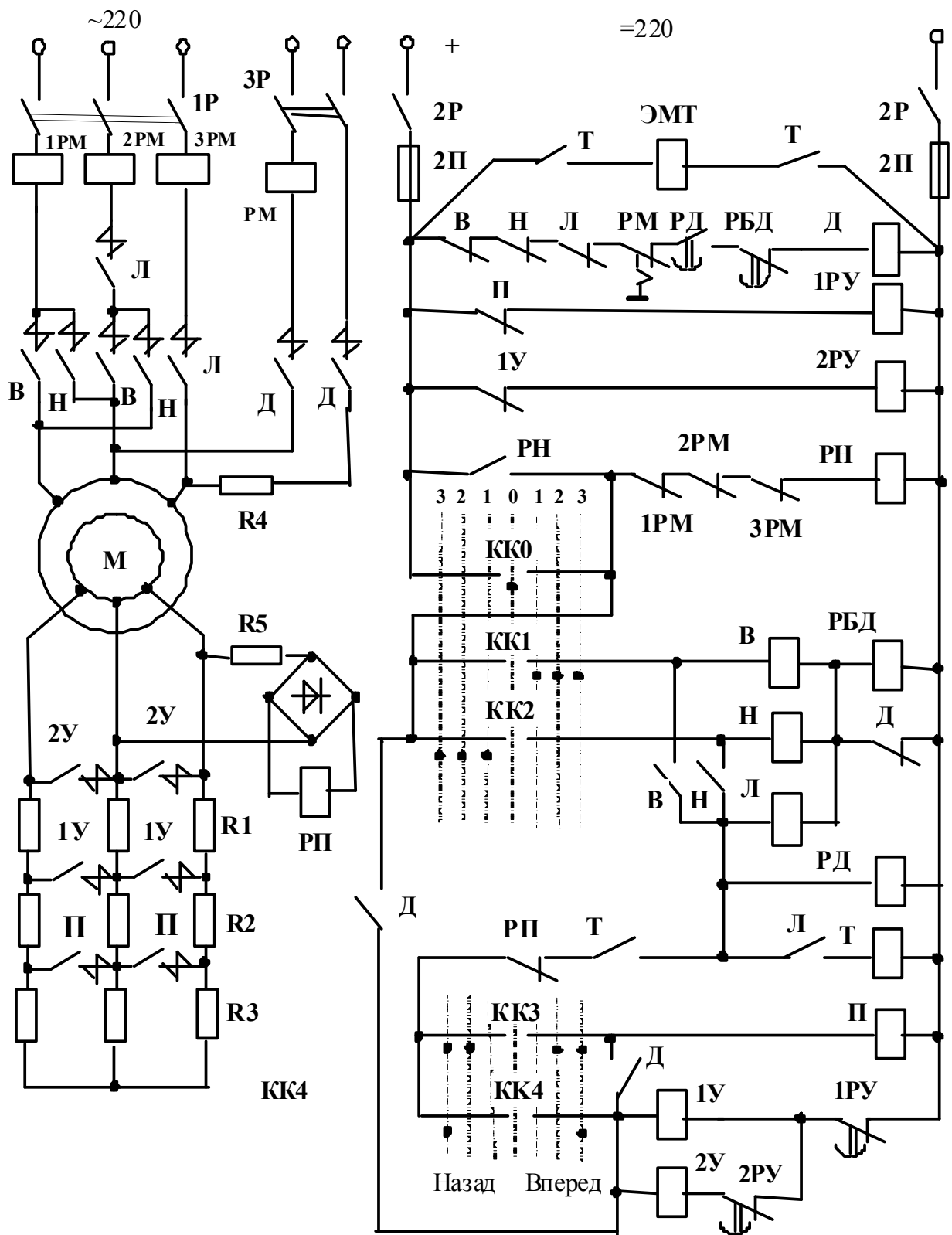


Рис. 4.1. Електрична схема станції ПУ6520-03А2

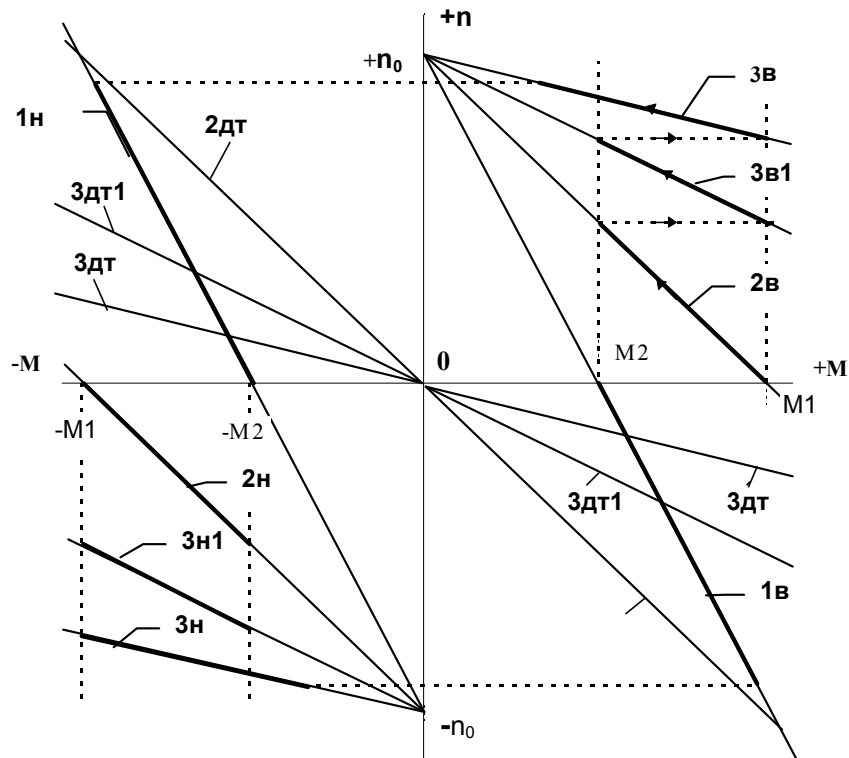


Рис. 4.2. Лінійні наближення характеристик привода.

4.6. Контрольні запитання

У чому полягає головне **призначення станції** релейного керування асинхронним двигуном? Як асинхронний двигун **підключається до мережі** живлення? Для чого у роторних контурах установлюють **додаткові резистори**? Яка характеристика привода реалізується першою за умови **повільного пуску**? Які характеристики привода установлюються на етапі **швидкого розгону**? Які апарати керують **автоматизацією** розгону? Яка **функція автоматизації** реалізується під час розгону привода? У чому полягає принцип дії **електромагнітного реле часу**? Чим **контактор** відрізняється від реле? У чому полягає принцип дії **електромагнітного апарата**? Що таке **гальмування противмиканням**? Чому зростає **ЕРС роторних обмоток** у режимі гальмування противмиканням? Для чого збільшувати **опір** додаткового **роторного резистора** під час гальмування противмиканням? Який апарат керує режимом електричного **гальмування противмиканням**? Як автоматизується процес **динамічного гальмування**? Як змінити **напрямок обертання** вала електричного двигуна? Для чого у системі використовують **командоапарат**? Які **захисти** реалізовані апаратами станції **ПУ 6520-03А2**? Який апарат контролює **припустимий струм** статорних обмоток двигуна від мережі змінного струму? Який апарат контролює **припустимий струм** від мережі постійного струму? Який апарат здійснює **нульовий захист** привода? У чому **перевага** апаратів із живленням від мережі постійного струму? Які **заходи** запобігають **одночасному вмиканню** контакторів **В** та **Н** за умови помилкового попадання напруги на їх котушки? У чому полягають **функції реле РН**? Яким чином на електричній схемі станції зображено **положення рукоятки** керування командоапаратом **КК**? Як встановити **режим автоматичного розгону**? Як встановити **режим гальмування противмиканням**? Як встановити **режим динамічного гальмування**? Як змінюється **опір роторного резистора** під час автоматичного розгону? Для чого змінюється опір роторного резистора під час розгону? Як змінюється опір роторного резистора під час динамічного гальмування? Для чого змінюється опір роторного резистора під час динамічного гальмування? Як контролюється **довготривалість динамічного гальмування**? За яких умов вмикається контакт **РД**? За яких умов вимикається контакт **РД**? Яку **функцію** виконує **реле РБД**? Як **реле РП** контролює частоту обертання вала двигуна? Які особливості захисного **реле РМ**?

Лабораторна робота № 5

СИСТЕМА РЕЛЕЙНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ І ДИНАМІЧНИМ ГАЛЬМУВАННЯМ

5.1. Мета роботи

Засвоїти методи аналізу та принципи дії станції БУ5509-13А2Б релейного керування асинхронним двигуном.

5.2. Програма роботи

- Проаналізувати конструктивний склад станції.
- Проаналізувати режим вмикання асинхронного двигуна до мережі живлення змінного струму.
- Проаналізувати процес встановлення режиму динамічного гальмування.
- Проаналізувати варіант реалізації автоматичного керування режимом динамічного гальмування.
- Проаналізувати захисні функції, що реалізує станція.
- Виконати запуск станції та реалізувати характерні режими її роботи.

5.3. Опис станції керування

Станція БУ5509-13А2Б (електрична схема на рис.5.1) представляє собою ізольовану панель, на якій змонтовано:

- **В1, В2, В3** - рубильники вмикання до мереж живлення;
- **В, Н, Л** - контактори для вмикання двигуна до мережі змінного струму під час рушійного режиму;
- **Д** - контактор для вмикання двигуна до мережі постійного струму під час динамічного гальмування;
- **РД, РМ, 1РМ, 2РМ, 3РМ, РН** - реле для керування контакторами;
- **ПР** - запобіжники для захисту від струмів короткого замикання.

Функції головних апаратів:

- **РД** - реле керування тривалістю динамічного гальмування. Затримка у часі виникає за рахунок електропровідного кільця, що охоплює магнітопровід і уповільнює спадання магнітного потоку після вимикання котушки реле;
- **РМ** - захист від струмів короткого замикання в контурі котушки **Д** під час динамічного гальмування. Реле має механічний фіксатор розімкненого стану контактів із поверненням у робочий стан вручну;
- **1РМ, 2РМ, 3РМ** - захист ліній живлення двигуна від струмів короткого замикання;
- **РН** - реле нульового захисту, що контролює належний рівень напруги мережі постійного струму і не дає змоги мимовільного запуску двигуна тільки за рахунок ввімкнення станції до мереж живлення.

Перемикач управління **УП** встановлюється за межами станції на пульті керування. Перемикач має три керуючих контакти і три положення рукоятки керування: “**0**” (замкнено контакт **КК0**), “**В**” (замкнено контакт **КК1**), “**Н**” (замкнено контакт **КК2**).

Станція має захист проти одночасного вмикання двигуна до мереж змінного та постійного струму за рахунок взаємно блокувальних контактів (контакт **Д** у контурах котушок **В, Н, Л** і контакти **В, Н, Л** у контурі котушки **Д**). Крім того, контактори напрямку **В** та **Н** мають механічний блокувальний пристрій, що робить

неможливим їх одночасне ввімкнення. Контакти і котушка кожного апарату мають однакові назви.

5.4.Робота схеми

Електрична схема станції показана на рис.7.1. Ввімкнення до мереж живлення здійснюється автоматом **В1** та рубильниками **В2, В3** вручну.

Станція забезпечує роботу у трьох режимах: підготовчому, рушійному та гальмовому. Режими задаються контактами **КК0, КК1, КК2** перемикача **УП**. На схемі контакти позначено розривами горизонтальних ліній, а положення - вертикальним пунктиром. Положення із замкненим станом контакту визначені помітними крапками під лінією контакту.

Підготовчий режим виникає після послідовного вмикання **В1, В2, В3** та установа перемикача **УП** у положення “0”. Вмикається **РН** і вмикає свої контакти, що шунтують **КК0** і готують вмикання контурів котушок **В, Н, Л**.

Рушійний режим виникає, якщо після завершення підготовчого режиму перевести **УП** у одно із робочих положень (“В” або ”Н”). У положенні “В”, наприклад, вмикається контакт **КК1**, одержує живлення котушка контактора **В**. Вмикається контактор **В** із вмиканням однойменних контактів у статорних контурах та у контурі живлення котушки **Л**. Вмикається контактор **Л**. Контактами **В** та **Л** двигун вмикається до мережі живлення змінного струму і починає рух. Одержує живлення котушка **РД** і вмикає свої контакти у контурі котушки **Д**, готуючи режим динамічного гальмування. У положенні “Н” замість **В** вмикається **Н**. Двигун обертається у протилежному напрямку.

Динамічне гальмування виникає після рушійного режиму встановленням **УП** у положення “0”. Контури котушок **В, Н, Л** та **РД** розриваються, а котушки **Д** вмикається. Двигун вимикається із мережі змінного струму та вмикається до мережі постійного струму. Встановлюється режим динамічного гальмування. Тривалість режиму контролюється за допомогою реле **РД**, яке розриває контур котушки **Д** через певний проміжок часу.

Станція забезпечує такі захисні функції:

- “Нульовий” захист від мимовільного запуску двигуна під час ввімкнення станції до мереж живлення. Захист здійснюється реле **РН**, котушка якого первісно вмикається через контакт **КК0**, замкнений тільки у нульовому положенні **УП**.
- Максимальний струмовий захист контурів змінного струму за допомогою реле **1РМ, 2РМ, 3РМ**, що діють у складі автомата **В1**
- Максимальний струмовий захист за допомогою реле **РМ**, контакти якого розривають контур живлення котушки **Д** і повертаються у робочий стан тільки вручну.
- Максимальний струмовий захист керуючих контурів релейної системи запобіжниками **ПР**.

Апарати постійного струму забезпечують найбільшу швидкодію та надійність, мають у складі зручні електромагнітні реле часу.

5.5.Зміст звіту

- Назва, мета та програма роботи.

- Електрична схема станції (рис. 5.1.).
- Необхідні нотатки до виконання та захисту роботи.

5.6. Контрольні запитання

Які **функції** виконує станція БУ5509-13А2Б? Які апарати **вмикають** двигун до мережі змінного струму? Як змінюється **напрямок** обертання вала двигуна в лабораторній роботі? Як встановити **режим динамічного гальмування**? Які елементи здійснюють **електричне блокування**? Для чого використовується **механічне блокування**? Як виконати **підготовчий режим** станції? Для чого у схемі станції використовується **реле РН**? За яких умов встановлюється режим **динамічного гальмування**? Яка причина може **не дозволяти** динамічного гальмування? Для чого і як використовується **реле РД**? Чим відрізняються **умови вмикання та вимикання** контактів **РД** та **РМ** у контурі котушки **Д**? Як реалізується **нульовий захист**? Як реалізується **захист від аварійних струмів**?

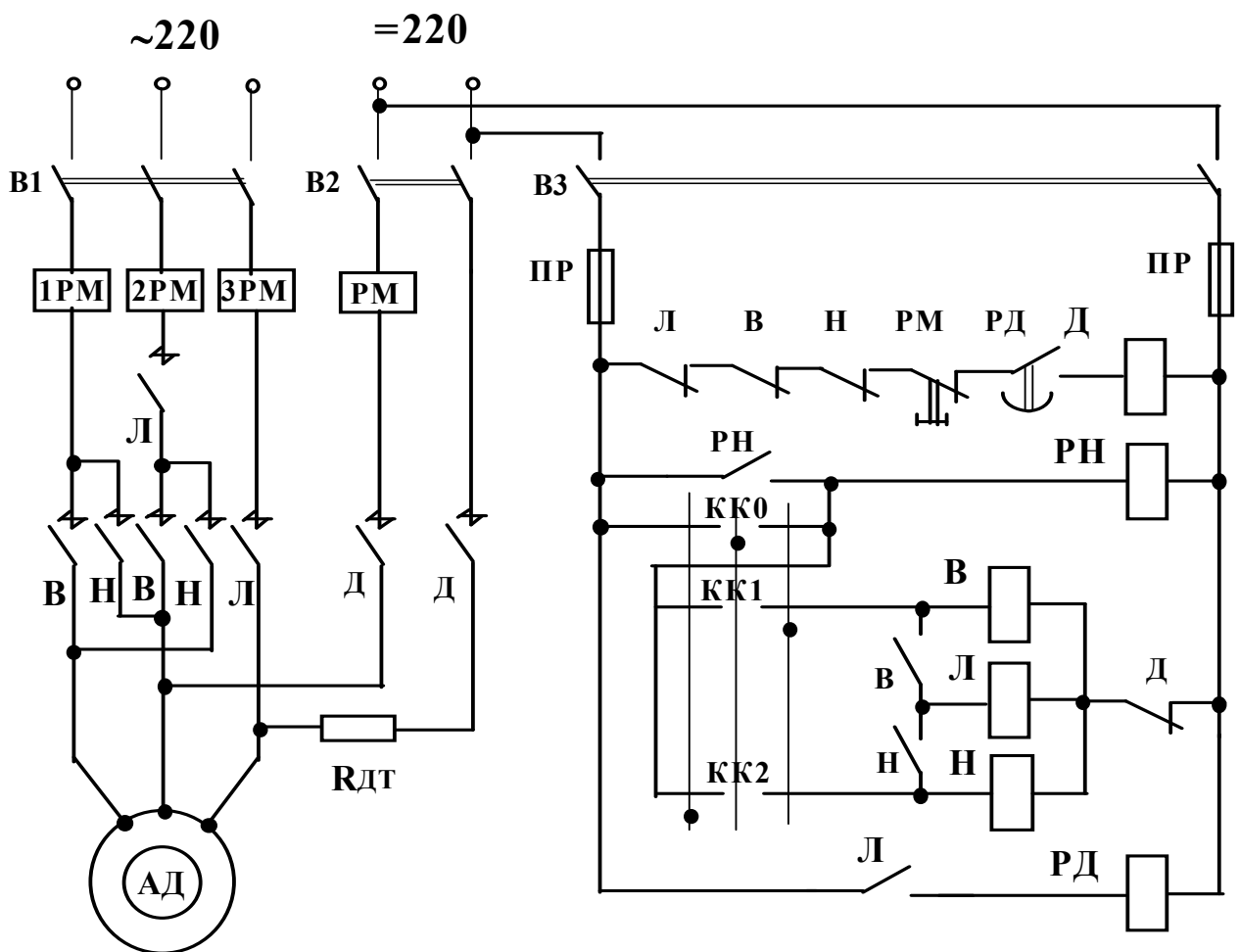


Рис. 5.1. Електрична схема станції БУ5509-13А2Б

Лабораторна робота № 6
ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ РЕЛЕЙНОГО КЕРУВАННЯ
ДВОШВИДКІСНИМ
АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

6.1. Мета роботи

Засвоїти методи аналізу та принципи дії станції релейного керування **БН5712-О2Б2**.

6.2. Програма роботи

- Засвоїти принцип регулювання частоти обертання вала асинхронного двигуна зміною кількості пар полюсів.
- Вивчити особливості конструкції станції релейного керування в умовах лабораторної роботи.
- Вивчити особливості електричної схеми станції.
- Здійснити запуск станції та аналіз режимів її роботи.

6.3. Опис конструкції

Станція **БН5712-О2Б2** (електрична схема на рис. 6.1.) включає електричні апарати, які змонтовано на ізольованій панелі :

- **1В** - рубильник ручного вмикання до мережі живлення;
- **1ПР, 2ПР** - запобіжники для захисту мережі від струмів короткого замикання у контурах станції;
- **В, Н, 1С, 2С1, 2С2** - електромагнітні контактори (апарати, що мають потужні контакти із іскрогасінням або дугогасінням) для вмикання статорних обмоток двигуна до мережі живлення;
- **1РТ, 2РТ** - реле захисту обмоток двигуна від перегрівань.

Блок кнопок для формування керуючих сигналів **КС, КВ, КН, 1СК, 2СК** встановлюється окремо. Усі кнопки (крім **КС**) мають два контакти, один з яких замкнено, а другий у той же час розімкнено. Натискання кнопки спочатку розмикає обидва контакти, а потім вмикає один з них.

6.4. Опис роботи схеми

Частота обертання вала асинхронного двигуна залежить від складових, головна з яких зворотно пропорційна кількості пар полюсів. Тому, змінюючи кількість пар полюсів, одержують різні частоти обертання вала двигуна. Розповсюдження є засіб зміни схеми вмикання обмоток статора із зміною напрямку струмів у фазних напівобмотках, що змінює кількість пар полюсів у два рази. На рис. 6.2. показано, що такими схемами можуть бути трикутник (рис. 6.2-а) або подвійна зірка (рис. 6.2-б). Перехід від однієї схеми до іншої змінює напрямок струму у напівобмотках фаз із узгодженого на протилежний. Сусідні фазні напівобмотки з однаковим напрямком струму не утворюють полюсів і їх кількість зменшується.

Електрична схема станції дозволяє змінювати напрямок обертального руху вала двигуна вмиканням контакторів **В** або **Н**. Вибір напрямку здійснюється натисканням кнопок **КВ** або **КН**. Кожна із цих кнопок має два контакти з однойменною назвою. Один контакт вмикає контур живлення котушки контактора визначеного напрямку, а другий розриває контур котушки протилежного напрямку. Котушка одержує живлення, контактор вмикається і своїми потужними контактами вмикає обмотки статора до мережі. Одночасно блокувальний контакт

контактора шунтує (закорочує) контакти кнопки. Після цього кнопка може не утримуватися.

Контур котушки **В** включає розмикальні контакти **Н**, а контур котушки **Н** - розмикальні контакти **В**. Ці контакти виконують функції електричного блокування неприпустимого одночасного вмикання **В** та **Н**. На станції передбачено ще механічний пристрій такого ж призначення (коромисло).

Така ж логіка створюється відносно кнопок керування частотою обертання **1СК**, **2СК** та контакторів **1С**, **2С1+2С2**. Різниця полягає у одночасному вмиканні контакторів **2С1**, **2С2** на другому рівні частоти обертання та живленні контурів котушок контакторів через контакти **1РТ**, **2РТ** реле теплового захисту. Чутливі елементи теплових реле **1РТ**, **2РТ** розташовано у контурах статора. Вони захищають обмотки двигуна від перегрівань під час механічних перевантажень або аварійного двофазного вмикання. Контакти **1РТ**, **2РТ** мають механічні блокувальні елементи, що дозволяють повернення у робочий стан тільки вручну.

Рубильник **1В** дозволяє вмикати станцію до мережі живлення для виконання технологічних функцій або вимикати її під час продовжних простоїв, ремонтів та профілактичних робіт.

Після вмикання рубильника **1В** керування станцією здійснюється за допомогою кнопок. Рекомендується спочатку призначити рівень частоти обертання. Для цього натискається кнопка **1СК** або **2СК**. Вмикання двигуна до мережі живлення виконується наступним натисканням кнопки **В** або **Н**. Натискання кнопки **КС** вимикає котушки контакторів із мережі живлення і зупиняє двигун.

Система дозволяє переходити з однієї частоти обертання на іншу та зміни напрямку обертального руху без зупинки двигуна. Такі режими супроводжуються появою підвищених пускових струмів і можуть стати причиною зупинки двигуна тепловим захистом. Після такої зупинки необхідно витримати певний термін часу для охолодження двигуна, встановити робочий стан контактів **1РТ** (**2РТ**) натисканням кнопки на корпусі реле і продовжити дослідження режимів.

Запобіжники **1ПР**, **2ПР** захищають елементи станції та мережі живлення від псування струмами короткого замикання у контурах станції.

6.5.Зміст звіту

- Назва, мета та програма роботи.
- Електрична схема станції (рис. 6.1.).
- Схема зміни кількості пар полюсів (рис. 6.2).
- Необхідні нотатки до захисту роботи.

6.6.Контрольні запитання

За рахунок чого змінюється кількість пар полюсів асинхронного двигуна у лабораторній роботі ? Як змінити рівень частоти обертання? Як змінити напрямок обертального руху привода? Як повернути реле теплового захисту до робочого стану ? Чому кнопки керування станцією мають два логічно протилежних контакти? Як зупинити привод у робочому порядку?

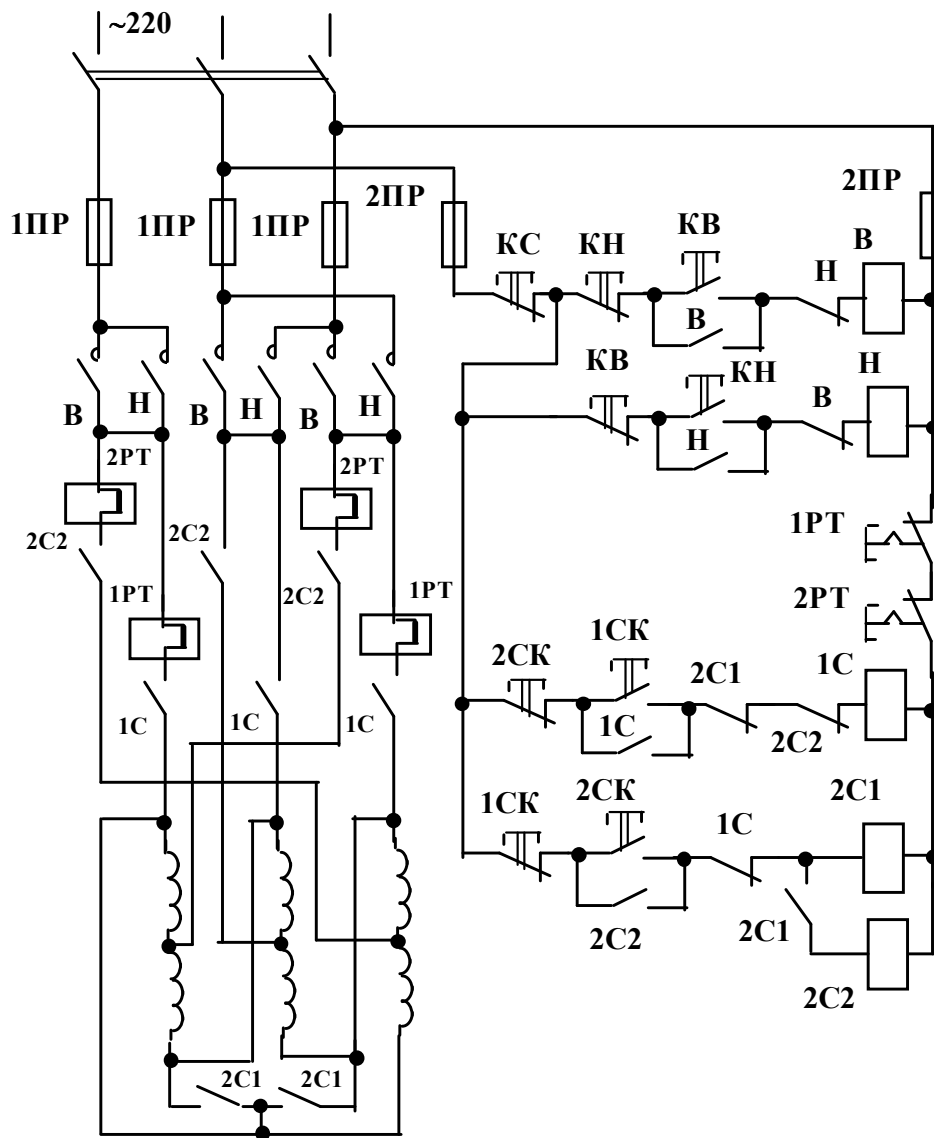


Рис. 6.1. Електрична схема станції **ВН5712-0262**

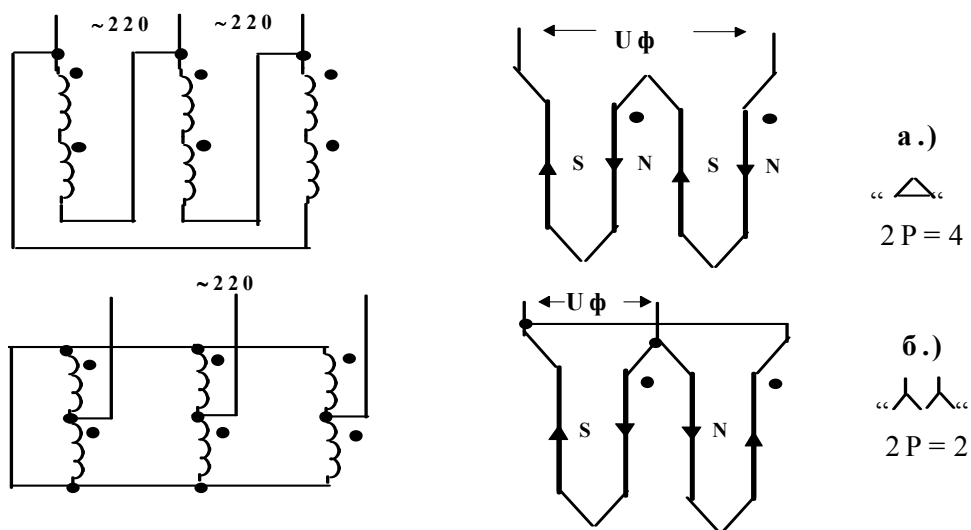


Рис. 6.2. Схеми вмикання обмоток двигуна

Упорядник
Владислав Емануїлович Воскобойник

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ
“ЕЛЕКТРОПРИВОД”
для студентів напрямку 0903 Гірництво

Редакційно-видавничий комплекс

Підписано до друку Формат 30х42/4
Папір офсетний. Ризографія. Умовн. друк. арк. 1,9.
Обліково-видавн. арк. 1,9. Тираж прим. Зам. №

Державний ВНЗ України , НГУ
49027, ДСП, м. Дніпропетровськ-27, просп. К.Маркса, 19.