

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ  
І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ **”ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ”**,  
З РОЗДІЛУ **“ДВИГУНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ”**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ  
ЗА НАПРЯМАМИ 6.050702 – «ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА» І  
6.050701 – «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ»  
(У ТОМУ ЧИСЛІ ДЛЯ СКОРОЧЕНОГО ТЕРМІНУ НАВЧАННЯ)

Кременчук 2010

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни “Електричні машини”, розділ “Двигуни постійного струму” для студентів денної та заочної форм навчання за напрямами 6.050702 – «Електромеханіка» і 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології» (у тому числі для скороченого терміну навчання)

Укладачі: к.т.н., професор В. О. Некрасов,  
к.т.н., доцент А. В. Некрасов,  
д.т.н., с.н.с., професор А.П. Ращепкін  
асист. Р.М. Донченко,  
асист. В.В. Ромашина

Рецензент к.т.н., доц. В.В. Прус

Кафедра електричних машин та апаратів

Затверджено методичною радою КНУ імені Михайла Остроградського

Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2010

Заступник голови методичної ради \_\_\_\_\_ доц. С.А. Сергієнко

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Загальні відомості щодо виконання лабораторних робіт та техніка безпеки .....	5
Перелік лабораторних робіт	
Лабораторна робота №10 Дослідження двигуна постійного струму незалежного збудження.....	8
Лабораторна робота №11 Дослідження двигуна постійного струму паралельного збудження.....	19
Лабораторна робота №12 Дослідження двигуна постійного струму змішаного збудження.....	29
Лабораторна робота №13 Дослідження двигуна постійного струму послідовного збудження.....	41
Список літератури.....	50

## ВСТУП

Курс "Електричні машини" призначений для оволодіння теоретичними та практичними знаннями процесів електромеханічного перетворення енергії, загальними принципами роботи, функціональної та конструкторської побудови електричних машин.

Знання, набуті студентами під час освоєння курсу, використовують під час вивчення наступних професійно-орієнтованих дисциплін.

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з вивчення навчальної дисципліни „Електричні машини” для студентів за напрямками «електромеханіка» і «електротехніка та електротехнології», мають за мету поглибити знання під час виконання лабораторних робіт.

Для підготовки до захисту після кожної лабораторної роботи наведені питання, на які студент повинен дати вірні відповіді.

Лабораторні роботи з курсу „Електричні машини” є невід’ємною частиною курсу. Даними методичними вказівками передбачено виконання чотирьох лабораторних робіт з розділу: двигуни постійного струму.

Дані лабораторні роботи виконують в обсязі згідно із робочою програмою.

## **ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ**

### **Виконання лабораторних робіт**

1. Виконання лабораторної роботи складається з роботи студента у лабораторії, а також самостійної роботи.
2. Самостійно робота студента передбачає:
  - а) теоретичну підготовку до наступної роботи;
  - б) підготовку відповідей на контрольні запитання, що наведені у роботі;
  - в) аналіз результатів дослідів, що виконувались у лабораторії;
  - г) оформлення звітів про виконання лабораторних робіт.
3. Теоретична підготовка до наступної лабораторної роботи передбачає:
  - а) проробку розділів теорії, що визначають зміст та методикау досліджень;
  - б) проробку методичних вказівок до лабораторної роботи з використанням рекомендованих підручників та посібників;
  - в) оформлення бланку до звіту про виконання лабораторної роботи.
4. Робота студента у лабораторії передбачає наступні етапи:
  - а) отримання допуску до лабораторної роботи;
  - б) отримання дозволу на ввімкнення лабораторної установки (стенда);
  - в) проведення дослідів та запис результатів вимірів;
  - г) захист звітів про виконання лабораторних робіт.

### **Оформлення звітів про виконання лабораторних робіт**

1. Звіти про виконання лабораторних робіт складаються окремо для кожної лабораторної роботи.
2. До складу кожного звіту повинні входити: номер, назва, мета, програма роботи, електрична схема, таблиці, розрахункові формули та висновок.
3. Після виконання останньої в семестрі лабораторної роботи оформлюється загальна титульна сторінка для всіх робіт.

## **Захист звітів про виконання лабораторних робіт**

1. Захист звітів про виконання лабораторних робіт здійснюється кожним студентом окремо.
2. Захист звітів про виконання лабораторних робіт здійснюється як під час проведення лабораторних робіт за розкладом, так і під час додаткових консультацій.
3. Студенти, які не виконали всі лабораторні роботи або не захистили всі звіти, передбачені навчальним планом, не допускаються до екзамену (заліку).

### **Техніка безпеки**

У лабораторії «Електричні машини» використовується напруга змінного і постійного струму до 380 В. При недотриманні правил техніки безпеки така напруга становить серйозну небезпеку.

Опір тіла людини визначається головним чином опором шкірного покриву, що істотно залежить від ступеня зволоження, наявності ушкоджень і т.д. Тому цей опір може змінюватися в дуже широких межах. У розрахунках з техніки безпеки звичайний опір тіла людини беруть рівним 1 кОм.

Електричний струм, проходячи через тіло людини, виконує тепловий, хімічний і біологічний вплив. Хімічна дія струму веде до електролізу крові та інших розчинів, які містяться в організмі, що призводить до зміни їхнього хімічного складу. Біологічна дія електричного струму виявляється в небезпечному порушенні живих клітин організму, що може супроводжуватися судомогами, явищами паралічу.

Ступінь ураження людини і величина електричного удару залежать головним чином від значення струму, який проходить через тіло людини, а також шляху проходження струму в тілі людини і тривалості його проходження.

## **Основні правила з техніки безпеки**

1. Перед початком складання схеми необхідно переконатися в тому, що автоматичний вимикач на стенді знаходиться у вимкненому стані.
2. Вимірювальні прилади і досліджувані апарати необхідно розміщати таким чином, щоб у процесі виконання роботи була виключена можливість випадкового дотику до оголених струмоведучих частин.
3. Не допускається використання приладів та апаратів з несправними затискачами, провідників з ушкодженою ізоляцією, несправних реостатів, тумблерів та іншого устаткування.
4. Складання схеми необхідно виконувати за можливості без перехреснування провідників, не можна натягувати і згинати провідники. Використані провідники необхідно прибрати з робочого місця.
5. Категорично забороняється проводити будь-які операції на головних розподільних щитах, а також за межами робочого місця.
6. Напругу на схему подають тільки після дозволу викладача, попередивши про це всіх студентів, які працюють на даному робочому місці. При цьому рукоятки регуляторів напруги повинні знаходитися на нульовій позначці.
7. У випадку припинення досліду або перерви в роботі схему необхідно відключити від мережі живлення.
8. Під час лабораторної роботи забороняється: робити перекомутації провідників схеми, яка знаходиться під напругою; торкатися до оголених струмоведучих частин; вмикати схему після будь-яких змін у ній до перевірки викладачем; залишати без догляду схему, яка знаходиться під напругою.
10. У всіх випадках виявлення несправного устаткування, вимірювальних приладів, провідників, з появою специфічного запаху, диму, потрібно вимкнути напругу і негайно сказати про це викладачеві.
11. Після закінчення роботи необхідно вимкнути напругу, розібрати схему, упорядкувати робоче місце.

## **Лабораторна робота №10**

### **Дослідження двигуна постійного струму незалежного збудження**

#### **(стенд № 5)**

**Мета роботи** - визначення експлуатаційних властивостей двигуна постійного струму (ДПС) незалежного збудження шляхом експериментального зняття механічних і швидкісних характеристик

#### **10.1 Програма роботи**

1. Вивчити за літературою, що рекомендується, навчальними плакатами, діафільмами, кінофільмами і лабораторними макетними стендами конструкцію, принцип дії ДПС незалежного збудження, його механічні, швидкісні й робочі характеристики, методику їх зняття і побудови.

2. Зняти експериментальні дані й побудувати природну, штучні механічні і швидкісні характеристики ДПС, а також механічні та швидкісні характеристики ДПС при ослабленні поля (зменшенні потоку збудження).

3. За експериментальними і розрахунковими даними побудувати робочі характеристики ДПС; провести їх аналіз і зробити висновки про експлуатаційні властивості ДПС незалежного збудження.

#### **10.2 Техніка безпеки**

Перед виконанням лабораторної роботи студенти знайомляться з інструкціями з правил техніки безпеки і протипожежної безпеки, про що розписуються в контрольному листку.

Зібрану схему повинен перевірити викладач, і тільки після цього її можна вмикати.



### 10.3 Опис установки, устаткування і прилади

Електрична схема для дослідження ДПС незалежного збудження наведена на рис.1. Частини схеми, обведені пунктиром, зібрані всередині стенда.

Лабораторний стенд за схемою рис.1 містить у собі механічно з'єднані на одному валу ДПС незалежного збудження, тахометр (ТАХ) для виміру частоти обертання ДПС і електромагнітне гальмо (Г) для створення навантаження на валу ДПС; щитові вимірювальні прилади, апаратуру для пуску і зупинки ДПС, Подача і зняття напруги змінного струму на вхід ЛАТРa1 і ЛАТРa2 здійснюється контактором К1 шляхом натискання кнопок "Пуск1" и "Стоп1". Ключем  $S_3$  подається напруга на ЛАТР1, що регулює величину випрямленого випрямлячем В струму електромагнітного гальма Г; напруга на ньому контролюється вольтметром  $V_7$ . Ключ  $S_2$  комутує струм в обмотці гальма. Ключем  $S_3$  подається напруга на ЛАТР2, яким регулюється величина випрямленого випрямлячем В струму незалежної обмотки збудження ОВ(Ш<sub>1</sub>Ш<sub>2</sub>). Величину струму збудження можна регулювати ЛАТРом2 і реостатом  $R_1$ , а струм і напругу в ОЗ контролювати за  $A_6$  і  $V_{16}$ .

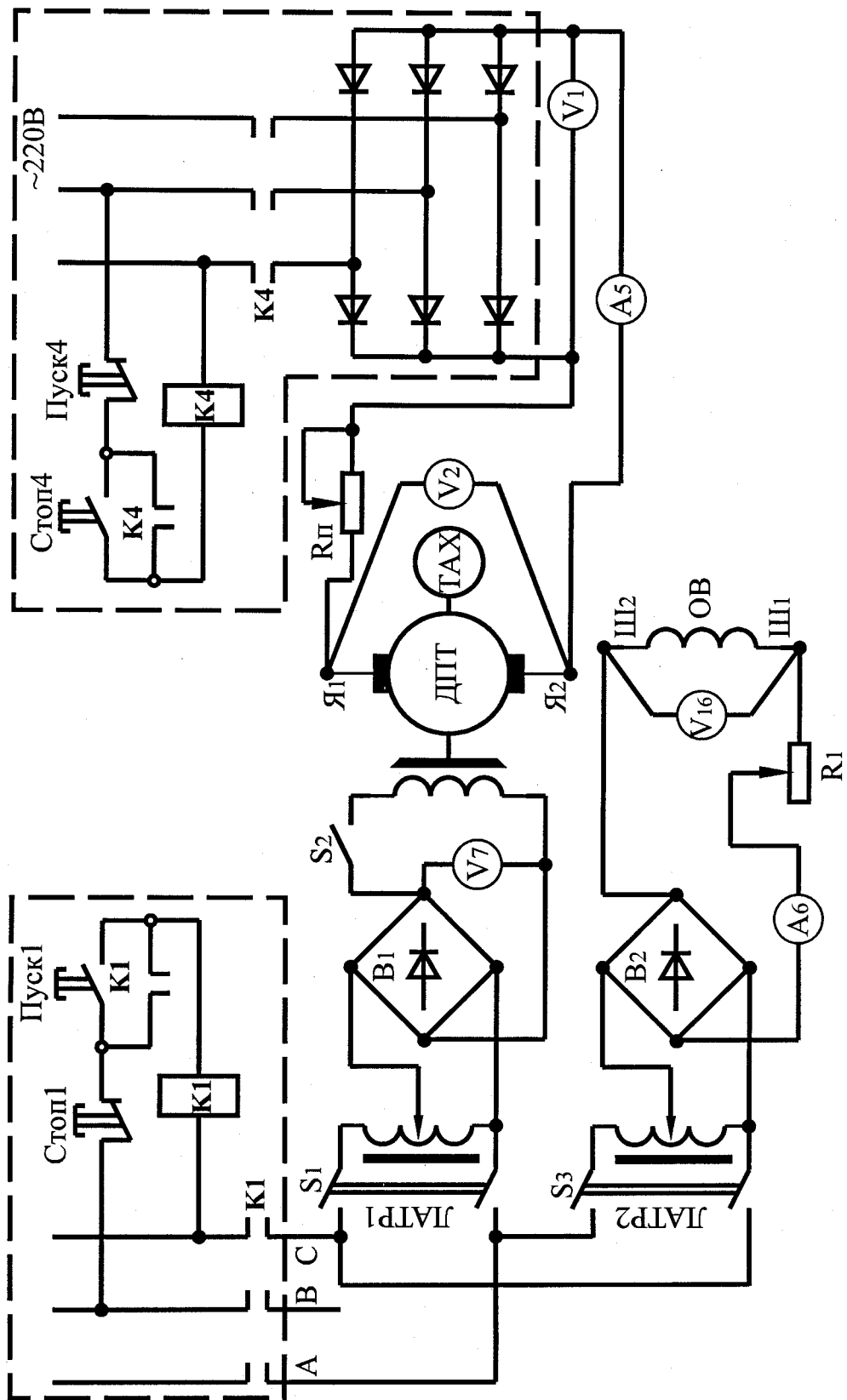


Рис.1

Подача і зняття напруги постійного струму якірною ланцюга ДПС здійснюється контактором К шляхом натискання кнопок "Пуск4" і "Стоп4" з наступним випрямленням змінного трифазного струму в постійний випрямлячем В (міст Ларіонова). Контроль напруги мережі, напруги якірної обмотки ( $Y_1Y_2$ ) і струму якоря здійснюється відповідно вольтметрами  $V_1$ ,  $V_2$  і амперметром  $A_5$ . Пусковий реостат  $R_{\Pi}$  застосовується для обмеження струмів при пуску ДПС.

#### 10.4 Порядок виконання роботи

1. Записати паспортні дані ДПС за формою, зазначеною на заводській таблиці.

2. Зібрати схему згідно із рис.1. Вихідне положення апаратури:  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  - вимкнені (униз), ручки ЛАТРів 1 і 2 - у крайньому лівому положенні (відповідають мінімальній напрузі); повзунки реостатів  $R_{\Pi}$  і  $R_1$  у крайньому правому положенні (відповідають для  $R_{\Pi}$  - максимальному, а для  $R_1$  - мініимальному опору).

3. Зняти природні механічну та швидкісну характеристики ДПС незалежного збудження:  $n=f(M)$  і  $n=f(I_A)$  при  $I_B=I_{BH}=const$  і  $R_H=0$ . Їх приблизний вигляд наведено на рис.2а і 3а.

Для їх зняття необхідно:

3.1 Після перевірки схеми викладачем здійснити пуск ДПС.

**Увага!** Його здійснюють у чіткій послідовності:

натиснути "Пуск1" і увімкнути  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ; ручкою ЛАТРа2 установити струм в обмотці збудження за  $A_6$   $I_{3H}=1,3A$ , якому відповідає напруга на ОЗ за  $V_2=230V$ ; натиснути "Пуск4" і поступово вивести  $R_{\Pi}$  у ліве крайнє положення.

Пуск ДПС здійснено.

3.2 Перевірити правильне ввімкнення вимірювальних приладів. За необхідності зупинити ДПС і поміняти місцями провідники на затискачах відповідних приладів.

3.3 **Увага!** Зупинка ДПС здійснюється в чіткій зворотній послідовності:

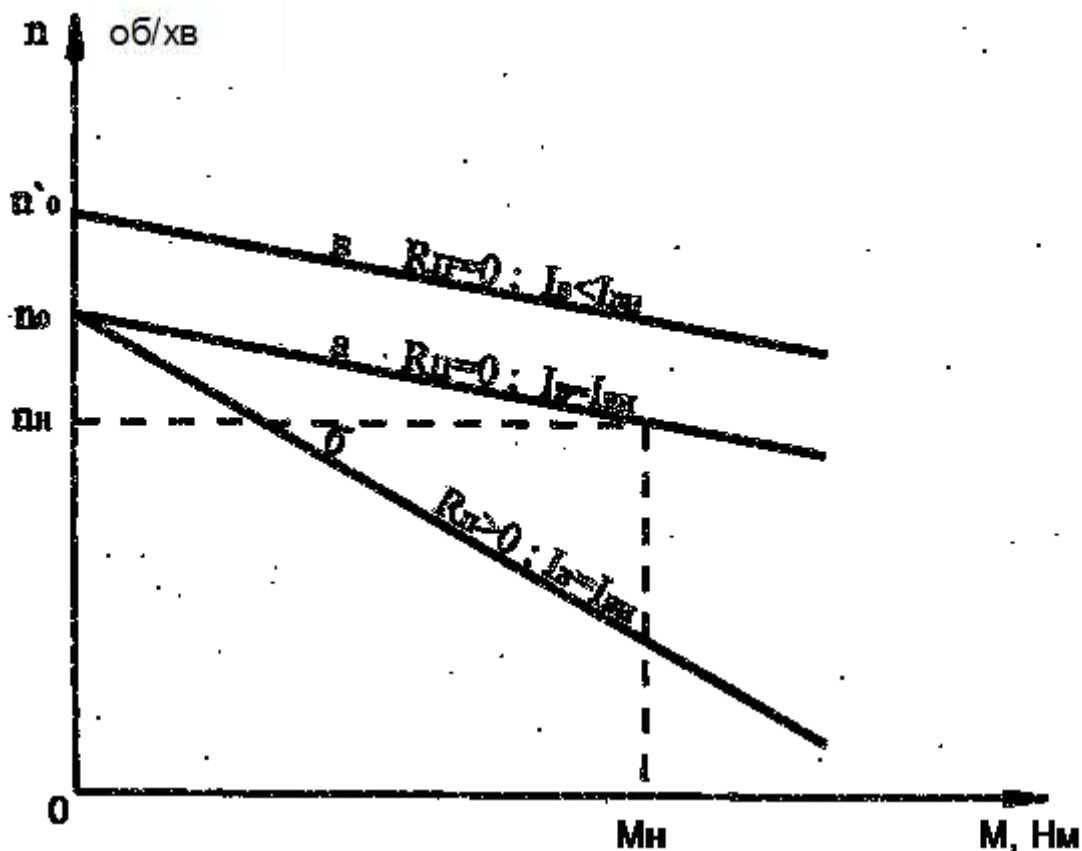
$R_{II}$  – у праве крайнє положення; натиснути "Стоп4"; ручку ЛАТРа2 - у ліве крайнє положення; вимкнути  $S_1, S_2, S_3$ ; натиснути "Стоп1".

Зазначена послідовність при пуску і зупинці ДПС передбачає спочатку подачу збудження, а потім - напруги на якір ДПС.

У випадку пуску: подача напруги на якір без живлення ОЗ може призвести до обертання ДПС (через реакцію якоря) у зворотню сторону; якщо  $R_{II}=0$ , то спричинить великий  $I_{II}$  і круговий вогонь за колектору, тобто режим КЗ.

У випадку зупинки: передчасне зняття напруги з ОЗ може призвести до розносу ДПС, тобто до збільшення частоти обертання якоря до величини, коли стане можливим механічний розрив частин якоря через відцентрову силу.

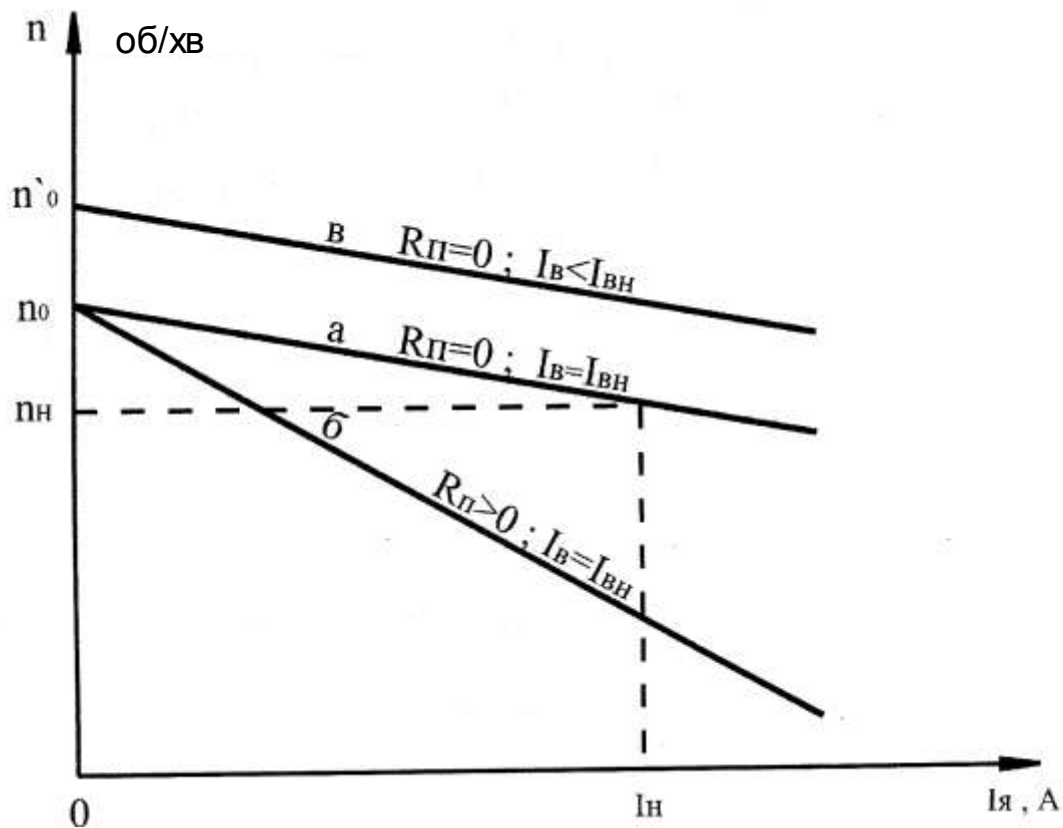
3.4. Здійснивши пуск ДПС у вищезазначеній послідовності згідно із п.3.1, записати показання приладів до табл.1.



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_n=200\text{об/хв/см}; M_M=2\text{Нм/см}$$

Рис.2



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_n = 200 \text{ об/хв/см}; M_I = 2 \text{ А/см}$$

Рис.3

Показання тахометра необхідно зменшити у два рази, але це з метою економії часу і підвищення точності відліку, треба робити тільки при оформленні звіту.

3.5 Збільшуючи ручкою ЛАТРа1 напругу на обмотках гальма, записувати показання приладів до табл.1 (7 вимірів, не перевищуючи за  $V_7 \quad U=220\text{В}$ ).

Зняття природних механічної та швидкісної характеристик ДПС закінчено. Вивести ручку ЛАТРа1 у крайнє ліве положення.

Зупинити ДПС, як зазначено в п.3.3.

Таблиця 1

Характеристики	№ п/п	Виміряно							Підраховано		
		$U_3, В$	$I_3, А$	$U_C, В$	$U_я, В$	$I_я, А$	$M, Нм$	$n, об/хв$	$P_1, кВт$	$P_2, кВт$	$\eta, \%$
Природна	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
Штучна	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
З послабленням поля	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										

4. Зняти штучні механічну, і швидкісну характеристики ДПС незалежного збудження:  $n=f(M)$  і  $n=f(I_A)$  при  $I_3=I_{3H}=const$  і  $R_{П} \neq 0$ .

Їх приблизний вигляд наведено на рис.2б і 3б.

Для їх зняття необхідно:

4.1 Здійснити пуск ДПС згідно із п.3.1.

4.2 Установити повзунок  $R_{П}$  у середнє положення і записати показання приборів у табл.1.

4.3 Зняти дані для побудови штучної характеристики подібно до п.3.5.

Зняття штучних характеристик закінчено.

Вивести ручку ЛАТРа1 у крайнє лівє положення, а повзунок  $R_{П}$  - у крайнє правє. Зупинити ДПС, як зазначено в п.3.3.

5. Зняти механічну і швидкісну характеристики ДПС незалежного збудження при ослабленні поля:

$n=f(M)$  і  $n=f(I_A)$  при  $I'_3 < I_{3H}$  і  $R_{П}=0$ .

Їх приблизний вигляд наведено на рис.2в і 3в.

Для їх зняття необхідно:

5.1 Здійснити пуск ДПС згідно із п.3.1.

5.2 Вивести повзунок  $R_1$  у крайнє лівє положення і записати показання приборів у табл.1.

5.3 Зняти дані для побудови механічної і швидкісної характеристик з ослабленням поля за подоби п.3.5.

Зняття характеристик закінчено.

5.4 Вивести ручку ЛАТРа1 у крайнє лівє положення, повзунок  $R_1$  - у крайнє правє положення і зупинити ДПС, як вказано в п.3.3.

Роботу закінчено.

### 10.5 Обробка результатів. Звіт

1. Назва, мета і програма роботи.

2. Паспортні дані ДПС незалежного збудження за формою, зазначеною в заводській табличці.

3. Схема установки рис.1.

4. Табл.1 з експериментальними даними для побудови характеристик ДПС незалежного збудження.

5. Механічні й швидкісні характеристики ДПС незалежного збудження згідно із рис.2 а,б,в і 3 а,б,в.

6. Заповнити графи "обчислено" у табл.1, використовуючи розрахункові формули:

$$P_1 = (UI_{\text{я}} + U_3 I_3) 10^{-3} [\text{кВт}]; \quad P_2 = \frac{Mn}{9750},$$

де  $P_2$  [кВт],  $M$  [Нм],  $n$  [об/хв];

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100[\%].$$

7. Використовуючи експериментальні й обчислені дані табл.1 для трьох випадків у одній системі координат, побудувати робочі характеристики ДПС незалежного збудження:

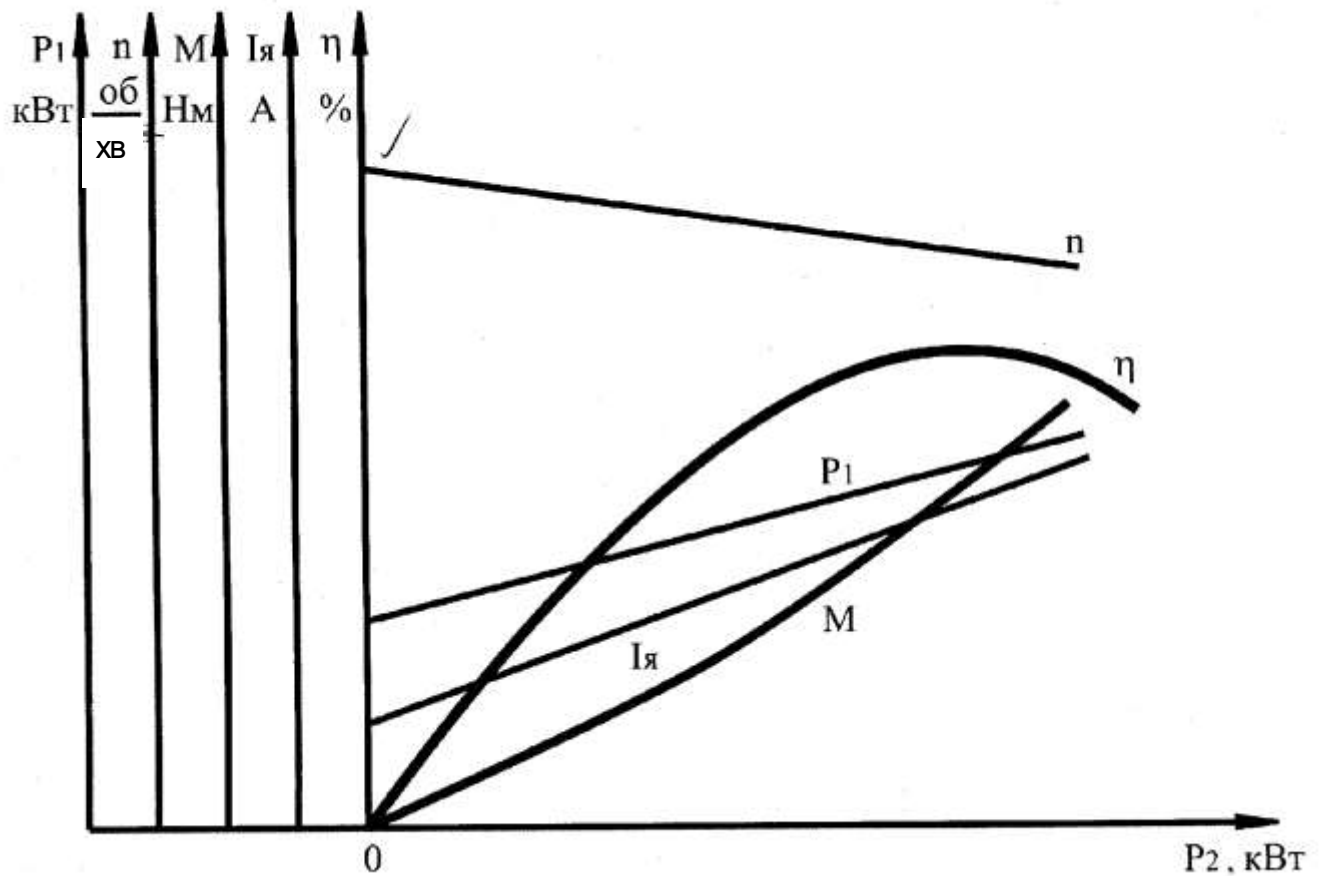
$$P_1 = f(P_2), \quad n = f(P_2), \quad M = f(P_2), \quad I_{\text{я}} = f(P_2), \quad \eta = f(P_2).$$

Їх приблизний вигляд наведено на рис.4 тільки для одного дослідження (зняття природної характеристики).

Щоб в одній системі координат усі характеристики для трьох дослідів добре проглядалися, бажано для кожного випадку використовувати свій колір.

8. Проаналізувати робочі характеристики ДПС незалежного збудження і зробити висновки про його експлуатаційні властивості.





Масштаби, що рекомендуються:

$$M_{P_1} = \frac{0,2 \text{ кВт}}{1 \text{ см}}; M_n = \frac{100 \text{ об/хв}}{1 \text{ см}}; M_M = \frac{1 \text{ Нм}}{1 \text{ см}};$$

$$M_{I_{я}} = \frac{1 \text{ А}}{1 \text{ см}}; M_{\eta} = \frac{5\%}{1 \text{ см}}; M_{P_2} = \frac{0,5 \text{ кВт}}{1 \text{ см}}$$

Рис.4

## 10.6 Контрольні запитання

1. Схема, конструкція і принцип дії ДПС незалежного збудження.
2. Порядок експериментального зняття його механічних і швидкісних характеристик.
3. Пояснити визначений порядок пуску ДПС незалежного збудження, його зупинки.
4. Чому при ослабленні поля і збільшенні навантаження ДПС спостерігається стабілізація, а потім і збільшення частоти обертання якоря?
5. Чим пояснюється зниження  $\eta$  двигуна при його роботі на штучній характеристиці?
6. Чим пояснити збільшення  $\eta$  двигуна при роботі на характеристиці з послабленим полем?
7. В якому випадку  $\eta$  двигуна буде найвищим при роботі його на одній із трьох характеристик: а, б чи в (див. рис.2, 3)?
8. Чим пояснюється збільшення частоти обертання якоря ДПС при ослабленні поля?
9. Чому штучна характеристика ДПС крутіша природної?
10. Підведення і відведення енергій і видів струму в ДПС незалежного збудження.

## Лабораторна робота №11

### Дослідження двигуна постійного струму паралельного збудження

#### (стенд №5)

**Мета роботи** – визначення експлуатаційних властивостей двигуна постійного струму (ДПС) паралельного збудження шляхом експериментального зняття його механічних і швидкісних характеристик.

#### 11.1 Програма роботи

1. Вивчити за літературою, що рекомендується, навчальними плакатами, діафільмами, кінофільмами і лабораторними макетними стендами конструкцію, принцип дії ДПС паралельного збудження, його механічні, швидкісні й робочі характеристики, методику їх зняття і побудови.

2. Зняти експериментальні дані та побудувати природну, штучні механічні і швидкісні характеристики ДПС, а також механічні та швидкісні характеристики ДПС при ослабленні поля (зменшенні потоку збудження).

3. За експериментальними і розрахунковими даними побудувати робочі характеристики ДПС, провести їх аналіз і зробити висновки про експлуатаційні властивості ДПС паралельного збудження.

#### 11.2 Опис установки, устаткування і прилади

Електрична схема для дослідження ДПС паралельного збудження наведена на рис.1. Частина схеми, обведені пунктиром, зібрані всередині стенда. Лабораторний стенд за схемою рис.1 містить у собі механічно з'єднані на одному валі ДПС паралельного збудження, тахометр (ТАХ) для виміру частоти обертання ДПС і електромагнітне гальмо (Г) для створення навантаження на валі ДПС; щитові вимірювальні прилади, апаратуру для пуску

і зупинки ДПС. Подача і зняття напруги змінного струму на вхід ЛАТРа1 здійснюється контактором К шляхом натискання кнопок "Пуск1" і "Стоп1". Ключем  $S_1$  подається напруга на ЛАТР1, що регулює величину випрямленого випрямлячем В струму електромагнітного гальма Г; напруга на ньому контролюється вольтметром  $V_7$ . Ключ  $S_2$  комутує струм в обмотці гальма. Струм збудження регулюється реостатом  $R_1$  і контролюється за  $A_6$ , а напруга на ОЗ контролюється за  $V_{16}$ .

Подача і зняття напруги постійного струму якірного ланцюга ДПС здійснюється контактором  $K_4$  шляхом натискання кнопок "Пуск4" і "Стоп4" з наступним випрямленням змінного трифазного струму в постійний випрямлячем  $B_3$  (міст Ларіонова).

Контроль напруги мережі, напруги якірної обмотки ( $Y_1Y_2$ ) і струму якоря здійснюється відповідно вольтметрами  $V_1$  і  $V_2$  та амперметром  $A_5$ . Пусковий реостат  $R_{II}$  служить для обмеження струмів при пуску ДПС.

### 11.3 Порядок виконання роботи

1. Записати паспортні дані ДПС за формою, зазначеною на заводській таблиці.

2. Зібрати схему згідно із рис.1. Вихідне положення апаратури:  $S_1, S_2$  – вимкнені (униз); ручка ЛАТРа1 - у крайньому лівому положенні (відповідає мінімальній напрузі); повзунки реостатів  $R_{II}$  і  $R_1$  - у крайньому правому положенні (відповідають для  $R_{II}$  - максимальному, а для  $R_1$  - мініимальному опору).

3. Зняти природні механічну і швидкісну характеристики ДПС паралельного збудження:

$$n=f(M) \text{ і } n=f(I_A) \text{ при } I_{3I}=I_{3H}=const \text{ і } R_{II}=0.$$

Їх приблизний вигляд наведено на рис.2 а і 3 а.

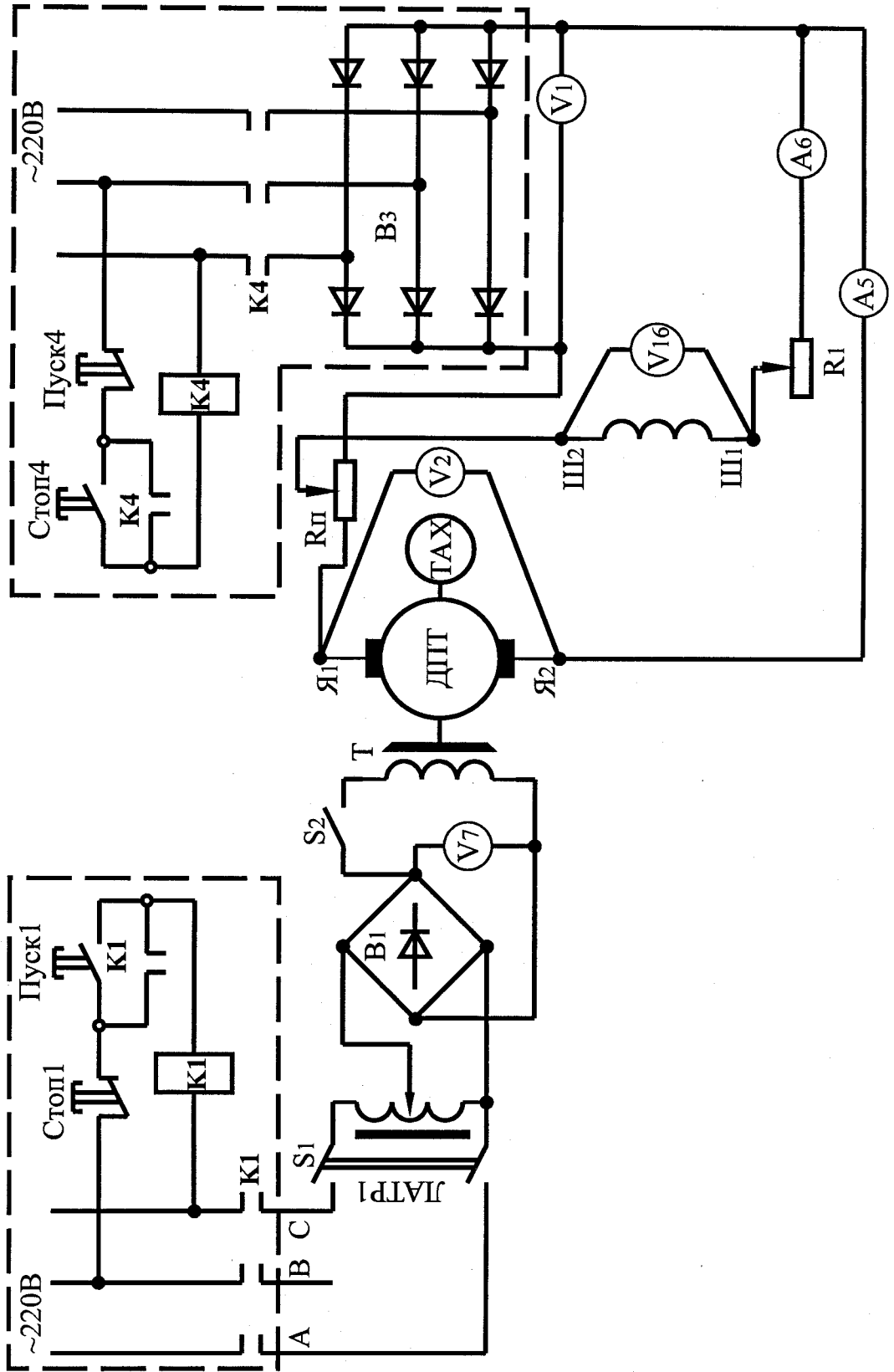


Рис.1

Для їх зняття необхідно:

3.1 Після перевірки схеми викладачем здійснити пуск ДПС.

**Увага!** Пуск проводити в чіткій послідовності. Для цього потрібно натиснути "Пуск1" і увімкнути  $S_1$  і  $S_2$ ; натиснути "Пуск4" і поступово вивести  $R_{II}$  у ліве крайнє положення. При цьому струм у ОЗ за  $A_6$   $I_{3H} \approx 1,3$ ; якому відповідає напруга на ОЗ за  $V_{16}$   $U_3 = 205V$ .

Пуск здійснено.

3.2 Перевірити правильність увімкнення вимірювальних приладів. У разі потреби зупинити ДПС і поміняти місцями провідники на затискачах відповідних приладів.

3.3 **Увага!** Зупинка ДПС здійснюється в чіткій зворотній послідовності:  $R_{II}$  перевести в праве крайнє положення; натиснути "Стоп4"; вимкнути  $S_1$  і  $S_2$ , натиснути "Стоп1".

Зазначена послідовність при пуску і зупинці ДПС, а також сама схема передбачає подачу напруги збудження одночасно з подачею напруги на якір ДПС. Причому ОЗ (1 2) увімкнена до  $R_{II}$  для того, щоб на неї подавалася повна  $U_c$  і при пуску не було ослаблення поля. Необхідно стежити, щоб при пуску в ланцюзі ОЗ не було розриву, тому що у випадку пуску подача напруги на якір без живлення ОЗ може призвести до обертання якоря ДПС (через реакцію якоря) у протилежну сторону, а якщо  $R_{II} = 0$ , то спричинить великий і коловий вогонь за колектору, тобто режим КЗ

У випадку зупинки ДПС передчасне зняття напруги з ОЗ (у випадку обриву її ланцюга) може призвести до розносу ДПС, тобто до збільшення частоти обертання якоря до величини, коли стане можливим механічний розрив частин якоря через відцентрову силу.

3.4 Здійснити пуск ДПС у послідовності, зазначеній в п.3.1, записати показання приладів до табл.1.

Показання тахометра необхідно зменшувати в два рази, але це треба робити тільки при оформленні звіту, що сприяє економії часу і підвищенню точності відліку.

3.5 Збільшуючи ручкою ЛАТРа1 напругу на обмотках гальма, записувати показання приладів до табл.1 (7 вимірів, не перевищуючи за  $V_2$   $U=220V$ ). Зняття природних механічної та швидкісної характеристик ДПС закінчено. Вивести ручку ЛАТРа1 у ліве крайнє положення. Зупинити ДПС, як зазначено в п.3.3.

4. Зняти штучні механічну і швидкісну характеристики ДПС паралельного збудження:

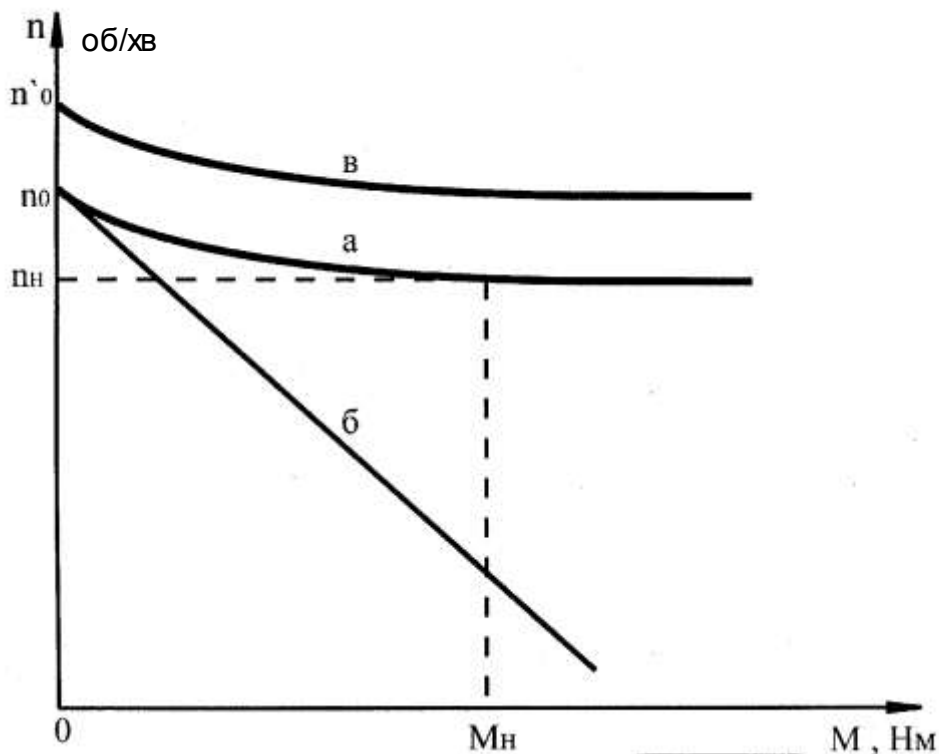
$$n=f(M); \quad n=f(I_A); \quad I_3=I_{3H}=const \quad \text{при} \quad R_{II} \neq 0.$$

Їх приблизний вигляд наведено на рис.26 і 3б.

Для їх зняття необхідно:

4.1 Здійснити пуск ДПС згідно із п.3.1.

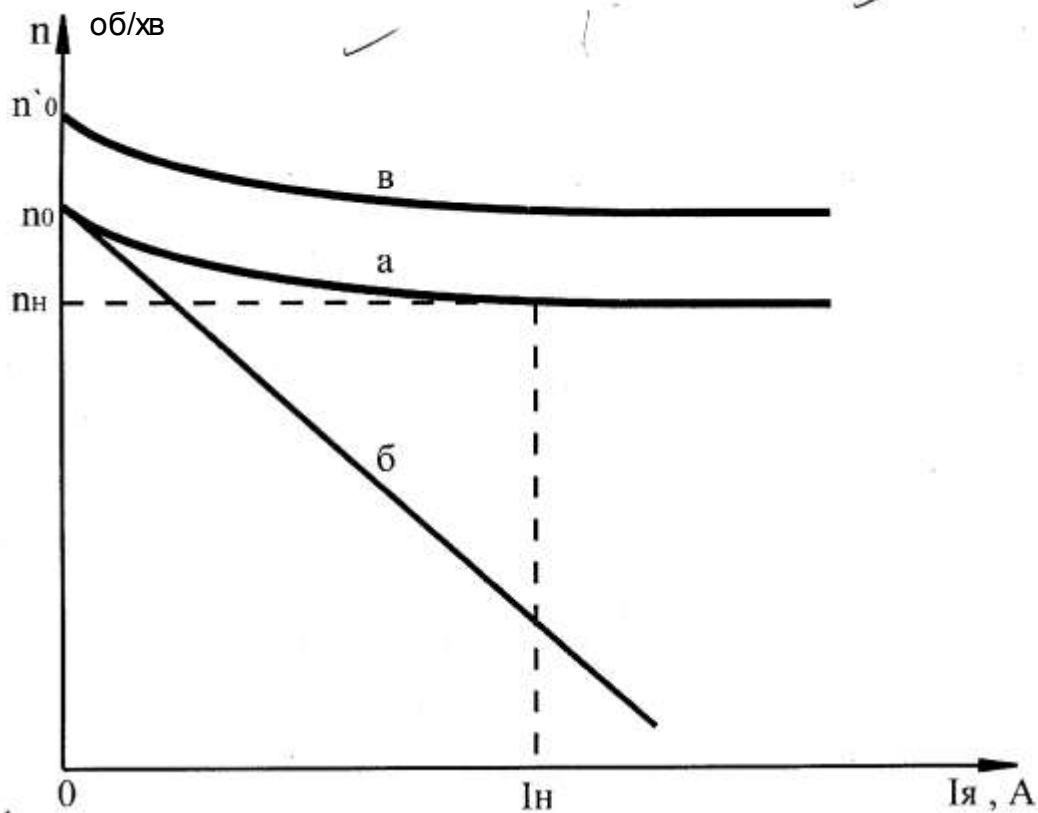
4.2 Установити повзунок  $R_{II}$  у середнє положення і записати показання приладів до табл.1.



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_n=200\text{об/хв/см}; \quad M_M=2\text{Нм/см}$$

Рис.2



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_n = 200 \text{ об/хв/см}; M_{I_{\text{я}}} = 2 \text{ А/см}$$

Рис.3

4.3 Зняти дані для побудови штучних характеристик за зразком, зазначеним у п.3.5.

Зняття штучних характеристик закінчено.

Вивести ручку ЛАТРа1 у крайнє ліве положення, а повзунок  $R_{\text{П}}$  – у крайнє праве. Зупинити ДПС, як зазначено в п.3.3.

5. Зняти механічну і швидкісну характеристики ДПС паралельного збудження при послабленні поля:

$$n = f(M); n = f(I_{\text{я}}) \text{ при } I_3 < I_{3\text{н}}; R_{\text{П}} = 0.$$

Їх приблизний вигляд наведено на рис.2в і 3в.



Таблиця 1

Характеристики	№ п/п	Виміряно							Підраховано		
		$U_C, В$	$U_{я}, В$	$I_3, А$	$I_{я}, А$	$I, А$	$M, Нм$	$n, об/хв$	$P_1, кВт$	$P_2, кВт$	$\eta, \%$
Природна	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
Штучна	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
3 послабленням поля	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										

Для їх зняття необхідно:

5.1 Здійснити пуск ДПС згідно із п.3.1.

5.2 Вивести повзунок  $R_1$  у крайнє ліве положення і записати показання приладів до табл.1.

5.3 Зняти дані для побудови механічної і швидкісної характеристик ДПС з ослабленням поля подібно до п.3.5.

Зняття характеристик закінчено.

5.4 Вивести ручку ЛАТРа в крайнє ліве положення, повзунок  $R_{II}$  - у крайнє праве і зупинити ДПС, як вказано в п.3.3.

Роботу закінчено.

#### 4 Обробка результатів, звіт

1. Отримані результати слід обробити і оформити у вигляді звіту. У звіті слід вказати назву, мету і програму роботи.

2. Навести паспортні дані ДПС паралельного збудження за формою, вказаною на заводській табличці.

3. Схема установки повинна відповідати рис.1.

4. До табл.1 слід занести експериментальні дані для побудови характеристики ДПС паралельного збудження.

5. Побудувати механічні та швидкісні характеристики ДПС паралельного збудження згідно із рис.2 а, б, в та 3 а, б, в.

6. Заповнити графи “Підраховано” у табл.1, використовуючи розрахункові формули

$$P_1 = U_c I 10^{-3} \text{ [кВт]}; \quad I = I_{Я} + I_3 \text{ [А]}; \quad P_2 = \frac{Mn}{9750}; \quad \eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%,$$

де  $P_2$  [кВт],  $M$  [Нм],  $n$  [об/хв].

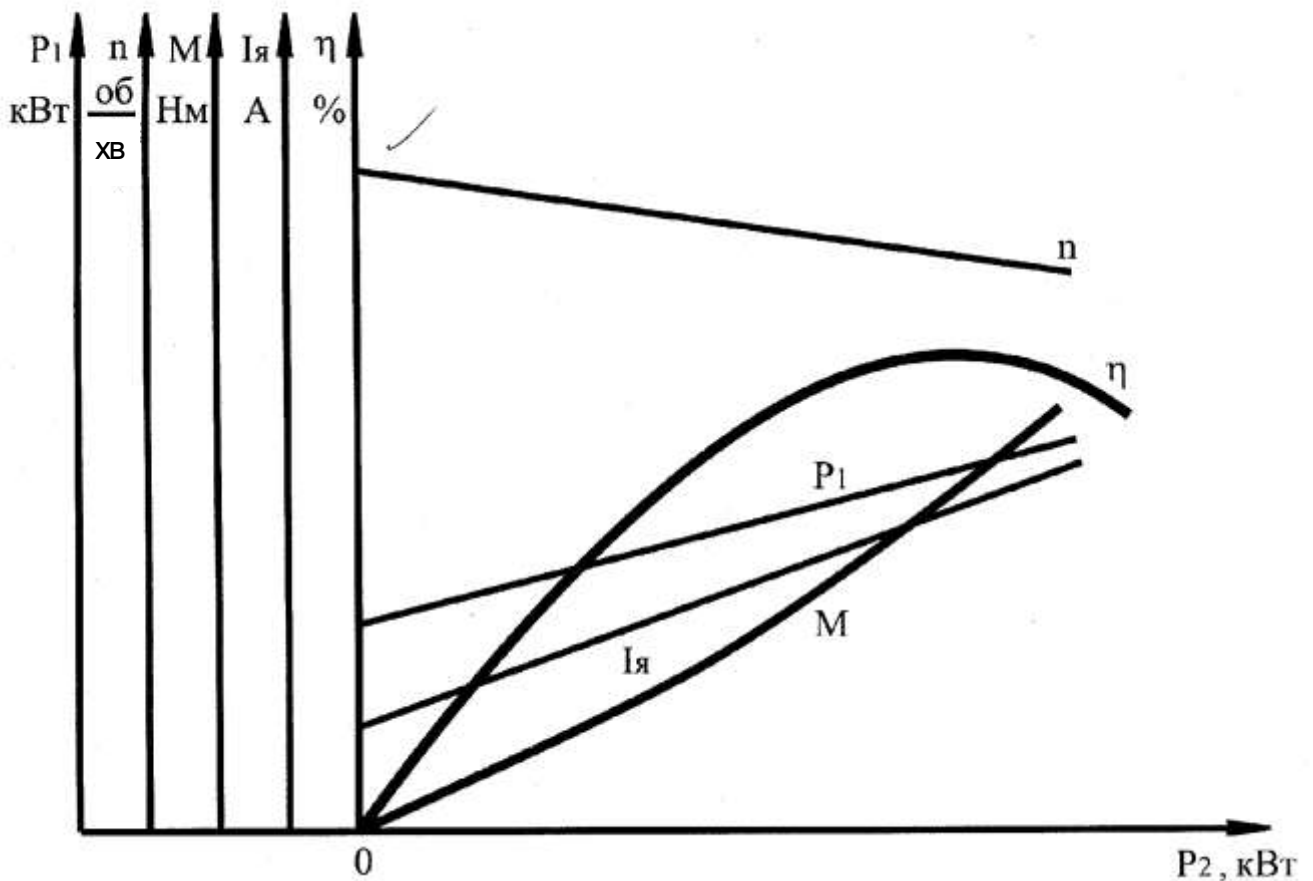
7. Використовуючи експериментальні й розраховані дані табл.1 для всіх трьох випадків побудувати в одній системі координат робочі характеристики ДПС паралельного збудження:

$$P_1 = f(P_2), \quad n = f(P_2), \quad M = f(P_2), \quad I_{Я} = f(P_2), \quad \eta = f(P_2).$$

Їх приблизний вигляд наведено на рис.4 тільки для одного досліду (зняття природної характеристики).

Щоб в одній системі координат усі характеристики для трьох дослідів добре проглядалися, бажано для кожного випадку використовувати свій колір.

8. Проаналізувати робочі характеристики ДПС паралельного збудження і зробити висновки про його експлуатаційні властивості.



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_{P_1} = \frac{0.2 \text{ кВт}}{1 \text{ см}}; \quad M_n = \frac{100 \text{ об/хв}}{1 \text{ см}}; \quad M_M = \frac{1 \text{ Нм}}{1 \text{ см}};$$

$$M_{I_{я}} = \frac{1 \text{ А}}{1 \text{ см}}; \quad M_{\eta} = \frac{5\%}{1 \text{ см}}; \quad M_{P_2} = \frac{0.5 \text{ кВт}}{1 \text{ см}}$$

Рис.4

## 5 Контрольні запитання

1. Схема, конструкція і принцип дії ДПС паралельного збудження.
2. Порядок експериментального зняття його механічних і швидкісних характеристик.
3. Пояснити порядок пуску ДПС паралельного збудження і його зупинки.
4. Чому при ослабленні поля і збільшенні навантаження ДПС спостерігається зменшення, а потім - збільшення частоти обертання його якоря?
5. Чим пояснити зниження  $\eta$  двигуна при його роботі на штучній характеристиці?
6. Чим пояснити збільшення  $\eta$  двигуна при його роботі на характеристиці з ослабленням поля?
7. У якому випадку найвищий  $\eta$  ДПС при його роботі на одній із трьох характеристик: а, б чи в (див.рис.2, 3)?
8. Фізичний зміст збільшення частоти обертання якоря ДПС при ослабленні поля?
9. Чому штучна характеристика ДПС крутіша природної?
10. Підведення і відведення енергій і видів струму в ДПС паралельного збудження?
11. Чому природна і штучна характеристики ДПС виходять з однієї точки, а характеристика з ослабленням поля – з іншої та вище?

## Лабораторна робота №12

### Дослідження двигуна постійного струму змішаного збудження

#### (стенд № 5)

**Мета роботи** - визначення експлуатаційних властивостей двигуна постійного струму (ДПС) змішаного збудження шляхом експериментального зняття його механічних і швидкісних характеристик.

#### 12.1. Програма роботи

1. Вивчити за літературою, що рекомендується, навчальними плакатами, діафільмами, кінофільмами і лабораторними макетними стендами конструкцію, принцип дії ДПС змішаного збудження, його механічні, швидкісні і робочі характеристики, методику їх зняття і побудови.

2. Зняти експериментальні дані й побудувати, як при узгодженому, так і при зустрічному ввімкненні послідовної обмотки збудження: природні, штучні механічні та швидкісні характеристики ДПС, а також його механічні та швидкісні характеристики з ослабленням поля (зменшення потоку збудження).

3. За експериментальними і розрахунковими даними побудувати робочі характеристики ДПС, провести їх аналіз і зробити висновки про експлуатаційні властивості ДПС змішаного збудження.

#### 12.2 Опис установки, устаткування і прилади

Електрична схема для дослідження ДПС змішаного збудження наведена на рис.1. Частина схеми, обведені пунктиром, зібрані всередині стенда.

Лабораторний стенд за схемою рис.1, містить у собі механічно з'єднані на одному валі ДПС змішаного збудження, тахометр (ТАХ) для виміру частоти обертання ДПС і електромагнітне гальмо (Г) для створення навантаження на валі ДПС; щитові вимірювальні прилади, апаратуру для пуску і зупинки ДПС.

Подача і зняття напруги змінного струму на вхід ЛАТРа1 здійснюється контактором К шляхом натискання кнопок "Пуск1" і "Стоп1". Ключем  $S_1$  подається напруга на ЛАТР1, що регулює величину випрямленого випрямлячем  $B_1$  струму електромагнітного гальма Г; напруга на ньому контролюється вольтметром  $V_7$ .

Ключ  $S_2$  комутує струм обмотки гальма. Струм збудження регулюється реостатом  $R_1$  і контролюється за  $A_6$ , а напруга на паралельній ОЗ( $\Sigma_1 \Sigma_2$ ) контролюється за  $V_{16}$ . Струм ДПТ (він же струм послідовної ОЗ( $C_1 C_2$ )) визначається за сумою показань  $A_5$  і  $A_6$ .

Подача і зняття напруги постійного струму якірного ланцюга ДПС здійснюється контактором  $K_4$  з наступним випрямленням змінного трифазного струму в постійний випрямлячем  $B_3$  (міст Ларіонова).

Контроль напруги мережі, напруги якірної обмотки ( $Y_1 Y_2$ ) і струму якоря здійснюється відповідно вольтметрами  $V_1$  і  $V_2$  та амперметром  $A_5$ . Пусковий реостат  $R_{II}$  служить для обмеження струмів при пуску ДПС.

### 12.3. Порядок виконання роботи

1. Записати паспортні дані ДПС за формою, зазначеною на заводській таблиці.

2. Зібрати схему згідно із рис.1. Вихідне положення апаратури:  $S_1, S_2$  – вимкнені (вниз); ручка ЛАТРа - у крайньому лівому положенні (відповідає мінімальній нарузі); повзунки реостатів  $R_{II}$  і  $R_2$  – у крайньому правому положенні (відповідають для  $R_{II}$  - максимальному, для  $R_1$  - мініимальному опору).

3. Зняти природні механічні й швидкісні характеристики ДПС змішаного збудження при узгодженому ввімкненні послідовної обмотки збудження:

$$n=f(M), \text{ і } n=f(I_A) \text{ при } I_3=I_{3H}=const \text{ і } R_{II}=0.$$

Їх приблизний вигляд наведено на рис.2а і 3а безперервними лініями.

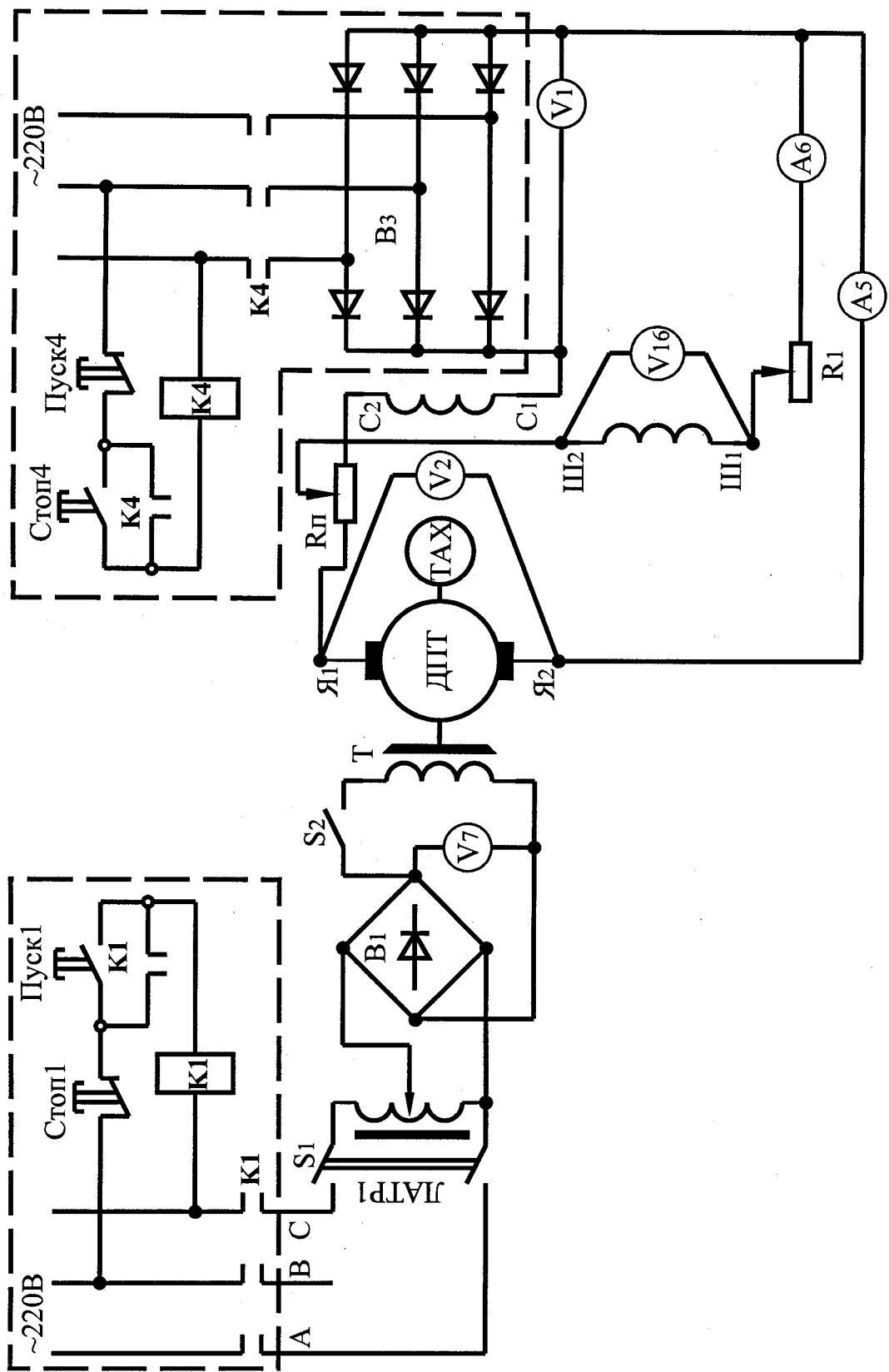


Рис.1

Для їх зняття необхідно:

3.1 Після перевірки схеми викладачем здійснити пуск ДПС.

**Увага!** Пуск проводити в чіткій послідовності: натиснути "Пуск1" і увімкнути  $S_1$  і  $S_2$ ; натиснути "Пуск4" і поступово вивести  $R_{II}$  у ліве крайнє положення. При цьому струм у ОЗ за  $A_6$   $I_{3H} \approx 1,3A$ , якому відповідає напруга на ОЗ за  $V_{16}$   $U \approx 205V$ .

3.2 Перевірити правильність увімкнення вимірювальних приладів. У разі потреби зупинити ДПС і поміняти місцями провідники на затискачах відповідних приладів.

3.3 **Увага!** Зупинка ДПС здійснюється в чіткій послідовності, зворотній пуску:  $R_{II}$  - у праве крайнє положення; натиснути "Стоп4"; вимкнути  $S_1$  і  $S_2$  натиснути "Стоп1".

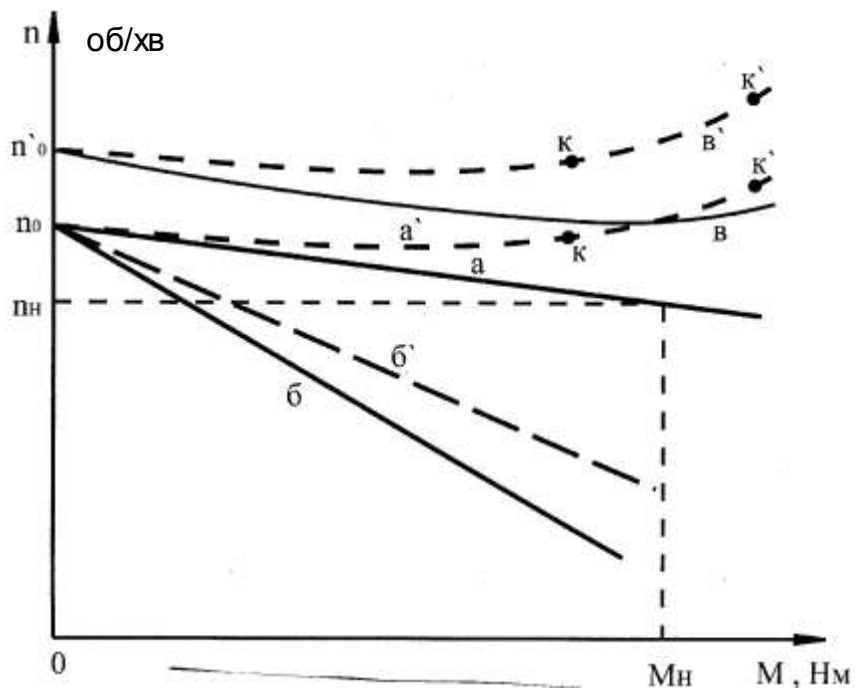
Зазначена послідовність при пуску і зупинці ДПС, а також сама схема передбачають подачу напруги збудження одночасно з подачею напруги на якір ДПС. Причому ОЗ включена до  $R_{II}$ , для того, щоб на неї подавалося повне  $U_c$  і не було при пуску ослаблення поля.

Необхідно стежити, щоб при пуску в ланцюзі ОЗ ( $\Pi_1$   $\Pi_2$ ) не було розриву. Тому що у випадку пуску подача напруги на якір без живлення ОЗ ( $\Pi_1$   $\Pi_2$ ) може призвести до обертання якоря ДПС (через реакцію якоря), особливо при зустрічному увімкненні ОЗ ( $C_1$   $C_2$ ), у зворотню сторону, а якщо  $R_{II}=0$ , то виникне великий  $I_n$  і коловий вогонь за колектору, тобто режим КЗ У випадку зупинки ДПС передчасне зняття напруги з ОЗ ( $\Pi_1$   $\Pi_2$ ) (при обриві її ланцюга) може призвести до розносу ДПС, тобто до збільшення частоти обертання якоря до величини, коли стане можливим механічний розрив частин якоря через відцентрову силу.

3.4 Здійснити пуск ДПС у послідовності, зазначеній у п.3.3.1, записати показання приладів до табл.1.

Показання тахометра необхідно зменшити в два рази тільки при оформленні звіту для економії часу і підвищення точності відліку.

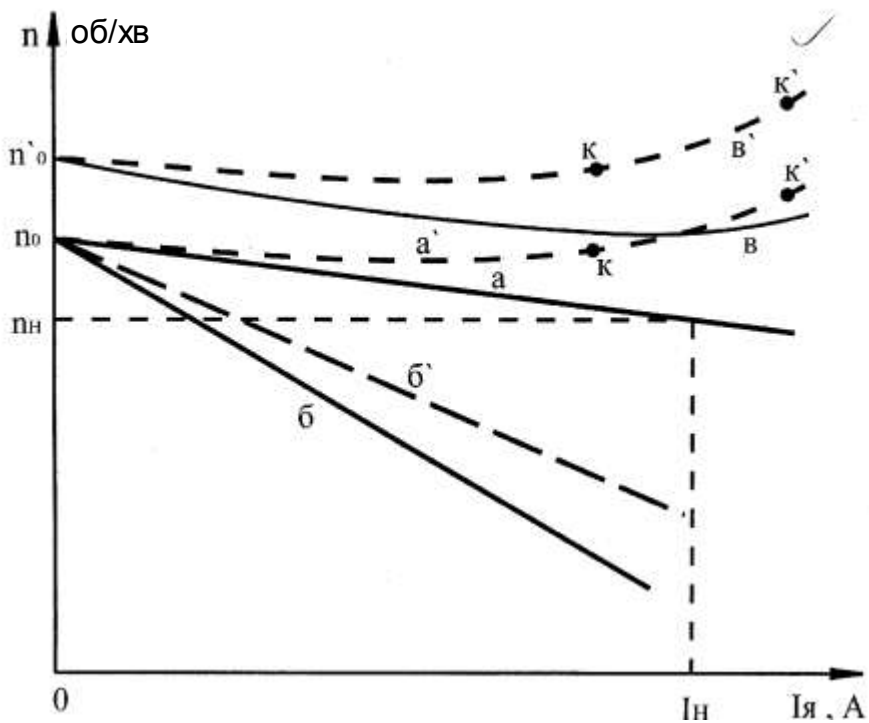




Масштаби, що рекомендуються:

$$M_n = 200 \text{ об/хв/см}; M_M = 2 \text{ Нм/см}$$

Рис.2



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_n = 200 \text{ об/хв/см}; M_I = 2 \text{ А/см}$$

Рис.3

Характеристики	№ п/п	Виміряно							Підраховано		
		U <sub>с</sub> , В	U <sub>я</sub> , В	I <sub>з</sub> , А	I <sub>я</sub> , А	I, А	M, Нм	n, об/хв	P <sub>1</sub> , кВт	P <sub>2</sub> , кВт	η, %
Природна	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
Штучна	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
З послабленням поля	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										

3.5 Для випадку узгодженого ввімкнення ОЗ ( $C_1$   $C_2$ ) як показано на рис.1, зняття природних механічної і швидкісної характеристик ДПС здійснюється в такий спосіб:

збільшуючи ручкою ЛАТРа1 напругу на обмотках гальма, записувати показання приладів до табл.1 (7 вимірів, не перевищуючи за  $V_7$   $U=220V$ ). Доказом узгодженого ввімкнення  $C_1$   $C_2$  є зниження частоти обертання зі збільшенням навантаження.

Зняття природних механічної та швидкісної характеристик ДПС закінчено.

Вивести ручку ЛАТРа1 у ліве крайнє положення.

Зупинити ДПС, як зазначено в п.3.3.

4. Зняти штучні механічну і швидкісну характеристики ДПС змішаного збудження:

$$n=f(M); \quad n=f(I_A) \quad \text{при } I_3=I_{3H}=const \quad \text{при } R_{II} \neq 0.$$

Їх приблизний вигляд наведено на рис.26 і 3б.

Для їх зняття необхідно:

4.1 Здійснити пуск ДПС згідно із п.3.1.

4.2 Встановити повзунок  $R_{II}$  у середнє положення і записати показання приладів до табл.1.

4.3 Зняти дані для побудови штучних характеристик за зразком п.3.5.

Зняття штучних характеристик закінчено.

Вивести ручку ЛАТРа1 у крайнє ліве положення, а повзунок  $R_{II}$  – у крайнє праве. Зупинити ДПС, як зазначено в п.3.3.

5. Зняти механічну і швидкісну характеристики ДПС паралельного збудження при ослабленні поля:

$$n=f(M) \quad n=f(I_A) \quad \text{при } I_3 < I_{3H} \quad R_{II} = 0.$$

Їх приблизний вигляд наведено на рис.2в і 3в суцільними лініями.

Для їх зняття необхідно:

5.1 Здійснити пуск ДПС згідно із п.3.1.

Характеристики	№ п/п	Виміряно							Підраховано		
		U <sub>с</sub> , В	U <sub>я</sub> , В	I <sub>з</sub> , А	I <sub>я</sub> , А	I, А	M, Нм	n, об/хв	P <sub>1</sub> , кВт	P <sub>2</sub> , кВт	η, %
Природна	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
Штучна	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
З послабленням поля	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										

5.2 Вивести повзунок  $R_1$  у крайнє лівє положення і записати показання приладів до табл.1.

5.3 Зняти дані для побудови механічної та швидкісної характеристик ДПС з ослабленням поля подібно до п.3.5.

Зняття характеристик закінчено.

5.4 Вивести ручку ЛАТРа в крайнє лівє положення, повзунок  $R_{II}$  - в крайнє праве і зупинити ДПС, як зазначено в п.3.3.

5.5 Поміняти місцями провідники на затискачах послідовної обмотки збудження  $C_1C_2$  (її зустрічне ввімкнення).

5.6. Зняти природні, штучні механічні й швидкісні характеристики ДПС і характеристики з ослабленням поля при зустрічному ввімкненні  $C_1C_2$ , як зазначено в пп.3.5; 4.1-4.3; 5.1-5.3.

Їх приблизний вигляд показано відповідно на рис.2а', б', в' і 3а', б', в' пунктирними лініями.

**Увага!** При знятті природних характеристик (див.рис.2б' і 3б', а також характеристик при ослабленні поля (див.рис.2в і 3в) варто мати на увазі, що при зустрічному ввімкненні послідовної ОЗ ( $C_1C_2$ ) зі збільшенням навантаження різко послабляється поле. Це пояснюється, з однієї сторони, реакцією якоря, а з іншого боку - зустрічним увімкненням послідовної ОЗ (СС), що може призвести до збільшення частоти обертання ДПС чи до його нестійкої роботи ("хитання", що супроводжується різким коливанням частоти обертання і струму якоря). Тому варто бути уважними і у випадку виявлення таких режимів, вивести ЛАТР1 уліво до упору. Області можливих "хитань" ДПС показані на рис.2в' 3в' ділянками КК'.

Після зняття характеристик і заповнення табл.1 вивести ручку ЛАТРа1 у крайнє лівє положення, повзунка  $R_1$  - у крайнє праве і зупинити ДПС, як зазначено в п.3.3.

Роботу закінчено.

## 12.4 Обробка результатів. Звіт

По закінченні роботи необхідно обробити результати і оформити звіт.

1. У звіті потрібно вказати назву, мету і програму роботи.

2. Навести паспортні дані ДПС змішаного збудження за формою, зазначеною в заводській табличці.

3. Схема установки повинна відповідати рис.1.

4. До табл.1 занести експериментальні дані для побудови характеристик ДПС змішаного збудження.

5. Побудувати механічні й швидкісні характеристики ДПС змішаного збудження при узгодженому і зустрічному ввімкненні послідовної обмотки збудження згідно із рис.2а, б, в, а', б', в' і 3а, б, в, а', б', в'.

6. Заповнити графи "обчислено" у табл.1, використовуючи розрахункові формули для всіх шести випадків:

$$P_1 = U_C I 10^{-3} \text{ [кВт]}; I = I_{Я} + I_3 \text{ [А]}; P_2 = \frac{Mn}{9750}; \eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%,$$

де  $P_2$  [кВт],  $M$  [Нм],  $n$  [об/хв].

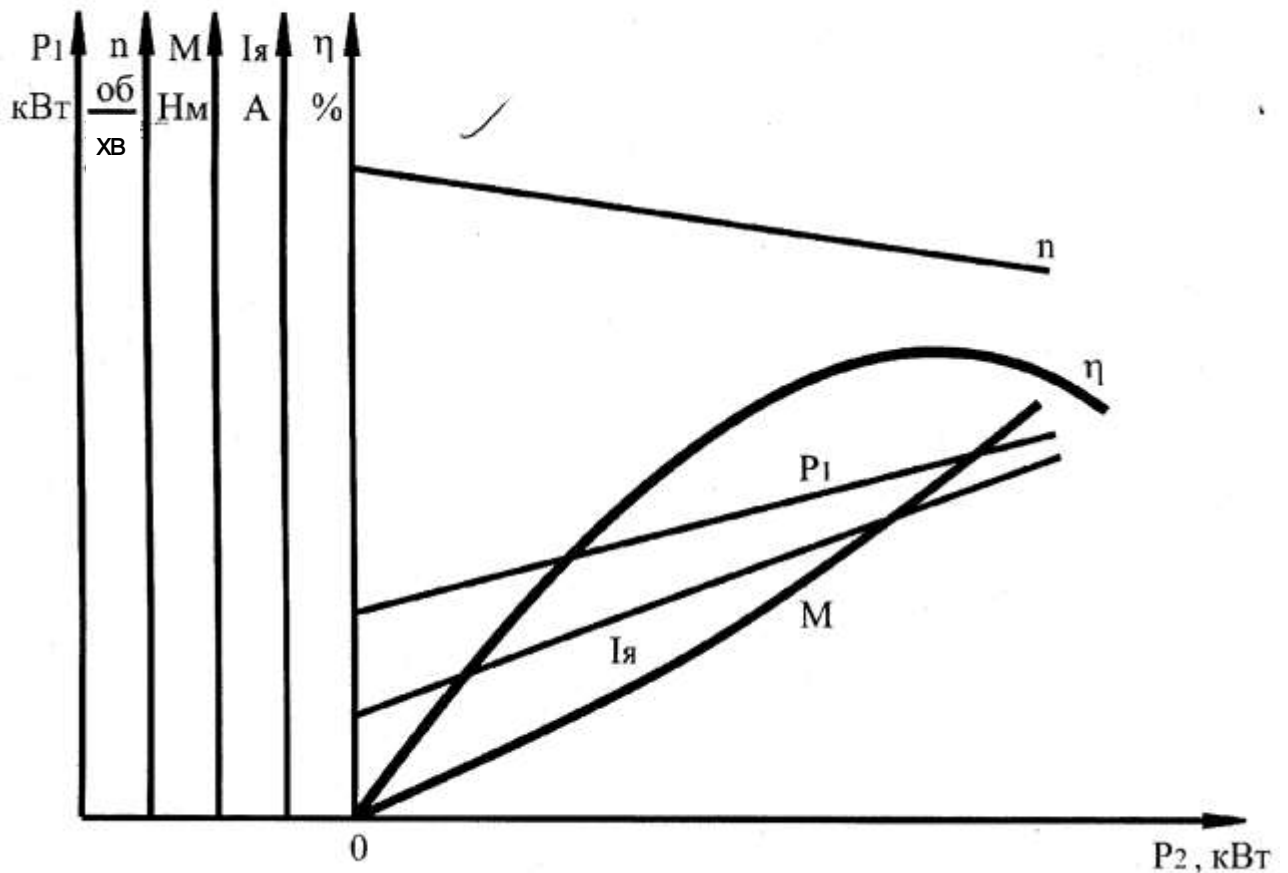
7. Використовуючи експериментальні й розраховані дані табл.1 тільки для трьох випадків (при узгодженому ввімкненні ОЗ) побудувати робочі характеристики ДПС паралельного збудження:

$$P_1 = f(P_2), \quad n = f(P_2), \quad M = f(P_2), \quad I_{Я} = f(P_2), \quad \eta = f(P_2).$$

Їх приблизний вигляд наведений на рис.4 тільки для одного досліду (зняття природної характеристики при узгодженому ввімкненні ОЗ).

Щоб в одній системі координат усі характеристики для трьох досвідів добре проглядалися, бажано для кожного випадку використовувати свій колір.

8. Проаналізувати робочі характеристики ДПС паралельного збудження і зробити висновки про його експлуатаційні властивості.



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_{P1} = \frac{0.2 \text{ кВт}}{1 \text{ см}}; \quad M_n = \frac{100 \text{ об/хв}}{1 \text{ см}}; \quad M_M = \frac{1 \text{ Нм}}{1 \text{ см}};$$

$$M_{Iя} = \frac{1 \text{ А}}{1 \text{ см}}; \quad M_{\eta} = \frac{5\%}{1 \text{ см}}; \quad M_{P2} = \frac{0.5 \text{ кВт}}{1 \text{ см}}.$$

Рис.4

### 12.5 Контрольні запитання

1. Схема, конструкція і принцип дії ДПС змішаного збудження.
2. Порядок експериментального зняття його механічних і швидкісних характеристик.
3. Пояснити порядок пуску ДПС змішаного збудження і його зупинки.

4. Чому при ослабленні поля і збільшенні навантаження ДПС (при зустрічному ввімкненні  $C_1C_2$ ) спостерігається різке збільшення частоти обертання, або "хитання" двигуна?
5. Чим пояснити зниження  $\eta$  ДПС при його роботі на штучній характеристиці?
6. Чим пояснити збільшення  $\eta$  ДПС при його роботі на характеристиці з ослабленням поля?
7. У якому випадку найвищий  $\eta$  ДПС при його роботі на одній із трьох характеристик а, б чи в (рис.2 і 3)?
8. У якого ДПС із паралельним чи змішаним збудженням ( $C_1C_2$  включена узгоджено) природна механічна характеристика жорсткіше і чому?
9. Фізичний зміст різкого збільшення частоти обертання ДПС при ослабленні поля.
10. Чому при зустрічному ввімкненні  $C_1C_2$  ДПС зі змішаним збудженням усі однойменні характеристики вище (пунктирні лінії на рис.2, 3), ніж при узгодженому ввімкненні  $C_1C_2$  (суцільні лінії на рис.2, 3)?
11. Чому природна і штучна характеристики ДПС виходять з однієї, а характеристика з ослабленням поля - з іншої точки і вище?
12. У якого ДПС з паралельним чи зі змішаним збудженням ( $C_1C_2$  включена узгоджено) однакової потужності більше  $M_n$  і  $I_n$  та чому?
13. При якому ввімкненні послідовної обмотки збудження в ДПС зі змішаним збудженням більший  $M_n$  і  $I_n$ ?



## Лабораторна робота №13

### Дослідження двигуна постійного струму послідовного збудження (стенд № 5)

**Мета роботи** - визначення експлуатаційних властивостей двигуна постійного струму (ДПС) послідовного збудження шляхом експериментального зняття його механічних і швидкісних характеристик.

#### 13.1 Програма роботи

1. Вивчити за літературою, що рекомендується, навчальними плакатами, діафільмами, кінофільмами і лабораторними макетними стендами конструкцію, принцип дії ДПС послідовного збудження, його механічні, швидкісні і робочі характеристики, методику їх зняття і побудови.

2. Здійснити пуск і зупинку ДПС послідовного збудження.

3. Зняти експериментальні дані і побудувати, як при узгодженому, так і при зустрічному ввімкненні послідовної обмотки збудження: природні, штучні механічні та швидкісні характеристики ДПС, а також його механічні й швидкісні характеристики з ослабленням поля (зменшення потоку збудження).

4. За експериментальними і розрахунковими даними побудувати робочі характеристики ДПС.

5. Провести аналіз отриманих природної та штучної механічних, робочих характеристик і зробити висновки про експлуатаційні властивості ДПС послідовного збудження.

#### 13.2 Опис установки, устаткування і прилади

Електрична схема для дослідження ДПС послідовного збудження наведена на рис.1. Частина схеми, обведені пунктиром, зібрані всередині стенда.

Лабораторний стенд за схемою рис.1 містить у собі механічно з'єднані на одному валі ДПС послідовного збудження, тахометр (ТАХ1) з перемикачем П і електромагнітне гальмо ( $\Gamma_{\text{ДПС}}$ ) для створення навантаження на валі ДПС; щитові вимірювальні прилади, апаратуру для пуску-зупинки ДПС. Подача і зняття напруги змінного струму на вхід ЛАТРа здійснюється контактором К шляхом натискання кнопок "Пуск1" і "Стоп1". Ключем  $S_5$  подається напруга на ЛАТР, яким регулюється величина випрямленого випрямлячем В струму електромагнітного гальма  $\Gamma_{\text{ДПС}}$ , напруга на якому контролюється вольтметром  $V_2$ . Регульована частина струму  $I_1$  випрямленого випрямлячем В, контролюється амперметром  $A_{10}$ . ДПС послідовного збудження без навантаження при  $M \approx (0,1 - 0,15)M_n$  може піти в рознос (через різке збільшення частоти обертання якоря при малому струмі збудження). Для запобігання цьому небажаному явищу в даній роботі схемою передбачене постійне навантаження ДПС ( $M \approx 0,25M_n$ ), при якому ДПС не йде в рознос.

Ця величина моменту  $M \approx 0,25M_n$  створюється струмом електромагнітного гальма ( $I_2$ ) за рахунок додаткової ЕРС  $E$  (на схемі показана пунктирною стрілкою в колі, а на стенді - суцільною стрілкою в колі). Ця ЕРС  $E$  утворюється трансформатором  $Tr$  і випрямлячем  $B_4$ . Струм  $I_2$  може регулюватися реостатом  $R$ . Випрямляч  $B_4$  служить для того, щоб струм від ЕРС йшов тільки за обмотці гальма  $\Gamma_{\text{ДПС}}$ . За амперметром  $A_3$  (у випадку, коли  $S_5$  - вимкнений, або коли ручка ЛАТРа в крайньому лівому положенні, тобто за  $V_2$   $U \approx 0$ ) контролюється струм  $I_2$ , який дорівнює  $I_T$ . Коли ж ДПС навантажується, то за  $A_{10}$  контролюється величина додаткового струму навантаження від ЛАТРа -  $I_1$ , а за  $A_3$  контролюється сумарний струм навантаження  $I_2 + I_1 = I_T$ .

Подача і зняття змінної напруги на випрямляч (міст Ларіонова) здійснюється контактором  $K_4$  за допомогою кнопок "Пуск4" і "Стоп4". Випрямлена напруга після моста Ларіонова з клем "+" і "-" через ступені пускових опорів (клеми Я і Л) і послідовну обмотку збудження ОЗД (клеми  $C_1$  і  $C_2$ ) подається на якір ДПС (клеми  $Y_1$  і  $Y_2$ ).

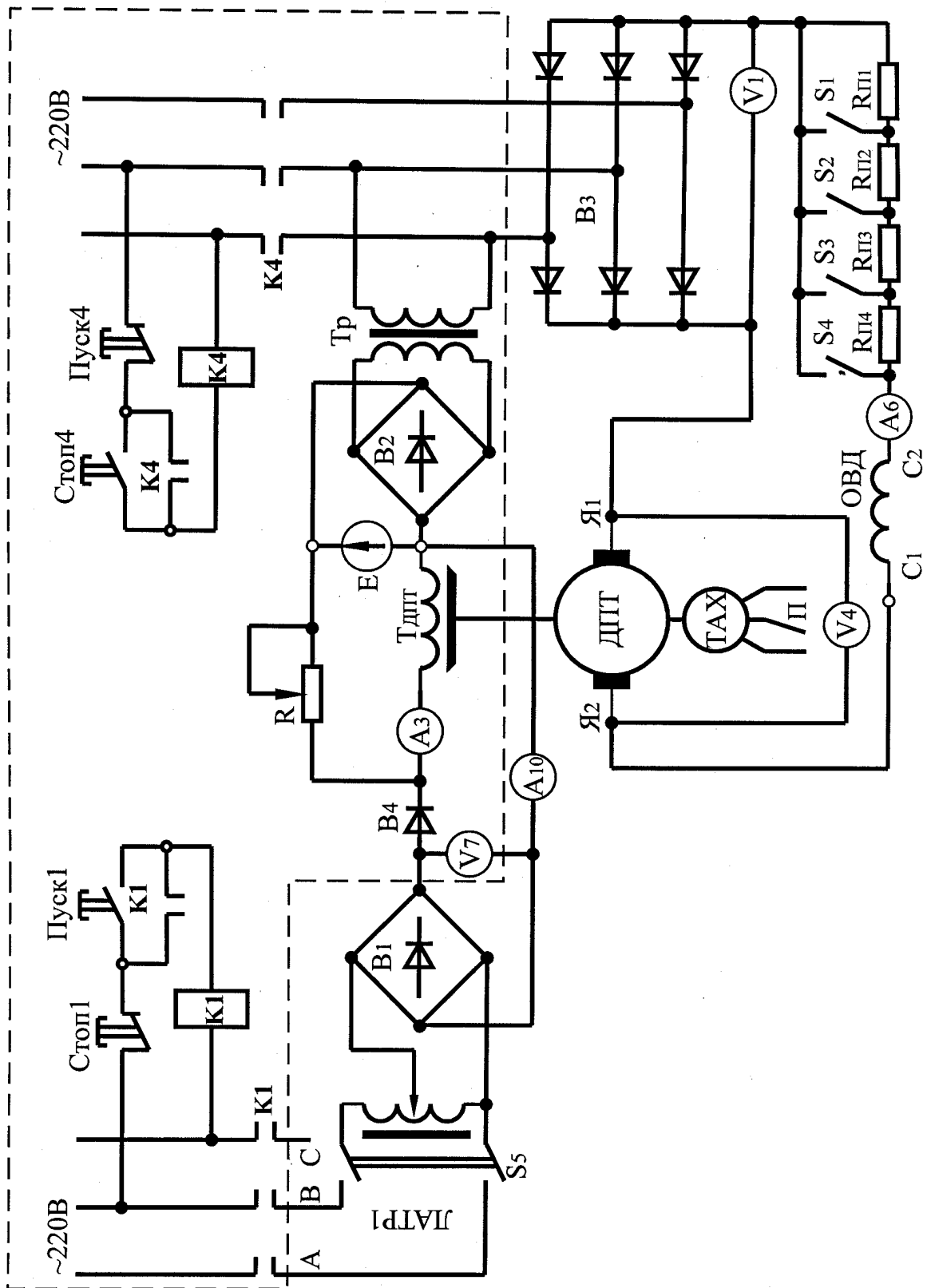


Рис.1

Струм якоря (він і струм збудження), напруга мережі і напруга якоря контролюються відповідно за  $A_6$ ,  $V_1$  і  $V_4$ . Ключі  $S_1, S_2, S_3, S_4$  (вгору - замкнені, вниз - розімкнені) служать для введення (при замиканні) та виведення (при розмиканні) ступеней пускових опорів  $R_{\Pi}$  у ланцюзі якоря ДПС.

### 13.3 Порядок виконання роботи

1. Записати паспортні дані ДПС послідовного збудження за формою, зазначеною на його заводській табличці.

2. Зібрати схему згідно із рис.1. Вихідне положення апаратури:  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  – розімкнені (вниз), що відповідає максимальному значенню опору пускового реостата  $R_{\Pi}$ ; ручки ЛАТРа і реостата  $R$  (знаходяться ліворуч під горизонтальною панеллю стенда) - у крайніх лівих положеннях, що відповідає мінімальним напрузі ЛАТРа й опору реостата. Перемикач  $\Pi$  тахометра  $TAX1$  – у лівому положенні.

3. Здійснити пуск і зупинку ДПС послідовного збудження.

3.1 Натиснути "Пуск4" і спостерігати за  $TAX1$  (його показання необхідно в два рази зменшити) за збільшенням частоти обертання якоря ДПС. Схемне рішення забезпечує таку  $E$ , при якій струм гальма за  $A_3$   $I_{\Gamma} \approx 4A$ , а струм по  $A_{10}$   $I_1 = 0$ . При цьому  $M_{\text{ДПС}} \approx 4,5 \text{ Нм}$ , а частота обертання якоря ДПС  $n \approx 200 \text{ об/хв}$ .

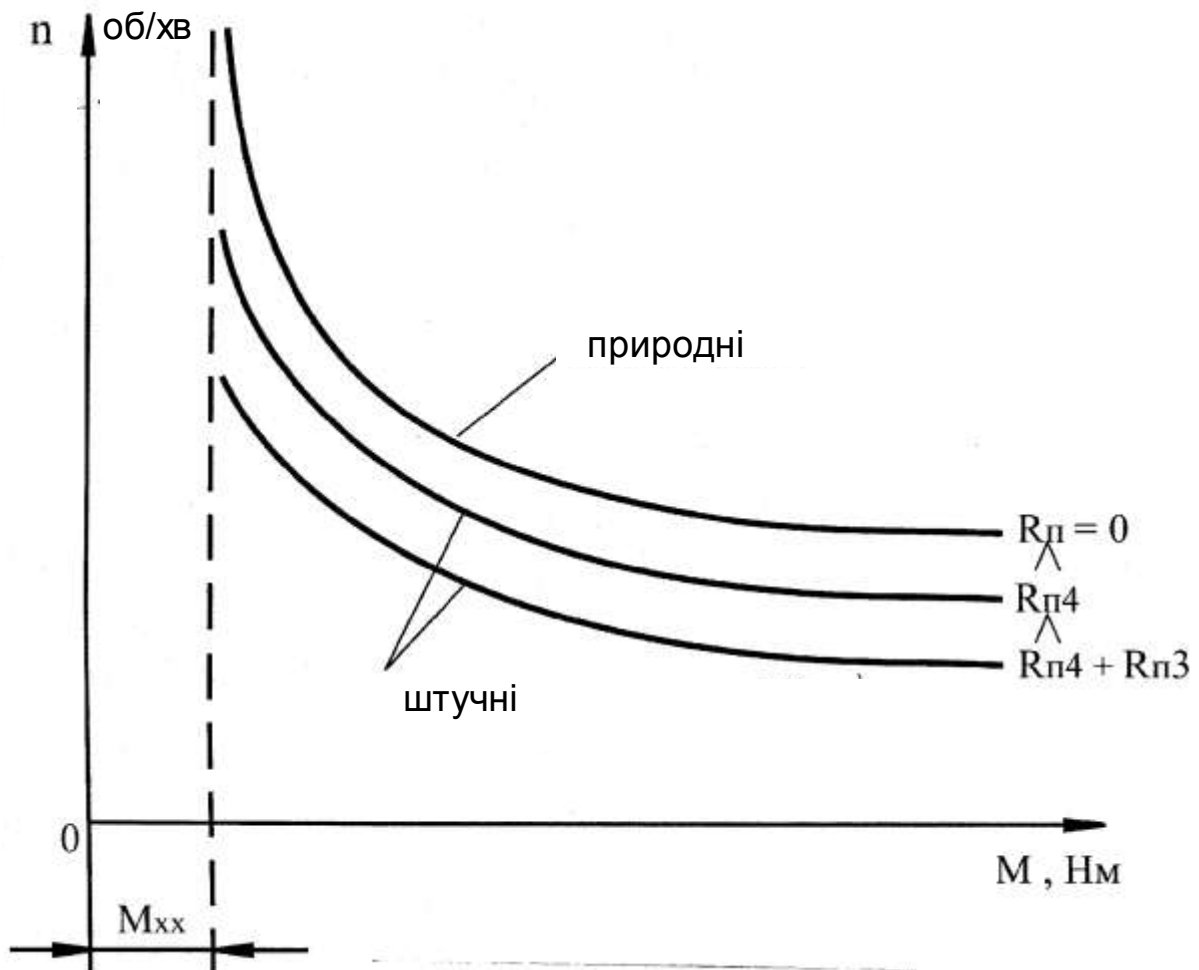
3.2 По черзі із затримкою часу (приблизно 5с) виводять ступені пускового реостата  $R_{\Pi}$  замиканням ключів  $S_1, S_2, S_3, S_4$ , стежать за збільшенням за  $V_4$  напруги на якорі ДПС і частоти обертання якоря ДПС за  $TAX1$ . Після виводу всіх ступеней  $R_{\Pi}$  показання вольтметрів  $V_1$  і  $V_4$  стануть однаковими, тобто,  $U_{\text{я}} \approx U_{\text{с}}$ .

3.3 Висунувши вправо до упору повзунок реостата  $R$  у ланцюзі гальма  $\Gamma_{\text{ДПС}}$  (тобто збільшивши тим самим опір у ланцюзі гальма і зменшивши в такий спосіб струм  $I_2$  за  $A_3$ ), переконатися в збільшенні частоти обертання якоря ДПС ( $n \approx 2000 \text{ об/хв}$ , що більше паспортної  $n = 1160 \text{ об/хв}$ ). Якщо не було б схемного рішення, що забезпечує  $M_{\text{ДПС}} \approx 0,25 \text{ Нм}$ , то ДПС послідовного збудження міг би піти в рознос.

3.4 Для зупинки ДПС необхідно: повзунок реостата R установити в ліве крайнє положення; за черзі розімкнути  $S_4, S_3, S_2, S_1$ ; натиснути кнопку “Стоп4”. ДПС зупинено.

4. Зняти експериментальні дані для побудови природної механічної характеристики ДПС послідовного збудження:

$n=f(M)$  при  $R_{II}=0$ , приблизний вигляд якої наведено на рис.2.



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_n=200\text{об/хв/см}; M_M=2\text{Нм/см}$$

Рис.2

4.1 Здійснити пуск ДПС згідно із пп.3.1 і 3.2 і записати показання приладів до табл.1.

4.2 Натиснути "Пуск1", ввімкнути  $S_5$  і плавним поворотом ручки ЛАТРа вправо (7 вимірів) збільшити за  $A_3$  струм гальма до величини  $I_{\Gamma} \leq 10A$ , кожен раз записуючи показання приладів в табл.1.

4.3 Поворотом ручки ЛАТРа вліво до упору зняти навантаження з ДПС і зупинити його згідно із п.3.3.4.

5. Зняти експериментальні дані для побудови штучних механічних характеристик ДПС послідовного збудження:

$n=f(M)$  при  $R_{\Pi} \neq 0$ , їх приблизний вигляд наведено на рис.2.

5.1 Здійснити пуск ДПС згідно пп.3.1. і 3.2, розімкнути  $S_4$  і записати показання приладів до табл.1.

5.2 Потім згідно із п.4.2 зняти дані для побудови штучної механічної характеристики ДПС, але при  $R_{\Pi} = R_{\Pi 4} \neq 0$ .

5.3 Розвантаживши ДПС поворотом ручки ЛАТРа вліво до упору, вимкнути  $S_3$  і зняти ще одну штучну механічну характеристику ДПС згідно п.5.2, але вже при  $R_{\Pi} = R_{\Pi 4} + R_{\Pi 3} \neq 0$ .

5.4 Розвантаживши ДПС поворотом ручки ЛАТРа вліво до упору, зупинити двигун згідно із п.3.4. Роботу закінчено.

### **13.4 Обробка результатів. Звіт**

1. У звіті вказати назву, мету і програму роботи.
2. Навести паспортні дані ДПС із послідовним збудженням за формою, зазначеною в заводській таблиці.
3. Схема установки повинна відповідати рис.1.
4. У табл.1 помістити експериментальні й розрахункові дані.

Таблиця 1

Вид ха- ракте-	№ п/п	Виміряно							Підраховано			
		V <sub>1</sub>	V <sub>4</sub>	A <sub>6</sub>	T <sub>ДПС</sub>	TAX1	A <sub>3</sub>	A <sub>10</sub>	V <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> , кВт	P <sub>2</sub> , кВт	η, %
		U <sub>c</sub>	U <sub>я</sub>	I <sub>я</sub>	M	n	I <sub>Г</sub>	I <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>			
		В	В	А	Нм	об/хв	А	А	В			
Природна	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											
Штучна	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											
Штучна	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											

Розрахункові формули:

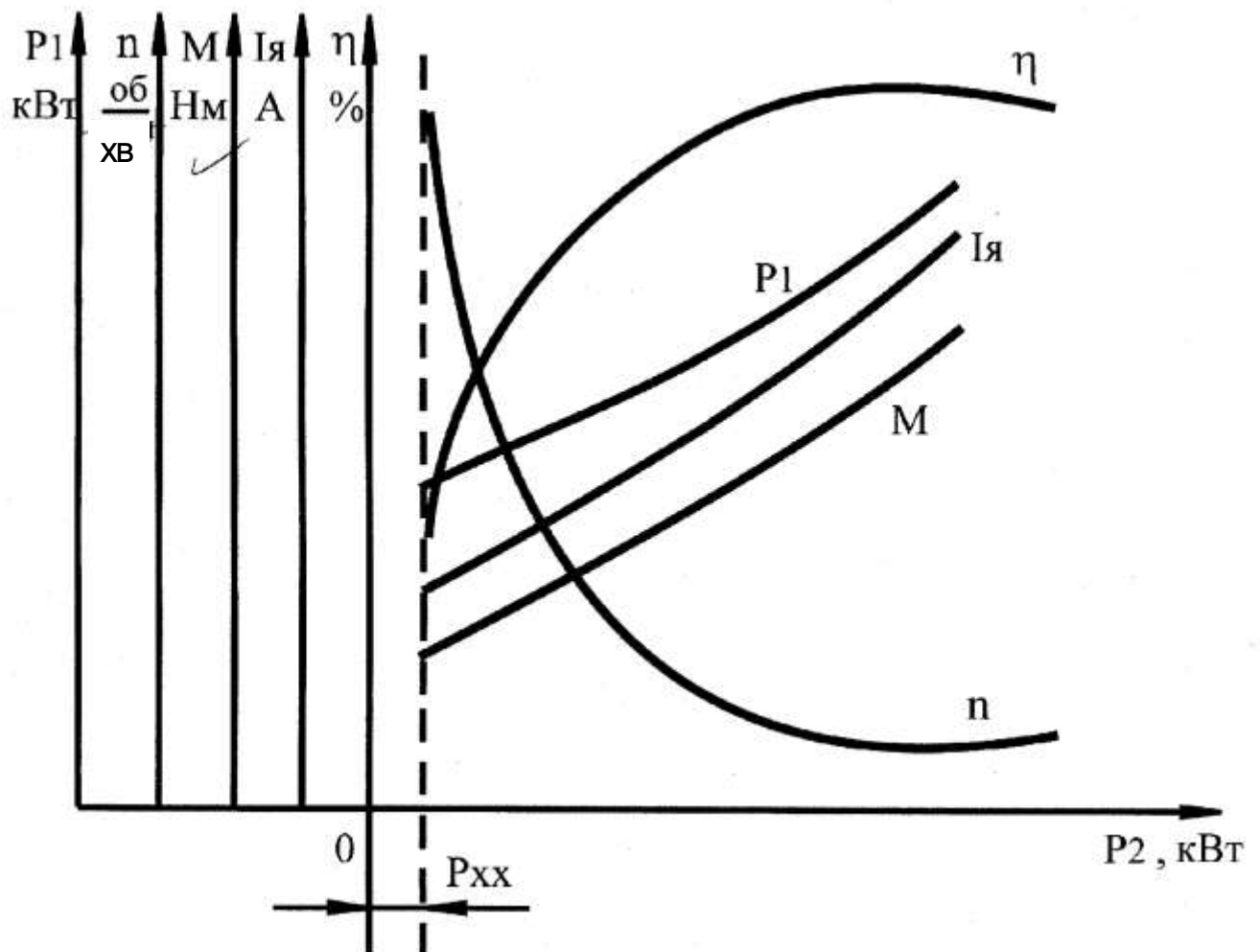
$$P_1 = U_c I_{я} 10^{-3} \text{ [кВт]}; \quad P_2 = \frac{Mn}{9750}; \quad \eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%,$$

де P<sub>2</sub> [кВт], M [Нм], n [об/хв].

5. Побудувати природну і штучні механічні характеристики ДПС послідовного збудження згідно із рис.2.

6. В одній системі координат побудувати робочі характеристики ДПС послідовного збудження:  $n$ ,  $M$ ,  $I_{я}$ ,  $P_1$ ,  $\eta=f(P_2)$  для трьох випадків ( $R_{\Gamma}=0$ ;  $R_{\Gamma}=R_{\Gamma4}$  і  $R_{\Gamma}=R_{\Gamma4}+R_{\Gamma3}$ ). Приблизний їх вигляд для  $R=0$  наведений на рис.3. Для кращого сприйняття характеристик їх бажано зображувати різними кольорами.

7. Проаналізувати механічні (природну і штучні) та робочі характеристики ДПС послідовного збудження і зробити висновки про його експлуатаційні властивості.



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_P = \frac{0.5 \text{ кВт}}{1 \text{ см}}; M_n = \frac{100 \text{ об/хв}}{1 \text{ см}}; M_M = \frac{1 \text{ Нм}}{1 \text{ см}};$$

$$M_I = \frac{1 \text{ А}}{1 \text{ см}}; M_\eta = \frac{5\%}{1 \text{ см}}$$

Рис.3



### 13.5 Контрольні запитання

1. Схема, конструкція і принцип дії ДПС послідовного збудження.
2. Порядок експериментального зняття його механічних характеристик (природної і штучних).
3. Пояснити порядок пуску і зупинки ДПС послідовного збудження.
4. Чому при  $M_{\text{ДПС}} \leq M_{\text{ХХ}}$  ДПС послідовного збудження може піти в рознос?
5. Поясніть поняття: ДПС йде в рознос.
6. Як запобігти розносу ДПС послідовного збудження?
7. Чому ДПС послідовного збудження використовується як тягові?
8. Підведення і відведення енергій і видів струму в ДПС послідовного збудження.
9. Способи регулювання частоти обертання ДПС послідовного збудження.
10. Які з них більш економічні?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копылов И.П. Электрические машины: Учеб. для вузов. -М.: Энергоатомиздат, 1966, - Гл. 5.
2. Брускин Д.Э. и др. Электрические машины: В 2-х ч. - Ч. 2: Учеб. для электротехн. спец. вузов. - 2-е изд. перераб. и доп./Д.Э.Брускин, А.Е.Зорохович, В.С. Хвостов. -М.: Высш.шк., 1987. - Гл. 8.
3. Вольдек А.И. Электрические машины: Учеб. для студентов высш. техн. учебн. завед. - 3-е изд., перераб. - Л.: Энергий, 1978. - Гл. 10.

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни “Електричні машини”, розділ “Двигуни постійного струму” для студентів денної та заочної форм навчання за напрямами 6.050702 – «Електромеханіка» і 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології» (у тому числі для скороченого терміну навчання)

Укладачі: к.т.н., професор В.О.Некрасов,  
к.т.н., доцент А.В.Некрасов,  
д.т.н., с.н.с., професор А.П. Ращепкін,  
асист. Р.М. Донченко,  
асист. В.В. Ромашина

Відповідальний за випуск к.т.н., доц. В.Д. Стрижак

Підп. до др. \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.  
Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.

Видавничий відділ КНУ імені Михайла Остроградського  
39614, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20