

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 **“ГЕНЕРАТОРИ 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 “Генератори 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 №7 Дослідження генератора постійного струму незалежного збудження.....	8
Лабораторна робота №8 Дослідження генератора постійного струму паралельного збудження.....	24
Лабораторна робота № 9 Дослідження генератора постійного струму змішаного збудження.....	41
Список літератури.....	57

## 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 трьох лабораторних робіт з розділу: генератори 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 методикку 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 перехрещування 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 №7**

### **Дослідження генератора постійного струму незалежного збудження (стенд № 2)**

**Мета роботи** - визначення експлуатаційних властивостей генератора постійного струму (ГПС) незалежного збудження шляхом експериментального зняття його основних характеристик.

#### **7.1 Програма роботи**

7.1.1 Вивчити за літературою, що рекомендується, діафільмами, кінофільмами, навчальними плакатами і лабораторними макетними стендами схему, конструкцію, принцип дії ГПС незалежного збудження, його основні характеристики і методику їх зняття.

7.1.2 Зняти експериментальні дані і побудувати основні характеристики ГПС незалежного збудження: характеристику холостого ходу (XXX), навантажувальну, зовнішню, регульовальну і характеристику короткого замикання (ХКЗ).

7.1.3 Проаналізувати отримані основні характеристики і зробити висновки про експлуатаційні властивості ГПС незалежного збудження.

#### **7.2 Техніка безпеки**

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

Після зборки студенти можуть увімкнути схему тільки після того, як її перевірів викладач.

#### **7.3 Опис установки. Устаткування і прилади**

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



Лабораторний стенд за схемою рис.1 містить механічно з'єднані на одному валі приводний асинхронний двигун (АД) і ГПС незалежного збудження; щитові вимірювальні прилади, апаратуру для пуску і зупинки приводного АД. Подача і зняття напруги на стенд здійснюється контактором К шляхом натискання кнопок "Пуск1" і "Стоп1". Ключем S7 здійснюється пуск і зупинка АД. Ключем S6 подається напруга на лабораторний автотрансформатор (ЛАТР), ручкою якого через випрямляч В регулюється постійний струм у незалежній обмотці збудження (ОЗ) генератора. Величина струму ОЗ і напруги на ній контролюються міліамперметром і вольтметром V1. Частота обертання ГПС через велику жорсткість механічної характеристики приводного АД з короткозамкненим ротором практично постійна при будь-яких режимах роботи ГПС і фіксується тахометром ТАХ. Струм АД у фазі А контролюється амперметром А9.

Вмикання ГПС на дискретно ( $R_{H1}$   $R_{H2}$ ;  $R_{H3}$ ) і плавно ( $R_{HP}$ ) регульоване навантаження здійснюється відповідно комбінацією вмикання і вимикання ключів S1, S2, S3 і S4. Контроль струму і напруги навантаження здійснюється амперметром  $A_6$  і вольтметром  $V_2$ . Зміна напрямку струму в ОЗ досягається перемиканням  $S_5$  з положення "1" (вгору) у положення "2" (вниз).

## 7.4 Порядок виконання роботи

7.4.1 Записати паспортні дані АД і ГПС за формою, зазначеною на їх заводських табличках

7.4.2 Зібрати схему згідно із рис.1. Вихідне положення апаратури: S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>6</sub>, S<sub>7</sub> – вимкнені (вниз), S<sub>5</sub> - у положенні "1" (вгору); ручка ЛАТРа в крайньому лівому положенні (відповідає мінімальній напрузі на ОЗ).

7.4.3 Зняти характеристику холостого ходу (ХХХ) ГПС незалежного збудження:  $U_0 = f(I_3)$  при  $I_{я} = 0$  і  $n = \text{const}$ .

Приблизний її вигляд наведено на рис.2.

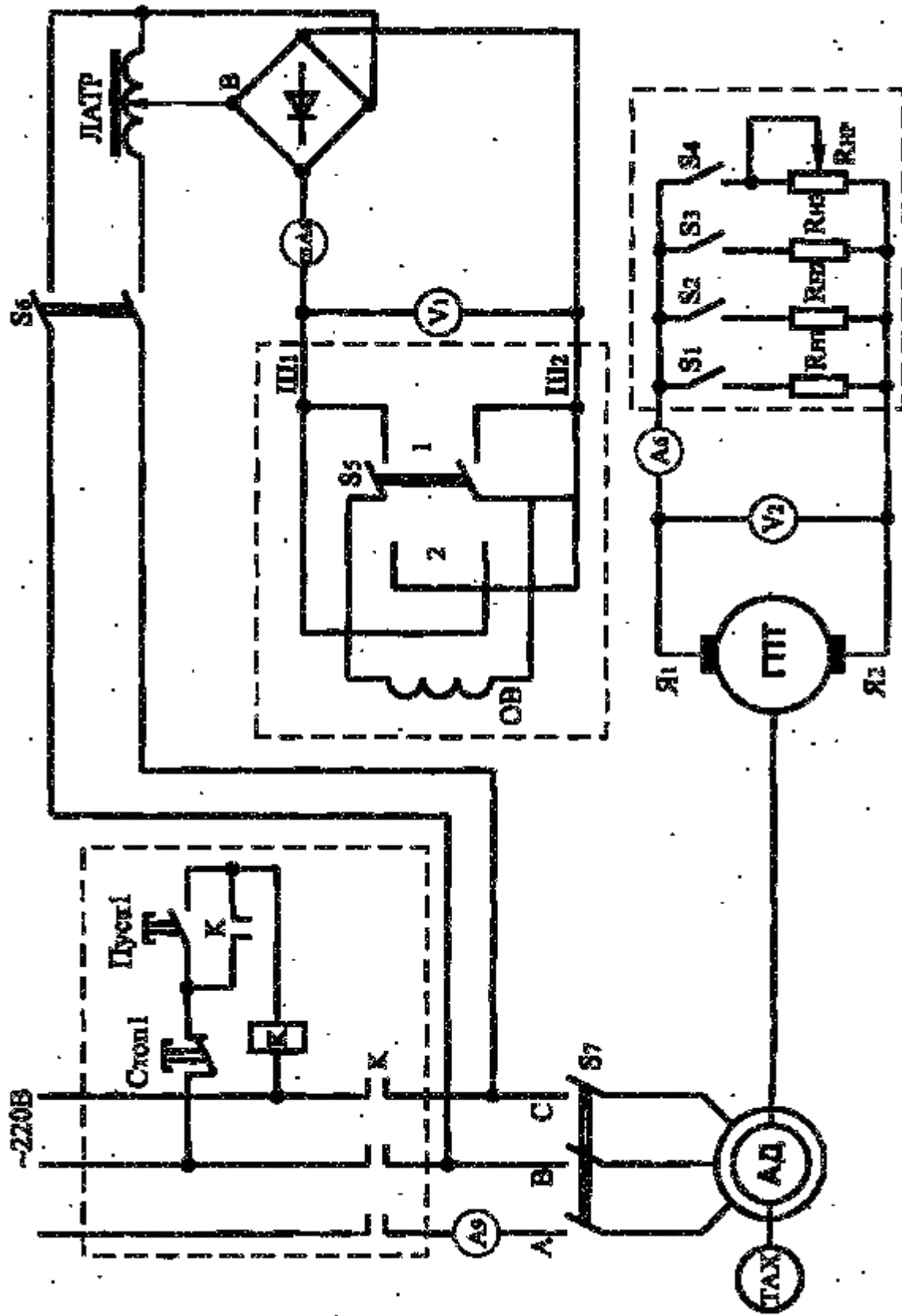
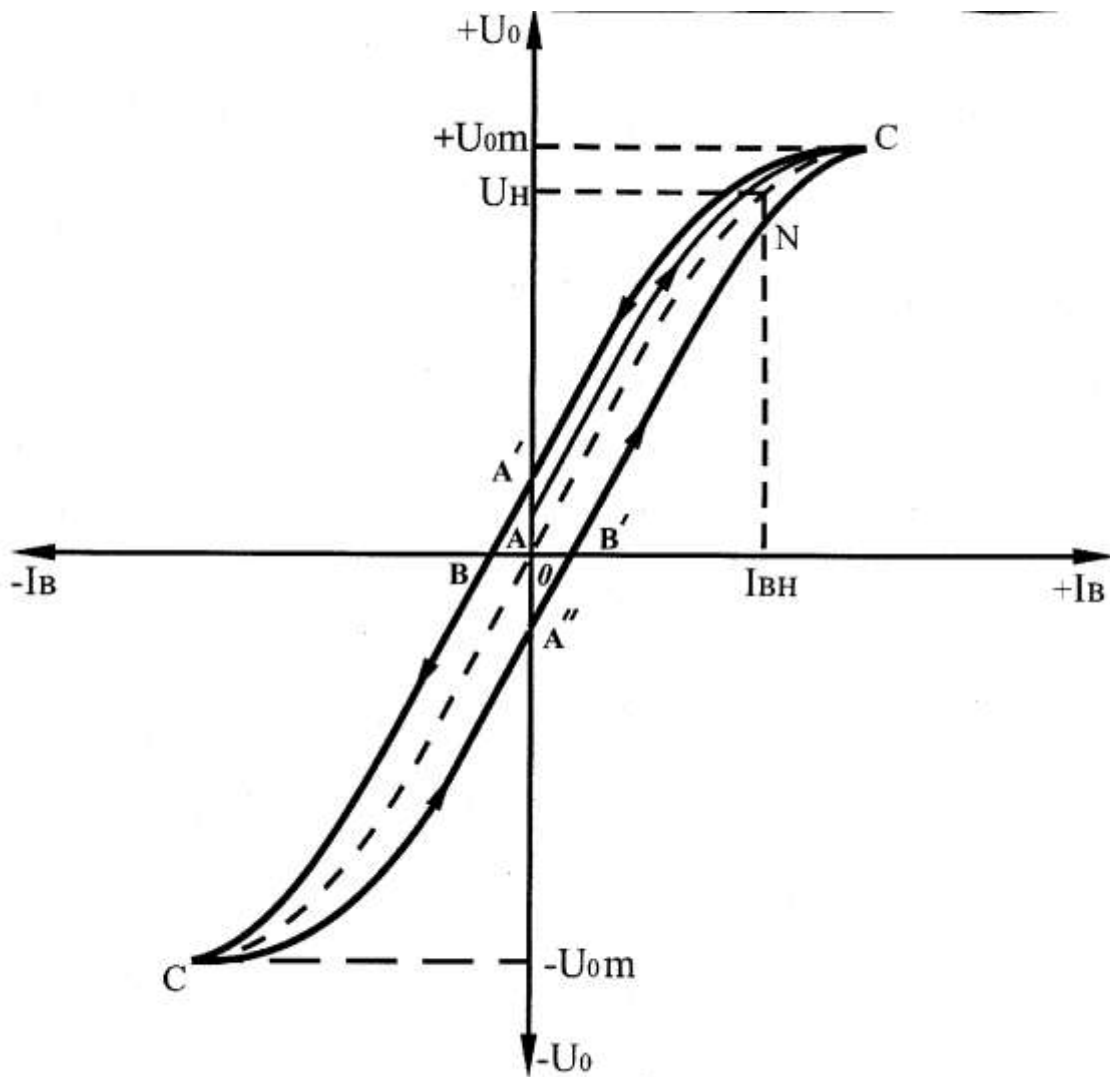


Рис.1



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_U=20\text{В/см}; M_I=25\text{мА/см}$$

Рис.2

Для зняття ХХХ необхідно:

7.4.3.1 Подати на стенд напругу живлення натисканням кнопки "Пуск1".

7.4.3.2 Здійснити пуск АД ключем S7.

7.4.3.3 Перевірити полярність підключення приладів  $V_1$ ;  $mA_5$ ,  $A_6$ ,  $V_2$  (прилади підключені правильно, якщо після ввімкнення S1 і S6 і при незначному повороті ручки ЛАТРа вправо стрілки всіх зазначених приладів відхилилися вправо; якщо стрілка одного чи декількох приладів відхилилася вліво, то необхідно, вимкнувши S1, S6 і S7 і повернувши ручку ЛАТРа в крайне

ліве положення, поміняти місцями проводи з'єднання на затискачах відповідних приладів).

7.4.3.4 Знову здійснити пуск АД ключем  $S_7$  і записати показання приладів у табл.1. Початку ХХХ відповідає точка А (рис.2) і напруга  $U_0=0A$  за рахунок залишкового магнетизму полюсів ГПС при  $I_3=0$ .

7.4.3.5 Увімкнути  $S_6$  і знову записати показання приладів.

7.4.3.6 Для подальшого правильного зняття ХХХ на кожній ділянці петлі гістерезису струм збудження слід змінювати тільки в одну сторону (як це показано стрілками на рис.2), щоб уникнути спотворення ХХХ через частинні гістерезисні цикли.

7.4.3.7 Збільшуючи струм збудження (5-6 значень), досягти за  $V_2$   $U_0=U_{om}=250B$  (точка С) і записати показання приладів.

7.4.3.8 Зменшуючи струм збудження (5-6 значень), установити ручку ЛАТРа в крайнє ліве положення і записати показання приладів.

7.4.3.9 Вимкнути  $S_6$  і записати показання приладів (точка А' і  $U_0=OA'$  при  $I_3=0$ ).

7.4.3.10 Змінити напрямок струму збудження в ОЗ, перемкнувши  $S_5$  у положення "2" (вниз), увімкнути  $S_6$  і записати показання приладів.

7.4.3.11 Збільшити струм збудження на стільки, щоб  $U_0=0$  (точка В) і записати показання приладів.

7.4.3.12 Поміняти полярність на  $V_2$  шляхом зміни проводів з'єднання на його затискачах і, збільшуючи струм збудження (5-6 значень), досягти  $U_0=U_{om}=250B$  (точка С') і записати показання приладів.

7.4.3.13 Зменшуючи струм збудження (5-6 значень), установити ручку ЛАТРа в крайнє ліве положення і записати показання приладів.

7.4.3.14 Вимкнути  $S_6$  і записати показання приладів (точка А" і  $U_0=OA''$  при  $I_3=0$ ).

7.4.3.15 Змінити напрямок струму збудження, переключивши  $S_5$  у положення "1" (вгору); увімкнути  $S_6$  і записати показання приладів.

7.4.3.16 Збільшити струм збудження на стільки, щоб  $U_0=0$  (точка В), і

записати показання приладів.

7.4.3.17 Поміняти полярність на  $V_2$  зміною проводів на його затискачах і, збільшуючи струм збудження (5-6 значень), досягти  $U_0=U_{om}=250V$  (точка С) і записати показання приладів.

Зняття ХХХ закінчено.

7.4.3.18 Установити ручку ЛАТРа в крайнє ліве положення, вимкнути  $S_6$  і зупинити ключем  $S_7$  АД.

Таблиця 1

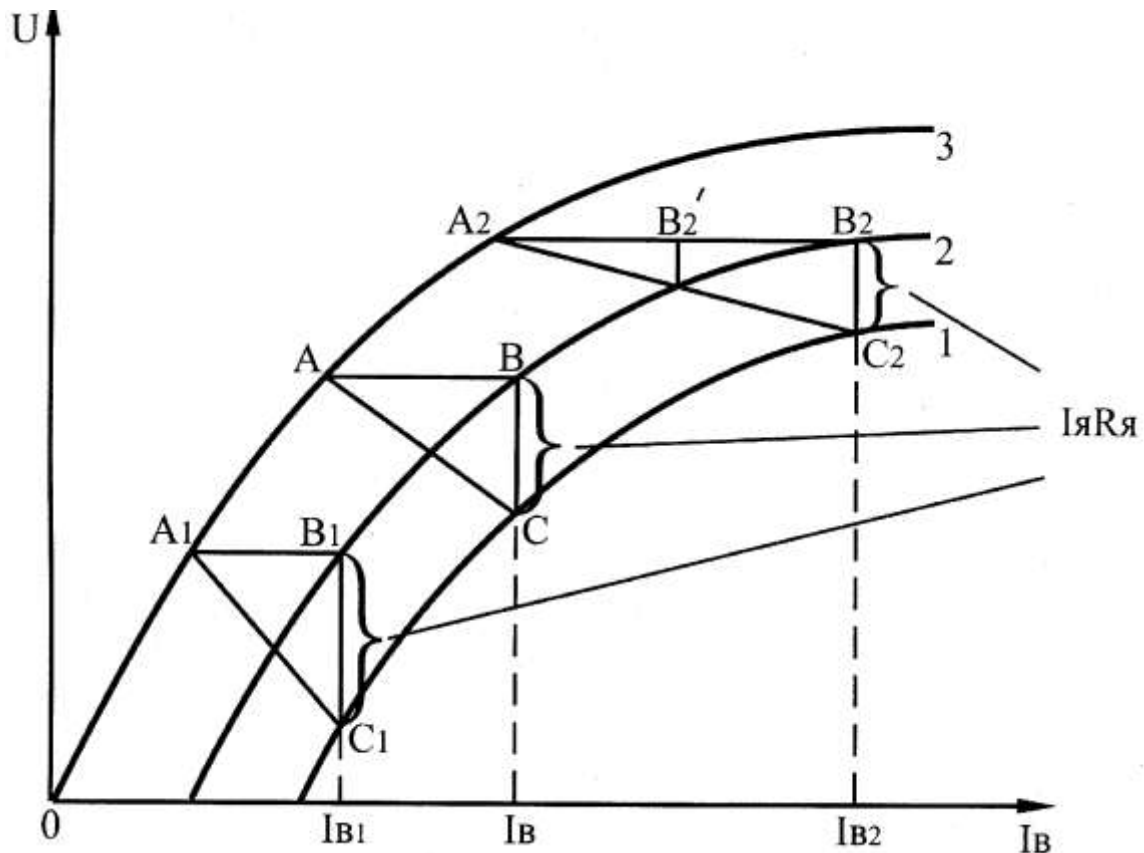
№ п/п	$mA_5$	$V_2$	$A_6$	$n$	Примітки
	$I_3, mA$	$U, B$	$I_a, A$	об/хв	
1					
2					
·					
35					

7.4.3.19 Побудувавши за табл.1. ХХХ і з'єднавши точки С, О і С' (пунктир на рис.2), отримаємо розрахункову х.х.х., що у визначеному масштабі повторює криву намагнічення: за нею роблять висновок про ступінь насичення ГПС. На цій розрахунковій ХХХ початкова ділянка майже лінійна (ненасичена частина); точка N (колiно кривої) відповідає середньонасиченій частини (номiнальний режим при  $I_{3H}$  і  $U_H$ ); точка С відповідає насиченню ГПС.

7.4.4 Зняти навантажувальну характеристику ГПС:

$$U=f(I_3) \text{ при } I_a=\text{const і } n=\text{const.}$$

Приблизний її вигляд наведено на рис.3 (крива 1).



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_U=20\text{В/см}; M_I=25\text{мА/см}$$

Рис.3

Для зняття навантажувальної характеристики необхідно:

7.4.4.1 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

7.4.4.2 Установити  $R_{НР}$  на максимальне значення (повзунок - у крайньому правому положенні).

7.4.4.3 Ключем  $S_3$  підключити навантаження  $R_{НЗ}$ ; подати живлення на ОЗ ключем  $S_6$  і, збільшуючи струм збудження, установити за  $V_2$   $U_H=230\text{В}$ , якому відповідає за  $A_6$   $I_{я}=2,2\text{А}\approx 0,5I_H$  (записати показання приладів до табл.2).

Таблиця 2

№ п/п	$mA_5$	$V_2$	$A_6$	$n$	Примітки
	$I_3, A$	$U, B$	$I_я, A$	об/хв	
1					
2					
3					
4					
5					

7.4.4.4 за черзі ключами  $S_1, S_2, i S_4$  збільшувати навантаження ГПС  $R_{H1}, R_{H2}$  і  $R_{H3}$ , установлюючи щоразу зменшенням струму збудження за  $A_6 I_я=2,2A$ . Записати показання приладів.

7.4.4.5 Подальше збільшення навантаження здійснити за допомогою  $R_{HP}$ . Зняти дві точки, що відповідають  $1/2 R_{HP}$  (повзунок посередині) та  $R_{HP}=0$  (повзунок - у крайньому лівому положенні). Для кожного виміру зменшенням струму збудження підтримувати струм навантаження  $I_я=2,2A=const$ . Записати показання приладів. Зняття навантажувальної характеристики закінчено.

7.4.4.6 Установити  $R_{HP}$  на максимальне значення (крайнє праве положення повзунка реостата); вимкнути  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ ; зупинити АД ключем  $S_7$ .

7.4.5 Зняти зовнішню характеристику ГПС:  $U=f(I_я)$  при  $I_3=const$  і  $n=const$ , приблизний вид якої наведено на рис.4 (крива 1).

Для зняття зовнішньої характеристики необхідно:

7.4.5.1 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

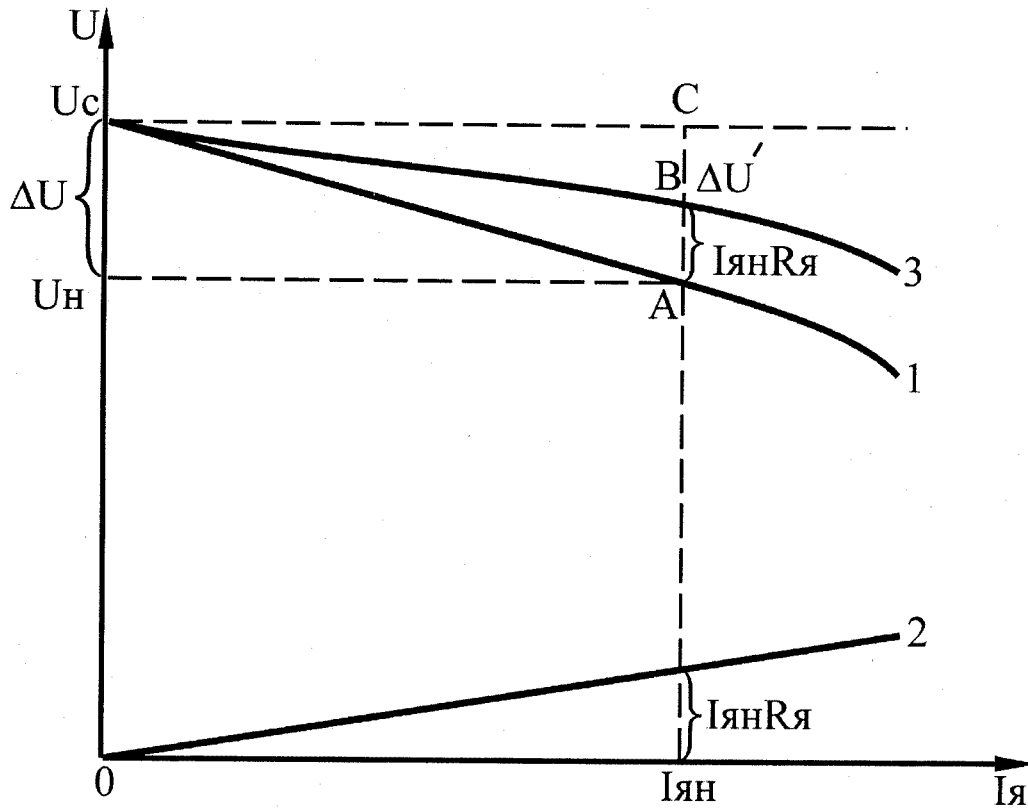
7.4.5.2 Підключити ключами  $S_1, S_2$  і  $S_3$  навантаження ГПС  $R_{H1}, R_{H2}$  і  $R_{H3}$ .

7.4.5.3 Подати живлення на ОЗ ключем  $S_6$  і, збільшуючи струм збудження, досягти за  $A_6 I_я=I_H=4,35A$ .

Записати показання приладів до табл.3.

7.4.5.4 за черзі вимикаючи  $S_3 S_2$  і  $S_1$  зменшувати навантаження за  $A_6$  до  $I_я=0$ , записуючи щоразу показання приладів.

Характеристику знято.



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_U=20\text{В}/1\text{см}; M_I=0.5\text{А}/1\text{см}$$

Рис.4

7.4.5.5 Зменшити струм збудження до нуля, вимкнути  $S_6$ , ключем  $S_7$  зупинити АД.

Таблиця 3

№ п/п	$A_6$	$V_2$	$mA_5$	$n$	Примітки
	$I_{я}, \text{А}$	$U, \text{В}$	$I_3, \text{mA}$	об/хв	
1					
2					
3					
4					



7.4.6 Зняти регулювальну характеристику ГПС:

$I_3 = f(I_A)$  при  $U = const$  і  $n = const$ , приблизний вид якої наведено на рис.5.

Для зняття регулювальної характеристики необхідно:

7.4.6.1 Здійснити Пуск АД ключем  $S_7$ .

7.4.6.2 Увімкнути  $S_6$  і, збільшуючи струм збудження, установити за  $V_2$   $U=190V$ . Записати показання приладів до табл.4.

Подалі знімати регулювальну характеристику, змінюючи струм збудження в один бік, як це показано на рис.5 стрілками, щоб уникнути спотворення характеристики через частинні гістерезисні цикли.

Таблиця 4.

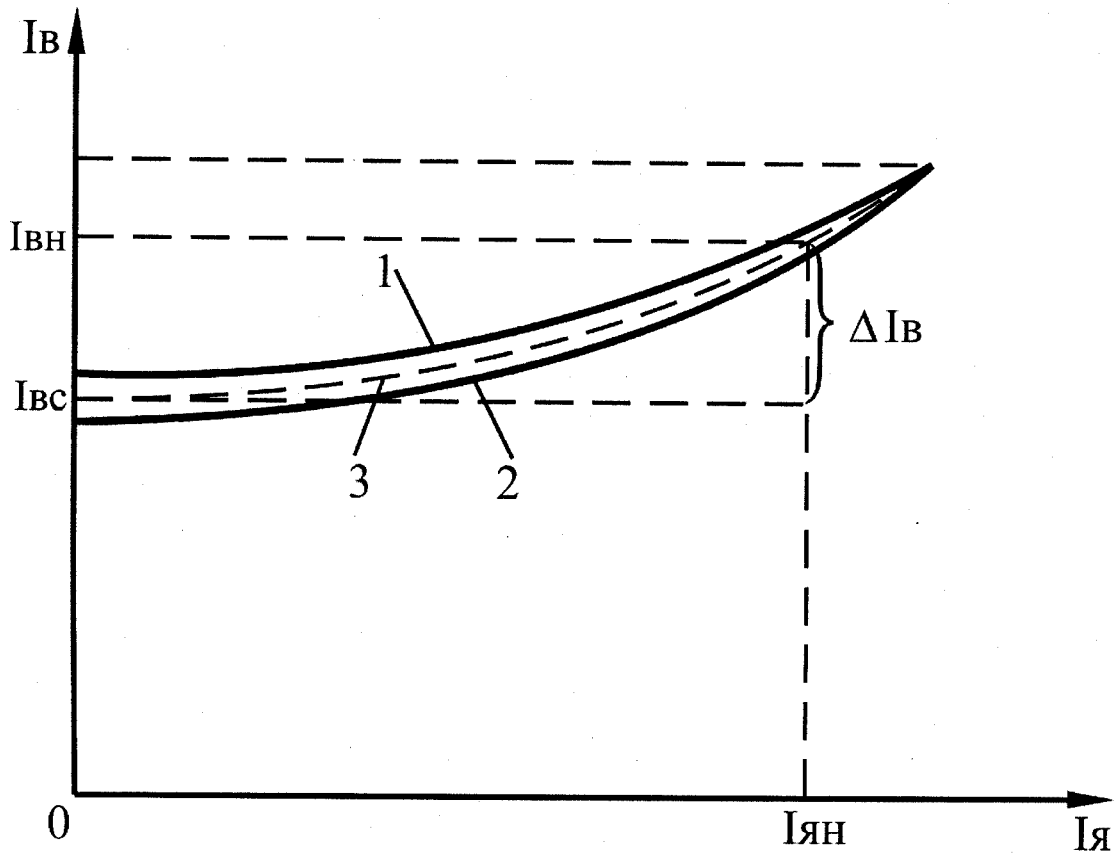
№ п/п	$mA_5$	$A_6$	$V_2$	$n$	Примітки
	$I_3, mA$	$I_A, A$	$U, B$	об/хв	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

7.4.6.3 за черзі ключами  $S_1, S_2, S_3$  збільшувати за  $A_6$  струм навантаження до значення  $I_A = I_{AH} = 4,35A$ , при цьому щоразу збільшенням ручкою ЛАТРа струму збудження підтримувати за  $V_2$   $U=190V=const$  і записувати показання приладів (на рис.5 - крива 1).

7.4.6.4 за черзі ключами  $S_3, S_2, S_1$  зменшувати за  $A_6$  струм навантаження ГПС до нуля, при цьому щоразу зменшенням струму збудження підтримувати по  $V_2$   $U=190V=const$  і записувати показання приладів (на рис.5 – крива 2).

Характеристику знято.

7.4.6.5 Зменшити струм збудження до нуля, вимкнути  $S_6$ , ключем  $S_7$  зупинити АД.



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_{I_3}=50\text{mA}/1\text{cm}; M_{I_A}=0.5\text{A}/1\text{cm}$$

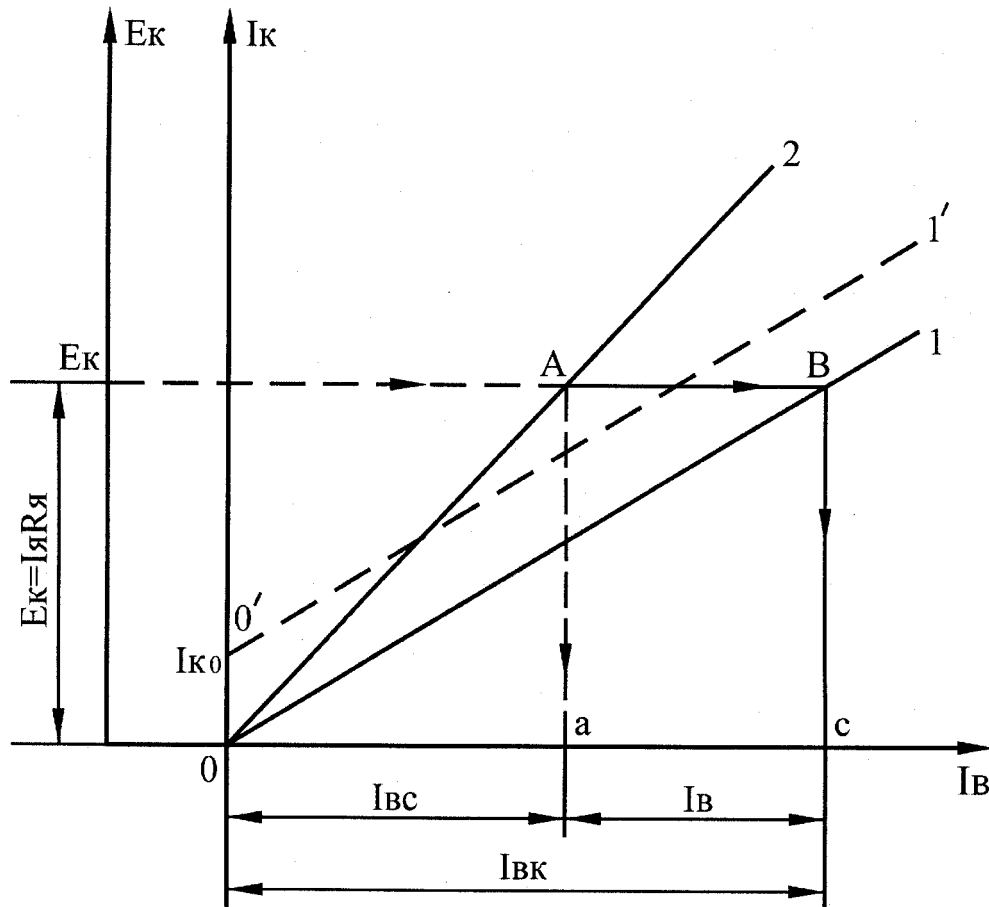
Рис.5

7.4.6.6 Провівши на рис.5 посередині між кривими 1 і 2 пунктирну криву 3, одержимо розрахункову регульовальну характеристику ГПС.

7.4.7 Зняти характеристику короткого замикання (ХКЗ.):

$I_K=f(I_3)$  при  $U=0$  і  $n=const$ , приблизний вигляд якої наведено на рис.6 (пунктир 1' відповідає ХКЗ. з урахуванням залишкового магнетизму полюсів ГПС, коли  $I_{K0} \neq 0$ ; пряма 1 відповідає ХКЗ. розмагніченого ГПС, коли  $I_K=0$ ).

При знятті ХКЗ. необхідно суворо дотримуватися послідовності операцій, що виконуються:



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_{E_k}=10\text{В}/1\text{см}; M_{I_k}=1\text{А}/1\text{см}; M_{I_3}=10\text{мА}/1\text{см}$$

Рис.6

7.4.7.1 Перевірити, щоб  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$  були у положенні "1" (вгору).  $R_{HP}$  установити максимальним (повзунок реостата - у крайньому правому положенні); ручка ЛАТРа - у крайньому лівому положенні.

7.4.7.2 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

7.4.7.3 Увімкнути  $S_4$  і установити опір навантаження  $R_{HP}=0$  (повзунок реостата – у крайньому лівому положенні). Струм якоря через залишковий магнетизм ГПС  $I_{KO} \neq 0$  (точка  $O'$  - на ХКЗ. 1).

7.4.7.4 Для досягнення  $I_{KO}=0$  при  $I_3=0$  необхідно ліквідувати залишковий магнетизм, змінивши напрямок струму збудження в ОЗ ГПС.

Для цього, вимкнувши  $S_6$  і поставивши  $S_5$  в положення "2" (вниз), ручкою

ЛАТРа за  $mA_5$  установити  $I_3 \approx 60mA$  і вимкнути  $S_6$ . Струм за  $A_6$  повинен бути  $I_A=0$  (для цього 2-3 рази увімкнути і вимкнути  $S_6$ ). Після цього, як при ввімкненому  $S_6$  струм за  $A_6$   $I_A=0$ , вивести ручку ЛАТРа в крайнє ліве положення і перемкнути  $S_5$  у положення "1" (вгору). Записати показання приладів до табл.5 (точка 0 прямої 1).

Таблиця 5

№ п/п	$mA_5$	$A_6$	$V_2$	$n$	Примітки
	$I_3, mA$	$I_A, A$	$U, B$	об/хв	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

7.4.7.5 Увімкнути  $S_6$  і записати показання приладів.

7.4.7.6 Обережно, збільшуючи струм збудження, досягти за  $A_6$   $I_A=5A \approx 1,1I_{яH}$  (6 вимірів), записуючи щоразу показання приладів.

ХКЗ. знято (пряма 1).

7.4.7.7 Зменшити до нуля струм збудження; вимкнути  $S_6$   $S_4$ ; повзунок  $R_{HP}$  вивести в крайнє праве положення; ключем  $S_7$  зупинити АД.

7.4.7.8 Зняти напругу зі стенда натисканням кнопки "Стоп1".

Роботу закінчено.

## 7.5 Обробка результатів. Звіт

7.5.1 Паспортні дані приводного АД і досліджуваного ГПС за формою, зазначеною в їх заводських табличкаХ

7.5.2 Схема установки згідно із рис.1.

7.5.3 Табл.1-5 з експериментальними даними основних характеристик ГПС незалежного збудження.

7.5.4 За даними табл.1-5 побудувати в масштабі основні характеристики ГПС незалежного збудження.

7.5.5 Побудувати ХХХ згідно із рис.2.

Побудувати розрахункову ХХХ ГПС.

7.5.6 Побудувати згідно із рис.3 в одній системі координат навантажувальну 1, внутрішню навантажувальну 2 і розрахункову ХХХ 3. Внутрішня навантажувальна характеристика 2 будується еквідистантно характеристиці 1 та вище її на величину  $I_{\text{я}}R_{\text{я}}$  ( $R_{\text{я}}=100\text{Ом}$ ). за характеристиками 1, 2, 3 побудувати характеристичні трикутники:

$\Delta ABC$  і  $\Delta A_1B_1C_1$  (при ненасиченій магнітній системі ГПС, що відповідає струмам збудження  $I_3=175\text{mA}$  і  $I_{31}=45\text{mA}$ );  $\Delta A_2B_2C_2$  (при насиченій магнітній системі ГПС, що відповідає струму збудження  $I_3=275\text{mA}$ ). За допомогою цих характеристичних трикутників оцінити вплив спаду напруги у ланцюгу якоря і реакції якоря ГПС. Побудову одного з трикутників (наприклад  $\Delta ABC$  при  $I_3=175\text{mA}$ ) легко побачити на рис.3. Його вершина В лежить на внутрішній навантажувальній характеристиці 2 і відповідає струму  $I_3=175\text{mA}$ , вершина А розташована на ХХХ 3, вершина С - на навантажувальній характеристиці 1 (причому катет  $AB \parallel \text{осі } I_3$ , катет  $BC \perp \text{осі } I_3$ ). Катет ВС відповідає спаду напруги в ланцюзі якоря  $I_{\text{я}}R_{\text{я}}$ , а катет ВА у масштабі струму збудження відповідає магніторушійній силі (МРС) поперечної реакції якоря. При ненасиченій магнітній системі поперечна реакція якоря мало впливає на роботу ГПС ( $AB \approx A_1B_1$ ). При насиченій магнітній системі поперечна реакція якоря збільшується (катет  $A_2B_2 > AB = A_1B_1$  на величину  $B_2B_2'$ , що в масштабі струму збудження дорівнює МРС, що розмагнічує поперечну реакцію якоря).

7.5.7 Побудувати згідно із рис.4 зовнішню 1, внутрішню 3 і характеристику 2, що являє собою лінійну залежність спаду напруги в якірному ланцюзі ГПС від струму навантаження, тобто  $I_{\text{я}}R_{\text{я}}=f(I_{\text{я}})$ . Внутрішня характеристика 3 розташовується еквідистантно зовнішній і вище її на величину  $I_{\text{я}}R_{\text{я}}$ .

Визначити зміну напруги  $\Delta U$  ГПС при зміні навантаження від номінального до 0 (рис.4)

$$\Delta U = \frac{U_0 - U}{U} 100\%; \Delta U = \Delta U' + I_{\text{я}} R_{\text{я}},$$

де  $\Delta U'$  - спад напруги, зумовлений поперечною реакцією якоря;

$I_{\text{я}} R_{\text{я}}$  - спад напруги в якірному ланцюзі ГПС.

7.5.6 Побудувати регулювальну характеристику згідно із рис.5 (1 і 2) і розрахункову регулювальну характеристику 3. З характеристики 3 видно, наскільки необхідно збільшити  $I_3$  при зміні струму навантаження від нуля до номінального для підтримки  $U=\text{const}$ . У масштабі струму збудження його збільшення являє собою МРС, необхідну для компенсації спаду напруги в якірному ланцюзі ( $I_{\text{я}} R_{\text{я}}$ ) і дії поперечної реакції якоря ГПС, що розмагнічує. Визначити зміну струму збудження при зміні струму навантаження ГПС від ХХХ до номінальної (рис.5)

$$\Delta I_3 = \frac{I_3 - I_{30}}{I_{30}} 100\% .$$

7.5.9 В одній системі координат згідно із рис.6 побудувати ХКЗ. 1 і  $E_K=f(I_3)$  2, що являє собою початкову прямолінійну частину розрахункової ХХХ за 1 і 2 для  $I_K=I_H$  побудувати характеристичний трикутник АВС, побудову якого видно з рис.6, і визначити за його допомогою вплив подовжньої реакції якоря ГПС.  $I_{3г}=0$  необхідний для створення  $E_K=I_{\text{яH}} R_{\text{я}}$  ( $R_{\text{я}}=100\text{Ом}$ ); струм  $I_{3к}=0$  відповідає  $I_K=I_H$ . Тому що при КЗ магнітна система ГПС не насичена, то поперечна реакція якоря практично не викликає ефекту розмагнічування і катет  $AB=I_3=I_{3к}-I_{3г}$  у масштабі струму збудження являє собою МРС, що компенсує тільки подовжню реакцію якоря, що виникає у випадку зрушення щіток з геометричної нейтралі за напрямком обертання якоря ГПС. У випадку, якщо щітки на геометричній нейтралі,  $\Delta ABC$  вироджується у катет ВС.

7.5.10 На підставі аналізу основних характеристик ГПС незалежного збудження зробити висновки про його експлуатаційні властивості.

### Контрольні запитання

1. Пояснити схему, конструкцію і принцип дії ГПС незалежного збудження.
2. Порядок і методика експериментального зняття основних характеристик ГПС незалежного збудження.
3. Основні ділянки ХХХ Про яку властивість ГПС судять за нею? Як

будується розрахункова ХХХ? Яка ділянка ХХХ відповідає номінальному режиму ГПС і чому?

4. Яким чином за ХХХ і навантажувальною характеристикою визначається дія реакції якоря, що розмагнічує? Що виражають катети характеристичного трикутника, побудованого за цими двома характеристиками ГПС і про який вид реакції якоря можна судити за характеристичним трикутником? Чому навантажувальна характеристика проходить нижче ХХХ, побудованої в одній системі координат з навантажувальною? Що таке внутрішня навантажувальна характеристика ГПС?

5. Чому зовнішня характеристика ГПС має вид кривої, що падає? Як за нею можна судити про дію реакції якоря, що розмагнічує? Що таке внутрішня характеристика ГПС, побудована в одній системі координат? Що таке номінальна зміна напруги ГПС?

6 Чому зі збільшенням струму навантаження для підтримки сталості напруги ГПС необхідно збільшувати струм збудження? Як побудувати розрахункову регульовальну характеристику ГПС? Що таке номінальна зміна струму збудження ГПС? Що компенсує зі збільшенням навантаження збільшення МРС збудження?

7. Як розмагнітити ГПС на холостому ході перед експериментальним зняттям ХКЗ.?

8. Як за ХХХ і ХКЗ. побудувати характеристичний трикутник? Що виражають його катети? Про який вид реакції якоря можна судити з цього трикутника?

9. Чим відрізняються рівняння електричної рівноваги ГПС і ДПС?

10. Підведення і відведення енергії, види струму в ГПС незалежного збудження. Співвідношення потужностей у ланцюзі збудження і якірному ланцюзі ГПС.

## Лабораторна робота №8

### Дослідження генератора постійного струму паралельного збудження (стенд № 2)

**Мета роботи** - визначення експлуатаційних властивостей генератора постійного струму (ГПС) паралельного збудження шляхом експериментального зняття його основних характеристик.

#### 8.1 Програма роботи

8.1.1 Вивчити за літературою, що рекомендується, діафільмами, кінофільмами, навчальними плакатами і лабораторними макетними стендами схему, конструкцію, принцип дії ГПС паралельного збудження, його основні характеристики і методику їх зняття.

8.1.2 Зняти експериментальні дані та побудувати в масштабі основні характеристики ГПС паралельного збудження: характеристику холостого ходу (XXX), навантажувальну, зовнішню і регульовальну.

8.1.3 Проаналізувати отримані основні характеристики і зробити висновки про експлуатаційні властивості ГПС паралельного збудження.

#### 8.2 Опис установки, устаткування і прилади

Електрична схема для дослідження ГПС паралельного збудження наведена на рис.1. Частина схеми, що обведена на рис.1 пунктиром, зібрана всередині стенда. Лабораторний стенд за схемою рис.1 містить у собі: механічно з'єднані на одному валі приводний асинхронний двигун (АД) і ГПС паралельного збудження; щитові вимірювальні прилади, апаратуру для пуску й зупинки приводного АД. Подача і зняття змінної напруги на стенд здійснюється контактором шляхом натискання кнопок "Пуск1" і "Стоп1". Ключем  $S_7$  здійснюється пуск і зупинка АД. Регулювання струму в паралельній обмотці збудження ОЗ здійснюється за допомогою регульовального реостата  $R_{роз}$ .



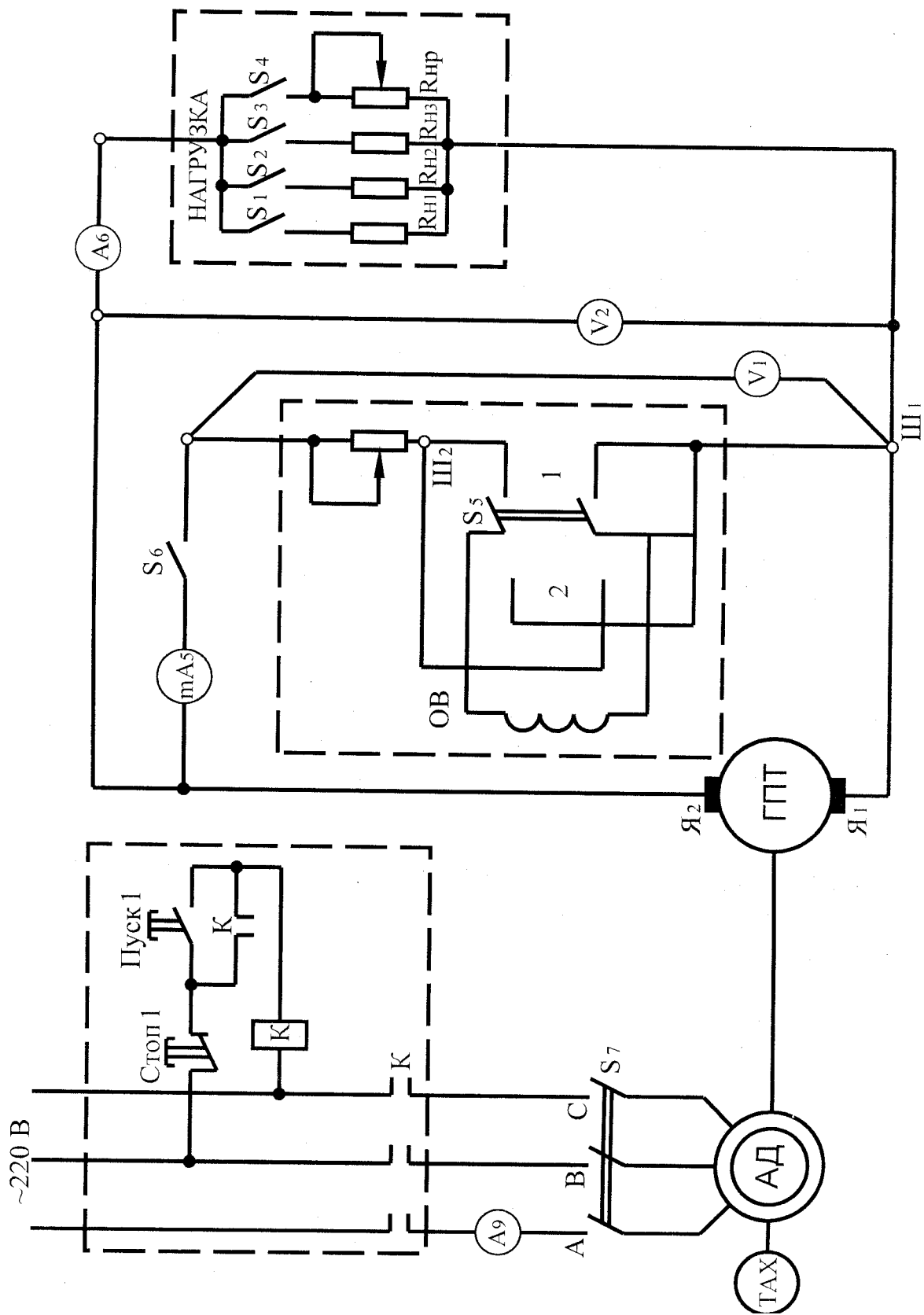


Рис.1

Величина струму ОЗ і напруги в її ланцюзі контролюються міліамперметром  $mA_5$  і вольтметром  $U_1$ . Частота обертання ГПС через велику жорсткість механічної характеристики приводного АД з короткозамкненим ротором практично постійна при будь-яких режимах роботи ГПС і фіксується тахометром ТАХ. Струм АД у фазі А контролюється амперметром  $A_9$ . Вмикання ГПС на дискретно ( $R_{H1}$ ,  $R_{H2}$ ,  $R_{H3}$ ) і плавно ( $R_{HP}$ ) регульоване навантаження здійснюється відповідною комбінацією ввімкнення і вимкнення ключів  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , і  $S_4$ . Контроль струму і напруги навантаження ГПС здійснюється амперметром  $A_6$  і вольтметром  $U_2$ . Зміна напрямку струму в ОЗ досягається перемиканням ключа  $S_5$  з положення "1" у положення "2". Ввімкнення і вимкнення ланцюга ОЗ здійснюється ключем  $S_3$ .

### 8.3. Порядок проведення роботи.

8.3.1 Записати паспортні дані АД і ГПС за формою, що зазначена на їх заводських табличках

8.3.2 Зібрати схему згідно із рис.1. Вихідне положення апаратури:  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_7$ ,  $S_8$  – вимкнені (вниз);  $S_5$  - у положенні "1" (вгору); реостати  $R_{HP}$   $R_{OZ}$  установити на максимальний опір (повзунки реостатів у крайньому правому положенні).

8.3.3 Зняти характеристику холостого ходу (XXX) ГПС паралельного збудження:  $U_0=f(I_3)$  при  $I_0$  і  $n=const$  приблизний вигляд якої наведено на рис.2.

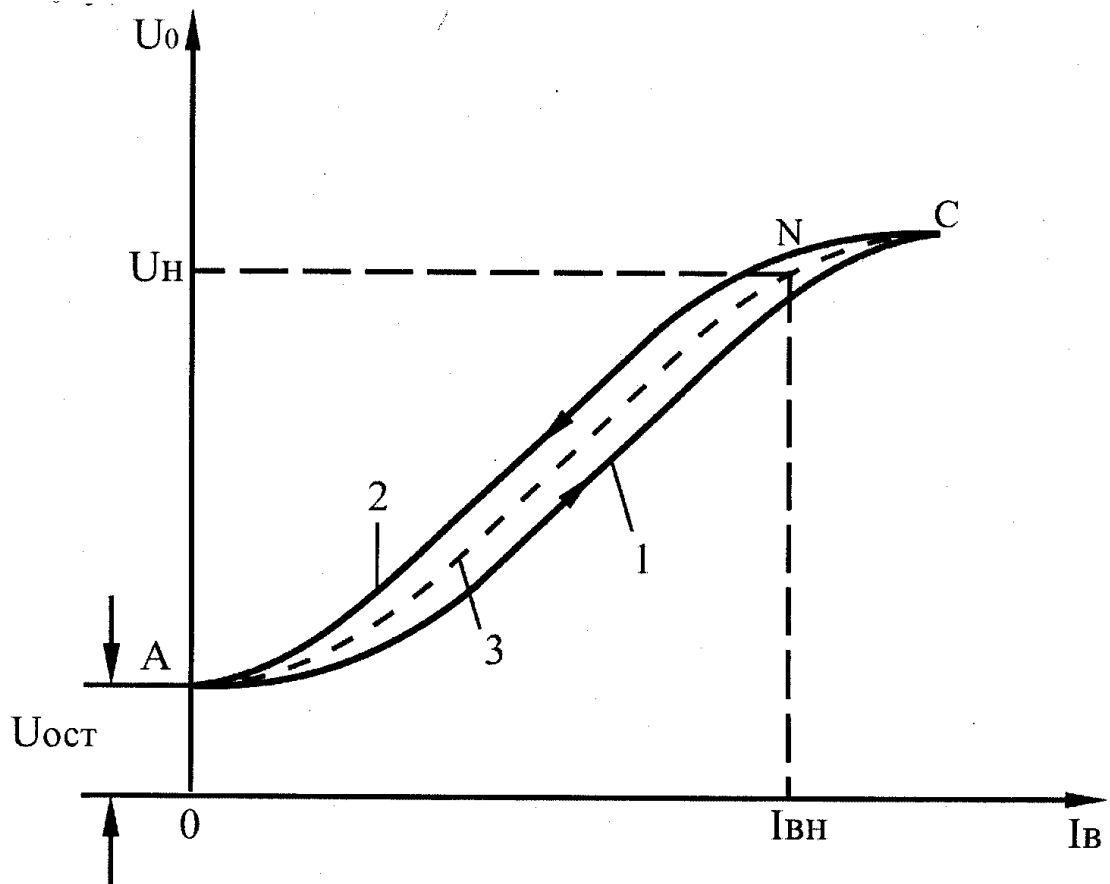
Для зняття XXX необхідно:

8.3.3.1 Подати на стенд напругу живлення натисканням кнопки "Пуск1".

8.3.3.2 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

8.3.3.3 Перевірити полярність вмикання приладів  $U_1$   $mA_5$ ,  $V_2$ ,  $A_6$ .

Прилади приєднані правильно, якщо після вмикання  $S_1$   $S_6$  стрілки всіх зазначених приладів мають тенденцію до відхилення вправо; якщо ж стрілка одного чи декількох приладів відхилилася вліво, то необхідно, вимкнувши  $S_1$ ,  $S_6$  і  $S_7$ , поміняти місцями з'єднувальні провідники на затискачах відповідних приладів.



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_U=20\text{В/см}; M_I=25\text{мА/см}$$

Рис.2

8.3.3.4 Знову здійснити пуск АД ключем  $S_7$  і записати показання приладів у табл.1.

Початку ХХХ відповідає точка А (рис.2) і напруга  $U_{\text{ЗАЛ}}=OA$  за рахунок залишкового магнітного потоку полюсів ГПС при  $I_3=0$ .

8.3.3.5 Увімкнути  $S_8$  і знову записати показання приладів.

8.3.3.6 Для подальшого правильного зняття ХХХ на кожній ділянці петлі гістерезиса струм збудження варто змінювати повзуном реостата  $R_{\text{РОЗ}}$  тільки в одну сторону (як це показано стрілками на рис.2), щоб уникнути спотворення ХХХ через частинні гістерезисні цикли.

Таблиця 1

№ п/п	mA <sub>5</sub>	V <sub>2</sub>	A <sub>6</sub>	n	Примітки
	I <sub>3</sub> , mA	U, В	I <sub>я</sub> , А	об/хв	
1					
2					
·					
·					

Збільшуючи I<sub>3</sub> зменшенням R<sub>РОЗ</sub> (6-7 вимірів) досягти U<sub>0</sub>=U<sub>ЗАЛ</sub>=250В (точка С) і записувати щоразу показання приладів.

Гілку 1 ХХХ знято.

8.3.3.7 Зменшуючи I<sub>3</sub> збільшенням R<sub>РОЗ</sub> до максимального значення (6-7 вимірів), записати показання приладів (точка А).

Гілку 2 ХХХ знято.

Зняття ХХХ ГПС закінчено.

8.3.3.8 Вимкнути S<sub>8</sub> і зупинити ключем S<sub>7</sub> АД.

8.3.3.9 З'єднавши точки А і С (пунктир між кривими 1 і 2 одержимо розрахункову ХХХ 3, що у визначеному масштабі повторює криву намагнічення, за якою судять про ступінь насичення ГПС. На цій розрахунковій ХХХ початкова ділянка майже лінійна (ненасичена частина); точка N (коліно кривої) відповідає середньонасиченій частини (при I<sub>3Н</sub> і U<sub>Н</sub>); точка С відповідає насиченню ГПС.

8.3.3.10 Розглянути процес самозбудження ГПС паралельного збудження. Він відбувається у такий спосіб.

На рис.3 крива 1 являє собою розрахункову ХХХ, а пряма 2 – характеристику ланцюга збудження, або залежність U<sub>3</sub>=R<sub>3</sub>I<sub>3</sub> при визначеному R<sub>3</sub>=const. У процесі самозбудження I<sub>3</sub>≠const, і напруга на кінцях ланцюга збудження

$$U_3 = R_3 I_3 + L_3 \frac{dI_3}{dt},$$

де L<sub>3</sub> – індуктивність ланцюга збудження.

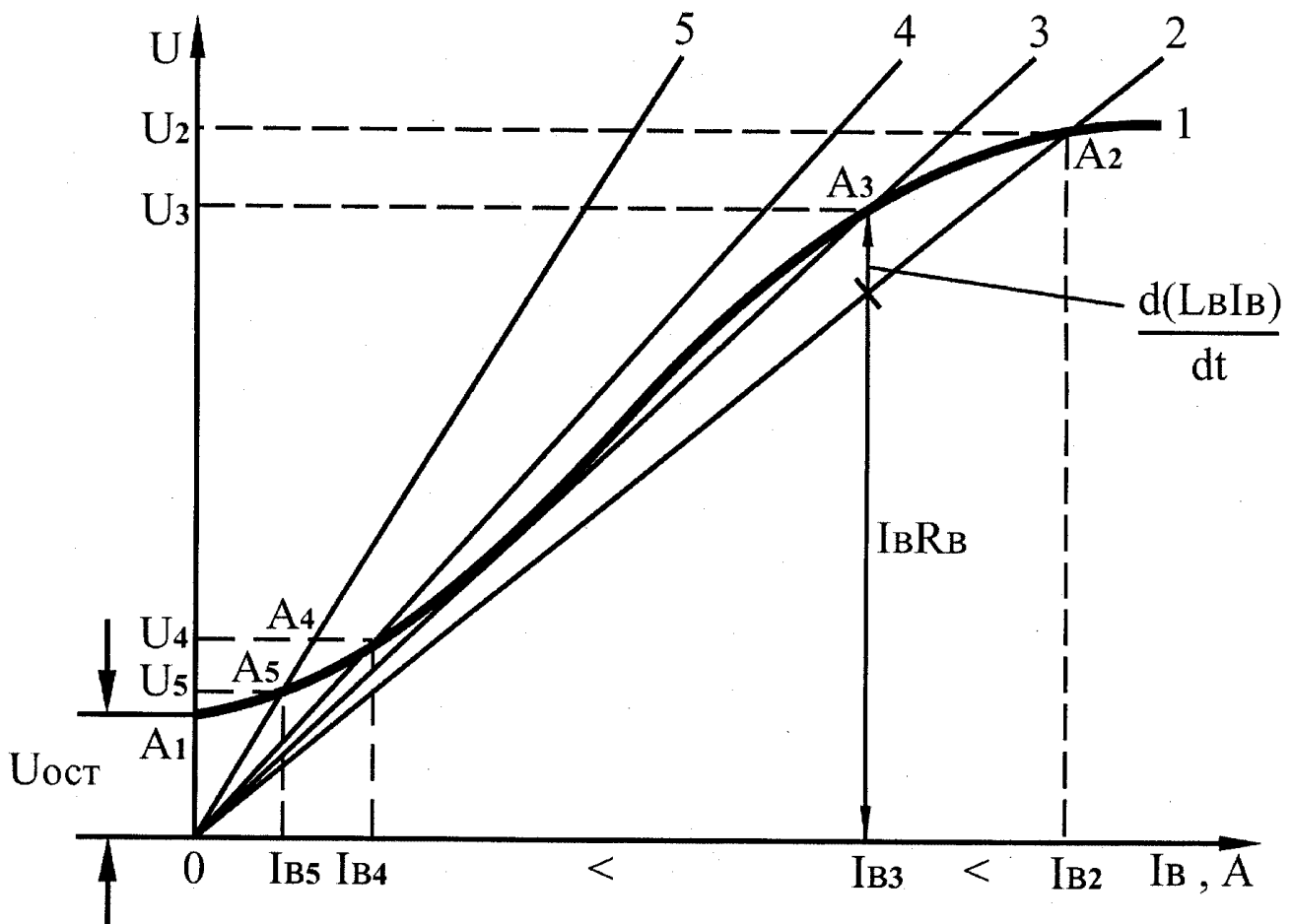
Напруга якоря при ХХ ( $I_{я}=0$ ),  $U_{я}=E_{я}-I_3R_{я}$  зображується на рис.3 кривою 1 при  $R_3=R_{32}$ . Тому що  $I_3$  малий, то практично  $U_{я}=E_{я}$ . Але в ГПС паралельного збудження  $U_{я}=U_3$ . Тому різниця ординат кривої 1 та прямої 2 складає  $L_3 \frac{dI_3}{dt}$  і характеризує швидкість і напрямок зміни  $I_3$ . Якщо пряма 2 проходить нижче кривої 1, то  $L_3 \frac{dI_3}{dt} > 0$ ,  $I_3$  зростає і ГПС самозбуджується до напруги, що відповідає точці перетину кривої 1 та прямої 2, у якій  $L_3 \frac{dI_3}{dt} = 0$  і зростання  $I_3$  припиняється (точка  $A_2$  при  $I_{32}$  і  $U_2$ ). Зі збільшенням  $R_3$  до  $R_{33}$ ,  $R_{34}$ ,  $R_{35}$  пряма 2 буде займати положення 3, 4, 5. Точкам перетину прямих 3, 4, 5 кривої 1 ( $A_3$ ,  $A_4$ ,  $A_5$ ) відповідають струми збудження  $I_{33}$ ,  $I_{34}$ ,  $I_{35}$  і напруги  $U_3$ ,  $U_4$ ,  $U_5$ .

#### 8.3.3.11 Ознайомитися з умовами самозбудження ГПС.

ГПС паралельного збудження називають ще генератором із самозбудженням. Його самозбудження відбувається при дотриманні наступних умов:

- 1) наявність залишкового магнітного потоку полюсів;
- 2) потік, що створюється струмом обмотки збудження, повинен збігатися за напрямком із залишковим магнітним потоком полюсів;
- 3) опір ланцюга обмотки збудження  $R_3$  при даній частоті обертання  $n$  повинен бути нижче певного критичного значення  $R_{3КР}$ , або частота обертання  $n$  при даному  $R_3$  повинна бути вище певного критичного  $n_{КР}$ . У даній роботі  $n = \text{const}$  тому в третій умові будемо виконувати першу її частину, тобто  $R_3 < R_{3КР}$  при  $n = \text{const}$ , де  $R_3 = R_{ОЗ} + R_{РОЗ}$ ;  $R_{РОЗ}$  – опір ОЗ;  $R_{РОЗ}$  - опір регулювального реостата у ланцюзі ОЗ.

8.3.3.12 Виконати умови самозбудження і переконатися, що при їх дотриманні ГПС самозбуджується, а при недотриманні - не самозбуджується. Для цього необхідно:



$M_U=20\text{В/см}; M_I=25\text{мА/см}$

Рис.3

8.3.3.13 Перевірити, щоб  $S_8$  був розімкнутий (униз). У цьому разі  $R_3=\infty$ . Ключем  $S_7$  здійснити пуск АД.  $S_5$  у положенні "1" (вгору) - співпадаючий напрямок потоку ОЗ і залишкового магнітного потоку. Переконатися за  $m_{A_5}$ , і  $U_2$ , що при  $I_3=0$  є  $U_{3АЛ}=OA_1$  (точка А на рис.3), що відповідає наявності залишкового магнетизму полюсів ГПС.

Записати показання приладів до табл.2.

Вимкнути АД.

Таблиця 2

№ п/п	$R_3$	$I_3$	$U$	$I_{я}$	$n$	Примітки
		mA	B	A	об/хв	
Потік збудження співпадає за напрямком із залишковим магнітним потоком полюсів ГПС ( $S_5$ вгору)						
1	$R_{35} = \infty$					
2	$R_{35} = R_{O3} + R_{PO3}$					
3	$R_{34} = R_{O3} + 1/2 R_{PO3}$					
4	$R_{33} = R_{O3} + 1/9 R_{PO3}$					
5	$R_{32} = R_{O3} + 1/10 R_{PO3}$					
Потік збудження направлений зустрічно залишковому магнітному потоку полюсів ГПС ( $S_5$ вниз)						
6	$R_3 = \infty$					
7	$R_{35} = R_{O3} + R_{PO3}$					
8	$R_{34} = R_{O3} + 1/2 R_{PO3}$					
9	$R_{33} = R_{O3} + 1/9 R_{PO3}$					
10	$R_{32} = R_{O3} + 1/10 R_{PO3}$					

8.3.3.14 Установити опір ланцюга ОЗ  $R_{B5} = R_{O3} + R_{PO3}$  (повзунок  $R_{PO3}$  - у крайньому правому положенні). Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ . Цьому випадку відповідає характеристика 5 ланцюга збудження (точка  $A_5$ ,  $I_{35}$  і  $U_5$ ). Записати показання приладів. Вимкнути АД ключем  $S_7$ .

8.3.3.15 Установити опір ланцюга ОЗ (повзунок  $R_{POB}$  посередині). Увімкнути АД. Характеристика 4 ланцюга збудження є дотичною до ХХХ1 (точка  $A_4$ ,  $I_{34}$ ,  $U_4$ ). Записати показання приладів і вимкнути АД.

8.3.3.16 Установити повзунок  $R_{POB}$  у положення, при якому  $R_{33} = R_{O3} + 1/9 R_{PO3}$ . Увімкнути АД ключем  $S_7$ . Записати показання приладів (на перетині ХХХ1 з характеристикою 3 точка  $A_3$ ,  $I_{33}$ ,  $U_3$  на рис.3). Вимкнути АД.

8.3.3.17 Установивши повзунок  $R_{POB}$  майже в крайнє ліве положення, при

якому  $R_{32}=R_{03}+1/10R_{p03}$ . Увімкнути АД. На перетині характеристики 2 з ХХХ1 точка  $A_2$  при  $I_{32}$  і  $U_2$ . Записати показання приладів. Вимкнути АД.

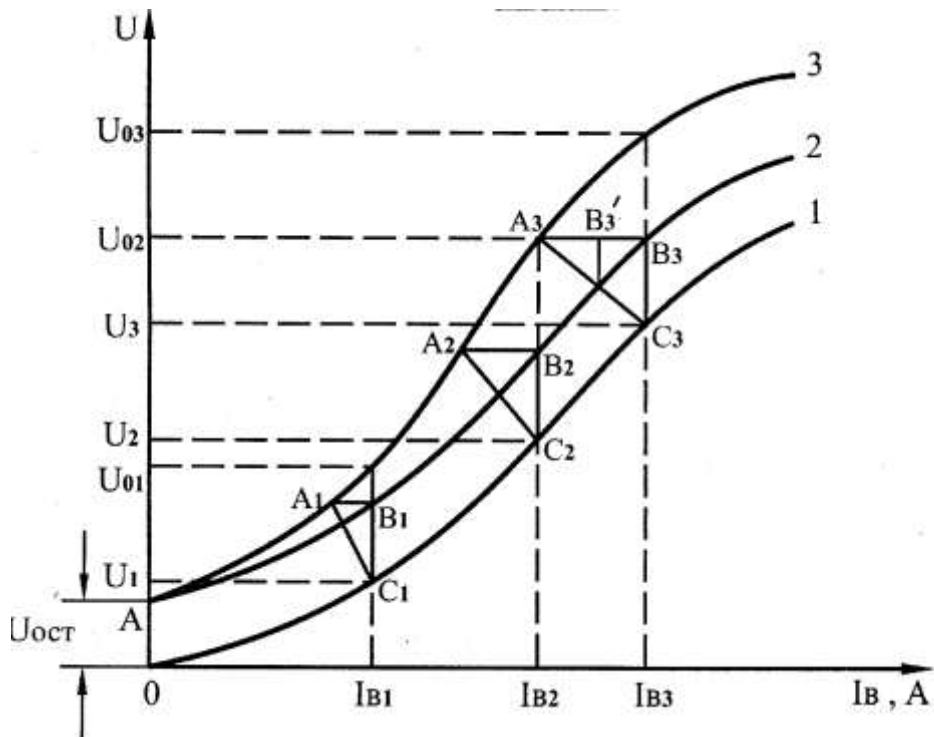
8.3.3.18 Змінити напрямок струму в ОЗ, переключивши  $S_5$  у положення "2" (вниз) - зустрічний напрямок потоку збудження і залишкового потоку. Повторити п.п. 8.3.3.13-8.3.3.17, записуючи щоразу показання приладів у табл.2. Зупинити АД.  $S_5$  у положення "1". Вимкнути  $S_8$ .

8.3.3.19 У графі "Примітки" напроти кожного досліду записати відповідний висновок про ГПС: "збуджується" чи "не збуджується".

8.3.4 Зняти навантажувальну характеристику ГПС:

$$U=f(I_3) \text{ при } I_A=const \text{ і } n=const.$$

Її приблизний вигляд наведено на рис.4 (крива 1).



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_U=20\text{В/см}; M_I=25\text{мА/см}$$

Рис.4



Для зняття навантажувальної характеристики необхідно:

8.3.4.1 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

8.3.4.2 Перевірити установку  $R_{HP}$  на максимальне значення (повзунок у крайньому правому положенні).

8.3.4.3 Увімкнути ключем  $S_3$  навантаження  $R_{H3}$ ; подати живлення на ОЗ ключем  $S_8$  і, збільшуючи  $I_3$  зменшенням  $R_{PO3}$ , установити за  $V_2$   $U=220V$ , якому відповідає  $I_{Я}=2,1A \approx 0,5I_{ЯH}$ . Записати показання приладів до табл.3.

8.3.4.4 По черзі за допомогою  $S_1$ ,  $S_2$  і  $S_4$  вводити  $R_{H1}$ ,  $R_{H2}$ ,  $R_{HP}$ , відновлюючи щоразу із зменшенням  $I_3$  шляхом збільшення  $R_{PO3}$  сталість  $I_{Я}=2,1A$ . Записати показання приладів до табл.8.3.

Таблиця 3

№ п/п	$mA_5$	$A_6$	$V_2$	$n$	Примітки
	$I_3, mA$	$I_{Я}, A$	$U, B$	об/хв	
1					
2					
3					
4					
5					
6					

8.3.4.5 Подальше збільшення навантаження здійснювати реостатом  $R_{HP}$ . (Зняти три точки, що відповідають  $\frac{1}{2}R_{HP}$ ,  $\frac{1}{4}R_{HP}$  і  $R_{HP}=0$ ). При цьому для кожного виміру зміною опору реостата  $R_{PO3}$  підтримувати  $I_{Я}=2,1A=const$ . Зняття навантажувальної характеристики закінчено.

8.3.4.6 Установити  $R_{HP}$  на максимальне значення; вимкнути  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_8$ ; зупинити АД ключем  $S_7$ .

8.3.5 Зняти зовнішню характеристику ГПС:

$U=f(I_{Я})$  при  $R_B=const$  і  $n=const$ , приблизний вигляд якої наведено на рис.5 (крива 1).

Характерною рисою зовнішньої характеристики ГПС паралельного збудження є те, що при деякому  $I_{Яmax}$  вона робить петлю і приходиться у точку  $I_{Яст}$  при  $U=0$ .

Для зняття зовнішньої характеристики необхідно:

8.3.5.1 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

8.3.5.2 Увімкнути ключем  $S_8$  ланцюг ОЗ і реостатом  $R_{PO3}$  за  $A_6$  установити такий  $I_3$ , якому відповідає за  $V_2$   $U=250V$ . Записати показання приладів у табл.4.

8.3.5.3 По черзі ключами  $S_1, S_2, S_3, S_4$  вводити навантаження  $R_{H1}, R_{H2}, R_{H3}, R_{HP}$ , записуючи щоразу показання приладів у табл.4.

8.3.5.4 Установити повзунок  $R_{HP}$ , що відповідає  $\frac{1}{2}R_{HP}, \frac{1}{4}R_{HP}, R_{HP}=0$  і записати покази приладів.

Характеристику знято.

8.3.5.5 Вимкнути ключі  $S_7, S_8, S_1, S_2, S_3, S_4$ ; повзунки реостатів  $R_{HP}$  і  $R_{PO3}$  поставити в крайнє праве положення.

Таблиця 4

№	$mA_5$	$A_6$	$V_2$	$n$	Примітки
	$I_3, mA$	$I_A, A$	$U, B$	об/хв	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

8.3.6 Зняти регульовальну характеристику ГПС:

$I_3=f(I_A)$  при  $U=const$  і  $n=const$ , приблизний вигляд якої наведено на рис.6.

Для зняття регульовальної характеристики необхідно:

8.3.6.1 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

8.3.6.2 Увімкнути ланцюг ОЗ ключем  $S_8$  і, збільшуючи  $I_3$  зменшенням  $R_{PO3}$ , установити за  $V_2$   $U=190V$ . Записати показання до табл.5.

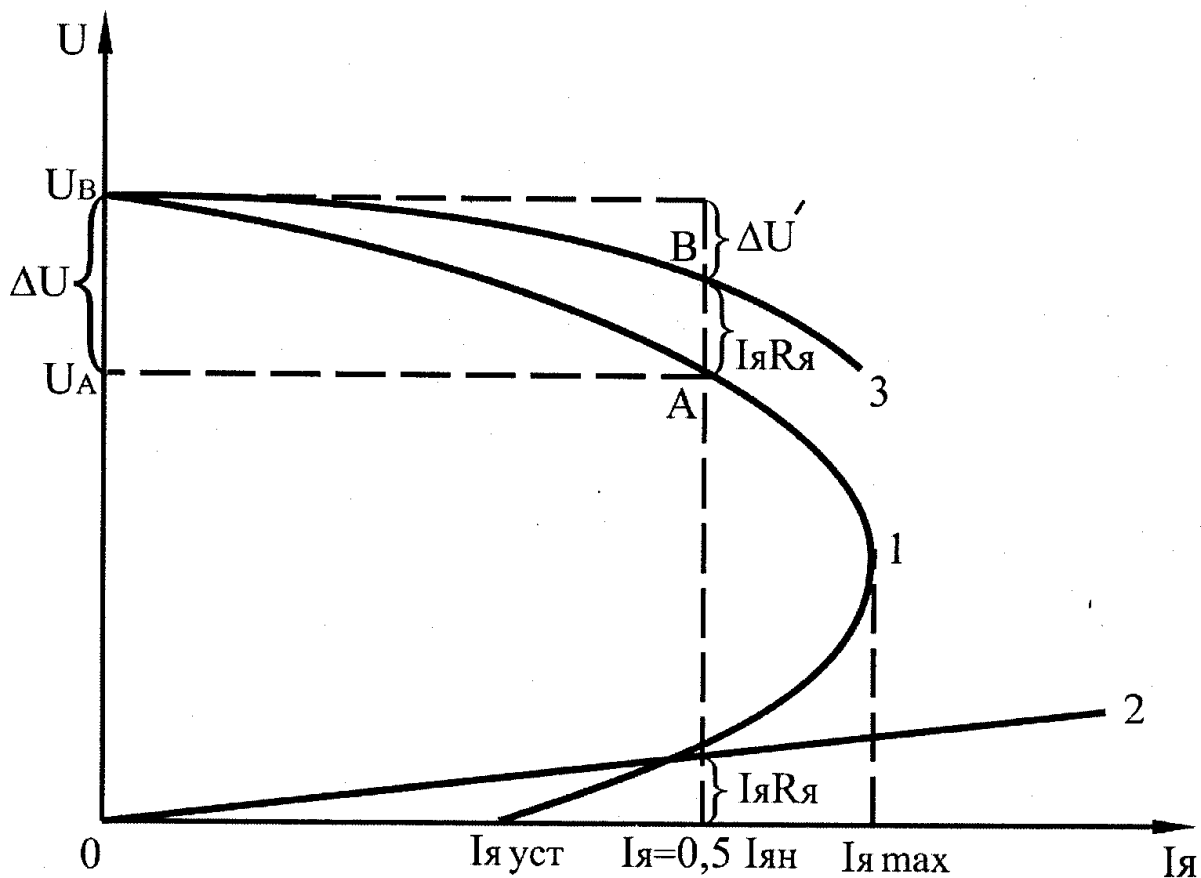
8.3.6.3 Комбінуючи ключами  $S_1, S_2$ , збільшувати струм навантаження (три заміри), при цьому щоразу із збільшенням  $I_3$  в одну сторону (як показано стрілками на рис.6) шляхом зменшення  $R_{PO3}$  підтримувати за  $V_2$   $U=190V$  (на рис.6 гілка1). У графі "Примітки" напроти кожного виміру зазначені ключі, що

повинні бути ввімкнені (інші, зрозуміло, вимкнені).

Щоразу записувати показання приладів.

Таблиця 5

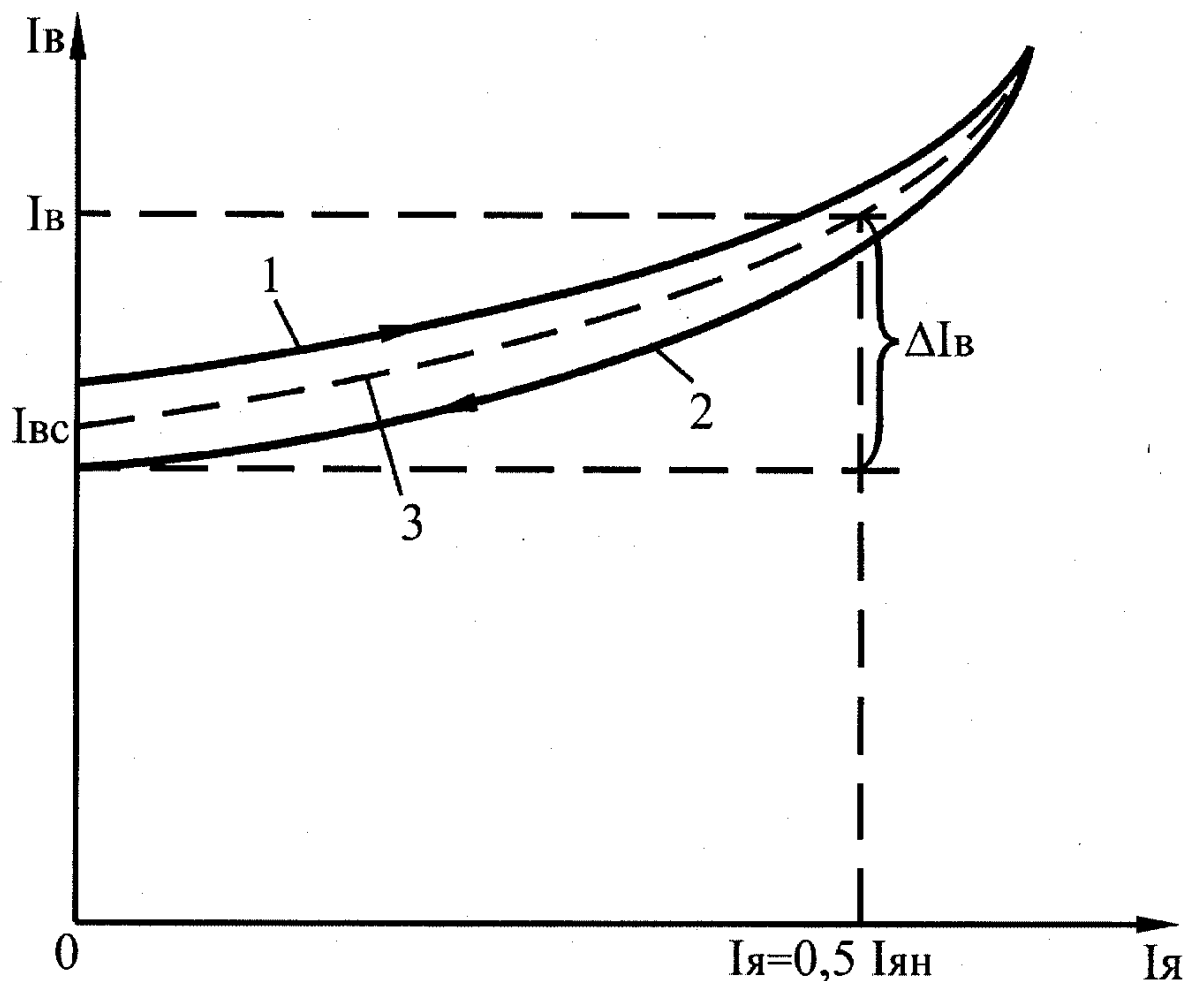
№	$I_3$	$I_я$	$U$	$n$	Примітки
	мА	А	В	об/хв	
1					$S_1$
2					$S_2$
3					$S_1, S_2$
4					$S_2$
5					$S_1$



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_U=20\text{В/см}; M_I=0,5\text{мА/см}$$

Рис.5



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_U=50\text{В/см}; M_I=0,5\text{мА/см}$$

Рис.6

8.3.6.4 Комбінуючи ключами  $S_1, S_2$  (три виміри), зменшувати за  $A_6$  струм навантаження до нуля, при цьому щоразу із зменшенням струму збудження в одну сторону шляхом збільшення  $R_{\text{РОЗ}}$  підтримувати за  $V_2$   $U=190\text{В}=\text{const}$  (на рис.5 гілка 2) і записувати показання приладів.

Характеристику знято.

8.3.6.5 Зменшувати  $I_3$  до нуля, вивести  $R_{\text{РОЗ}}$  вправо і вимкнути  $S_8$ ; зупинити АД ключем  $S_7$ ; кнопкою "Стоп1" зняти живлення зі стенду.

Роботу закінчено.

8.3.6.6 Провівши на рис.6 посередині між 1 і 2 криву 3 (пунктир), одержимо

розрахункову регульовальну характеристику ГПС.

8.3.6.7 Характеристику короткого замикання ГПС із паралельним збудженням  $I_K=f(I_3)$  зняти не можливо, тому що в цьому режимі  $U_{\text{я}}=U_3=0$ , тобто,  $I_3=0$  і не може змінюватися. Її можна зняти тільки для ГПС незалежного збудження (див. лабораторну роботу №7).

## 8.4 Обробка результатів. Звіт

8.4.1 Навести паспортні дані приводного АД і ГПС за формою, зазначеною в заводських табличках

8.4.2 Схема установки згідно із рис.1.

8.4.3 Табл.1-5 з експериментальними даними основних характеристик ГПС паралельного збудження..

8.4.4 Побудувати ХХХ згідно із рис.2, 3.

8.4.5 В одній системі координат побудувати згідно із рис.4 навантажувальну 1, внутрішню навантажувальну 2 і розрахункову ХХХ 3.

Внутрішня характеристика проводиться еквідистантно і вище характеристики I на величину  $I_{\text{я}}R_{\text{я}}$  ( $R_{\text{я}}=100\text{Ом}$ ).

На відміну від ГПС незалежного збудження розрахункова ХХХ ГПС паралельного збудження починається не з нуля, а з  $U_{\text{ЗАЛ}}$  (точка А). Тому що ГПС паралельного збудження збуджується тільки при узгодженому напрямку потоку збудження і залишкового магнітного потоку, то його збудження відбувається тільки в один бік, і, отже, ХХХ, розташовується тільки в одному квадранті.

Навантажувальна характеристика ГПС паралельного збудження на відміну від ГПС незалежного збудження починається з нуля. Тому внутрішня характеристика починається з  $U_{\text{ЗАЛ}}$  (точка А).

Ці три характеристики дозволяють побудувати характеристичні трикутники  $\Delta A_1 B_1 C_1$  і  $\Delta A_2 B_2 C_2$  при ненасиченому ГПС для  $I_{31}=100\text{mA}$  і  $I_{32}=200\text{mA}$ , а також  $\Delta A_3 B_3 C_3$ , при насиченому ГПС для  $I_{33}=280\text{mA}$ . За допомогою цих трикутників можна оцінити вплив спадання напруги в якірному ланцюзі й реакції якоря

ГПС.

Побудова одного з трикутників, наприклад при  $I_{32}$ , здійснюється так, що його вершина  $A_2$  лежить на ХХХЗ, вершина  $B_2$  - на внутрішній навантажувальній характеристиці 2, при цьому  $A_2B_2 \perp \text{осі } U$ ; вершина  $C_2$  - на навантажувальній характеристиці 1, при цьому  $B_2C_2 \perp \text{осі } I_3$ . Катет  $B_2C_2$  відповідає спаду напруги в якірному ланцюзі ГПС  $I_яR_я$ , а катет  $A_2B_2$  у масштабі струму збудження відповідає магніторушійній силі (МРС) поперечної реакції якоря. При насиченій магнітній системі ГПС поперечна реакція якоря мало впливає на роботу ГПС. У ГПС незалежного збудження  $A_1B_1 \approx A_2B_2$ . У ГПС паралельного збудження, як видно з рис.4, навіть у ненасиченій частині зі збільшенням  $I_3$  збільшується поперечна реакція якоря ( $A_2B_2 > A_1B_1$ ). При насиченні ГПС паралельного збудження поводитья подібно до ГПС незалежного збудження, тобто поперечна реакція якоря збільшується (катет  $A_3B_3 > A_2B_2 = A_3B_3'$  на величину  $B_3B_3'$ , що у масштабі струму збудження дорівнює МРС, що розмагнічує, поперечної реакції якоря). Тому напруга на навантаженні при тих самих струмах збудження ( $I_{31}, I_{32}, I_{33}$ ) менша, ніж без навантаження, тобто  $U_1 < U_{01}; U_2 < U_{02}; U_3 < U_{03}$ .

8.4.6 Побудувати згідно із рис.5 зовнішню 1, внутрішню 3, що розташовується еквідистантно і вище характеристики 1 на величину  $I_яR_я$  і характеристику  $I_яR_я = f(I_я)$  (пряма 2). Визначити зміну напруги ГПС при зміні навантаження від  $0,5I_{яH}$  до нуля

$$\Delta U = \frac{U_0 - U}{U} 100\% ; \quad \Delta U = \Delta U' + I_яR_я,$$

де  $\Delta U'$  - спад напруги, зумовлений поперечною реакцією якоря;

$I_яR_я$  - спад напруги в якірному ланцюзі ГПС.

Крім того, у ГПС паралельного збудження напруга падає швидше, ніж у ГПС незалежного збудження. Особливо це позначається після коліна кривої 1. Це пояснюється тим, що падає  $U_3$  на паралельно приєднаній ОЗ, що викликає ще більше зменшення  $U_я$ , що зменшується швидше, ніж опір навантаження.

8.4.7 Побудувати регулюючу характеристику згідно із рис.6 (1 і 2) і

розрахункову регулюючу характеристику 3.

З розрахункової регулювальної характеристики видно, на скільки необхідно збільшити  $I_3$  при зміні струму навантаження від нуля до номінального при  $U=const$ . Це збільшення MPC у масштабі струму збудження іде на компенсацію спаду напруги в якірному ланцюзі й поперечну реакцію якоря ГПС.

Визначити зміну струму збудження при зміні навантаження ГПС від XX до  $I_{я}=0,5I_{ян}$

$$\Delta I_3 = \frac{I_3 - I_{30}}{I_{30}} 100\% .$$

Ця зміна  $\Delta I_3$  при тому самому струмі навантаження більша, ніж у ГПС незалежного збудження, тому що напруга ГПС зменшується не тільки через  $I_{я}R_{я}$  і реакцію якоря, а і за рахунок зменшення  $U_3$  на паралельно приєднаній до якірного ланцюга ГПС ОЗ.

8.4.8. На підставі аналізу основних характеристик ГПС паралельного збудження зробити висновки про його експлуатаційні властивості.

## Контрольні запитання

1. Схема, конструкція і принцип дії ГПС паралельного збудження.
2. Порядок експериментального зняття основних характеристик ГПС.
3. Чому ХХХ ГПС паралельного збудження знаходиться в одному квадранті?
4. Пояснити процес самозбудження ГПС паралельного збудження.
5. Умови самозбудження.
6. Чим відрізняються розрахункові ХХХ ГПС незалежного і паралельного збудження?
7. Як за ХХХ і навантажувальною характеристикою визначається дія реакції якоря, що розмагнічує? Що виражають собою катети характеристичного трикутника? Чому навантажувальна характеристика проходить нижче ХХХ? Про який вид реакції якоря можна судити за ХХХ, навантажувальною і внутрішньою навантажувальною характеристиками? Чим відрізняються вищевказані характеристики ГПС незалежного і паралельного збудження?
8. Чим відрізняються зовнішні характеристики ГПС незалежного і паралельного збудження? Чим зумовлюється зменшення напруги генератора паралельного збудження зі збільшенням навантаження?
9. Як на підставі зовнішньої та внутрішньої характеристик ГПС паралельного збудження можна судити про реакцію якоря? Що таке номінальна зміна напруги ГПС? У якого генератора вона більша (у ГПС незалежного чи паралельного збудження)?
10. Чому зі збільшенням навантаження необхідно збільшувати струм збудження ГПС? Що таке номінальна зміна струму збудження ГПС? За якою характеристикою вона визначається та у якого генератора вона більше (з незалежним чи паралельним збудженням і чому)?
11. Підведення і відведення видів енергій і видів струму в ГПС паралельного збудження.



## Лабораторна робота № 9

### ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЗМІШАНОГО ЗБУДЖЕННЯ (стенд №2)

**Мета роботи** - визначення експлуатаційних властивостей генератора постійного струму (ГПС) змішаного збудження шляхом експериментального зняття його основних характеристик.

#### 9.1 Програма роботи

9.1.1 Вивчити за літературою, що рекомендується, діафільмами, кінофільмами, навчальними плакатами і лабораторними стендами схему, конструкцію, принцип дії ГПС змішаного збудження, його основні характеристики і методику їх зняття.

9.1.2 Зняти експериментальні дані й побудувати в масштабі основні характеристики ГПС змішаного збудження: холостого ходу (XXX), навантажувальну, зовнішню і регулюючу (з узгодженим і зустрічним увімкненням послідовної обмотки збудження).

9.1.3 Проаналізувати отримані основні характеристики і зробити висновки про експлуатаційні властивості ГПС змішаного збудження порівняно з ГПС незалежного і паралельного збудження.

#### 9.2 Опис установки, устаткування і прилади

Електрична схема для дослідження ГПС змішаного збудження наведена на рис.1. Частина схеми, обведена на рисунку пунктиром, зібрана всередині стенда. Лабораторний стенд за схемою рис.1 містить: механічно з'єднані на одному валі приводний асинхронний двигун (АД) і ГПС змішаного збудження, щитові вимірювальні прилади, апаратуру для пуску і зупинки приводного АД. Подача і зняття змінної напруги на стенд здійснюється контактором К шляхом

натискання кнопок "Пуск1" і "Стоп1". Ключем  $S_7$  здійснюється пуск і зупинка АД. Регулювання струму збудження в паралельній (шунтовій) обмотці збудження ОЗШ здійснюється за допомогою регулювального реостата  $R_{PO3}$ . Величина струму ОЗ і напруги в її ланцюзі контролюються міліамперметром  $mA_5$  і вольтметром  $V_1$ . Послідовна (серійна) обмотка збудження ОЗС входять до ланцюга навантаження. Струм навантаження, що протікає по цій обмотці, й напруга навантаження контролюється амперметром  $A_6$  і вольтметром  $V_2$ . Частота обертання ГПС через велику жорсткість механічної характеристики приводного АД з короткозамкненим ротором практично постійна при будь-яких режимах роботи ГПС і фіксується тахометром ТАХ. Струм АД у фазі А контролюється амперметром  $A_9$ . Увімкнення ГПС на дискретно ( $R_{H1}$ ,  $R_{H2}$ ,  $R_{H3}$ ) і плавно ( $R_{HP}$ ) регульоване навантаження здійснюється відповідно комбінацією вмикання і вимикання ключів  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ . Вмикання і вимикання ланцюга паралельної обмотки збудження ОВШ здійснюється ключем  $S_8$ . Зміна напрямку струму збудження ланцюга досягається перемиканням  $S_5$  з положення "1" у положення "2".

### 9.3 Порядок проведення роботи

9.3.1 З метою одержання більш повного уявлення про експлуатаційні властивості ГПС змішаного збудження у даній роботі будемо проводити порівняльний аналіз основних характеристик ГПС змішаного збудження і ГПС незалежного і паралельного збудження. Аналіз легко виконати, тому що дослідження ГПС незалежного і паралельного збудження проводилося в лабораторних роботах №7, №8 на стенді ГПС змішаного збудження.

9.3.2 Записати паспортні дані АД і ГПС за формою, зазначеною на їх заводських табличках

9.3.3 Зібрати схему згідно із рис.1. Вихідне положення апаратури:  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_7$ ,  $S_8$  - вимкнені (вниз),  $S_5$ - у положенні "1" (вгору); реостати  $R_{HP}$  і  $R_{O3}$  установити на максимальні опори (повзунки реостатів - у крайньому правому положенні).

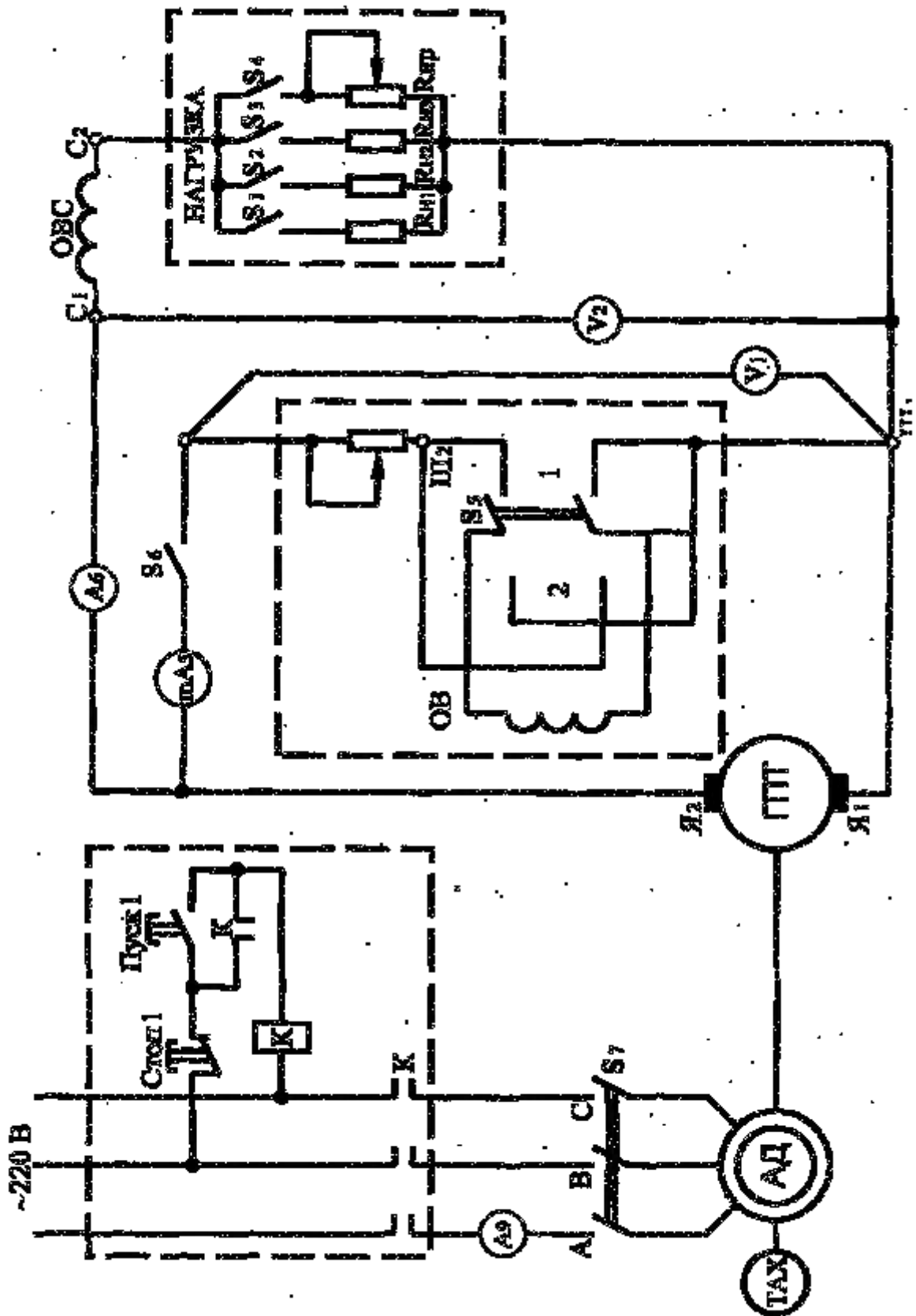


Рис.1

9.3.4 Зняти характеристику холостого ходу (ХХХ) ГПС змішаного збудження:  $U_0=f(I_3)$  при  $I_{Я}=0$  і  $n=const$ .

ГПС змішаного збудження самозбуджується так само, як і ГПС паралельного збудження, та їх ХХХ аналогічні. Тому необхідно, де це потрібно, скористатися характеристиками і таблицями пп.3.3-3.3.19 лабораторної роботи №8.

9.3.5 Зняти навантажувальну характеристику ГПС змішаного збудження  $U=f(I_3)$  при  $I_{Я}=const$  і  $n=const$ , приблизний вигляд якої наведено на рис.2 (крива1). Ця крива відповідає узгодженому ввімкненню послідовної обмотки збудження ОЗС і паралельної ОЗШ (як показано на рис.1).

При зустрічному ввімкненні ОЗС навантажувальна характеристика не знімається, тому що ГПС не збуджується через дію ОЗС, що розмагнічує.

На рис.2 показані також навантажувальна 1, внутрішня навантажувальна 2 і розрахункова ХХХ3 ГПС паралельного збудження, зняті в лабораторній роботі №8 і необхідні для аналізу характеристик ГПС змішаного збудження.

Для зняття навантажувальної характеристики необхідно:

9.3.5.1 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

9.3.5.2 Перевірити установку  $R_{НР}$  на максимальне значення (повзунок  $R_{НР}$  – у крайньому правому положенні).

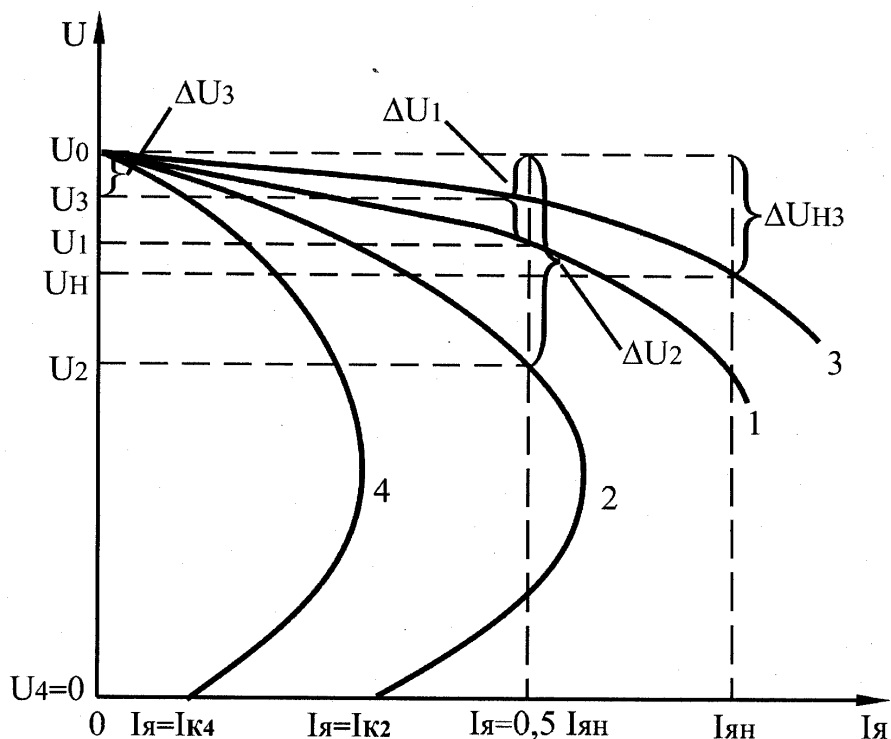
9.3.5.3 Увімкнути ключем  $S_3$  навантаження  $R_{НЗ}$ ; подати живлення на ОВШ ключем  $S_8$  і, збільшуючи  $I_3$  зменшенням  $R_{РОЗ}$ , установити за  $V_2$   $U=220В$ , якому відповідає  $I_{Я}=2,1А \approx 0,5I_{ЯН}$ . Записати показання приладів до табл.1.

Таблиця 1

№	$I_3$	$I_{Я}$	$U$	$n$	Примітки
	мА	А	В	об/хв	
1					
2					
3					



паралельного збудження 2, що запозичені відповідно з лабораторних робіт №7, 8.



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_U=20\text{В/см}; M_I=0,25\text{А/см}$$

Рис.3

Для зняття зовнішньої характеристики 3, ГПС змішаного збудження необхідно:

9.3.6.1 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

9.3.6.2 Увімкнути ключем  $S_8$  ланцюг ОЗШ і реостатом  $R_{РОЗ}$  установити за  $A_6$  такий  $I_6$ , якому відповідає за  $V_2$   $U=250\text{В}$ .

Записати показання приладів до табл.2.

9.3.6.3 По черзі ключами  $S_1, S_2, S_3$  вводити навантаження  $R_{Н1}, R_{Н2}, R_{Н3}$ , записуючи щоразу показання приладів.

Характеристику 3 знято.

Вимкнути  $S_7, S_8, S_1, S_2, S_3$ , повзунок  $R_{РОЗ}$  - у крайнє праве положення.

Для зняття зовнішньої характеристики 4, ГПС змішаного збудження необхідно:

9.3.6.4 Приєднати зустрічно послідовну обмотку збудження ОЗС, для чого

поміняти місцями провідники на її затискачах  $C_1$  і  $C_2$  (див. рис.1).

9.3.6.5 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

9.3.6.6 Увімкнути  $S_8$  і реостатом  $R_{PO3}$  установити за  $A_6$  струм  $I_3$ , якому за  $V_2$  відповідає  $U=250В$ .

Записати показання приладів у табл.2.

9.3.6.7 Далі, комбінуючи ключами  $S_1, S_2, S_3, S_4$  і повзунком реостата  $R_{HP}$ , збільшувати навантаження, записуючи показання приладів у табл.2.

У графі "Примітки" напроти кожного виміру зазначені ключі, що повинні бути ввімкнені (а інші, зрозуміло, вимкнені).

Характеристику знято.

9.3.6.8 Вимкнути  $S_7, S_8, S_1, S_2, S_3, S_4$ ; повзунки  $R_{PO3}$  і  $R_{HP}$  у крайнє праве положення, відновити узгоджене ввімкнення ОЗС, помінявши місцями провідники на її затискачах  $C_1$  і  $C_2$ .

Табл.2.

№	$I_3$	$I_я$	$U$	$n$	Примітки
	мА	А	В	об/хв	
Узгоджене ввімкнення ОЗС (характеристика 3)					
1					
2					
3					
4					
Зустрічне ввімкнення ОЗС (характеристика 4)					
1					$S_1$
2					$S_3$
3					$S_1, S_3$
4					$S_1, S_3, S_2$
5					$S_1, S_3, S_2, S_H$
6					$S_1, S_3, S_2, S_4, R_{HP}=0$

9.3.7 Зняття регулювальної характеристики ГПС змішаного збудження:

$I_3=f(I_я)$  при  $U=const$  і  $n=const$ , приблизний вигляд якої показано на рис.4.

Криві 1, 2 і 3 (пунктир) відповідають її висхідній, спадній і розрахунковій гілкам при узгодженому ввімкненні ОЗС. Криві 1', 2' і 4 (пунктир) відповідають її висхідній, спадній і розрахунковій гілкам при зустрічному ввімкненні ОЗС.

Для зняття регулювальної характеристики при узгодженому ввімкненні ОЗС необхідно:

9.3.7.1 Здійснити пуск АД ключем  $S_7$ .

9.3.7.2 Увімкнути ланцюг ОШ ключем  $S_8$  і, збільшуючи  $I_3$  зменшенням  $R_{PO3}$  установити за  $V_2$   $U=190V$ . Записати показання приладів до табл.3.

9.3.7.3 По черзі ввімкненням  $S_1, S_2, S_3$  збільшувати струм навантаження і щоразу, змінюючи за допомогою  $R_{PO3}$   $I_3$  в одну сторону (як показано на рис.4 стрілками), підтримувати за  $V_2$   $U=190V=const$  і записувати показання приладів (криву 1 знято).

Таблиця 3

№ п/п	$I_3$	$I_я$	$U_1$	$n_1$	Примітки
	мА	А	В	об/хв	
Узгоджене ввімкнення ОЗС					
1					
2					
3					
Зустрічне ввімкнення ОЗС					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					



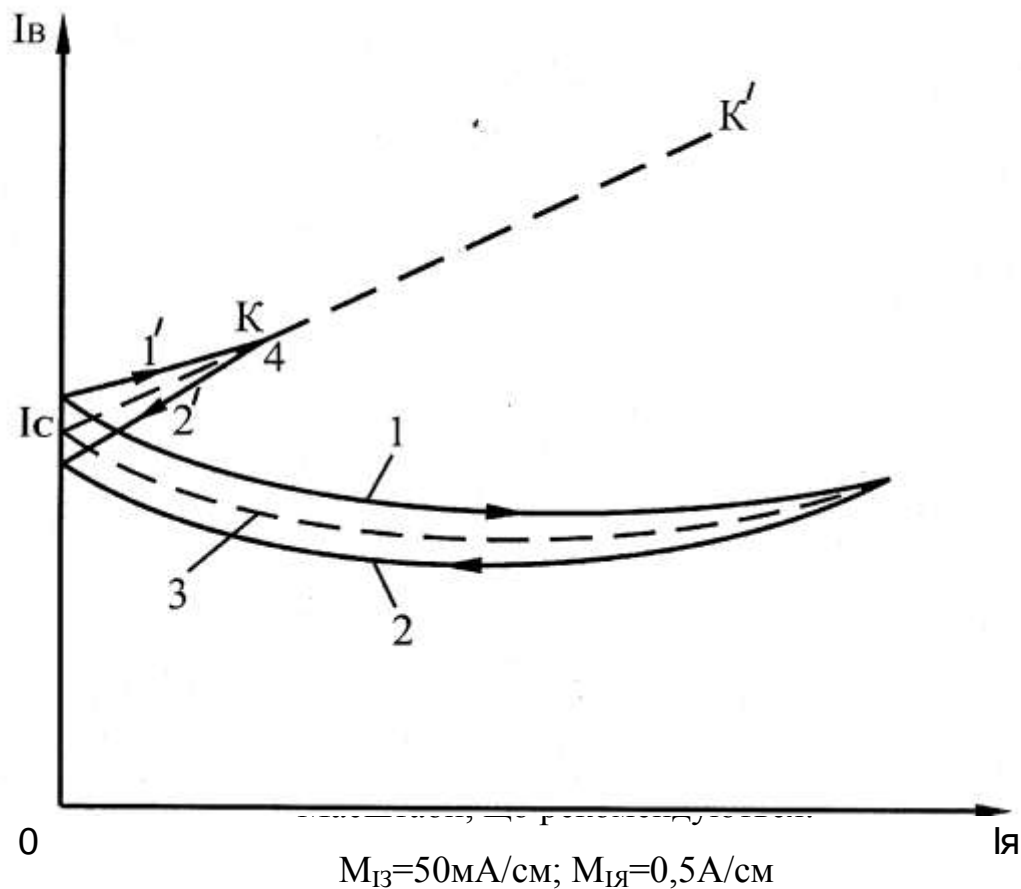


Рис.4

9.3.7.4 По черзі вимиканням  $S_3$ ,  $S_2$ ,  $S_1$  зменшувати струм навантаження і щоразу, змінюючи за допомогою  $R_{PO3}$   $I_3$  в одну сторону підтримувати за  $V_2$   $U=190V=const$  записувати показання приладів (криву 2 знято).

9.3.7.5 Вимкнути  $S_7$ ,  $S_8$ ;  $R_{PO3}$  - у крайнє праве положення.

Для зняття регулювальної характеристики ГПС при зустрічному ввімкненні ОЗС необхідно:

9.3.7.6 Поміняти місцями провідники  $C_1$  і  $C_2$  на затискачах ОЗС (див. рис.1).

9.3.7.7 Здійснити Пуск АД ключем  $S_7$ .

9.3.7.8 Увімкнути ланцюг ОЗШ ключем  $S_8$  і, збільшуючи  $I_3$  зі зменшенням  $R_{PO3}$  установити за  $V_2$   $U=190V$ . Записати показання приладів у табл.3.

9.3.7.9 Збільшити навантаження ввімкненням  $S_1$  і, збільшуючи  $I_3$  в одну сторону (як показано стрілками на рис.4) за допомогою зменшення  $R_{PO3}$ , відновити  $U=190V=const$ . Записати показання приладів (крива 1).

9.3.7.10 Вимкнувши  $S_1$  зменшити  $I_3$  реостатом  $R_{PO3}$  відновивши тим самим

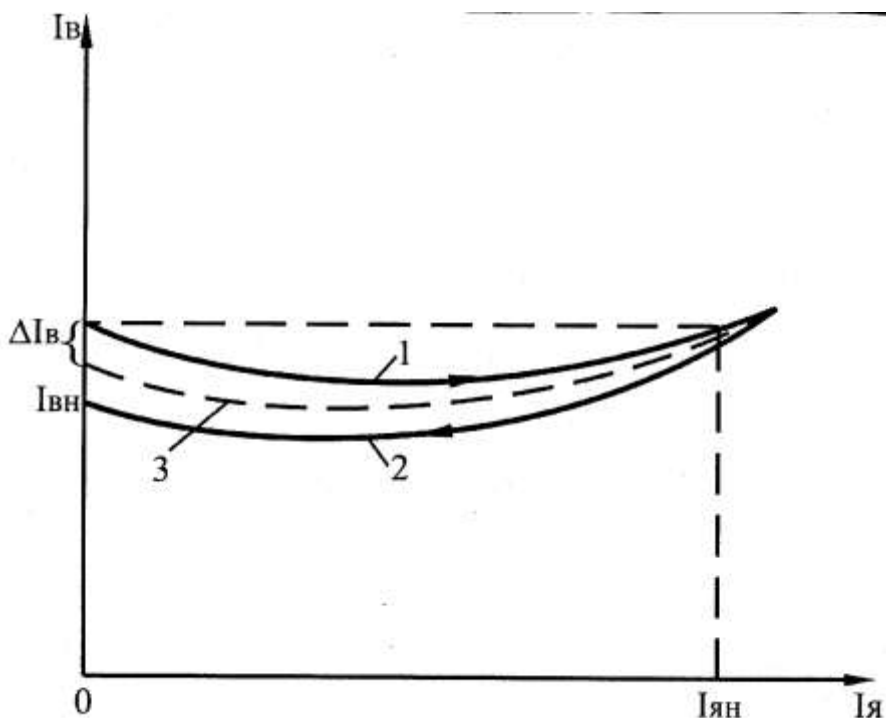
$U=190V=const$  (крива 2). Записати показання приладів. Подальше зняття регулювальної характеристики при зустрічному ввімкненні ОЗС неможливе через дію ОЗС, що розмагнічує при збільшенні навантаження, що призводить до різкого спадання напруги.

9.3.7.11 Вимкнути  $S_7$  і  $S_8$ ,  $R_{PO3}$  у крайнє праве положення; відновити узгоджене ввімкнення ОЗС.

9.3.7.12 Провести пунктиром розрахункові регулювальні характеристики на рис.4 при узгодженому (крива 3) і зустрічному (крива 4) ввімкненні ОЗС. Криву 4 можна продовжити за її напрямку (пунктир КК).

9.3.7.13 Зняти регулювальну характеристику ГПС:

$I_3=f(I_Я)$  при  $U_H=220V=const$  і  $n=const$  при узгодженому ввімкненні ОЗС, приблизний вигляд якої наведений на рис.5 (1-висхідна; 2-спадна; 3-розрахункова).



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_{I_3}=50\text{mA/cm}; M_{I_Я}=0,5\text{A/cm}$$

Рис.5

Ця характеристика необхідна для визначення номінальної зміни струму збудження при зміні навантаження від номінального до нуля:

$$\Delta I_{3H} = \frac{I_{3H} - I_{30H}}{I_{30H}} 100\% .$$

Її зняття відбувається подібно до попередньої регулювальної характеристики з тією лише різницею, що необхідно підтримувати постійною номінальну напругу генератора  $U_H=220V=const$ . Тому треба виконати пункти 9.3.7.1 - 9.3.7.2 і записати показання приладів до табл.4.

Таблиця 4

№ п/п	$I_3$	$I_{я}$	U	$n_1$	Примітки
	мА	А	В	об/хв	
1					
2					
3					
4					
5					
6					

9.3.7.14 З метою повного аналізу властивостей ГПС змішаного збудження на рис.6 в одній системі координат показаний приблизний вигляд розрахункових регулювальних характеристик.

1 - ГПС незалежного збудження (з роботи №7);

2 - ГПС паралельного збудження (з роботи №8);

3, 4 - ГПС змішаного збудження відповідно до узгодженого і зустрічного увімкненням ГПС (з рис.4).

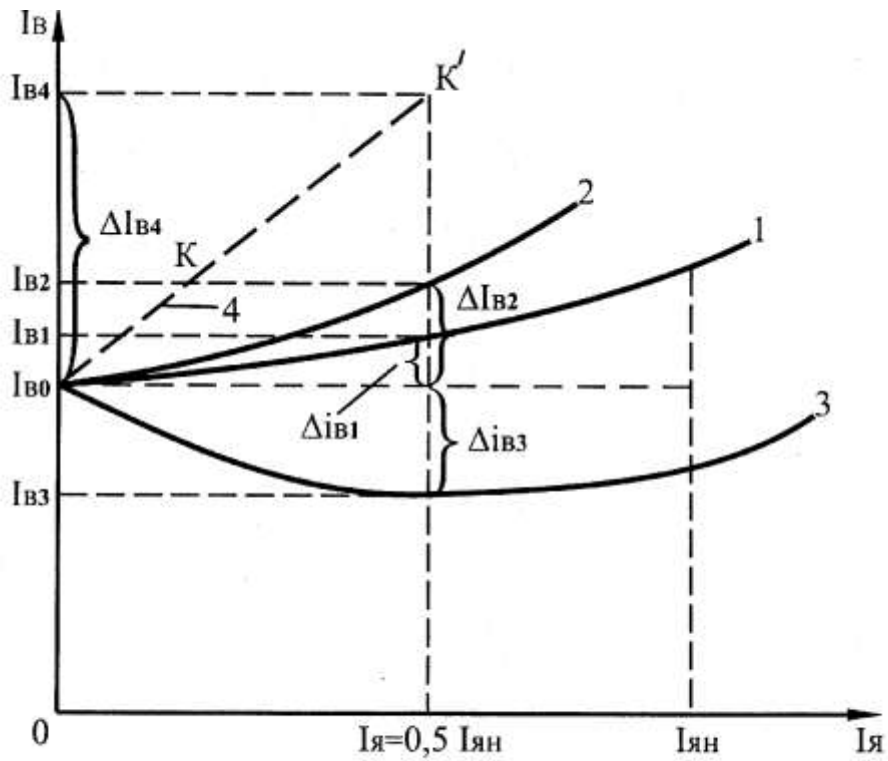
9.3.7.15 Наприклад, для значення струму навантаження  $I_{я}=0,5I_{яH}$  видно зміну струму збудження для різних ГПС.

Для ГПС змішаного збудження з узгодженим увімкненням ОЗС необхідно навіть зменшення струму збудження (негативне  $\Delta I_{33}$ ):

$$-\Delta I_{33}=I_{33}-I_{30}.$$

Для ГПС незалежного збудження потрібно збільшення струму збудження:

$$\Delta I_{31}=I_{31}-I_{30}.$$



Масштаби, що рекомендуються:

$$M_{I_3}=50\text{mA/cm}; M_{I_A}=0,5\text{A/cm}$$

Рис.6

На рис.6 прийняті позначення:

Для ГПС паралельного збудження:

$$\Delta I_{32}=I_{32}-I_{30}$$

більше, ніж у  $\Delta I_{31}$ .

І найбільше збільшення струму збудження в ГПС змішаного збудження з зустрічним увімкненням ОЗС:

$$\Delta I_{34}=I_{34}-I_{30}.$$

Чим менше  $\Delta I_3$ , тим краще регулювальні властивості ГПС, тобто для підтримки  $U=\text{const}$  необхідно менше  $\Delta I_3$  за  $\Delta I_3$  можна скласти ряд, який характеризує ГПС з убутними регулювальними властивостями:

$$-\Delta I_{33}<\Delta I_{31}<\Delta I_{32}<\Delta I_{34}.$$

9.3.7.16 Характеристику короткого замикання ГПС змішаного збудження:  $I_K=f(I_3)$  зняти не можливо з цієї самої причини, що й у ГПС паралельного збудження (див.п.6.3.6.7 роботи №8). Її можна зняти тільки якщо в ГПС ОШ

живиться від незалежного джерела збудження (див. роботу №7) і при зустрічному ввімкненні ОЗС.

#### 9.4 Обробка результатів. Звіт

9.4.1 Навести паспортні дані приводного АД і ГПС за формою, зазначеною в їх заводських табличках

9.4.2 Схема установки згідно із рис.1.

9.4.3 Табл.1-4 з експериментальними даними основних характеристик ГПС змішаного збудження.

9.4.4 В одній системі координат побудувати згідно із рис.2 навантажувальну характеристику ГПС змішаного збудження (1) при узгодженому ввімкненні ОЗС; навантажувальну (1), внутрішню навантажувальну (2) і розрахункову ХХХ (3) ГПС паралельного збудження і характеристичні трикутники  $\Delta A_2 B_3 C_3$  і  $\Delta A_2 B_1 C_1$ .  $\Delta A_2 B_3 C_3$  відповідає  $\Delta A_3 B_3 C_3$ . (див. рис.4 у роботі №8).

Побудову характеристичного  $\Delta A_2 B_1 C_1$  видно з рис.2, якщо врахувати, що  $B_3 C_3 = B_1 C_1$ , тому що  $I_{я}$  для 1 і 1' однакові - 2,1А (у цьому випадку використані величини струмів  $I_1, I_2, I_3$  з п.8.7.5 роботи №8). Катет АВ у масштабі струму збудження виражає МРС, що намагнічує поперечні реакції якоря за рахунок узгодженого ввімкнення ОЗС. Тому на відміну від ГПС паралельного збудження в ГПС змішаного збудження напруги на навантаженні при тих самих струмах збудження ( $I_{31}, I_{32}, I_{33}$ ) більше, ніж без навантаження. З урахуванням дії реакції якоря, що намагнічує ГПС змішаного збудження з узгодженим увімкненням ОЗС і дії якоря, що розмагнічує, ГПС паралельного збудження записати для струмів  $I_{31}, I_{32}, I_{33}$  у цифровому виразі спадаючі ряди напруг

$$U_1' > U_{10}' > U_1; \quad U_2' > U_{20}' > U_2; \quad U_3' > U_{30}' > U_3.$$

9.4.5 Побудувати згідно із рис.3 зовнішні характеристики ГПС: 1 і 2 - незалежне і паралельне збудження; 3 і 4 – змішані збудження при узгодженому і зустрічному ввімкненні ОЗС. Визначити процентну номінальну зміну напруги

$$\Delta U_{H3}\%$$

змішаного збудження при зміні навантаження від  $I_{ян}$  до нуля.

Визначити процентні зміни напруг ( $\Delta U\%$ ) ГПС різних збуджень при зміні навантаження від  $I_{н}0,5$  до нуля за формулою

$$\Delta U = \frac{U_0 - U}{U_0} 100\%, \text{ тобто } \Delta U_1 = \Delta U_2 \quad \Delta U_3 \quad \Delta U_4.$$

Написати цифровий ряд процентних падінь напруг і виявити за ним ГПС найбільш придатний для підтримки стабільної напруги при зміні струму навантаження.

9.4.6 Згідно із рис.4 побудувати регульовальні характеристики ГПС: висхідну, спадну і розрахункову при узгодженому (1, 2 і 3) і зустрічному (1', 2', 4) ввімкненні ОЗС.

9.4.7 Згідно із рис.5 побудувати регульовальні характеристики ГПС: висхідну, спадну і розрахункову (1, 2 і 3) при узгодженому ввімкненні ОЗС при  $U_n = 220\text{В} = \text{const}$  і  $n = \text{const}$ .

Визначити за розрахунковою регулюючою характеристикою процентну номінальну зміну струму збудження при зміні навантаження від номінального до нуля, тобто  $I_{зн}\%$ .

9.4.8 Згідно із рис.6 побудувати в одній системі координат розрахункові регульовальні характеристики ГПС: 1 і 2 - незалежного і паралельного збудження, 3 і 4 - змішаного збудження при узгодженому і зустрічному ввімкненні ОЗС.

Визначити за ними процентну зміну струму збудження при зміні навантаження від  $0,5I_n$  до нуля, тобто  $\Delta I_{31}, \Delta I_{32}, \Delta I_{33}, \Delta I_{34}$ . Скласти ряд  $\Delta I_3$  у процентному вираженні та виявити за ним ГПС із кращими регулюючими властивостями.

## Контрольні запитання

1. Схема, конструкція і принцип дії ГПС змішаного збудження.
2. Порядок експериментального зняття основних характеристик.
3. Чому при знятті ХХХ умови самозбудження ГПС паралельного і змішаного збудження однакові?
4. У чому відмінність навантажувальних характеристик ГПС змішаного і паралельного збудження?
5. Чому навантажувальна характеристика ГПС змішаного збудження розташовується вище ХХХ, а потім при насиченні ГПС зливається з нею і навіть має тенденцію до розташування нижче ХХХ?
6. Порядок побудови характеристичного трикутника ГПС змішаного збудження з узгодженим увімкненням ОЗС за його навантажувальною характеристикою, ХХХ і навантажувальною і внутрішньою характеристиками ГПС паралельного збудження?
7. Що виражають катети характеристичного трикутника?
8. Чому напруги ГПС змішаного і паралельного збудження при одному і тому самому навантаженні й тому самому струмі збудження різні?
9. Чим пояснити розходження в зовнішніх характеристиках ГПС змішаного, паралельного і незалежного збудження?
10. Чому відрізняються зовнішні характеристики ГПС при узгодженому і зустрічному увімкненні ОЗС (фізичний зміст)?
11. Чому при короткому замиканні в ГПС змішаного збудження з зустрічним увімкненням ОЗС струм менше, ніж у ГПС паралельного збудження, тобто  $I_{K4} < I_{K2}$  (див. рис.3)?
12. Чому для ГПС незалежного і змішаного збудження з узгодженим увімкненням ОЗС струм КЗ небезпечний, а для ГПС паралельного збудження і ГПС змішаного збудження з зустрічним увімкненням ОЗС - безпечний?
13. У ГПС із яким збудженням найбільший і найменший струм КЗ? Скласти

(виходячи з рис.3) спадаючий ряд струмів КЗ

14. Чому в ГПС змішаного збудження з узгодженим увімкненням ОЗС зі збільшенням навантаження  $I_3$  спочатку зменшується, а потім має тенденцію до збільшення?

15. Чому регулювальні характеристики ГПС незалежного і паралельного збудження розташовуються вище регулювальної характеристики ГПС змішаного збудження з узгодженим увімкненням ОЗС?

16. Чому ГПС змішаного збудження із зустрічним увімкненням ОЗС не використовується для регулювання напруги?

17. Скласти спадаючий ряд процентної зміни струму збудження ГПС різних збуджень.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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. 1.

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни “Електричні машини”, розділ “Генератори 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