

**Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
"Дніпровська політехніка"**



**Кафедра електротехніки**



**МАТЕРІАЛИ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
з дисципліни «Спеціальні питання електричних машин»**

**для студентів спеціальності  
141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

**Дніпро  
2021**



**Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
"Дніпровська політехніка"**



**Кафедра електротехніки**



**МАТЕРІАЛИ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
з дисципліни «Спеціальні питання електричних машин»**

**для студентів спеціальності  
141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

**Дніпро  
2021**

Рекомендовано до видання навчально-методичним відділом (протокол № від за поданням науково-методичної комісії зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (протокол № 21/22-01 від 30.08.2021 р.)

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Спеціальні питання електричних машин» для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка /А.А. Колб; Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д.: НТУ "ДП", 2021. – 19 с.

Автор:

Колб А.А., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електротехніки

Методичні рекомендації призначено для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Спеціальні питання електричних машин» студентами спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

© Колб А.А., 2021

© НТУ «Дніпровська політехніка», 2021

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА СПЕМ – 1

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТАХОГЕНЕРАТОРА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

### Мета роботи

Дослідити конструкцію, принцип дії та основні характеристики тахогенератора постійного струму.

### Програма роботи

1. Вивчення конструкції та принципу дії тахогенератора.
2. Експериментальне дослідження тахогенератора.
3. Складання звіту.

### Порядок виконання роботи

#### Етап 1. Вивчення конструкції та принципу дії тахогенератора

Вивчити конструкцію та принцип дії тахогенератора постійного струму, представленому на стенді. Визначити призначення всіх конструктивних елементів та їхню взаємодію при роботі тахогенератора. Ознайомитись з лабораторною установкою, призначеною для дослідження тахогенератора постійного струму. Записати у табл.1 номінальні дані тахогенератора.

Таблиця 1

Тип та заводський номер тахогенератора	$U_{ВН}$	$I_{ВН}$	$n_H$	$R_H$
	В	А	об/хв	Ом

#### Етап 2. Експериментальне дослідження тахогенератора

Зібрати електричне коло за схемою рис.1.

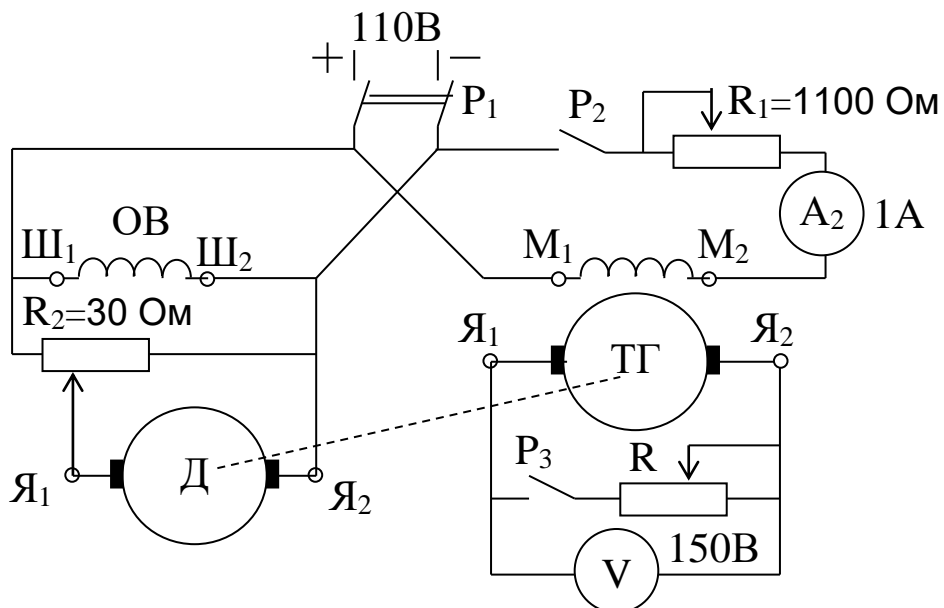


Рис.1. Схема дослідження тахогенератора

Після перевірки керівником правильності складання кола підключити приводний двигун до джерела живлення та зняти характеристику холостого ходу та вихідну характеристику тахогенератора.

Характеристика холостого ходу  $U_0=f(I_3)$  – це залежність напруги тахогенератора  $U_0$  від струму збудження  $I_3$  за відсутності навантаження (при вимкненому рубильнику  $P_3$ ) та постійної частоти обертання валу  $n=n_H$  тахогенератора. Ця характеристика знімається при плавному збільшенні струму збудження  $I_3$  від нуля до максимального значення  $I_3=1,5 \cdot I_{BH}$  (висхідна гілка характеристики), а потім при плавному його зменшенні до нуля (низхідна гілка характеристики). Частоту обертання вала при цьому доцільно вимірювати за допомогою стробоскопічного тахометра. При зниженні струму збудження до нуля (при вимиканні рубильника  $P_2$ ) має місце незначна напруга тахогенератора внаслідок залишкового намагнічування його магнітної системи. Дані характеристики холостого ходу занести до табл.

Таблиця 2

Висхідна вітка характеристики	$I_3, A$								
	$U_0, B$								
Східна вітка характеристики	$I_3, A$								
	$U_0, B$								

Вихідна характеристика  $U=f(n)$  – це залежність напруги  $U$  від частоти обертання валу  $n$  тахогенератора при постійних значеннях струму  $I_3$  збудження та опору  $R$  навантаження якорного кола. Ця характеристика визначається при  $I_3=I_{3н}$ , включеному рубильнику  $P_3$ , трьох значеннях опору навантаження  $R$  та зміні частоти обертання валу  $n$  тахогенератора в межах  $(0,1...1,25) \cdot n_H$  шляхом регулювання напруги живлення приводного двигуна за допомогою реостата  $R_2$ . Звернути увагу на деяку нелінійність вихідної характеристики тахогенератора та наявність зони нечутливості. Дані вихідних характеристик  $U=f(n)$  занести до табл.3

За даними табл.2 і 3 побудувати графіки характеристик холостого ходу та вихідних характеристик тахогенератора та виконати аналіз цих характеристик. Визначити коефіцієнт передачі тахогенератора при трьох значеннях опору навантаження та зону його нечутливості  $\Delta n$ .

Таблиця 3

При $R = \infty$		При $R = R_H$		При $R = 2 \text{ кОм}$	
n	U	n	U	n	U
об/хв	В	Об/хв	В	об/хв	В

### Етап 3. Складання звіту

Звіт з даної лабораторної роботи повинен містити:

1. Найменування та мета роботи.
2. СхЕМП експериментальних досліджень (рис.1).
3. Таблиці 1, 2 та 3 з експериментальними даними.
4. Графіки основних характеристик тахогенератора та його аналіз.

### **Методичні вказівки**

#### До етапів 1 та 2

Тахогенератор використовується для перетворення швидкості (частоти) обертання механічних елементів електричну напругу. Принцип роботи тахогенератора постійного струму відрізняється від генератора постійного струму. Найбільша точність перетворення має місце за лінійної залежності напруги від частоти обертання, тобто. при лінійній вихідній характеристиці тахогенератора (графік 1 на рис.2), крутість якої визначається коефіцієнтом передачі  $K$  тахогенератора.

Напруга навантаженого тахогенератора знижується на величину падіння напруги на опорі його якорного ланцюга (графік 2 на рис.2), що призводить до деякого зменшення коефіцієнта передачі.

Вихідна напруга тахогенератора знімається з обмотки якоря через ковзний щітковий контакт, опір якого змінюється зі зміною струму таким чином, що падіння напруги на ньому  $\Delta U_{щ}$  залишається майже незмінним. Тому на вихідній характеристиці тахогенератора з'являється зона

нечутливості  $n$  (графік 3 на рис.2). Для зменшення цієї зони застосовують мідно-графітові та срібно-графітові щітки.

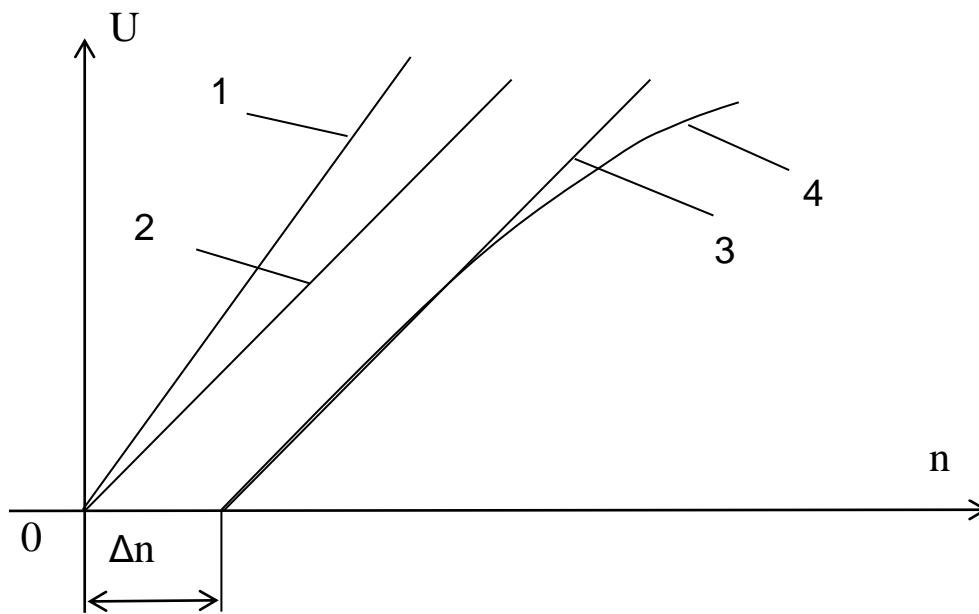


Рис.2. Вихідні характеристики тахогенератора

При малому опорі навантаження  $R$  струм в обмотці якоря створює поперечну силу, що намагнічує, яка внаслідок насичення матеріалу полюсних наконечників призводить до зниження основного магнітного потоку  $\Phi$ , отже, до зниження вихідної напруги тахогенератора. Внаслідок такого впливу навантаження, що називається розмагнічує дією реакції якоря, вихідна характеристика тахогенератора відхиляється від лінійного закону (графік 4 на рис.2).

### Контрольні питання

1. Назвіть основні конструктивні елементи тахогенератора та їх призначення.
2. Поясніть принцип роботи тахогенератора постійного струму.
3. Чим пояснити нелінійність характеристики холостого ходу тахогенератора?
4. Що таке вихідна характеристика тахогенератора та в якому порядку визначається ця характеристика?
5. Від чого залежить коефіцієнт передачі тахогенератора та під впливом яких факторів цей коефіцієнт може змінюватися?
6. Яка причина появи зони нечутливості на вихідній характеристиці тахогенератора і як можна зменшити цю зону?
7. Чим можна пояснити нелінійність вихідної характеристики тахогенератора?



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА СПЕМ – 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАШИННОГО ПІДСИЛЮВАЧА ПОПЕРЕЧНОГО ПОЛЯ

#### Мета роботи

Дослідити конструкцію, принцип дії та основні характеристики електромашинного підсилювача поперечного поля (ЕМП).

#### Програма роботи

1. Вивчення конструкції та принципу дії ЕМП.
2. Експериментальне дослідження ЕМП.
3. Складання звіту.

#### Порядок виконання роботи

##### Етап 1. Вивчення конструкції та принципу дії ЕМП

Вивчити конструкцію та принцип дії ЕМП, представленою на стенді. Визначити призначення всіх конструктивних елементів та їхню взаємодію при роботі електромашинного підсилювача. Ознайомитись з лабораторною установкою, призначеною для дослідження ЕМП. Записати в табл.4 технічні дані ЕМП, де:

$U_H$ ,  $P_H$ ,  $I_H$  - номінальні значення напруги, потужності та струму приводного двигуна та ЕМП;

$R_a$ ,  $R_{\text{дод}}$ ,  $R_k$ ,  $R_{y1}$ ,  $R_{y2}$  - опору обмоток якоря, додаткових полюсів, компенсаційної обмотки, першої та другої обмоток управління.

Таблиця 4

Тип та заводський номер ЕМП	Двигун			ЕМП								
	Схема обмотки	$U_H$	$P_H$	$I_H$	$U_H$	$P_H$	$I_H$	Опір обмоток				
								$R_a$	$R_{\text{дод}}$	$R_k$	$R_{y1}$	$R_{y2}$
-	-	В	кВт	А	В	кВт	А	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом

## Етап 2. Експериментальне дослідження ЕМП

Зібрати електричне коло за схемою рис.3

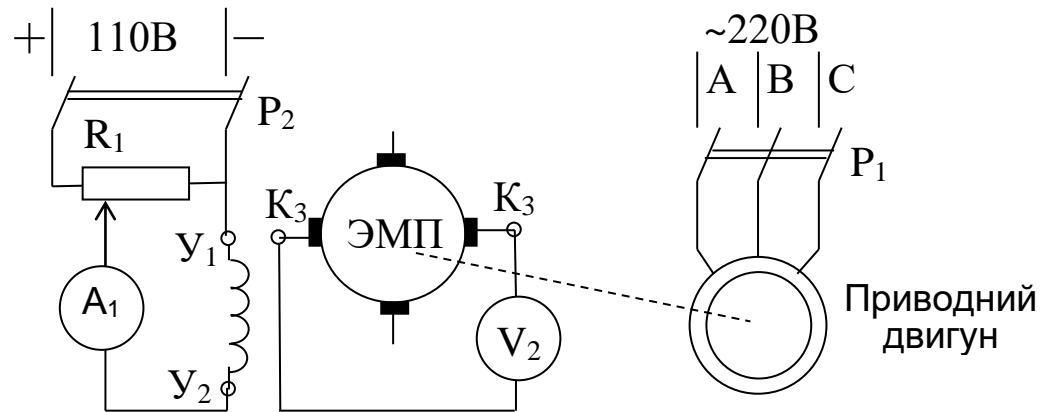


Рис.3. Схема дослідження ЕМП при розімкнених поперечних щітках

Після перевірки керівником правильності складання кола підключити приводний двигун до трифазної мережі за допомогою рубильника  $P_1$  і переконатися у правильності напрямку обертання ротора (правильний напрямок обертання позначено стрілкою на корпусі машини). Подати напругу на обмотку управління ЕМП (включити рубильник  $P_2$ ) і, регулюючи струм у цій обмотці за допомогою реостата  $R_1$ , визначити залежність напруги на розімкнених поперечних щітках (показів вольтметра  $V_2$ ) від струму в обмотці управління (від показань міліамперметра  $A_1$ ). Результати вимірювань занести до табл.5.

Таблиця 5

Висхідна вітка характеристики	$I_1$ , мА								
	$U_2$ , В								
Східна вітка характеристики	$I_1$ , мА								
	$U_2$ , В								

Зібрати електричне коло за схемою рис.4 і визначити залежність вихідної напруги ЕМП (показів вольтметра  $V_3$ ) та струму в ланцюзі замкнутих поперечних щіток (показів амперметра  $A_2$ ) від струму в обмотці управління в режимі холостого ходу (при розімкнутому рубильнику  $P_3$ ). Результати вимірювань занести до табл.6.

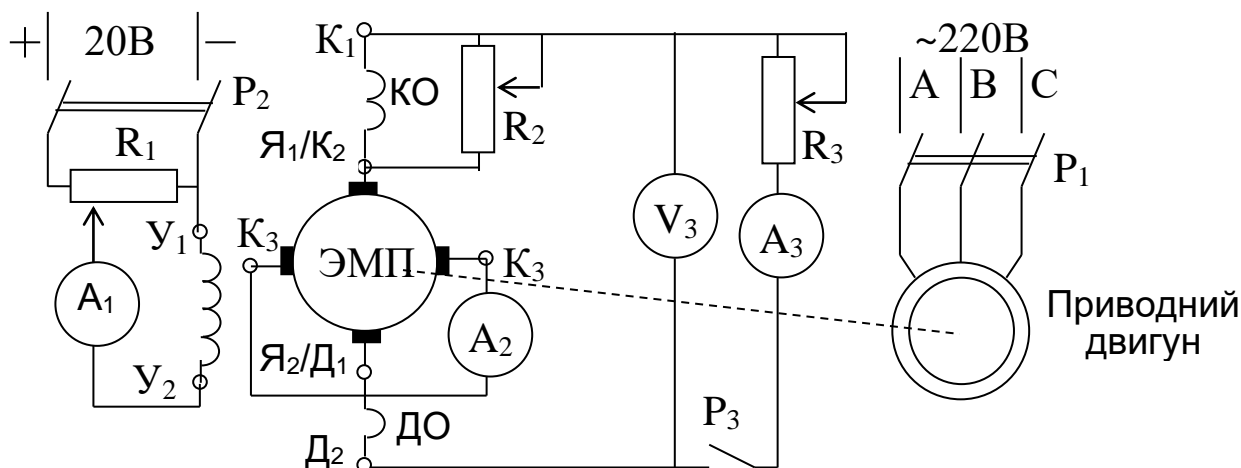


Рис.4. Схема дослідження ЕМП при замкнених поперечних щітках

Таблиця 6

Висхідна вітка характеристики	$I_1$ , мА							
	$I_2$ , А							
	$U_3$ , В							
Східна вітка характеристики	$I_1$ , мА							
	$I_2$ , А							
	$U_3$ , В							

За даними таблиць 5 і 6 побудувати графіки залежностей напруг на поперечних щітках  $U_2$  і поздовжніх щітках  $U_3$  від струму в обмотці управління  $I_1$ , тобто. графіки  $U_2 = f(I_1)$  та  $U_3 = f(I_1)$  у режимі холостого ходу ЕМП (при вимкненому рубильнику  $P_3$ ). Визначити значення коефіцієнтів посилення по напрузі на одній і двох щаблях посилення ЕМП ( $K_{1U} = U_2/U_1$  і  $K_{2U} = U_3/U_1$ ), перерахувавши струм  $I_1$  в напругу  $U_1$  обмотки управління з використанням даних про опір цієї обмотки ( $U_1 = I_1 \cdot R_y$ ).

Навантажити ЕМП на номінальне навантаження  $R_3$  відповідно до схеми рис.4 (включити рубильник  $P_3$ ) і зняти залежності вихідної напруги  $U_3$  від струму навантаження  $I_3$  (зовнішні характеристики ЕМП) при різному ступені компенсації дії струму навантаження, що розмагнічує. Ступінь компенсації змінюється шляхом регулювання опору реостата  $R_2$ , що шунтує компенсаційну обмотку КО. Компенсація вважається нормальною, якщо при включенні навантажувального реостата  $R_3$  вихідна напруга  $U_3$  не змінюється. При недокомпенсації включення навантажувального реостата  $R_3$  призводить до зменшення  $U_3$  зі збільшенням струму навантаження, а при перекомпенсації – до збільшення  $U_3$ . Дані зовнішніх характеристик  $U_3 = f(I_3)$  ЕМП занести до табл.7.

Таблиця 7

Нормальна компенсація			Недокомпенсація			Перекомпенсація		
$I_3$	$U_3$	$I_2$	$I_3$	$U_3$	$I_2$	$I_3$	$U_3$	$I_2$
А	В	А	А	В	А	А	В	А

За даними табл.7 побудувати графіки зовнішніх характеристик та визначити коефіцієнт посилення ЕМП за потужністю при номінальному навантаженні  $K_p = P_H / P_1$ , де  $P_H$  – номінальна потужність ЕМП,  $P_1 = (I_1)^2 R_y$  – потужність вхідного сигналу ЕМП.

### Етап 3. Складання звіту

Звіт з даної лабораторної роботи повинен містити:

1. Найменування та мета роботи.
2. Схеми експериментальних досліджень (мал.3 та 4).
3. Таблиці 4, 5, 6 та 7 з експериментальними даними.
4. Графіки характеристик та розрахунки коефіцієнтів посилення ЕМП за напругою та за потужністю.

### **Методичні вказівки**

#### До етапів 1 та 2

Електромашинний підсилювач (ЕМП) призначений для посилення потужності електричних сигналів з метою їх подальшого використання як у розімкнених, так і в замкнених системах автоматичного регулювання - в ланцюгах зворотного зв'язку за струмом та напругою цих систем. Якір ЕМП поперечного поля відрізняється від якоря звичайної машини постійного струму лише наявністю двох пар щіток: поперечних q-q (затискачі  $K_3-K_3$ ) та поздовжніх d-d (затискачі  $Y_1-Y_2$ ). Ця відмінність забезпечує високий коефіцієнт посилення за напругою і потужністю, оскільки посилення здійснюється в два ступені: обмотка управління - поперечні щітки q-q,

замкнуті накоротко (перший ступінь), і поперечні щітки q-q - поздовжні щітки d-d (другий ступінь). Використання поздовжніх щіток призводить до дії, що розмагнічує, струму навантаження, що вимагає компенсації цієї дії за допомогою компенсаційної обмотки КО. При повної компенсації вихідна напруга ЕМП залежить лише від сигналу управління і залежить від струму навантаження. Зазвичай ЕМП настраюють за допомогою регулювального реостату R2 на невелику недокомпенсацію.

### **Контрольні запитання**

1. Назвіть основні конструктивні елементи ЕМП поперечного поля та їх призначення.
2. Поясніть принцип роботи ЕМП поперечного поля.
3. Чим пояснити нелінійний характер залежності напруги на поперечних та поздовжніх щітках від струму в обмотці керування у режимі холостого ходу ЕМП поперечного поля?
4. Що таке зовнішня характеристика ЕМП та як визначається ця характеристика?
5. Від чого залежить коефіцієнт посилення ЕМП за напругою та за потужністю?
6. Чому в ЕМП передбачено кілька обмоток управління?
7. Яке призначення має компенсаційна обмотка ЕМП поперечного поля?
8. Чим можна пояснити відмінності зовнішніх характеристик ЕМП поперечного поля за різного ступеня компенсації?
9. У якому порядку налаштовують компенсацію ЕМП поперечного поля?
10. Назвіть сферу застосування ЕМП поперечного поля.

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА СПЕМ - 3**

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО КОЛЕКТОРНОГО ДВИГУНА**

#### **Мета роботи**

Вивчити конструкцію, принцип дії та досліджувати універсальний колекторний двигун

#### **Програма роботи**

1. Вивчення конструкції та принципу дії колекторного двигуна.
2. Експериментальне дослідження колекторного двигуна під час його живлення від мережі постійного струму.

3. Експериментальне дослідження колекторного двигуна під час його живлення від мережі змінного струму.
4. Складання звіту.

### Порядок виконання роботи

#### Етап 1. Вивчення конструкції та принципу дії колекторного двигуна

Вивчити конструкцію та принцип дії універсального колекторного двигуна, представленому на стенді. Визначити призначення всіх конструктивних елементів та їхню взаємодію при роботі двигуна. Ознайомитись з лабораторною установкою, призначеною для дослідження двигуна. Записати у табл.8 технічні дані двигуна.

Таблиця 8

Тип та заводський номер двигуна	$P_H$	$n_H$	Постійний струм		Змінний струм	
			$U_H$	$I_H$	$U_H$	$I_H$
-	Вт	об/хв	В	А	В	А

#### Етап 2. Експериментальне дослідження колекторного двигуна при його живленні від мережі постійного струму

Зібрати електричне коло за схемою рис.5.

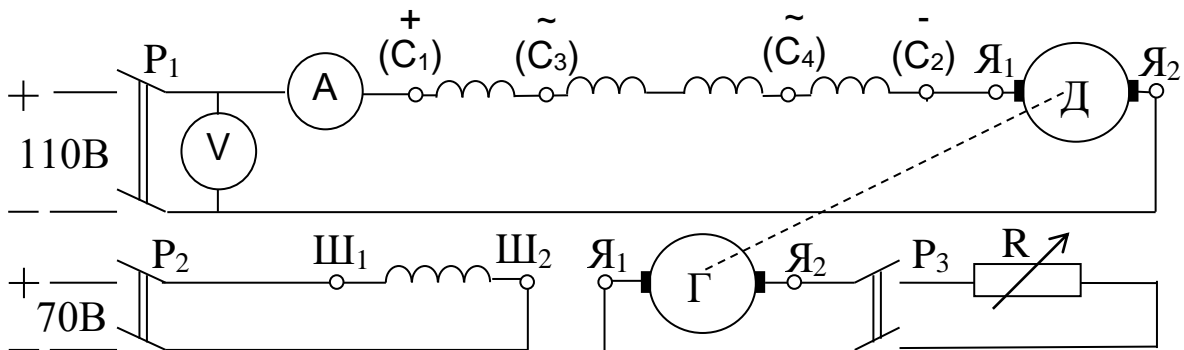


Рис.5. Схема дослідження універсального колекторного двигуна під час живлення від мережі постійного струму

Після перевірки керівником правильності складання кола здійснити пробне включення колекторного двигуна під навантаженням. Як навантаження двигуна використовувати генератор постійного струму, навантаженого на резистор R (при включених рубильниках  $P_2$  та  $P_3$ ). При пробному включенні двигуна необхідно переконатися, що двигун навантажений відповідно до його номінальними даними. Зняти швидкісну характеристику двигуна  $n=f(I)$ ,

зменшуючи його навантаження від номінального значення до мінімально можливого значення, при якому частота обертання ротора двигуна дорівнюватиме гранично допустимому значенню  $n_{max}=1,5 \cdot n_H$ . При цьому частоту обертання ротора можна вимірювати з використанням стробоскопічного тахометра тахогенератора, з'єднаного з валом досліджуваного двигуна. Результати вимірювань при знятті швидкісних характеристик колекторного двигуна занести до табл.9.

Таблиця 9

При постійному струмі (природна характеристика)			При змінному струмі					
			природна характеристика			штучна характеристика (при шунтуванні якоря)		
U	I	n	U	I	n	U	I	n
В	А	об/хв	В	А	об/хв	В	А	об/хв

Етап 3. Експериментальне дослідження колекторного двигуна при його живленні від мережі змінного струму при його живленні від мережі змінного струму

Зібрати електричне коло за схемою рис.6.

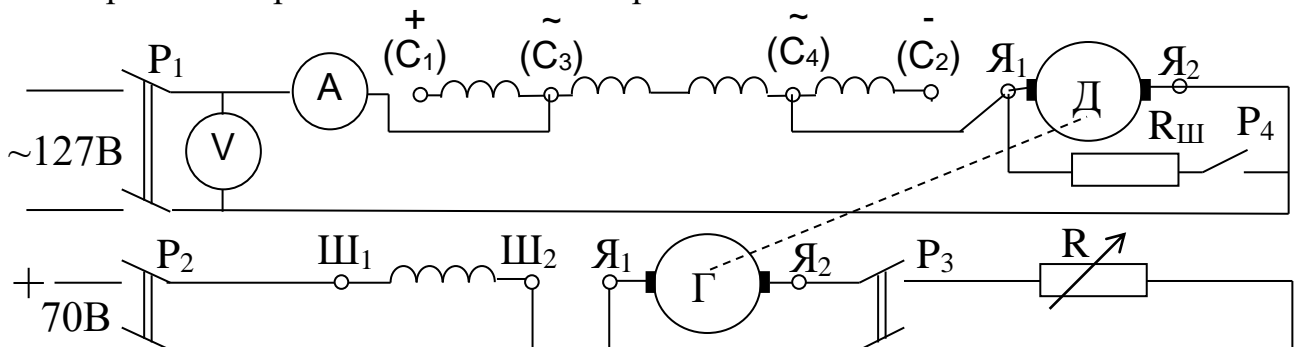


Рис.6. Схема дослідження універсального колекторного двигуна під час живлення від мережі змінного струму

Після перевірки керівником правильності складання ланцюга підключити колекторний двигун до мережі змінного струму під навантаженням. Як навантаження двигуна використовувати генератор постійного струму, навантаженого на резистор  $R$  (при включених рубильниках  $P_2$  та  $P_3$ ). Переконайтесь у тому, що двигун навантажений відповідно до його номінальних даних. Зняти природну швидкісну характеристику двигуна  $n=f(I)$  при розімкнутому рубильнику  $P_4$  аналогічно зняття швидкісної характеристики двигуна при живленні від мережі постійного струму, зменшуючи його навантаження від номінального значення до мінімально можливого значення, при якому частота обертання ротора двигуна дорівнюватиме гранично допустимому значенню  $n_{\max} = 1,5 \cdot n_H$ . Результати вимірювань занести до табл.9.

Защунтувати якір досліджуваного двигуна резистором  $R_{III}$  (включити рубильник  $P_4$ ) та зняти штучну швидкісну характеристику колекторного двигуна. Результати вимірювань занести до табл.9.

За даними табл.9 побудувати в масштабі графіки швидкісних характеристик досліджуваного універсального колекторного двигуна при його живленні від мережі постійного та змінного струму. Виконати порівняльний аналіз цих характеристик.

#### Етап 4. Складання звіту

Звіт з даної лабораторної роботи повинен містити:

1. Найменування та мета роботи.
2. Схеми експериментальних досліджень (рис.5 та 6).
3. Таблиці 8 та 9 з експериментальними даними.
4. Графіки швидкісних характеристик універсального колекторного двигуна в одній системі координат.

#### **Методичні вказівки**

##### До етапів 1,2 та 3

Універсальний колекторний двигун є електричним колекторним двигуном послідовного збудження, що працює при живленні як від мережі постійного так і від однофазної мережі змінного струму. При цьому робочі характеристики двигуна в обох випадках приблизно однакові. Випускаються універсальні колекторні двигуни потужністю від 10 до 600 Вт за номінальної частоти обертання від 2500 до 20000 об/хв.



Принципово універсальний колекторний двигун практично не відрізняється від двигуна постійного струму послідовного збудження. Відмінність полягає лише в тому, що магнітопровід індуктора виконується шихтованим аналогічно магнітопровід якоря, так як при живленні від мережі змінного струму основний магнітний потік змінюється в часі. Крім цього, обмотка збудження універсального колекторного двигуна розділена на частини з таким розрахунком, щоб забезпечити можливість:

- Підключення двигуна до мережі як постійного струму так і змінного струму при збереженні в обох випадках приблизно однакових робочих характеристик;

- використання частин обмотки збудження, включених з обох боків якоря, як дроселі LC-фільтрів, що послаблюють електромагнітні перешкоди, які виникають внаслідок комутацій в колекторі та на щітках і можуть потрапити в мережу живлення (рис.7).

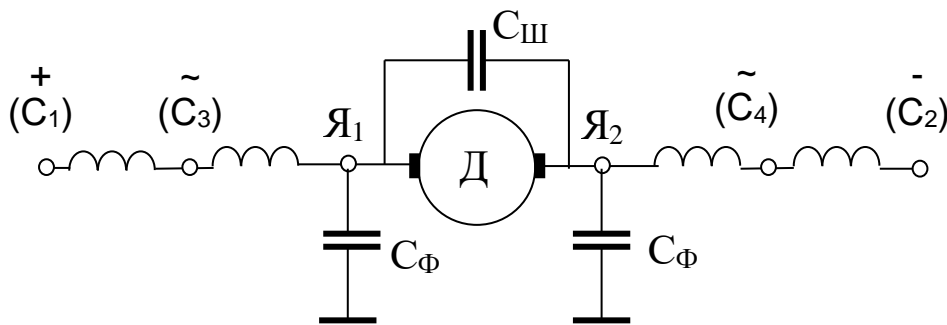


Рис.7. Схема ослаблення електромагнитных помех, создаваемых универсальным коллекторным двигателем

Робота універсального колекторного двигуна при живленні його від мережі змінного струму заснована на тому, що основний потік (потік збудження) та струм якоря двигуна змінюють свій знак одночасно, і тому знак електромагнітного моменту та напрямок обертання ротора не змінюються. Реверсування двигуна здійснюється при перемиканні висновків якорної обмотки Я<sub>1</sub> та Я<sub>2</sub>.

Важливою перевагою універсальних колекторних двигунів по відношенню до двигунів змінного струму є можливість отримання частоти обертання ротора більше 3000 об/хв під час живлення від мережі з промисловою частотою 50 Гц. При цьому необхідно врахувати, що при живленні від мережі змінного струму додаються втрати в магнітопроводі індуктора і збільшуються втрати в обмотках через збільшення струму, що споживається з мережі, за інших однакових умов.

## Контрольні запитання

1. Назвіть відмінності у конструкції та в принципі дії універсального колекторного двигуна та аналогічного двигуна постійного струму послідовного збудження.
2. З якою метою обмотка збудження універсального колекторного двигуна розділена на частини?
3. Чим викликані відмінності схем увімкнення універсального колекторного двигуна при його живленні від мережі постійного та змінного струму?
4. У чому полягає відмінність енергетичних показників роботи універсального колекторного двигуна при його живленні від мережі постійного та змінного струму?
5. Назвіть відмінності у природних та штучних швидкісних характеристиках універсального колекторного двигуна при його живленні від мережі постійного та змінного струму?
6. Які існують засоби регулювання частоти обертання ротора універсального колекторного двигуна?
7. Яким чином можна змінити напрямок обертання ротора універсального колекторного двигуна?
8. Яким чином можна знизити вплив електромагнітних перешкод, створюваних універсальним колекторним двигуном, на напругу мережі живлення?
9. У чому полягає основна перевага універсального колекторного двигуна від двигуна змінного струму під час живлення від мережі змінного струму?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Півняк Г.Г., Довгань В.П., Шкрабець Ф.П. Електричні машини: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 327 с.
2. Белікова Л.Я., Шевченко В.П. Електричні машини: Навчальний посібник. – Одеса: Наука і техніка, 2012. – 480 с.
3. Яцун Я.А. Електричні машини: Підручник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 464 с.
4. Циценков Д.В., Іванов О.Б., Бобров О.В. Проектування електричних машин: Навч. посібник/ Д.В. Циценков, О.Б. Іванов, О.В. Бобров та ін. – Д: НТУ "ДП", 2020. – 408 с.
5. Ivanov, O.V., Shkrabets, F.P., Zawilak, Jan. (2011). "Electrical generators driven by renewable energy systems", Wroclaw University of Technology, Wroclaw – 169 p.
6. Електричні машини і трансформатори: навч. Посібник / М.О. Осташевський, О.Ю. Юрьєва; за ред. Д-ра техн. наук, професора В.І. Мілих. – Київ: Каравела, 2018. – 452 с.

## З М І С Т

Лабораторна робота СПЕМ - 1 Дослідження тахогенератора постійного струму	3
Лабораторна робота СПЕМ - 2 Дослідження електромашинного підсилювача поперечного поля	7
Лабораторна робота СПЕМ - 3 Дослідження універсального колекторного двигуна	11
Список літератури	17

Упорядник:  
Колб Андрій Антонович

**МАТЕРІАЛИ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**  
**лабораторних робіт з дисциплін**  
**“Спеціальні питання електричних машин”**  
**для студентів спеціальності**  
**141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**