

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М.ПОТЕБНИ  
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
КАФЕДРА «МЕТАЛУРГІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ»

## **ДИНАМІКА ПРИВОДІВ МАШИН**

Методичний посібник до практичних робіт для студентів спеціальності  
“Металургійне обладнання”

*Запоріжжя*

## ЗМІСТ

	с
1. Практична робота №1. <b>Реостатні перетворювачі</b> .....	5
2. Практична робота № 2. <b>Індуктивні перетворювачі</b> .....	9
3. Практична робота №3 . <b>Сельсини</b> .....	15
4. Практична робота №4. <b>Комбіновані системи дистанційної передачі сигналів</b> .....	22
5. Практична робота №5. <b>Реостатне регулювання крутного моменту</b> .....	24
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	<b>30</b>

Лабораторний практикум по автоматизованим системам приводів машин (САС ПМ) - важлива складова частина курсу.

Він істотно розширює можливості пізнання фізичної сутності явищ, що протікають при роботі перетворювачів, і дозволяє отримати практичні навички розрахунків і регулювання елементів, що не передбачено іншими видами занять.

Опис лабораторних робіт, методів виконання досліджень представлено так, щоб студент міг заздалегідь ознайомитися із проведенням роботи, підготувати основні матеріали звіту по ній та у відведений розкладом час виконати всі вимірювання і розрахунки, остаточно оформити звіт та захистити роботу.

При виконанні лабораторних робіт необхідно керуватися наступними вимогами безпеки:

1. Проведення досліджень можливо після ознайомлення із устроєм установки, правилами безпечної роботи на ній і дозволу викладача.
2. Складання електричної схеми лабораторної установки проводиться під наглядом викладача. Установку варто розташовувати так, щоб було зручно працювати і виключити травмування.
3. Після закінчення досліджень студент зобов'язаний розібрати електричну схему, прибрати робоче місце .

**ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:** - провадити на обладнанні роботи, не пов'язані з виконанням досліджень.

## Практична робота №1. Реостатні перетворювачі

**Мета роботи.** Дослідження принципу дії і статичних характеристик.

Реостатні перетворювачі перетворюють кутові або лінійні переміщення в електричний сигнал, що передається в лінію дистанційної передачі. Змінним параметром реостатних перетворювачів є активний опір, розподілений лінійно або по деякому закону по шляху руху струмозьомника. Лінійні перетворювачі конструктивно реалізуються намотаною на каркас дроту постійного перетину в один ряд, перпендикулярно якому переміщається струмозьомник (рис.1.1).

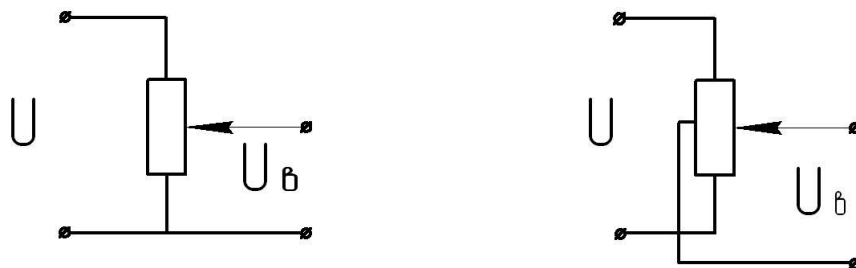


Рисунок 1.1 – Схеми реостатних перетворювачів

Для виготовлення реостатних перетворювачів застосовують манганин і інші матеріали з низькою чутливістю електричного опору до впливу температури. Струмозьомник реостатного перетворювача є ковзаючий пружинний контакт. Для його надійної роботи необхідно забезпечити вживання високоякісних матеріалів, чистоту контактних поверхонь, захист від забруднень і стійкість матеріалів рухливих з'єднань проти зношування.

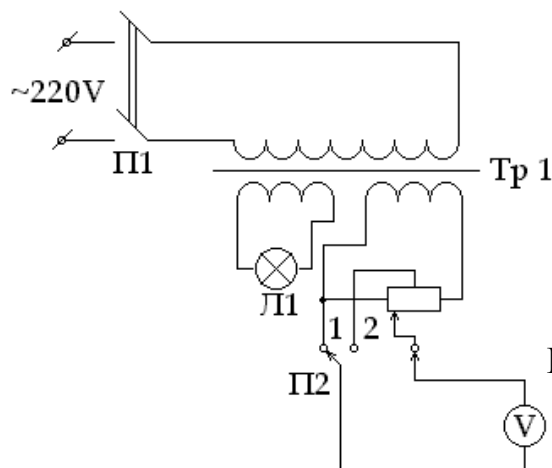


Рисунок 1.2 – Схеми лабораторної установки

**Лабораторна установка** (рис.1.2) складається з реостатного перетворювача, що живиться від вторинної обмотки трансформатора Тр1, перемикачів, сигнальної лампочки Л1. Вихідна ЕРС перетворювача контролюється за допомогою вольтметра, підключеного до вихідних клем перемикача П2.

У загальному вигляді на рис.1.3 показана мостова схема системи дистанційної передачі вимірювальної інформації. Якщо реостатні перетворювачі встановити в первинному П1 і у вторинному П2 вимірювальних приладах, то останній виконує функції того, що стежить. Струмозьомник перетворювача П1 кінематично пов'язаний з чутливим елементом вимірювального приладу. Тому його положення постійно відповідатиме поточному значенню вимірюваного параметра.

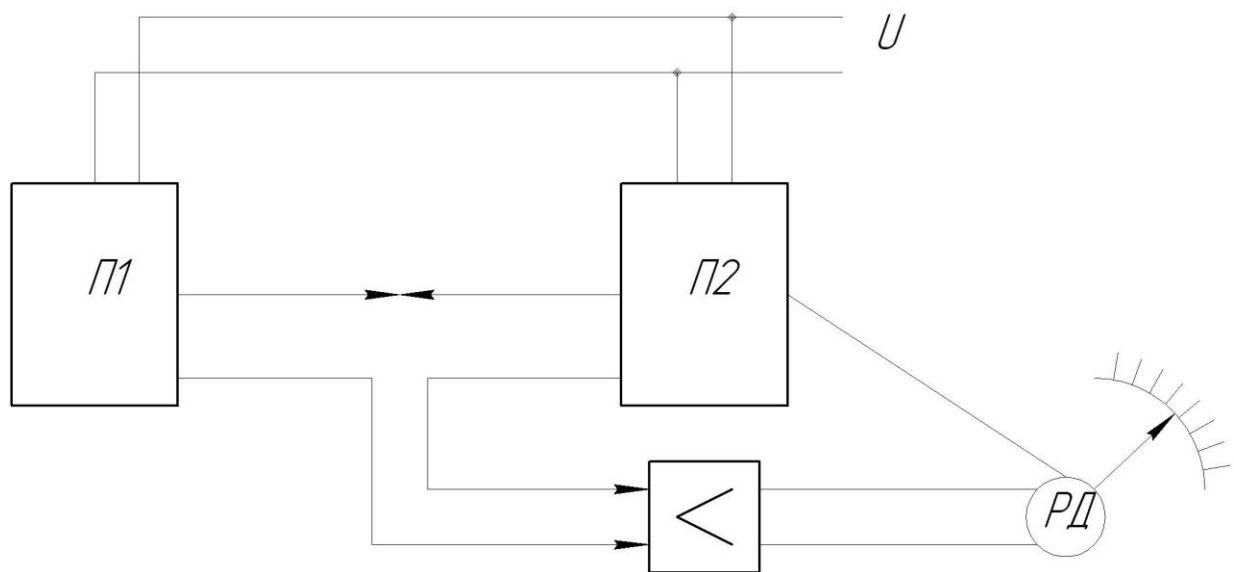


Рисунок 1.3 – Загальна схема дистанційної передачі

### **Порядок виконання роботи**

1. Зібрати схему установки. Отримати дозвіл викладача на виконання роботи.
2. Включити живлення (перемикач П.1).

3. Встановити перемикач П.2 в положення "1".
4. Послідовно задаючи кутове переміщення приводу струмозьомника перетворювача при прямому і зворотному ходах, зміряти вихідний сигнал. Повторити виміри ще два рази. Результати вимірів записати у табл. 1.1.
5. Обчислити середнє значення вимірів " $K_1$ " і " $K_2$ ".
6. Встановити перемикач П.2 в положення "2" і повторити виміри за п. 4 . Результати записати у табл. 1.2. Обчислити середнє значення вимірів " $K_3$ " і " $K_4$ ".
7. Вимкнути живлення установки.
8. Побудувати статичні характеристики  $K_{1,2}=f(\alpha)$  і  $K_{3,4}=f(x)$ .
9. Розрахувати варіації реостатного перетворювача в обох положеннях перемикача П.2.

Таблиця 1.1 Результати вимірів в положенні 1 перемикача П2

Кутове переміщення $\alpha$ ручки перетворювача											
Прямий хід	1										
	2										
	3										
	$K_1$										
Зворотний хід	1										
	2										
	3										
	$K_2$										

Таблиця 1.2 Результати вимірів в положенні 2 перемикача П2

Лінійне переміщення $x$ ручки перетворювача											
Прямий хід	1										
	2										
	3										
	$K_3$										
Зворотний хід	1										
	2										
	3										
	$K_4$										

### Зміст звіту

1. Мета роботи. Спільні положення. Схеми перетворювачів.
2. Схема лабораторної установки.
3. Результати вимірів, статичні характеристики.
4. Розрахунок варіацій.
5. Схема дистанційної передачі інформації, орієнтуючись за рис.1.2.

### Контрольні питання

1. Яким чином можна змінити кут нахилу характеристики?
2. Як змістити характеристику з початку координат?
3. Для яких цілей можна використовувати реостатні перетворювачі?
4. Переваги і недоліки перетворювачів?
5. Чим пояснити відмінність результатів вимірів при прямому і зворотному ходах?
6. Які типи перетворювачів можна використовувати спільно в системі дистанційної передачі сигналів?

## Практична робота № 2. Індуктивні перетворювачі.

**Мета роботи.** Дослідження принципу дії і статичних характеристик.

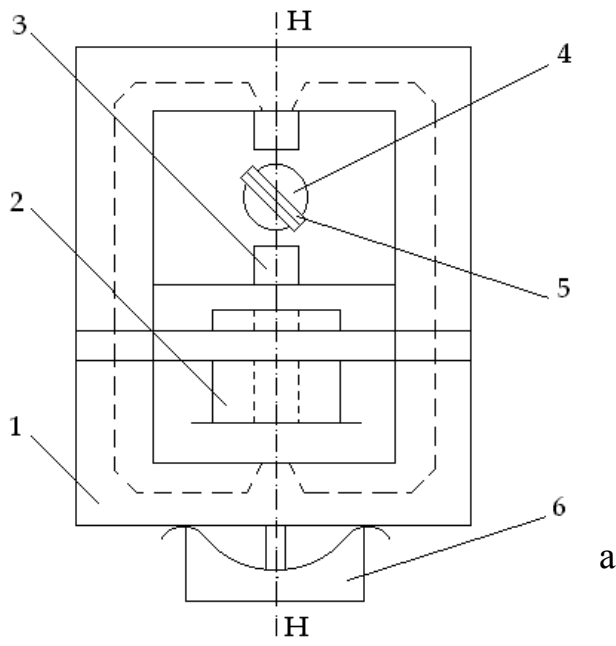
1. *Феродинамічні перетворювачі* застосовуються для перетворення кутових переміщень в пропорційний уніфікований електричний сигнал змінного струму.

Особливістю феродинамічної системи є безконтактність схеми дистанційної передачі сигналів. Феродинамічний перетворювач типа ПФ (рис.2.1,а) має магнітопровід, що складається з профільованого ярма 1, сердечника 4, нерухомого 3 і рухливого плунжерів, який розміщено в середині котушки 2. У сердечнику закріплені агатові підп'ятники зворотної рамки 5. Кінці обмотки рамки  $W_p$  виведені за допомогою спіральних пружин, одночасно використовуваних для створення протидіючого моменту повороту рамки. На магнітопроводі розміщена котушка 2 з обмотками збудження  $W_B$  і зсуву  $W_C$ . Рухливий плунжер можна зміщувати пристроєм 6.

Кінці обмоток збудження, зсуву і рамки підключені до клемової колодки. Обмотка збудження живиться змінним струмом частотою 50 Гц. При цьому в магнітопроводі виникає змінний магнітний потік, що індукуює в рамці і обмотці зсуву ЕРС. Магнітний потік залежить від величини повітряного зазору між рухливим і нерухомим плунжерами. Змінюючи зазор переміщенням рухливого плунжера, можна змінити кут нахилу характеристики перетворювача. Коли площа рамки збігається з напрямком силових ліній магнітного поля (лінія НН), індукована в рамці ЕРС дорівнює нулю. При відхиленні рамки від цього положення в ній індукуюється пропорційна куту повороту ЕРС, фаза якої відповідає напрямку відхилення. Максимальний кут повороту рамки  $\pm 20^\circ$ .

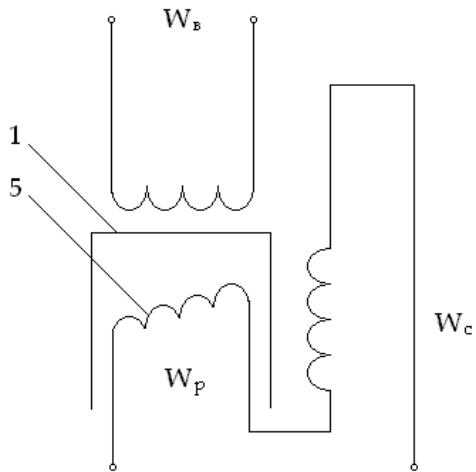
**Лабораторна установка** (рис.2.2) складається з ферродинамічного перетворювача, що живиться від вторинної обмотки трансформатора Тр.1. Вихідна ЕРС обмоток перетворювача контролюється за допомогою вольтметра, що підключається до вихідних клем 1- 0 або 2- 0.





а

Рисунок 2.1 - Пристрій (а) і обмотки (б) феродинамічного перетворювача.



б

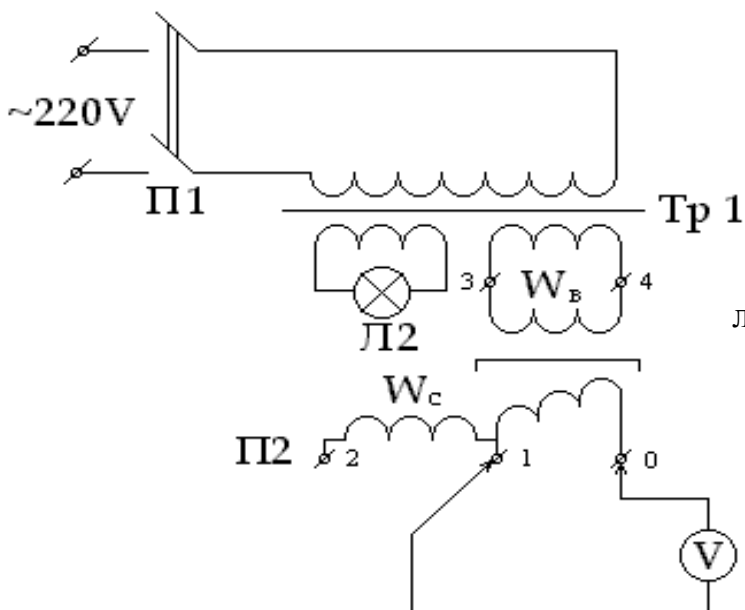


Рисунок 2.2 – Схема лабораторної установки

## Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему установки. Отримати дозвіл викладача на виконання роботи.
2. Включити живлення установки (перемикач П.1).
3. У положенні 1-0 перемикача П2 послідовно обертаємо ручку приводу рамки перетворювача і встановлюємо нульове свідчення вольтметра. Поєднуємо «нуль» поворотного лімба з покажчиком на ручці приводу і фіксуємо його.
4. У положенні 1-0 перемикача П2, послідовно встановлювати ручку приводу рамки перетворювача на оцифровані риски (n) шкали лімба при прямому і зворотному ходах і вимірювати вихідний сигнал. Повторити виміри ще два рази. Вимкнути живлення. Результати записати в табл.2.1.
5. Зібрати схему для положення 2-0 перемикача П2, включити живлення і повторити виміри за п. 4. Результати вимірів записати в табл.2.2.
6. Обчислити середнє значення "К<sub>1</sub>", "К<sub>2</sub>", "К<sub>3</sub>" і "К<sub>4</sub>"

Таблиця 2.1. Результати вимірів в положенні "1-0"

Переміщення n		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
Прямий хід	1											
	2											
	3											
	К <sub>1</sub>											
Зворотний хід	1											
	2											
	3											
	К <sub>2</sub>											

Таблиця 2.2. Результати вимірів в положенні "2"

Переміщення n		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
Прямий хід	1											
	2											
	3											
	K <sub>3</sub>											
Зворотний хід	1											
	2											
	3											
	K <sub>4</sub>											

### Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Спільні положення. Пристрій перетворювача і схема обмоток.
3. Схема лабораторної установки.
4. Результати вимірів, статичні характеристики  $K_{1,2,3,4}=f(n)$ .
5. Розрахунок варіацій.
6. Схема дистанційної передачі інформації, орієнтуючись за рис.1.3.

2. Диференційно-трансформаторний перетворювач призначений для перетворення лінійного переміщення сердечника (плунжера) в пропорційний електричний сигнал змінного струму. Електрична схема перетворювача (рис.2.3) складається з первинної обмотки  $W_1$  і двох секцій вторинної (вихідної) обмотки  $W_2$ , включених між собою зустрічно. По всій довжині котушки рівномірно розташовується первинна обмотка, секції вторинної обмотки – кожна на половині довжини котушки. У середині котушки розташований сталевий сердечник, який може вільно переміщатися уздовж неї.

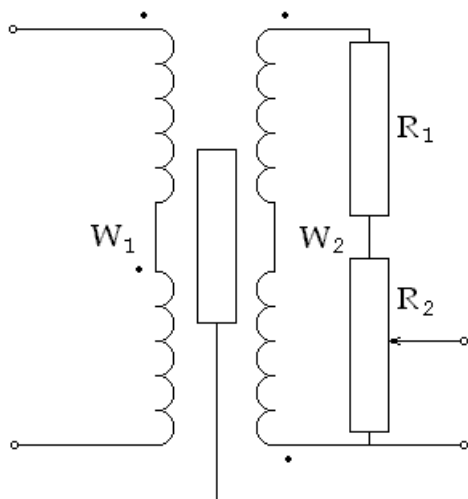


Рисунок 2.3 - Схема диференційно-трансформаторного перетворювача (точками позначено початок обмотки)

Якщо до первинної обмотки  $W_1$  перетворювача підвести змінний струм, то у вторинній обмотці індукують ЕРС. Коли сердечник знаходиться в середньому положенні, то ЕРС, індуковані в кожній секції вторинної обмотки, рівні між собою і протифазні, тому сумарний вихідний сигнал перетворювача дорівнює нулю. В разі зсуву сердечника від середнього положення магнітний потік буде різним для кожної секції і на виході перетворювача з'явиться ЕРС. Залежно від величини і напрямку зсуву сердечника змінюються амплітуда і фаза вихідного сигналу.

**Лабораторна установка** (рис.2.4) складається з блоку живлення (трансформатор  $Tr1$ ), перемикача  $\Pi 1$ , сигнальної лампочки  $ЛЗ$ , диференціально-трансформаторного перетворювача, резисторів  $R_1$ ,  $R_2$  і вольтметра.

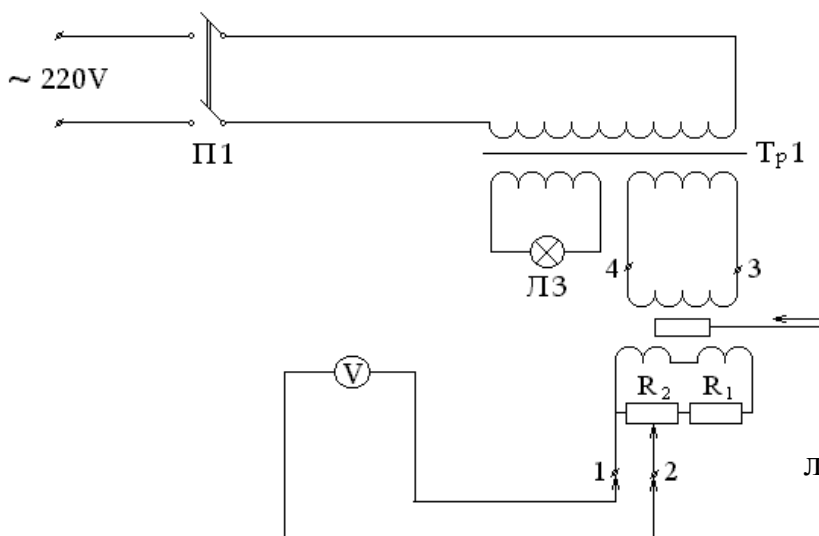


Рисунок 2.4 – Схема лабораторної установки

## Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему установки. Отримати дозвіл викладача на виконання роботи.
2. Включити живлення установки (перемикач П.1).
3. Послідовно встановлюючи ручку приводу переміщення плунжера на оцифровані ділення шкали (значення  $x$  в мм вказує викладач) при прямому і зворотному ходах, зміряти вихідний сигнал. Повторити виміри ще два рази.
4. Результати записати в таблицю 2.3. Вимкнути живлення установки.
5. Обчислити середні значення " $K_1$ " і " $K_2$ ". Побудувати статичні характеристики  $K_{1,2} = f(x)$ . Розрахувати варіації.

Таблиця 2.3 Результати вимірів

Переміщення $x$												
Прямий хід	1											
	2											
	3											
	$K_1$											
Зворотний хід	1											
	2											
	3											
	$K_2$											

## Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Спільні положення. Схема перетворювача.
3. Схема лабораторної установки.
4. Результати вимірів, статичні характеристики. Розрахунок варіацій.
5. Схема дистанційної передачі інформації, орієнтуючись за рис.1.3.

## Контрольні питання

1. Призначення і принцип дії трансформаторного перетворювача.
2. Призначення елементів налаштування перетворювача.
3. Яким чином можна змінити кут нахилу характеристики?
4. Яким чином в системі дистанційної передачі вирівнюються вихідні сигнали?
5. Як ліквідується фазове зрушення в системі дистанційної передачі?
6. Для яких цілей можна використовувати трансформаторний перетворювач?
7. Чим пояснити відмінність результатів вимірів при прямому і зворотному ходах?
8. Які типи перетворювачів можна використовувати спільно в системі дистанційної передачі сигналів?

### Практична робота №3 . Сельсини.

**Мета роботи.** Вивчення роботи сельсинів в індикаторному і трансформаторному режимах.

Сельсини виконуються за типом асинхронних машин змінного струму. У пазах статора укладена трифазна обмотка статора, при чому окремі фазні обмотки зміщені між собою на  $120^{\circ}$ . Ротор має однофазну обмотку.

#### 1. Дистанційна індикаторна система передачі кута на сельсинах.

Передача складається з сельсина-датчика СД, яким задається вхідна змінна  $X_{вх}$ , сельсина-приймача СП, відтворюючого вихідну змінну  $X_{вих}$ , і ліній зв'язку.

Система дистанційної індикаторної передачі кута застосовується для передачі на відстань кутових (або перетворених в кутові) переміщень, наприклад, для передачі на пульт управління величини переміщення натискних гвинтів прокатного стану.

Основною характеристикою роботи передачі в індикаторному режимі (рис.3.1) є залежність синхронізуючого моменту від кута розузгодження між роторами СД і СП.

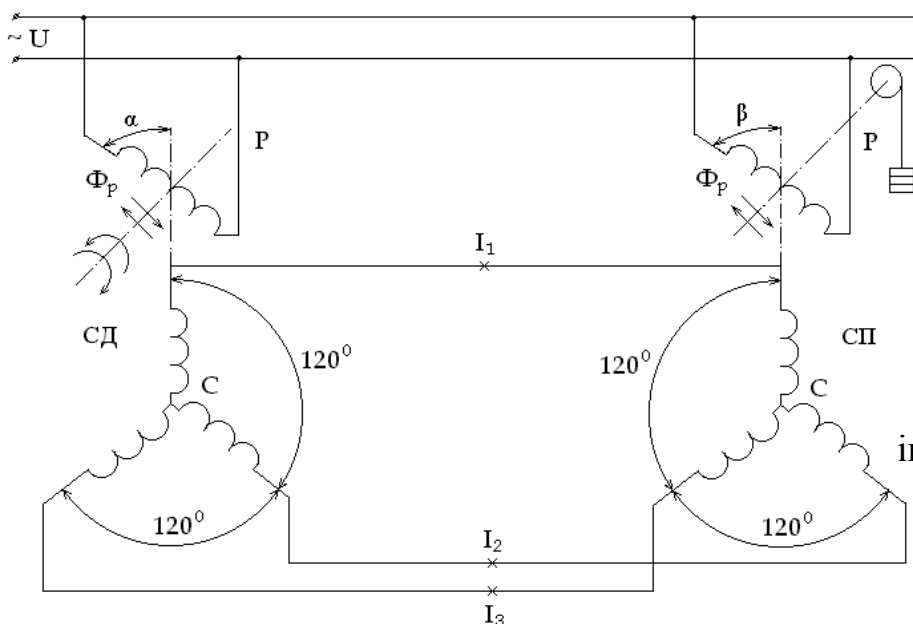


Рисунок 3.1- Схема передачі кута в індикаторному режимі.

Якщо ротор Р сельсин-датчика СД повернений щодо статора С на кут  $\alpha$ , а сельсин приймача СП на кут  $\beta$ , то в окремих фазових обмотках статорів наводяться різні ЕРС, величини яких пропорційні косинусам кутів:

$$\begin{array}{lll} \alpha & \text{—} & E_1 = E \cos \alpha \quad E_2 = E \cos(\alpha + 120^\circ) \quad E_3 = E \cos(\alpha + 240^\circ) \\ \beta & \text{—} & E'_1 = E \cos \alpha \quad E'_2 = E \cos(\alpha + 120^\circ) \quad E'_3 = E \cos(\alpha + 240^\circ) \end{array}$$

При  $\alpha = \beta$  відповідні ЕРС рівні і струми в лініях зв'язку і фазових обмотках  $I_1 = I_2 = I_3 = 0$ . При розугодженні  $\varphi = \beta - \alpha$  значення ЕРС різні і в ланцюзі статора виникають зрівняльні струми  $I_1, I_2, I_3$ , взаємодія яких з магнітними потоками роторів  $\Phi_p$  створює на осях СД і СП синхронізуючі моменти. Кут  $\alpha$  ротора СД задається, а під дією синхронізуючого моменту ротор СП повертається доки кути  $\beta$  і  $\alpha$  не зрівняються.

**Лабораторна установка** складається з сельсинов СД і СП, закріплених на передній панелі. На валах сельсинів передбачені ручки із стрілками і шкали. Кінці обмоток ротора і статора кожного сельсина виведені на клеми.

Для вимірювання синхронізуючого моменту на передній панелі корпусу установки закріплено прилад, що складається з двох кронштейнів. На верхньому встановлюють індикатор, а на нижньому – пружний елемент, на який спирається індикатор і важиль, що закріплений на роторі СП.



## Порядок виконання роботи

1. Виконати тарування пружнього елемента. Встановити пружній елемент тарувального пристрою, щоб важиль, закріплений на роторі СП, спирався на його отвір. Пристрій перевернути на  $180^0$ , ротор СП відвести від пружнього елемента і через його отвір підвісити планшайбу, на яку ставимо фіксовані вантажі і для кожного знімаємо показчики індикатора. Повторити ще два рази. Результати вимірів внести в табл. 3.1. Побудувати тарувальний графік  $M=f(K_1)$ .

2. Лабораторну установку поставити у нормальне положення. Зібрати схему згідно рис.3.1, отримати дозвіл викладача на виконання роботи.

**Увага ! Номінальна напруга живлення обмоток роторів сельсинів 110 В !**

3. Включити живлення, встановити стрілки сельсинів на нуль.

4. Важиль, що закріплений на роторі СП, підвести до пружнього елемента. При повороті ротора СД (зміні кута  $\alpha$ ) через  $15^0$  в межах  $0^0 \dots 90^0$  кожного разу фіксувати відхилення стрілки індикатора. Повторити виміри ще два рази. Результати внести в табл. 3.2. Змістити пружній елемент тарувального пристрою ліворуч, щоб він не заважав роботі СП.

5. Побудувати графіки  $T_c=f(\alpha)$  експериментальний і теоретичний.

6. Встановити ротори СД і СП в нульове положення.

7. Поступово обертаючи ротор СД із зупинками через  $30^0$ , робити відлік кута за шкалою СП. Дослідження виконати для правого і лівого обертань. Повторити ще два рази. Результати вимірів занести в таблицю 3.3. Розрахувати середні значення  $\Phi_{\text{п}}$  і  $\Phi_{\text{л}}$ .

8. Визначити точність передачі кута:  $\Phi = (\Phi_{\text{пм}} + \Phi_{\text{лм}}) / 2$ , де  $\Phi_{\text{пм}}$  і  $\Phi_{\text{лм}}$  - максимальні помилки для правого і лівого обертань відповідно.

9. Виконати аналіз поведінки системи при порушенні її принципової схеми:

- обрив ланцюга одного з фазних обмоток статора;
- неправильне включення двох фазних обмоток статора (поміняти місцями з'єднання гілок);

- неправильне включення обмоток збудження (поміняти кінці включення).

9. Записати виводи в звіті.

Таблиця 3.1 Результати тарування пружного елемента.

Маса вантажу, m, кг						
Відхилення стрілки індикатора	1					
	2					
	3					
	K <sub>1</sub>					
Момент						

Таблиця 3.2 Результати виміру синхронізуючого моменту.

Кут $\alpha$ , град.		15	30	45	60	75	90
T <sub>c</sub> , Нм	1						
	2						
	3						
	K						
T <sub>c теор</sub> = = T <sub>c max</sub> · sin $\alpha$							

Таблиця 3.3. Результати вимірів кута ( $\alpha$ ,  $\beta_{II}$ ,  $\beta_{L}$  - град).

$\alpha$		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	320	360
$\beta_{II}$	1													
	2													
	3													

(праве обертання)	$\Phi_{\Pi}$													
$\beta_{\text{л}}$ (ліве обертання)	1													
	2													
	3													
	$\Phi_{\text{л}}$													

Зміст звіту.

1. Мета роботи.
2. Спільні відомості.
3. Схема дистанційної передачі кута.
4. Результати тарування (табл. 3.1, графік), вимірів (табл.3.2 і табл.3.3), графіки синхронізуючих моментів, розрахунок точності передачі кута.
5. Опис поведінки системи за наявності несправностей.

### Контрольні питання

1. Де може застосовуватися система передачі кутів?
2. Від чого залежить точність (помилка) системи?
3. Як залежить синхронізуючий момент  $T_c$  від кута розузгодження  $\varphi$ ?
4. Чому порушується робота системи при неправильному включенні обмоток сельсинів?

2. Система виміру кутових розузгоджень при роботі сельсинів в трансформаторному режимі (рис.3.2) використовується в стежачому приводі.

При цьому змінна напруга живлення підводиться лише до обмотки ротора СД. При подачі живлення  $U$  магнітний потік  $\Phi_p$  наводить в обмотках статора СД ЕРС, які утворюють фазові струми  $I_1, I_2, I_3$  :  $I_1 = E_1 / (2 \cdot Z) = E_m \cos \alpha / (2 \cdot Z)$  ;  $I_2 = E_2 / (2 \cdot Z) = E_m \cos(\alpha + 120^\circ) / (2 \cdot Z)$ ;  $I_3 = E_3 / (2 \cdot Z) = E_m \cos(\alpha + 240^\circ) / (2 \cdot Z)$ , де  $Z$  – повний

опір обмоток статора. Ці струми створюють змінні магнітні потоки в статорі СП, які (за принципом трансформатора) індують ЕРС в роторній обмотці СП.

Величина вихідного сигналу  $U_{\text{вих}}$ , крім того, залежить від положення результуючого магнітного потоку обмоток статора СП : при  $\beta = 90^\circ$  і  $\alpha = 0^\circ$   $U_{\text{вих}}=0$  і далі змінюється синхронно зміні кута  $\alpha$ , тобто є реверсивною .

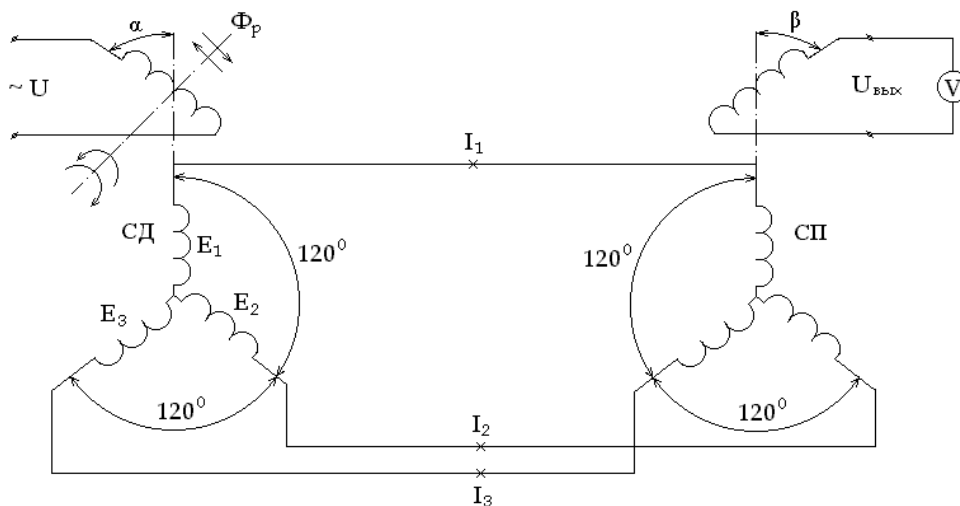


Рисунок 3.2 -  
Схема передачі  
в трансформа-  
торному  
режимі.

**Лабораторна установка** (рис. 3.2) складається з сельсинів СД і СП, вольтметра V і сполучних дротів.

### Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему (рис.3.2), отримати дозвіл викладача на виконання роботи.
2. Закріпити стопорним гвинтом ротор сельсина СП при  $\beta = 0^\circ$ . Повільно обертаючи ротор СД кожного разу на  $30^\circ$ , фіксувати (табл.3.4) свідчення вольтметра. Повторити виміри ще два рази.
3. Закріпити ротор сельсина СП при  $\beta = 90^\circ$  і повторити дії за п.3.
4. Розрахувати середні значення  $K_1$  і  $K_2$ .
5. Побудувати графіки  $U_{\text{вих}}=f(\alpha)$  експериментальний і теоретичний (при  $\beta = 0^\circ$   $U_{\text{вих}}=U_M \cdot \sin\alpha$  і при  $\beta = 90^\circ$   $U_{\text{вих}}=U_M \cdot \cos\alpha$ , де  $U_M$  - максимальна експериментальна напруга).

Таблиця 3.4. Результатів вимірів

Кут $\alpha$ , град.		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$\beta = 0^0$	$U_{\text{вих}}$ експ	1												
		2												
		3												
		$K_1$												
$U_{\text{вих теор}}$														
$\beta = 90^0$	$U_{\text{вих}}$ експ	1												
		2												
		3												
		$K_2$												
$U_{\text{вих теор}}$														

### Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Спільні відомості, схема сельсинной передачі.
3. Результати вимірів, графіки.

### Контрольні питання

1. Для чого можна використовувати схему з сельсин-трансформатором ?
2. Як працює система при зміні кута  $\alpha$ ?
3. Яка особливість характеристики системи при  $\beta = 0^0$  і  $\beta = 90^0$ ?
4. Що є вхідною і вихідною величинами системи ?

## Практична робота №4. Комбіновані системи дистанційної передачі сигналів

**Мета роботи.** Дослідження можливості вживання перетворювачів різної структури в системах дистанційної передачі.

**Спільні положення.** У лабораторних роботах №2 і 3 можна скласти схеми дистанційної передачі за допомогою однотипних перетворювачів.

На рис. 4.1 приведені схеми дистанційної передачі на перетворювачах різної структури. Необхідною умовою достовірної передачі є ідентичність характеристик первинного і вторинного перетворювачів, а також відсутність фазового зрушення ЕРС.

У "спільних положеннях" робіт 2 і 3 приведена інформація про узгодження характеристик перетворювачів і усунення фазових зрушень.

### Порядок виконання роботи

1. Виконати аналіз приведених схем дистанційної передачі з точки зору можливості їх практичного вживання. Обґрунтувати своє рішення.
2. Зібрати схему з реостатним і феродинамічним перетворювачами. Отримати дозвіл викладача на її дослідження.
3. Включити живлення і перевірити працездатність схеми.
4. Використовуючи інформацію з робіт 2 і 3, а також свою ерудицію, покажіть практично, яким чином зближуються значення переміщень первинного і вторинного перетворювачів.
5. Вимкнути живлення.
6. Зібрати схему з реостатним і диференційно – трансформаторним перетворювачами. Отримати дозвіл викладача на її дослідження. Виконати операції за п.п.3, 4 і 5.

7. Зібрати схему з феродинамічним і диференційно – трансформаторним перетворювачами. Отримати дозвіл викладача на її дослідження. Виконати операції за п.п. 3, 4 і 5 .

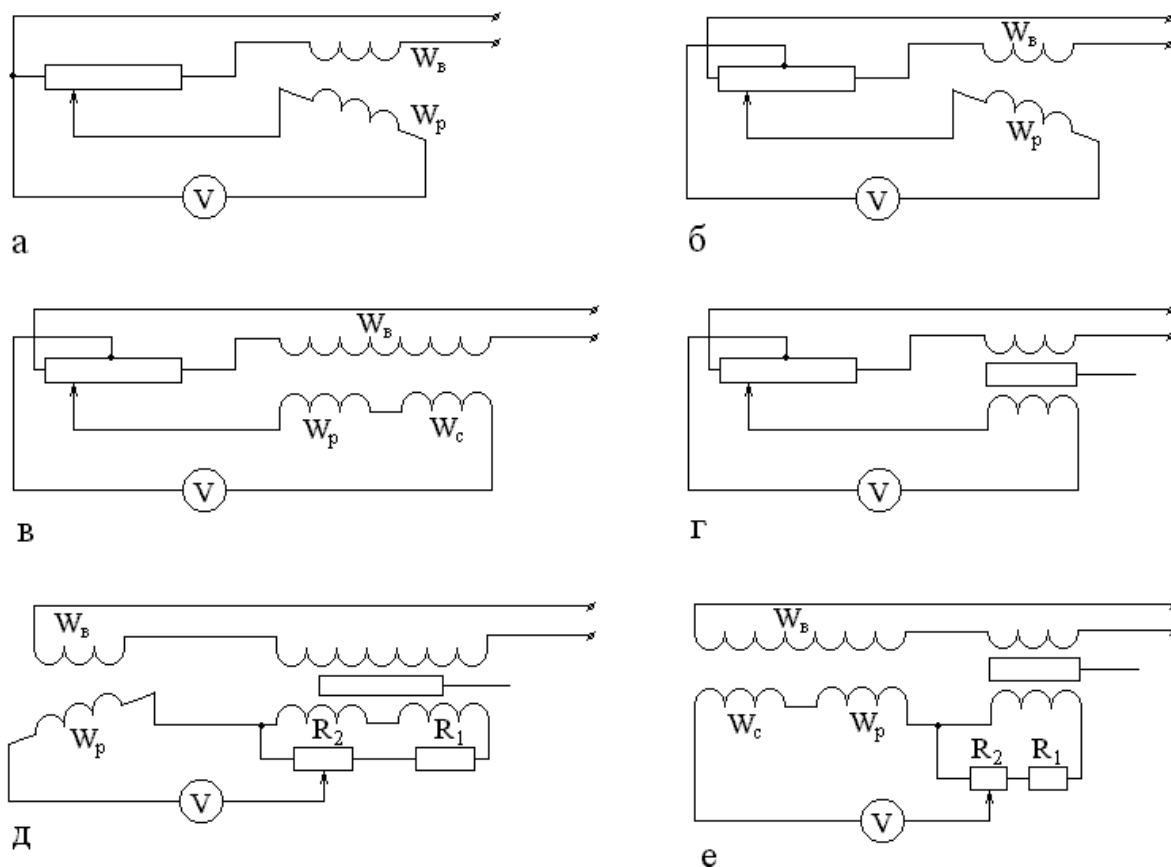


Рисунок 4.1- Схеми дистанційної передачі на перетворювачах різної структури.

### Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Схеми дистанційної передачі.
3. Опис способів зближення параметрів перетворювачів різної структури для кожної схеми.
4. Виводи.

### **Контрольні питання**

1. Які необхідні умови для достовірної передачі вимірювального сигналу?
2. Що передбачається на перетворювачах або в схемі включення для узгодження :
  - кута нахилу характеристик?
  - рівня вихідних сигналів?
3. Яким чином усувається фазове зрушення ЕРС?
4. Як необхідно з'єднати перетворювачі для отримання компенсаційної схеми?



## Практична робота №5. Реостатне регулювання крутного моменту

**Мета роботи.** Дослідження регулювання двигуна з незалежним збудженням.

Значення моменту  $M$  і швидкості  $\omega$  при заданому навантаженні  $M_c$  на кожному етапі роботи електроприводу визначається його механічною характеристикою. Змінюючи параметри і дії, від яких залежить механічна характеристика, можна змінювати в необхідному напрямленні момент, що розвивається двигуном при даній швидкості, і таким чином регулювати момент електроприводу.

Рівняння статичної механічної характеристики електродвигуна:

$$\omega = \frac{U}{k_E \Phi} - \frac{I_{я} R_{я}}{k_E \Phi} \quad \text{і} \quad \omega = \frac{U}{k_E \Phi} - \frac{M R_{я}}{k_E k_M \Phi^2}$$

При  $\Phi = \text{const}$  електромеханічна і механічна характеристики двигуна з незалежним збудженням лінійні. Тому кожна характеристика визначається лише точкою ідеального холостого ходу ( $I_{я} = 0$  і  $M = 0$ ) і точкою короткого замикання, в якій  $\omega = 0$ .

Якщо модуль статичної жорсткості  $\beta = k^2 \Phi^2 / R_{я\Sigma}$  (тут  $k_E = k_M = k$ ), тоді  $\omega_0 = U / (k \Phi)$  і  $\omega = \omega_0 - M / \beta$ . Таким чином,  $M = \beta(\omega_0 - \omega)$ . При регулюванні моменту параметр  $\beta$  змінювати можна опором  $R_{я\Sigma}$  у ланцюзі якоря двигуна.

Для підтримання моменту постійним необхідно збільшувати  $R_{я\Sigma}$  у лінійній залежності від швидкості, якщо вона зменшується.

На рис. 5.1,а наведена схема реостатного регулювання моменту, а на рис.5.1,б - природна характеристика  $M = f(\omega)$  (пряма 1) і характеристика 2, яка відповідає певному додатковому резистору в силовому ланцюзі. Точність регулювання моменту при характеристиці 2 визначається при заданих межах зміни швидкості електроприводу  $\Delta \omega_{\text{max}} = \omega_{\text{max}} - \omega_{\text{min}}$ . Практично при широких межах зміни швидкості (пуск, реверс) треба підтримувати зміни моменту в заданих межах від  $M_{\text{max}} = M_1$  до  $M_{\text{min}} = M_2$ . Для виконання цієї умови потрібна

ступінчаста або плавна зміна  $R_{доб}$  у міру зміни швидкості. Отже, для підтримки моменту постійним, необхідно змінювати опір силового ланцюга в лінійній залежності від швидкості у міру її зниження.

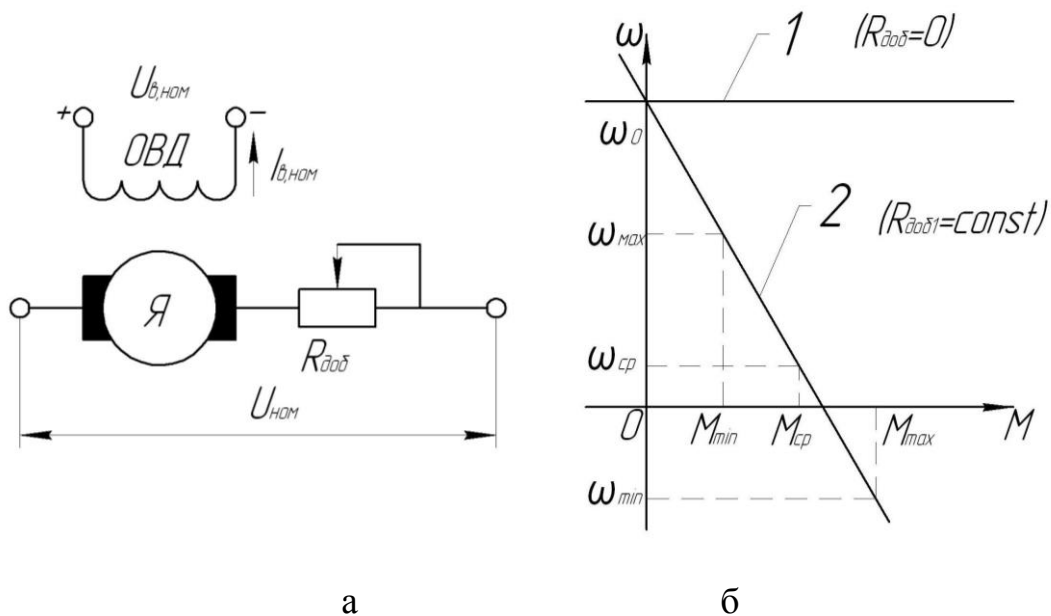


Рисунок 5.1 – Схема реостатного регулювання моменту (а) і механічні характеристики (б) двигуна постійного струму з незалежним збудженням

Для побудови механічної характеристики двигуна постійного струму з незалежним збудженням необхідно виконати розрахунки:

коефіцієнт ЕРС двигуна при номінальному потоці  $c = (U - I_{ном} \cdot R_{я}) / \omega_{ном}$ ;

швидкість ідеального холостого ходу  $\omega_0 = U / c$ ;

модуль статичної жорсткості  $\beta = c^2 / R_{я\Sigma}$ ;

рівняння механічної характеристики  $M = \beta(\omega_0 - \omega)$ ;

момент короткого замикання  $M_{кз} = \beta \cdot \omega_{ном}$ .

**Лабораторне устаткування.** Установка ДПЗК (рис.5.2) складається з підстави 1, опори 2 з тахометром 3, електродвигуна 4 і індикатора 5. Електродвигун через муфту 6 сполучений з редуктором 7, вихідний вал якого зв'язаний пружною муфтою 8 з пристроєм навантаження 9 (ручка

потенціометра 10 і тумблер 11 в роботі не використовуються). Контрольна лампочка 12 спалахує при подачі струму на електродвигун. Ручка потенціометра 13 дозволяє безступінчасто регулювати частоту обертання двигуна при його включенні тумблером 14.

Навантажувальний пристрій (стрічкове гальмо) складається з шківів, гальмівної стрічки, важила, мес дози і індикатора.

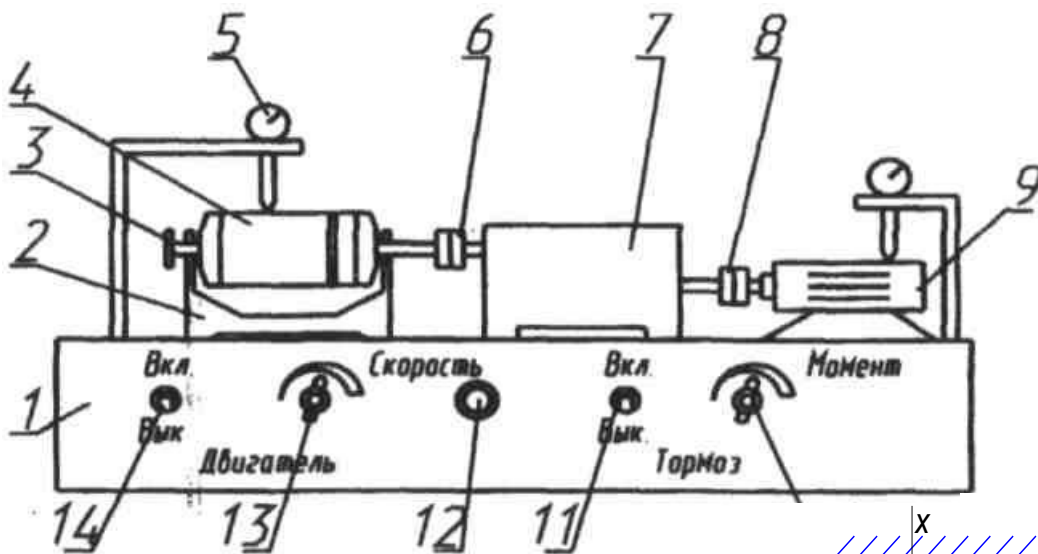
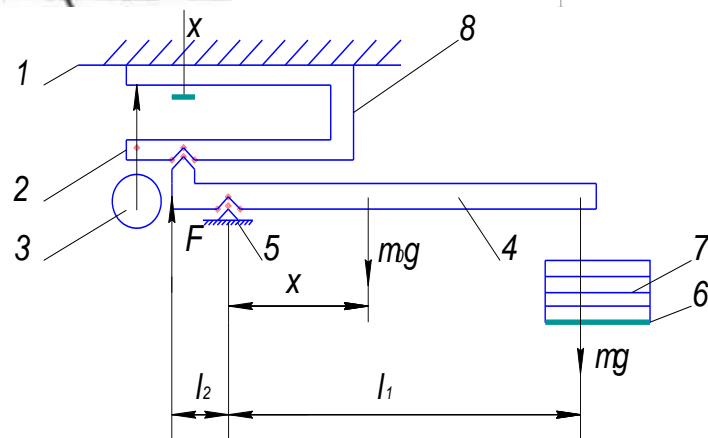


Рисунок 5.2 -  
Схема  
установки  
ДПЗК



б

Рисунок 5.3 – Схема стрічкового гальма (а) і пристрій для тарування месдоз (б)

Вимірювальний пристрій реактивного моменту  $M$  корпусу електродвигуна складається з плоскої пружини і індикатора 5, що спирається своїм штоком в пружину. При включеному електродвигуні реактивний момент

корпусу (рівний по абсолютному значенню моменту на валу електродвигуна) повертає корпус двигуна, важіль якого натискає на плоску пружину вимірювального пристрою. Деформація пружини передається на шток індикатора, відхилення стрілки якого відповідає певному значенню моменту на валу двигуна.

Момент  $M$  регулюється навантаженням стрічковим гальмом за рахунок зміни натягнення вітки, що збігає.

**Тарування вимірювального пристрою реактивного моменту  $M$  корпусу електродвигуна виконується при непрацюючому електродвигуні за допомогою тарувального пристосування, що складається з індикатора, важеля і вантажу масою  $m = 0,1$  кг. При цьому спочатку вантаж встановлюється на нульову відмітку, а стрілка індикатора – на нуль.**

Пересуваючи вантаж уздовж важелю, кожного разу фіксують відхилення стрілки індикатора. Кожне положення вантажу створює момент  $M_1 = g m l$  (де  $l$  – відстань від початку шкали на важелі до вантажу).

Таблиця 5.1 Результати тарування реактивного моменту електродвигуна

Параметри		Довжина плеча важеля $l$ , мм						
		30	60	90	120	150	180	210
Відхилення стрілки індикатора	1							
	2							
	3							
	$K_1$							
Момент $M_1$								

**Тарування месдози навантажувального пристрою:** зібрати тарувальний пристрій (рис. 5.3,б); “обнулити” індикатор; встановлюючи на планшайбу 6 (по наростанню) вантажі 7 (м), записувати показання індикатора в табл. 5.2.

Розібрати тарувальний пристрій. З урахуванням маси вантажів  $m_i$  і співвідношення пліч  $l_1$  та  $l_2$  важеля обчислити силу  $F$ . Розрахувати момент, що розвиває стрічкове гальмо і побудувати тарувальний графік  $M_2=f(K_2)$ .

Таблиця 5.2 Результати тарування месдозы

Параметри		Маса вантажу $m$ , кг					
Відхилення стрілки індикатора	1						
	2						
	3						
	$K_2$						
Момент $M_2$							

### Порядок виконання

1. Виконати тарування пружини, що сприймає реактивний момент двигуна, трьома спробами. Внести результати до таблиці 5.1. Побудувати тарувальний графік за середнім значенням  $K_1$ .
2. Виконати тарування месдозы. Внести результати до таблиці 5.2. Побудувати тарувальний графік за середнім значенням  $K_2$ .
3. Задати сумарний опір у якірному ланцюзі  $R_{я\sigma}$  (декілька значень вказує викладач).
4. Задати навантаження за тарувальним графіком месдозы шляхом зміни довжини стрічки.
5. При кожному значенні  $R_{я\sigma}$  експериментально визначити кутову швидкість  $\omega$  і реактивний момент  $M$  двигуна по три рази і внести результати до таблиці 5.3. Момент  $M$  відлічувати за шкалою індикатора на двигуні і тарувальним графіком.
6. Розрахувати середні значення швидкості ( $K_3$ ) і моменту ( $K_4$ ).
7. За приведених вище формулах розрахувати кутову швидкість  $\omega$  і при кожному значенні  $R_{я\sigma}$  момент  $M_{теор}$  і внести результати до таблиці 5.2.

8. Побудувати теоретичну характеристику двигуна за двох точок ( $\omega_0$  і  $M_{K3}$ ) і для кожного значення  $R_{ЯΣ}$  графік  $M_{експ. ср} = f(\omega_{експ. ср})$ .

Таблиця 5.3 Результати експериментального дослідження

$R_{ЯΣ}$ , Ом				
$\omega_{експ}$	1			
	2			
	3			
	$K_3$			
$M_{експ}$	1			
	2			
	3			
	$K_4$			
$M_{теор}$				

### Зміст звіту

1. Мета роботи. Загальні положення.
2. Схема установки.
3. Тарувальні графіки.
4. Схема включення двигуна.
5. Характеристики двигуна.
6. Виводи.

### Контрольні питання

1. Пояснити принцип тарування пружини, що сприймає реактивний момент двигуна.
2. Яким чином задається навантаження двигуна?
3. Як змінюється нахил характеристики двигуна за рахунок  $R_{ЯΣ}$ ?

4. Як регулюють момент двигуна і у яких межах?
5. Який параметр впливає на регулювання моменту і як цей параметр змінити, щоб момент збільшити (зменшити)?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Погорелов С.В. Автоматизация приводів машин. Конспект лекцій. – Запоріжжя: ЗДІА, 2006 – 176с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода.– М.: Энергоатомиздат, 1985.– 560 с.
3. Афанасьев В.Д. Автоматизированный электропривод в прокатном производстве. – М.: Металлургия, 1979. – 280с.
4. Филатов А.С. Электропривод и автоматизация реверсивных станов холодной прокатки. – М: Металургия, 1973. – 376с.