

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Кафедра електричної інженерії

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт з курсу
"Електропривод типових виробничих механізмів"
для студентів спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка електромеханіка

м. Кривий Ріг
2023 рік

Укладачі:

Юлій ФІЛПП – доцент,

Ігор ПЕРЕСУНЬКО – доцент,

Дмитро КАЛЬМУС – ст. викладач

Методичні вказівки включають комплекс лабораторних робіт з електропривода типових виробничих механізмів і охоплюють теоретичний матеріал згідно з діючою програмою курсу. Кожна лабораторна робота містить короткі теоретичні положення про роботу електропривода типових виробничих механізмів, програму роботи, методичні вказівки до виконання роботи і оброблення результатів експериментальних досліджень, зміст звіту і контрольні запитання.

Дані методичні вказівки допоможуть студентам опанувати теоретичний курс та набути навички самостійного опрацювання теоретичного матеріалу та експериментальних досліджень з курсу «Електропривод типових виробничих механізмів».

Розглянуто на засіданні

кафедри ЕІ

Протокол № 1

від 01.09 2023 р

Схвалено на вченій раді

електротехнічного факультету

Протокол № 1

від 01.09 2023 р

Зміст

Лабораторна робота №1	
Дослідження механічних характеристик і енергетичних показників електропривода насосного агрегату	
Лабораторна робота № 2	
Дослідження режимів роботи електропривода конвеєра за системою ПЧ-АД	
Лабораторна робота №3	
Дослідження режимів роботи електропривода вентилятора за системою ПЧ-АД	
Лабораторна робота №4	
Експериментальне дослідження електропривода підйомної лебідки з перетворювачем частоти	
Лабораторна робота №5	
Дослідження характеристик електропривода з широтно-імпульсним перетворювачем	
Лабораторна робота №6	
Дослідження енергетичних характеристик електропривода з широтно-імпульсним перетворювачем	
Лабораторна робота №7	
Вивчення системи підлеглого керування збудження синхронного двигуна компресора	
Лабораторна робота №8	
Дослідження режимів роботи свердлильно-зенковального верстату моделі ОФ-72Б	

Лабораторна робота №1

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОГО АГРЕГАТУ

Мета роботи: Вивчення будови перетворювача частоти і дослідження механічних і енергетичних характеристик регульованого електропривода насосного агрегату.

Короткі теоретичні відомості

Сучасне встаткування промислових підприємств, у тому числі стаціонарні шахтні установки, до яких ставляться піднімальні машини, компресорні станції, потужні вентиляторні установки й установки головного водовідливу, постачені вузлами тертя - підшипниками, що працюють у тяжких умовах. Ці вузли постачені централізованою циркуляційною системою рідкого мастила. Масло подається в систему за допомогою маслососів, які створюють певний тиск масла в системі.

Централізовані циркуляційні системи рідкого мастила залежно від призначення можна розділити на дві групи:

- 1) обслуговуючі нормальні вузли тертя й зубчасті зачеплення, для яких не потрібна високий ступінь очищення масла й строге регулювання тиску;
- 2) обслуговуючі підшипники рідинного тертя, для яких необхідна високий ступінь очищення масла й строге регулювання його тиску й температури.

Тиск масла в маслосистемі строго регламентується й підтримується на певному рівні. Найбільше просто це завдання може бути вирішена застосуванням регульованого електропривода маслососу.

Регульований електропривод насосних агрегатів може бути використаний в потужних технологічних установках, що вимагає регулювання подачі рідкого палива, охолодної рідини й т.п.

Експлуатаційні властивості подібних механізмів визначаються Q - H характеристикою, що являє собою залежність $H = f(Q)$ при $\omega = \text{const}$. Ці характеристики одержують експериментальним шляхом і приводяться в каталогах для незмінної номінальної швидкості. Для одержання Q - H характеристики для іншої швидкості використовують стандартну Q - H характеристику й закони пропорційності.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2$$

У наведених вираженнях Q , H і ω являють собою відповідно подачу, напір і кутову швидкість насоса.

Для розрахунку механічної характеристики $M_{\text{ст}} = f(\omega)$ насоса попередньо необхідно розрахувати й побудувати характеристику магістралі, підключеної до насоса, що виражається наступним співвідношенням:

$$H_{\text{маг}} = H_{\text{ст}} + k_{\text{маг}} \cdot Q^2$$

де $H_{\text{маг}}$ - напір в магістралі, м;

$H_{\text{ст}}$ - статичний напір магістралі, м;

$k_{\text{маг}}$ - коефіцієнт опору магістралі;

Q - подача насоса, м³/с.

Коефіцієнт опору магістралі можна розрахувати по формулі при заданому значенні $H_{\text{ст}}$, , з огляду на, що при номінальній подачі $Q = Q_{\text{маг}}$ напір магістралі дорівнює номінальному напору насоса: $H_{\text{маг}} = H_n$.

Характеристика магістралі будується в Q-H координатах разом з характеристикою насоса. Для кожної крапки перетинання визначимо Q , H і ω і визначимо момент опору:

$$M_{cm} = \frac{Q \cdot H}{\eta \cdot \omega}$$

де γ - щільність рідини (890 кг/м³); $g = 9,8$ м/с² - прискорення вільного падіння; η - ККД; ω - кутова швидкість насоса.

Приблизно механічна характеристика насоса в робочому діапазоні зміни моменту опору описується параболою з показником ступеня k :

$$M_{cm} = M_{cm \max} \left(\frac{\omega}{\omega_{\max}} \right)^k$$

$$k = \frac{\lg \frac{M_{cm \max}}{M_{cm \min}}}{\lg \frac{\omega_{\min}}{\omega_{\max}}}$$

де $M_{cm \max}$, $M_{cm \min}$ - відповідно мінімальний і максимальний момент на валу насоса; $\omega_{\min}$, $\omega_{\max}$ - мінімальна й максимальна кутова швидкість насоса, що відповідають $M_{cm \max}$ і $M_{cm \min}$

Опис лабораторної установки

Лабораторна установка складається з лабораторного стенда й системи маслоподачі. Як система маслоподачі використовуються шестерний маслonaсос, що приводить у рух двигуном постійного струму, і акумуляторний бак. Маслonaсос й акумуляторний бак з'єднані між собою системою трубопроводу. У трубопровід вмонтована технологічні контрольно-вимірювальні апаратури, що містить манометр, датчик тиску, витратомір, а також запірні апаратури для перекриття мастилопроводу - вентиль. Живлення приводного двигуна здійснюється від тиристорного перетворювача типу ЕТУ -3601.

Далі наведені основні технічні данні обладнання:

Масляний насос шестерного типу

Тип	Г 12-33М
Тиск	$P = 63 \text{ кг/см}^2$
Продуктивність	$Q=35 \text{ л/хв}$
Частота обертання.....	$n = 960 \text{ об/хв}$
Робочий об'єм	$V_0 - 40 \text{ см}^3$
ККД.....	$\eta = 0,6$

Привідний електродвигун

Тип.....	ПБВ-100МУЗ
Номінальна потужність	$P_n = 0,75 \text{ кВт}$
Номінальна напруга	$U_n = 52 \text{ В}$
Номінальний струм.....	$I_n = 16 \text{ А}$
ККД.....	$\eta = 0,8$
Момент інерції двигуна	$J = 0,013 \text{ кг*м}^2$
Частота обертання.....	$n_n=1000 \text{ об/хв}$

Перетворювач

Тип.....	ЕТУ-3601
Опір обмотки якоря	$R_{я} = 0,29 \text{ Ом}$
Сумарний опір якірного ланцюгу.....	$R_{яц} = 0,617 \text{ Ом}$
Номінальна випрямлена напруга.....	$U_{\bar{d}}=115 \text{ В}$
Номінальний струм.....	$I_{\bar{d}}=10 \text{ А}$
Напруга живлення напруги.....	$U_c = 220 \text{ В}$

Схема електричної частини установки показана на рис.1.1.

Система електропривода багатоконтурна з підлеглим регулюванням і містить контури струму, швидкості й тиски. Останній включається тумблерами $B1$, $B2$. Отже, система може працювати і як розімкнута по технологічному параметрі.

Живлення перетворювача здійснюється від мережі змінного струму включенням автомата Q . Напруга завдання для розімкнутої системи по тиску реалізується за допомогою

задавача частоти обертання, що контролюється вольтметром $V1$. Для замкнутої системи регулювання необхідний тиск задається задавачем тиску феродинамічного типу, послідовно включеного з датчиком тиску BP , у якості якого використовується

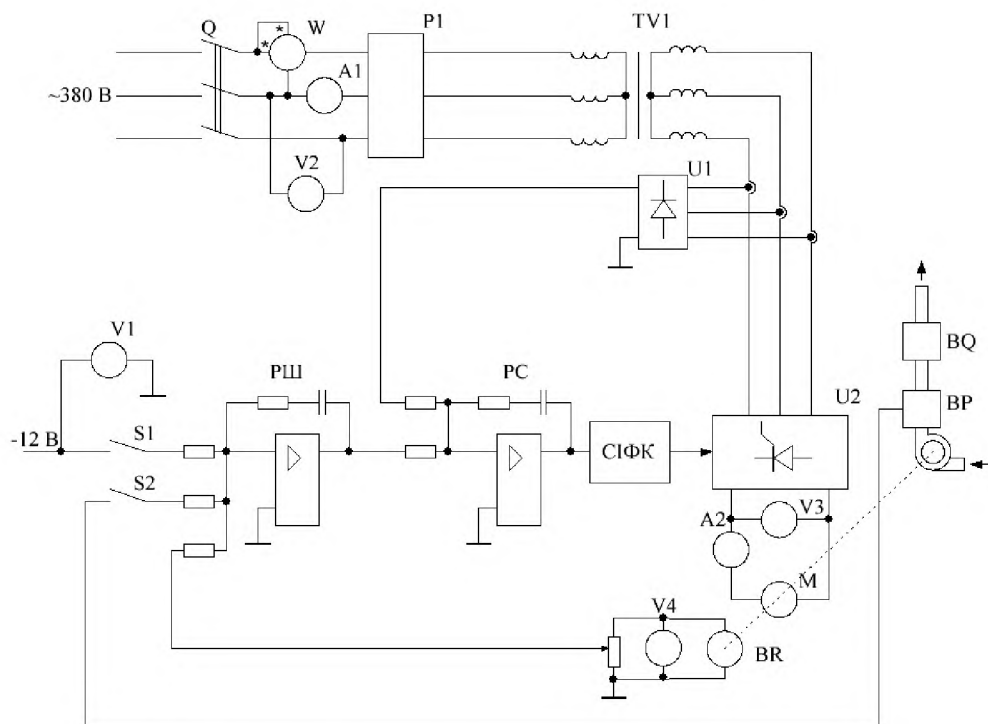


Рис.1.1. Функціональна схема електропривода насоса.

манометр типа МЭД. Потужність, споживана установкою від мережі змінного струму, вимірюється ватметром W , а струм мережі – амперметром $A1$. У силовий ланцюг постійного струму включений амперметр $A2$ и вольтметр $V3$. Ці прилади дозволяють контролювати напруга й струм, споживана двигуном постійного струму.

Частота обертання двигуна контролюється за показниками вольтметра $V4$, включеного в ланцюг

тахогенератора. Витрата рідини контролюється за допомогою датчика витрати BQ .

Виконання роботи.

Механічна характеристика системи електропривода агрегату розімкнутої системи Механічна характеристика насосного агрегату може бути розрахована в такий спосіб:

$$M = \frac{P_n}{\omega}$$

де P_n - корисна потужність на валу двигуна;

$$P_n = P_d - \Delta P = U_d \cdot I_d - I_d^2 \cdot R_{яц}$$

де I_d , U_d - відповідно струм і напруга якірного ланцюгу двигуна;

$R_{яц}$ - повний опір якірного ланцюга;

ω - частота обертання двигуна.

Механічні характеристики знімаються зміною U_3 для 2 - 3 фіксованих положень вентиля масло системи, причому тиск не більш 1,5 атм.

Енергетичні показники

ККД визначається для електропривода й електромеханічної установки. Для електропривода:

$$\eta = \frac{P_n}{P_c}$$

де P_c - потужність, споживана з мережі, яка визначається:

$$P_c = 3P_{\text{в}}k_{\text{тс}}$$

де $P_{\text{в}}$ – потужність за показами ватметра, включеному в одну фазу; $k_{\text{тс}}$ – коефіцієнт трансформатору струму перетворювача; $k_{\text{тс}}=2$

Коефіцієнт потужності приводу:

$$\cos\varphi = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U_c \cdot I_c}$$

ККД насосної установки:

$$\eta_{\text{м}} = \frac{Q \cdot H}{P_n}$$

Напір H і подачу рідини визначають за показниками манометра й витратоміра Q , інші параметри P_c , I_d , I_c , P_c та ω - за показниками відповідних приладів, які заносять в табл. 1.1, а результати розрахунків – в табл. 1.2

Таблиця 1.1

№ п/п	U_3 В	I_d А	U_d В	I_c пд	I_c А	P_c пд	P_c Вт	n об/хв	ω 1/с	$\frac{Q}{\text{м}^3/\text{с}}$ $\times 10^{-5}$	H , атм	H , кПа
$R_{\text{маг}} = R_{\text{маг мин}}$												
1												
2												
3												
4												
5												
$R_{\text{маг}} = R_{\text{маг макс}}$												
1												
2												
3												
4												
5												

Таблиця 1.2

№ п/п	P_d Вт	ΔP , Вт	$P_{\text{п}}$ Вт	$M_{\text{ст}}$ Нм	$\cos\phi$	η	$\eta_{\text{м}}$
$R_{\text{маг}} = R_{\text{маг мин}}$							
1							
2							
3							
4							
5							
$R_{\text{маг}} = R_{\text{маг макс}}$							
1							
2							
3							
4							
5							

Порядок виконання роботи.

1. Вивчити функціональну схему лабораторного стенда.
2. Вивчити технічні характеристики електрообладнання лабораторного стенду і підготувати таблиці для записів експериментальних даних.
3. Виконати вимірювання параметрів електропривода при двох фіксованих положеннях крану навантаження

насосу і декілька значень напруги завдання швидкості обертання валу насосу.

4. Обчислити і побудувати залежності $H=f(Q), H=f(\omega), P_{\text{п}}=f(\omega), \cos\varphi=f(\omega), \cos\varphi=f(Q), \eta=f(P_{\text{п}}), \eta=f(Q), \eta_{\text{м}}=f(Q)$.
5. Дати висновки по отриманим графікам.

Зміст звіту.

У звіті навести: мету роботи, функціональну схему електропривода лабораторного стенда насосного агрегату, формули розрахунків, таблиці отриманих та розрахункових даних, а також графіки залежностей.

Контрольні питання.

1. Як визначається потужність двигуна насосу?
2. Які знаєте способи регулювання тиску і продуктивності насосу?
3. Що представляє собою явище кавітації у насосних агрегатах і як можна захистити насоси від нього?
4. Як залежить тиск, продуктивність і споживана потужність при регулюванні частоти обертання насосу?
5. Як залежить тиск, продуктивність і споживана потужність при регулюванні частоти обертання насосу?
6. Які види регульованого електропривода можуть бути використаними для насосних агрегатів?
7. Які способи компенсації реактивної потужності у мережах живлення насосних агрегатів ви знаєте?

Лабораторна робота № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА КОНВЕЄРА ЗА СИСТЕМОЮ ПЧ-АД

Мета роботи: Дослідження пуско-гальмівних режимів роботи електропривода конвеєра за системою ПЧ-АД

Короткі теоретичні відомості

Конвеєрний транспорт широко використовується в металургійному виробництві, оскільки забезпечує потоковість транспортування, максимальну продуктивність, високий ступінь автоматизації, малу чисельність обслуговуючого персоналу й високу безпеку.

Застосування регульованого електропривода для конвеєрів дозволяє забезпечити плавність пуску, знизити динамічні навантаження встаткування й керування технологічним процесом.

Лабораторний стенд із регульованим електроприводом конвеєра включає перетворювач частоти, асинхронний електродвигун й апаратуру керування.

Даний конвеєр має кінематичну схему, що надано на рис.6.1.

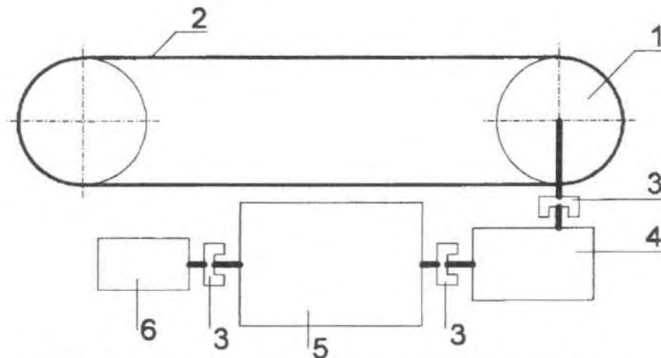


Рис.2.1. Кінематична схема стрічкового конвеєра.

1 – конвеєр; 2 – стрічка конвеєру; 3 – муфти; 4 – редуктор; 5 – електродвигун; 6 – тахогенератор.

Технічні параметри лабораторного конвеєру наведені у
табл.2. 1.

Таблиця 2.1

№ п/п	Найменування	Параметри
1	Діаметр приводного барабана, мм	100
2	Повна довжина конвеєра, м	2,535
3	Ширина стрічки, см	12,8
4	Час повного проходження стрічки, с	50,2
5	Відстань між вісями барабанів, м	1,1
6	Кути обхвату барабанів	180°
7	Тип редуктора	редуктор черв'ячний
8	ККД редуктора	0,9
9	Потужність приводного двигуна, кВт	0,25
1 0	Тип привода	Однодвигунний

На підставі вихідних даних виконуються
розрахунки конвеєра.

Лінійна швидкість конвеєра:

$$V = \frac{L}{t}$$

де L - повна довжина конвеєра, м;

t - час повного проходження стрічки, с.

Передаточне число редуктора:

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{бар}}}$$

де $n_{\text{дв}}$ - швидкість обертання ротору двигуна ($n_{\text{дв}}=750\text{об/хв}$);

$n_{\text{бар}}$ - швидкість обертання приводного барабана:

$$n_{\text{бар}} = \frac{V}{R_{\text{бар}}}$$

Продуктивність конвеєра визначається:

$$Q = \frac{P_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{м}}}{c \cdot L \cdot k_3}$$

де $P_{\text{дв}}$ – потужність двигуна;
 $\eta_{\text{м}}$ – к.к.д. механічної передачі, $\eta_{\text{м}}=0,75 - 0,8$;
 L – довжина конвеєру, м;
 k_3 – коефіцієнт запасу, $k_3=1,1 - 1,25$;
 c – коефіцієнт продуктивності конвеєру (табл.2.2).

Таблиця 2.2

$L, \text{ м}$	$Q, \text{ т/ч}$			
	10	50	200	400
10	2,00	0,92	0,50	0,37
50	0,66	0,35	0,22	0,18
200	0,35	0,21	0,14	0,12

Функціональна схема лабораторного стенда

Випрямляч в залежності від отриманого сигналу від СІФК змінює значення потужності, що використовується, шляхом зміни напруги на своєму виході. Випрямлений струм подається на інвертор де він перетворюється на змінний струм потрібної частоти, що потрапляє на двигун. Двигун в залежності від напруги та частоти отриманого струму змінює швидкість обертання.

Опис елементів системи керування

Система керування електроприводом конвеєра, що представлена на рис.2.2, складається з: вимірювальної частини, комутуючої апаратури й сигналізації та частини керування АД конвеєра з перетворювачем частоти.

До частини керування перетворювачем частоти відносяться:

Перетворювач частоти типу FR-S520S-0.75K-EC;

Блок ручного керування типу БРУ-7;

Ключі керування типу SA1, SA2.

Перетворювач частоти типу FR-S520S-0.75K-EC має такі технічні характеристики:

Номінальна вхідна напруга 220-240В, 50/60Гц

Допустимий інтервал напруг 170-264В

Допустиме відхилення вхідної частоти 5%

Номінальна вихідна потужність 1,6 кВА

Номинальний вихідний струм	4,1 А
Вихідна напруга трифазна	200-240В 50/60Гц
Охолодження системи	природне

Перетворювач частоти має схему підключення надану на рис 2.3. Клеми підключення перетворювача частоти

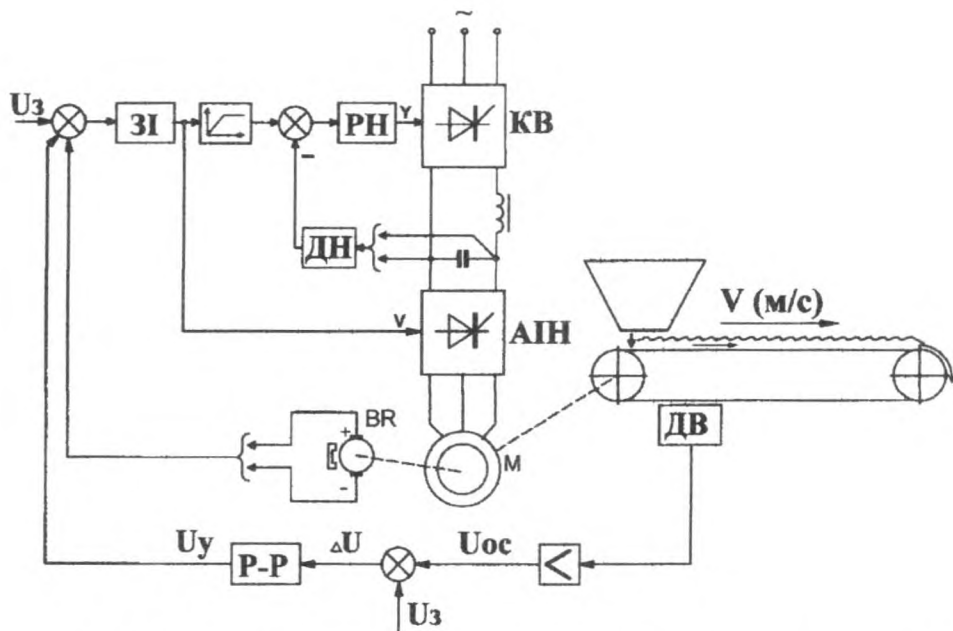


Рис.2.2. Функціональна схема електропривода стента стрічкового конвеєра за системою ПЧ-АД.

розділені на дві групи: силову групу (представлена на рис.2.4) та групу керування та сигналізації (представлена на рис.2.5).

До складу силової групи клем входять такі клеми:

«L1», «N - Живлення

«U», «V», «W» - Виходи на двигун

«-» - Мінус ланки постійного струму

«+», «P1» - Підключення дроселя постійного струму (при відсутності дроселя постійного струму встановити перемичку між цими клемми).

А. "Заземлення"

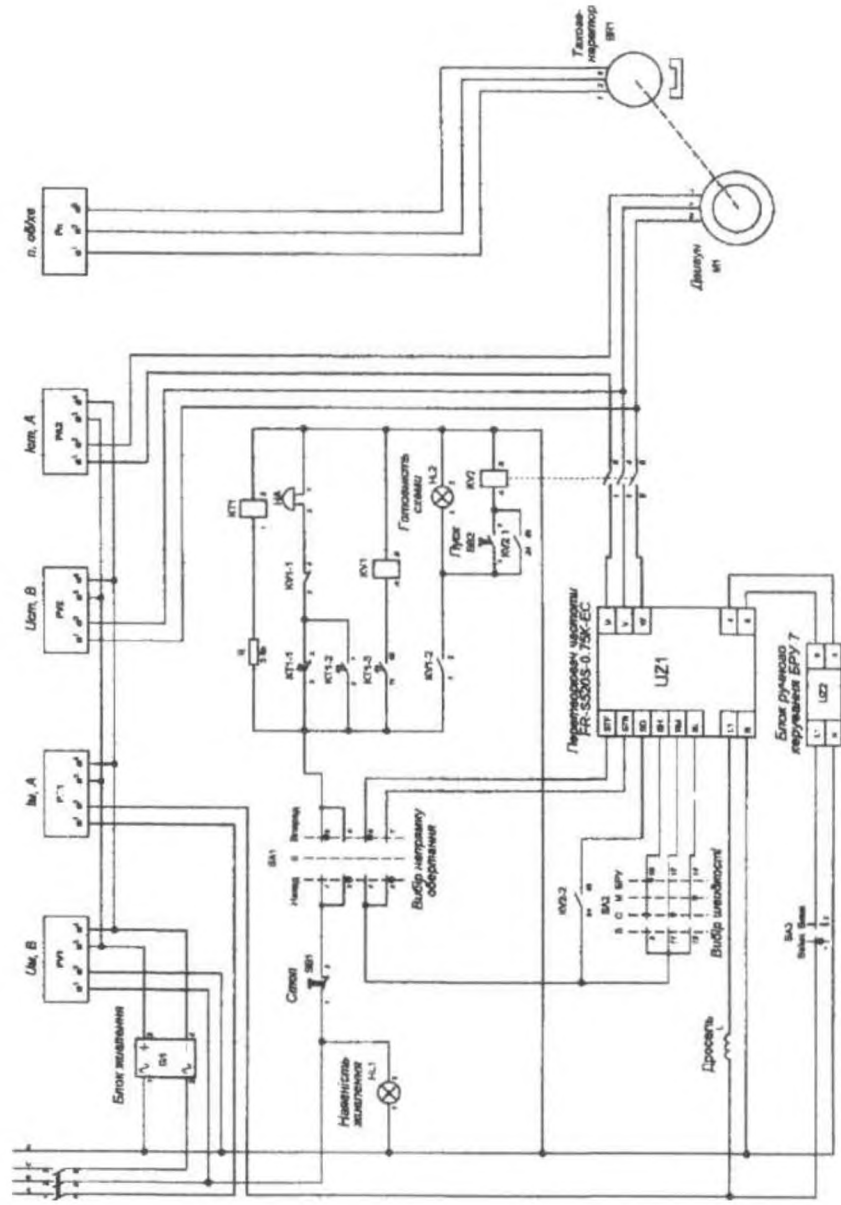


Рис. 2.3. Схема електрична принципова лабораторного стенду

Блок ручного керування БРУ-7 призначений для використання у локальних та комплексних системах промислової автоматизації виробничих процесів у якості станції ручного керування аналоговими виконуючими механізмами або ручного задавача аналогових сигналів з індикацією. Можливі функції:

- вимірювання та індикація технологічного параметра (із сигналами відхилення)
- ручне або дистанційне перемикання з автоматичного керування на ручний та назад
- індикація режимів керування
- ручний задавач аналогових сигналів

Блок БРУ-7 має:

- один канал вимірювання аналогової величини;
- один аналоговий задавач;
- вмонтований вузол індикації, що складається з одного 4-х розрядного семисегментного індикатора;
- ручку керування виконуючим механізмом
- клавішу АВТ/РУЧ для зміни режиму керування.

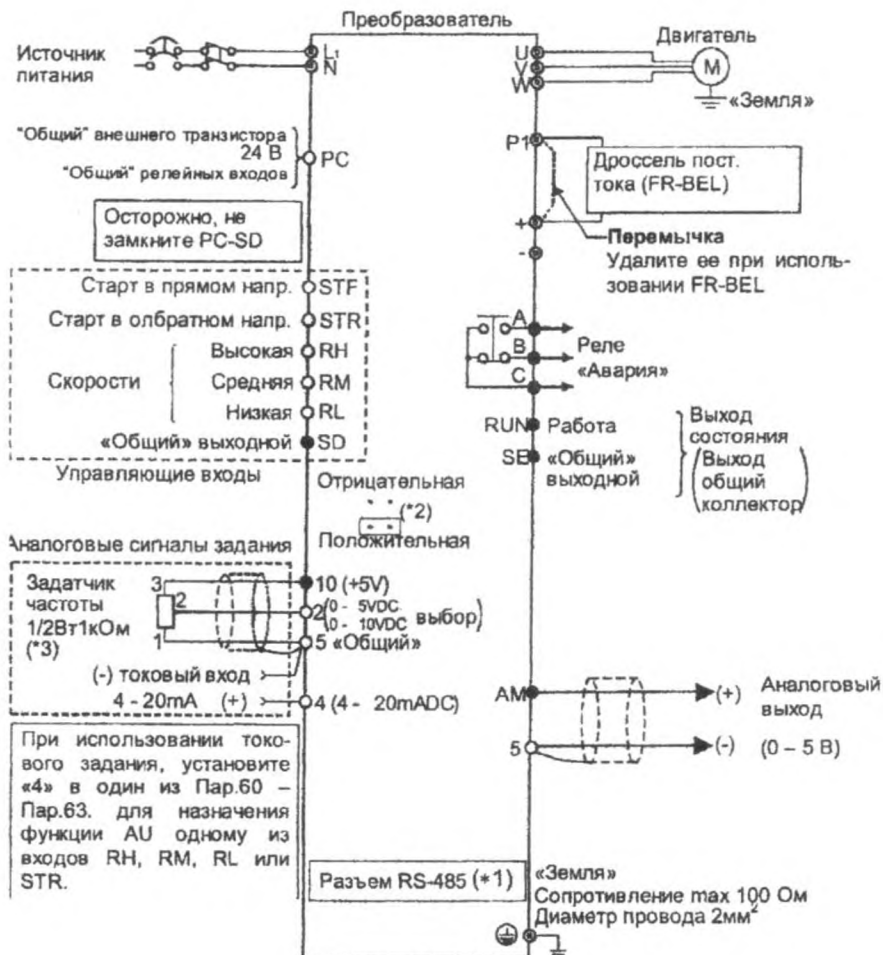


Рис. 2.4. Схема підключення перетворювача частоти

Блок БРУ-7 містить реле з магнітним блокуванням, що виконує функції перемикача на два положення. Перемикання реле виникає при проходженні імпульсу постійного струму через відповідну обмотку. Повторення імпульсу струму у тій же обмотці, а також вимкнення живлення стан реле не змінюють. Для зміни стану контактів необхідно пропустити імпульс струму іншою обмоткою.

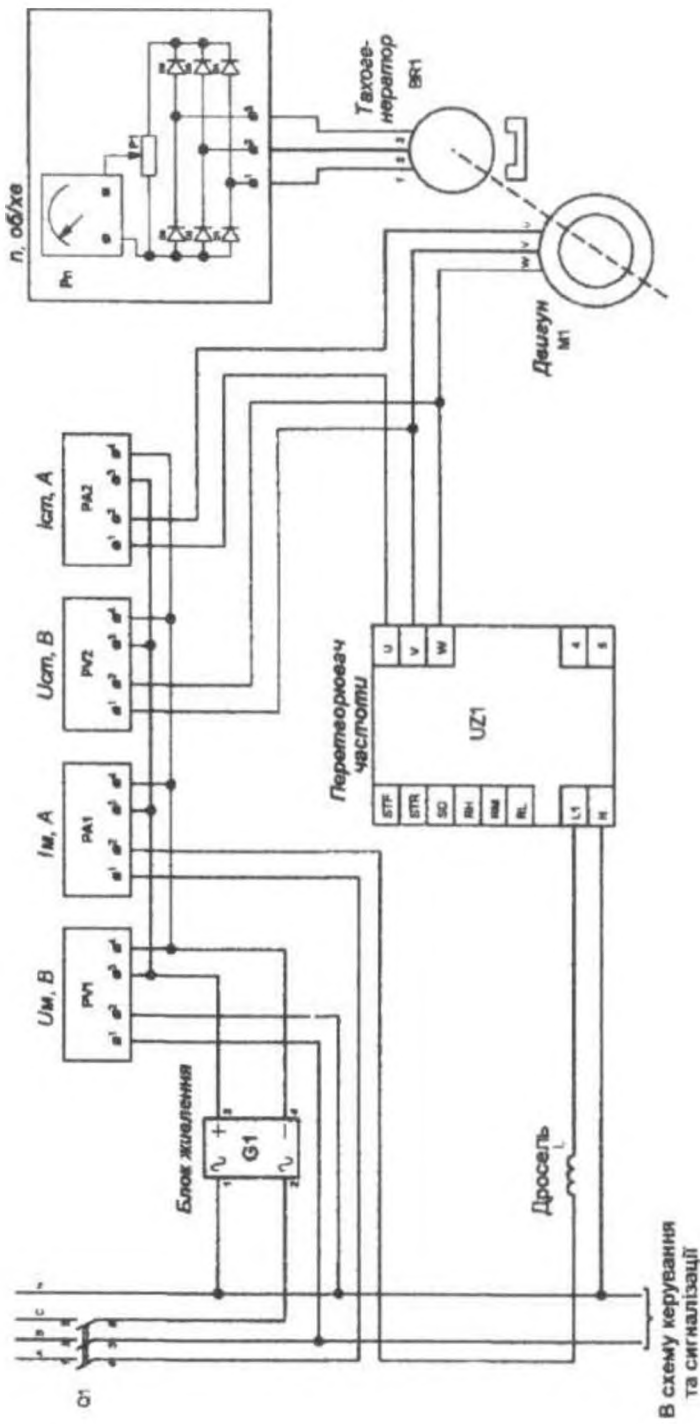


Рис.2. 5. Схема електрична підключення контролюно - вимірювальних приладів.

Вимірювальна частина.

Схема підключення контрольно-вимірювальних приладів надана на рис 6.5.

Для живлення приладів використовується напруга постійного струму. Для отримання цієї напруги використовується блок живлення стабілізованої напруги G1. Величина вхідної однофазної напруги змінного струму даного блоку живлення - ~ 220 В , а величина вихідної стабілізованої напруги постійного струму - 9 В.

Порядок роботи на лабораторному стенді .

Пуск конвеєра від ключів місцевого керування

Вихідний стан

1. Автомат *QF1* вимкнений
2. Ключ *SA1* «Вибір напрямку обертання» в положенні «0»
3. Ключ *SA2* «Вибір швидкості» в положенні «В»
4. Ключ *SA3* «Ввімкнення блока ручного керування» в положенні «Вимк.»

Послідовність роботи.

Пуск.

1. Ввімкнути автомат *QF1*

Почне світитися лампа «Наявність живлення» та з'явиться індикація на трьохрозрядному індикаторі перетворювача частоти

2. Ввімкнути усі вимірювальні прилади натисканням кнопок *SB3* - *SB6*

На цифрових індикаторах вимірювальних приладів з'явиться індикація.

3. Перевести ключ *SA1* «Вибір напрямку обертання» в положення, що відповідає необхідному напрямку обертання

Після переведення ключа *SA1* «Вибір напрямку обертання» у будь-яке положення почне працювати система передпускової сигналізації, що буде помітно за звуковими сигналами. Буде подано два звукових передпускових сигнали. Один одразу після зміни положення ключа *SA1* (тривалість 10 секунд). Другий сигнал - через 30 секунд після закінчення першого (тривалість 30 секунд).

4. Дочекатися загорання лампи «Готовність схеми»
5. Натиснути кнопку *SB2* «Пуск»
6. Змінювати швидкість обертання зміною положення ключа *SA2* «Вибір швидкості». («В» - висока (50Гц), «С» - середня (30Гц), «М» - мала (10Гц))
7. Для зміни напрямку обертання ротора електродвигуна виконати пп. 3-5.

Зупинка.

1. Перевести ключ *SA1* «Вибір напрямку обертання» в положення «0»
2. Натиснути кнопку *SB1* «Стоп»

Пуск конвеєра від блока дистанційного керування *UZ2* «БРУ»

Вихідний стан.

1. Автомат *QF1* вимкнений
2. Ключ *SA1* «Вибір напрямку обертання» в положенні «0»
3. Ключ *SA2* «Вибір швидкості» в положенні «В»
4. Ключ *SA3* «Ввімкнення блока ручного керування» в положенні «Вимк.»

Послідовність роботи.

Пуск.

1. Ввімкнути автомат *QF1*. Почне світитися лампа

«Наявність живлення» та з'явиться індикація на трьохрозрядному індикаторі перетворювача частоти

2. Ввімкнути усі вимірювальні прилади натисканням кнопок SB3 - SB6. На цифрових індикаторах вимірювальних приладів з'явиться індикація.

3. Перевести ключ SA1 «Вибір напрямку обертання» в положення, що відповідає необхідному напрямку обертання.

3. Дочекатися загорання лампи «Готовність схеми»

4. Перевести ключ SA3 «Ввімкнення блока ручного керування» в положення «Ввімк.»

5. Задавач на передній панелі БРУ виставити в нульове положення.

6. Перевести ключ SA2 «Вибір швидкості» в положення «БРУ» - *зміна швидкості з блоку ручного керування*

7. Натиснути кнопку SB2 «Пуск».

8. Змінювати швидкість обертання ротора електродвигуна зміною положення задавача на передній панелі БРУ

9. Для зміни напрямку обертання ротора електродвигуна виконати пп. 3,4,8.

Таблиця 2.3.

Таблиця відповідності значень показань індикаторів БРУ та перетворювача частоти.

ПЧ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
БРУ	6,6	13,4	20	27,2	34,6	42,6	52,1	63,8	78,5	100

Зупинка.

1. Виставити в нульове положення задавач на передній панелі БРУ.

2. Перевести ключ SA1 «Вибір напрямку обертання» в положення «0».

3. Натиснути кнопку SB1 «Стоп».

Таблиця параметрів привода

Таблиця 2.4

		Мін.швидк. Ручка М	Серед. швидк. Ручка С	Макс. швидк. Ручка В
мережа	$PV1$, В			
мережа	$PA1$, А			
статор	$PV2$, В			
статор	$PA2$, А			
статор	f_m , Гц			
ротор	n , об/хв.,			
ротор	ω , 1/с			

Тепер побудуємо графіки залежностей $\omega=f(I_c)$, $\omega=f(f_m)$, $\omega=f(U_m)$.

Порядок виконання роботи.

1. Вивчити схеми лабораторного стенда.
2. Виконати необхідні розрахунки з визначення передаточного числа редуктора та продуктивності конвеєра.
3. Виконати визначення струму, напруги, частоти напруги двигуна та частоти обертання валу при мінімальній, середній та максимальній швидкостях обертання валу двигуна.
4. Побудувати графіки залежностей частоти обертання від напруги, струму і частоти живлення двигуна.

Зміст звіту.

У звіті навести: мету роботи, функціональну, принципову схеми лабораторного стенда, схему підключення перетворювача частоти, таблицю з експериментальними і розрахунковими даними, розрахункові формули, графіки залежностей, а також висновки про похибки обчислень.

Контрольні питання.

1. Як визначається потужність двигуна конвеєру?
2. Наведіть умову відсутності ковзання стрічки по барабану конвеєра (формулу Ейлера).

3. Які фактори впливають на характер динамічних режимів при пуску конвеєру?
4. Які умови пуску і гальмування конвеєрної лінії, яка складається з декілька конвеєрів?
5. Наведіть види захисту конвеєру.
6. Наведіть види регульованого електропривода, які можуть бути використаними для конвеєрів.
7. Як здійснюється вирівнювання навантаження у багатодвигунному електроприводі конвеєру ?

Лабораторна робота №3

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА ЗА СИСТЕМОЮ ПЧ-АД

Мета роботи: Дослідження режимів роботи регульованого електропривода вентилятора за системою ПЧ-АД.

Короткі теоретичні відомості

Вентиляція займає відповідальне місце у виробничих процесах на підприємствах для поліпшення умов праці та її безпеки. Для вентиляторів використовують асинхронний і синхронний електропривод.

Впровадження регульованого електропривода дозволяє полегшити пуск потужних електродвигунів та забезпечити оптимізацію режимів енергоспоживання. Вирішенню цього питання сприяє використання регульованого електропривода за системами ПЧ-АД і ВД.

Лабораторний стенд вентилятора змонтований з регульованим електроприводом за системою ПЧ-АД.

Кінематична схема вентилятора наведена на рис.3.1, а на рис.3.2 – функціональна схема системи керування електропривода вентилятору.

Як видно із рис.3.2 система електропривода вентилятора побудована з використанням дволанкового перетворювача частоти, основними елементами якого є керований випрямляч (КВ) та керований інвертор (АІН) із відповідними системами керування.

Випрямляч в залежності від отриманого сигналу від СУВ змінює значення потужності, що використовується, шляхом зміни напруги на своєму виході. Випрямлений струм подається на інвертор, де він перетворюється на змінний струм потрібної частоти, що потрапляє на двигун. Двигун в залежності від напруги та частоти отриманого струму змінює швидкість

обертання.

Тиск визначається датчиком тиску (ДР), сигнал з цього датчика через підсилювач подається на суматор, де він порівнюється з сигналом завдання за продуктивністю. Сигнал, отриманий на виході суматора, потрапляє на вхід регулятора тиску (РТ). Регулятор після запрограмованих обчислень виробляє корегуючий сигнал. Цей сигнал подається на другий суматор, де він порівнюється з сигналом датчика швидкості (**BR**) сигналом системи керування інвертором (СІФК) та сигналом завдання за напругою. Сигнал, отриманий на виході цього суматора потрапляє на регулятор напруги (РН), що видає сигнал керування до системи керування випрямлячем (СІФК). Система керування випрямлячем регулює використання електричної потужності за допомогою випрямляча.

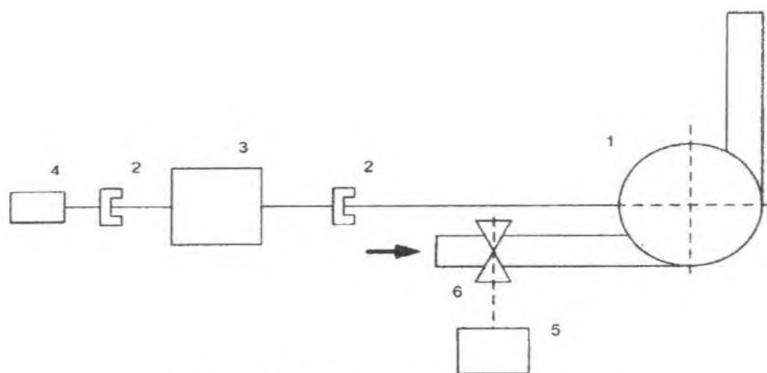


Рис.3.1.Кінематична схема вентилятора.

1 – вентилятор; 2 – з’єднувальна муфта; 3 – електродвигун; 4 – тахогенератор; 5 - електродвигун засувки; 6 – засувка.

На рис.3.2 KB – керований випрямляч; АІН – автономний інвертор напруги; РН – регулятор напруги; ДН – датчик напруги; ФП – функціональний перетворювач; ЗІ – за датчик інтенсивності; ВР – тахогенератор; ДР – датчик тиску; М – двигун вентилятору; КК – кнопка керування засувкою.

Опис елементів системи керування

Система керування електроприводом вентилятора складається з: вимірювальної частини, комутуючої апаратури та частини керування АД вентилятора з перетворювачем частоти.

До частини керування перетворювачем частоти відносяться:

Перетворювач частоти типу MC07B0030-5A3-4-00;

Блок ручного керування типу БРУ-7;

Ключі керування типу SA1, SA2

Перетворювач частоти типу MC07B0030-5A3-4-00 має такі технічні характеристики:

Номінальна вхідна напруга 380 - 500В 50/60Гц

Допустимий інтервал напруг 170 - 264В

Допустиме відхилення вхідної частоти 5%

Номінальна вихідна потужність 4,8 кВА

Номінальний вихідний струм 6,3 А

Вихідна напруга трифазна 380 - 400В 50/60Гц

Охолодження системи природне

Перетворювач частоти має схему підключення надану на рис 3.3. Клеми підключення перетворювача частоти розділені на дві групи: силову групу та групу керування та сигналізації.

До складу силової групи клем входять такі клеми:

«L1, L2, L3 », «РЕ» - Живлення

«U», «V», «W», «РЕ» - Виходи на двигун

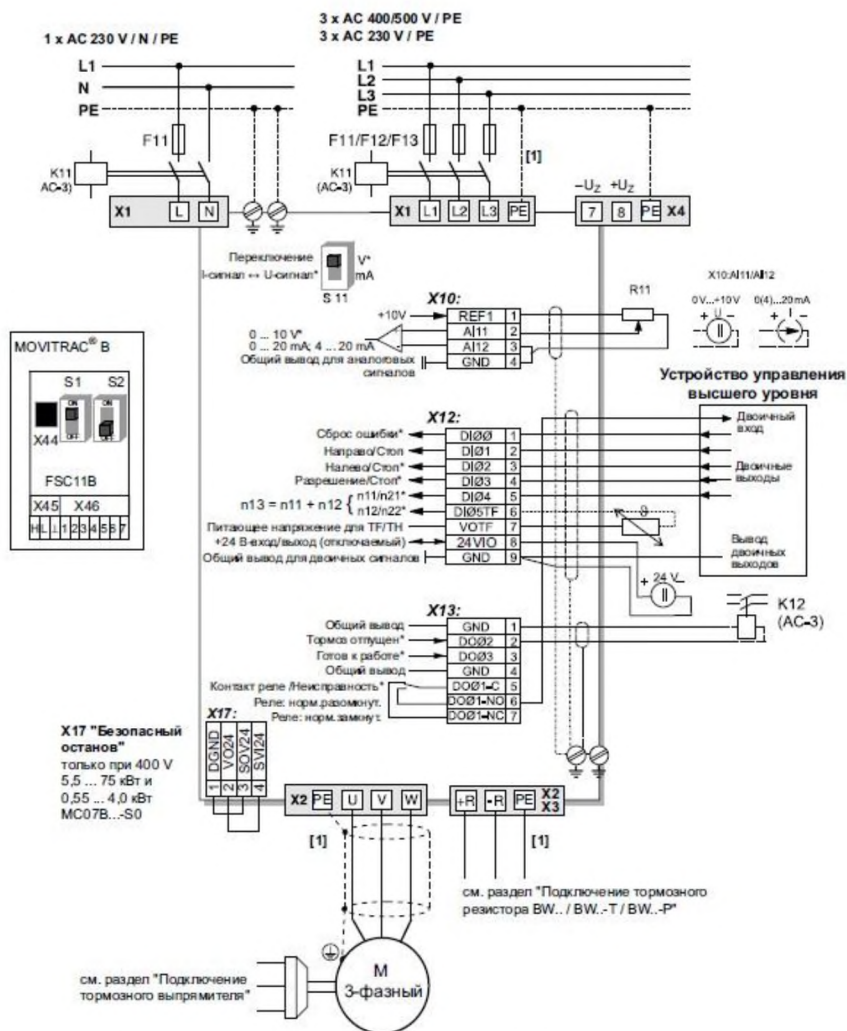


Рис.3.3.Схема підключення перетворювача частоти.

До складу групи керування та сигналізації входять:

«DIO1» - Пуск в прямому напрямку(направо/стоп)

«DIO3» -Дозвіл на пуск/швидкий стоп

«24VIO» - +24В-вход/вихід.

На рис.3.4 наведена схема підключення блока ручного керування БРУ-7.

Блок ручного керування БРУ-7 призначено для використання у локальних та комплексних системах промислової автоматизації виробничих процесів у якості станції ручного керування аналоговими виконуючими механізмами або ручного задавача аналогових сигналів з індикацією.

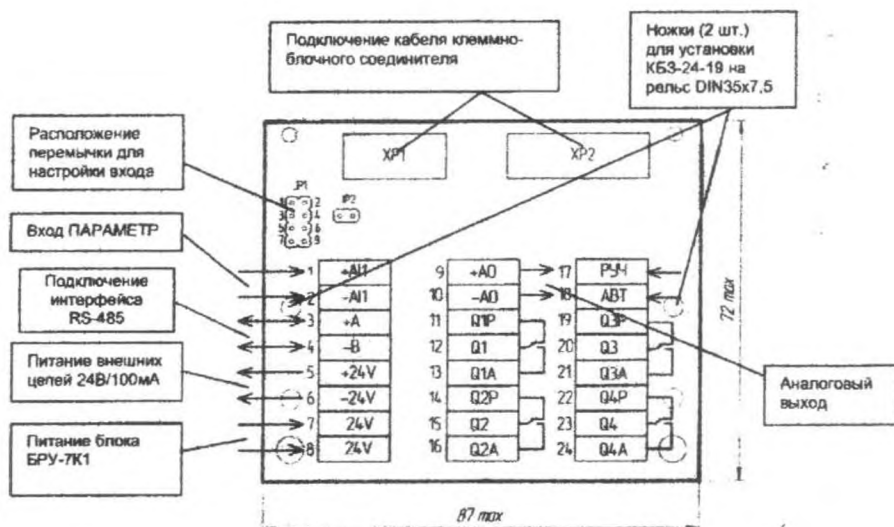


Рис.3.4. Схема підключення клемно-блокового з'єднувача КБЗ-24-19-0,75 блока БРУ-7.

Блок БРУ-7 використовується для перемикання кіл керування виконуючими пристроями чи механізмами, індикації режимів роботи, вимірювання та індикації одного технологічного параметру.

Можливі функції блоку:

- вимірювання та індикація технологічного параметра (із сигналами відхилення);

- ручне або дистанційне перемикання з автоматичного керування на ручний та назад;
- індикація режимів керування;
- ручний задавач аналогових сигналів.

Блок БРУ-7 має:

- один канал вимірювання аналогової величини;
- один аналоговий задавач;
- вмонтований вузол індикацій, що складається з одного 4-х розрядного семисегментного індикатора;
- ручку керування виконуючим механізмом;
- клавішу *АВТ/РУЧ* для зміни режиму керування;

Блок БРУ-7 містить реле з магнітним блокуванням, що виконує функції перемикача на два положення. Перемикання реле виникає при проходженні імпульсу постійного струму через відповідну обмотку. Повторення імпульсу струму у тій же обмотці, а також вимкнення живлення стан реле не змінюють. Для зміни стану контактів необхідно пропустити імпульс струму іншою обмоткою.

Внутрішня програмна пам'ять блока БРУ-7 має велику кількість стандартних функцій необхідних для візуалізації та керування технологічним процесом, а також вирішення більшості інженерних задач, наприклад, таких, як:

- порівняння результату перетворення з уставками *MIN*, *MAX* та сигналізування відхилень
- програмне калібрування каналів за зовнішнім зразковим джерелом аналогового сигналу
- цифрова фільтрація
- масштабування шкал параметрів, що вимірюються
- знаходження квадратного кореню
- лінеаризація величини, що вимірюється.

Параметри конфігурації блока ручного керування БРУ-7 зберігаються в енергонезалежній пам'яті, і прилад здатен поновити виконання задач керування після переривання напруги живлення. Батарея резервного живлення не використовується.

Для кращого керування технологічним процесом блок ручного керування БРУ-7 обладнано активною чотирихрозрядною індикацією для відображення вимірюємої величини, клавішами обслуговування та сигналізаційними світлодіодними індикаторами *MIN*, *MAX*.

Призначення клавіш та індикації

Дисплей «Параметр» - у режимі «Робота» показує значення вимірюємої величини, у режимі «Конфігурування» номер або значення вибраного параметра.

Індикатор *MAX* - світиться, якщо значення вимірюємої величини перевищує значення уставки сигналізації (відхилення *MAX*)

Індикатор *MIN* - світиться, якщо значення вимірюємої величини менше значення уставки сигналізації (відхилення *MIN*)

Індикатор *РУЧ* - світиться, якщо прилад знаходиться у режимі керування виконуючим механізмом.

Клавіша *РУЧ/АВТ* - натискання клавіші переводить з атоматичного режиму у режим ручного керування та назад. Клавіша з фіксацією. БРУ-7 може під'єднуватися різними способами, один з них за допомогою клеммно-блочного з'єднувача КБЗ-24-19, який використаний для підключення ПЧ.

Ключі керування SA1. SA2 призначені для дистанційного керування електроприводом вентилятора.

SA1 - для зміни швидкості обертання ротору електродвигуна;

SA2 - для подачі напруги живлення на прилад UZ2 «Блок ручного керування»

Автомат QF1 - для подачі напруги живлення на лабораторний стенд, а також на перетворювач частоти

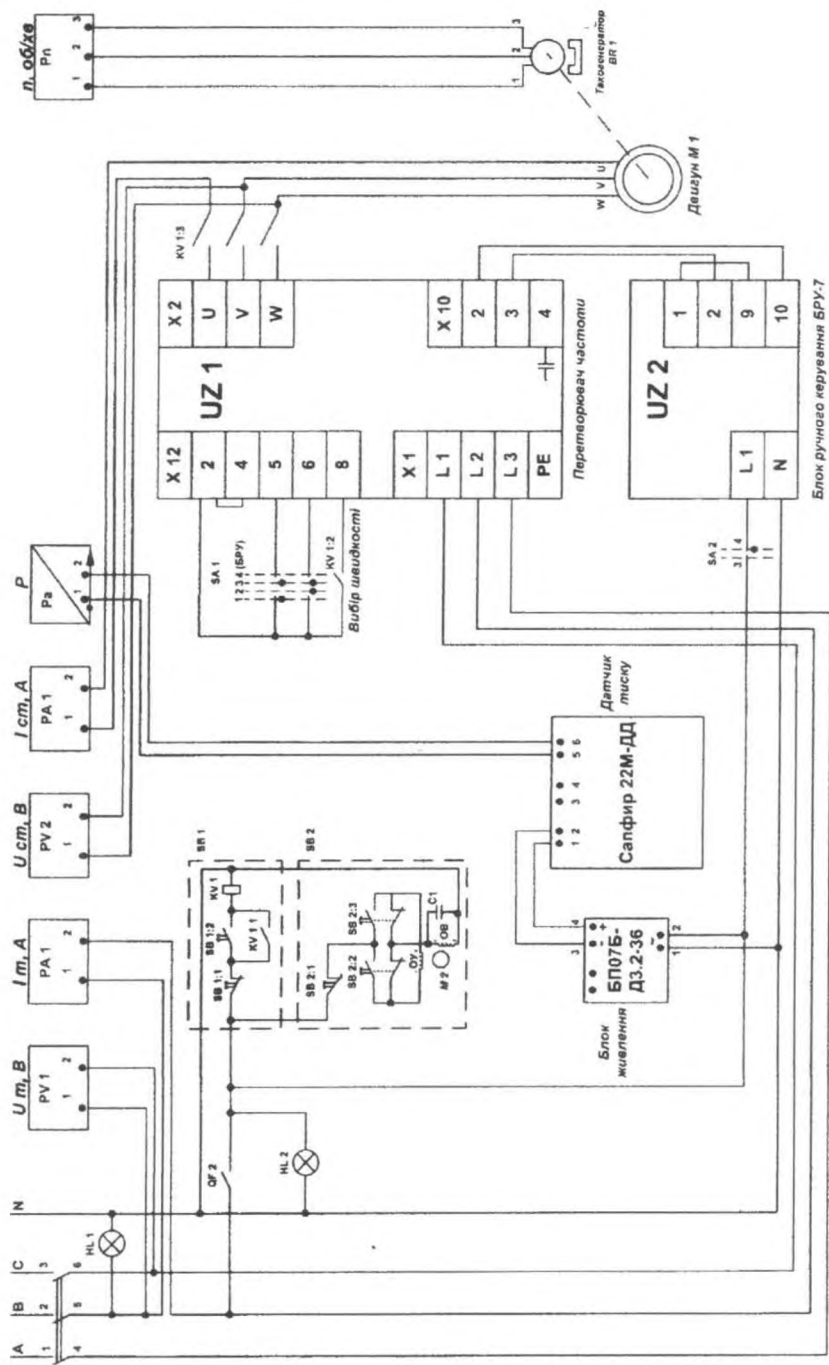


Рис. 3.5. Схема електрична принципова лабораторного стенда

Автомат QF2 2 - для подачі напруги живлення на блок живлення(БП- 07) датчику тиску«Сапфир»,а також ланцюги керування електросхемою.

На рис.3.5 наведена електрична принципова схема лабораторного стенду.

Порядок роботи на лабораторному стенді

Пуск вентилятора від ключів місцевого керування

Вихідний стан

1. Автомат *QF1* вимкнений
2. Автомат *QF2* вимкнений
3. Ключ *SA1* «Вибір швидкості» в положенні «1»
4. Ключ *SA2* «Ввімкнення блока ручного керування» в положенні «Внмк.»
- 5.Засувка у положенні «0°».

Пуск

- 1 .Ввімкнута автомат *QF1*

Почне світитися лампа HL1 «Наявність живлення» та з'явиться індикація (StoP) на п'ятирозрядному індикаторі перетворювача частоти

- 2.Ввімкнути автомат *QF2*

Почне світитися лампа HL2 «Наявність живлення» та буде подана напруга до блоку живлення (БП-07) датчика тиску типу «Сапфир».

3. Натиснути кнопку *SB1* «Пуск»

*4.Змінювати швидкість обертання зміною положення ключа *SA1* «Вибір швидкості». («1»- мала (27,6Гц), «2»- середня (37,5Гц), «3»- висока <50Гц),*

*5. Змінюючи положення засувки від 0° до 90° за допомогою кнопки *SB2* (зачинено/відчинено). При цьому почне змінюватися навантаження на колесо вентилятора.*

Зупинка

1. Натиснути кнопку *SB1* «Стоп»

2. Ключ *SA1* «Вибір швидкості» в положенні «1»
3. Засовка повернути у положення «0°»

Пуск вентилятора від блока дистанційного керування UZ2 «БРУ».

Вихідний стан

1. Автомат *QF1* вимкнений
2. Автомат *QF2* вимкнений
3. Ключ *SA1* «Вибір швидкості» в положенні «1»
4. Ключ *SA2* «Ввімкнення блока ручного керування» в положенні «Вимк.»
5. Засовка у положенні «0°»

Пуск

1. Ввімкнути автомат *QF1*. Почне світитися лампа *HL1* «Наявність живлення» та з'явиться індикація (StoP) на п'яти розрядному індикаторі перетворювача частоти

2. Ввімкнути автомат *QF2*.

Почне світитися лампа *HL2* «Наявність живлення» та буде подана напруга до блоку живлення (БП-07) датчика тиску типу «Сапфір».

3. Перевести ключ *SA2* «Ввімкнення блока ручного керування» в положення «Ввімк.».

4. Задатчик на передній панелі БРУ виставити в нульове положення.

5. Перевести ключ *SA1* «Вибір швидкості» в положення «БРУ» - *зміна швидкості з блоку ручного керування*.

6. Натиснути кнопку *SB1* «Пуск».

7. Змінювати швидкість обертання ротора електродвигуна зміною положення задавача **на** передній панелі БРУ

8. Змінюючи положення засовки від 0° до 90° за допомогою кнопки *SB2* (зачинено/відчинено). При цьому почне змінюватися навантаження на колесо вентилятора.

Таблиця відповідності значень показань індикаторів БРУ та перетворювача частоти (табл.3.1).

Таблиця 3.1

ПЧ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
БРУ	9,6	16,8	26,1	37,0	47,2	57,3	67,4	77,6	87,6	100

Зупинка.

1. Виставити в нульове положення задавач на передній панелі БРУ.
2. Натиснути кнопку SB1 «Стоп».
3. Ключ SA1 «Вибір швидкості» в положенні «1».
4. Ключ SA2 «Ввімкнення блока ручного керування» в положенні «Вимк.».
5. Засувка у положенні «0°».

Налагодження параметрів роботи перетворювача частоти

Клавіші **UP/DOWN**(вверх/вниз)↑↓ - для вибору індикації, піктограм та зміни значень.

Клавіша **OUT/ENTER** - для виклику та відміни меню символів або меню параметрів.

Клавіша **RUN** - для запуску привода.

Клавіші **STOP/RESET** - використовується для скиду у випадку несправності та для зупинки приводу.

Ручка задавача - положення значення не має.

Вихідне значення параметрів - встановлені у відповідності до заводських установок.

Проведення експериментальних досліджень

Таблиця 3.2

$\alpha = 45^\circ$				$\alpha = \text{відкр}$		
$n, \text{об/хв}$						
I_c, A						
U_c, B						
$H, \text{кПа}$						
$f_{\text{мб}}, \text{Гц}$						

Порядок виконання роботи.

1. Вивчити схеми лабораторного стенда.
2. Виконати визначення параметрів електропривода для двох положень засувки і зміні частоти обертання від 0 до номінального значення.
3. Побудувати графіки залежностей
 $H=f(\omega), \omega=f(I_c), H=f(\alpha), I_c=f(\alpha), U_c=f(f_M)$.
4. Дати висновки про похибки обчислень.

Зміст звіту.

У звіті навести: мету роботи, функціональну та принципову схему лабораторного стенда, схему підключення перетворювача частоти, отримані данні при проведенні лабораторної роботи та графіки залежностей.

Контрольні питання.

1. Як визначається потужність двигуна вентилятора?
2. Який вид мають $Q-H$ характеристики?
3. Як визначається діапазон регулювання швидкості регульованого електропривода вентилятора при відомій характеристиці пневматичної мережі?
4. Які види регульованого електропривода можуть бути використаними для вентиляторів?
5. Наведіть способи регулювання продуктивності і тиску вентиляторів.
6. Що собою представляє явище помпажу у турбомеханізмах і які способи ви знаєте його не допущення.

Лабораторна робота №4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПІДЙОМНОЇ ЛЕБІДКИ З ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ

Мета роботи: Вивчення принципової електричної схеми і системи керування електропривода підйомної лебідки з перетворювачем частоти серії CFM210

Короткі теоретичні відомості

На базі перетворювача частоти CFM210 й асинхронного двигуна був розроблений лабораторний стенд електропривода однокінцевої підйомної лебідки з поліспастом, кінематична схема якої зображена на рис. 4.1.

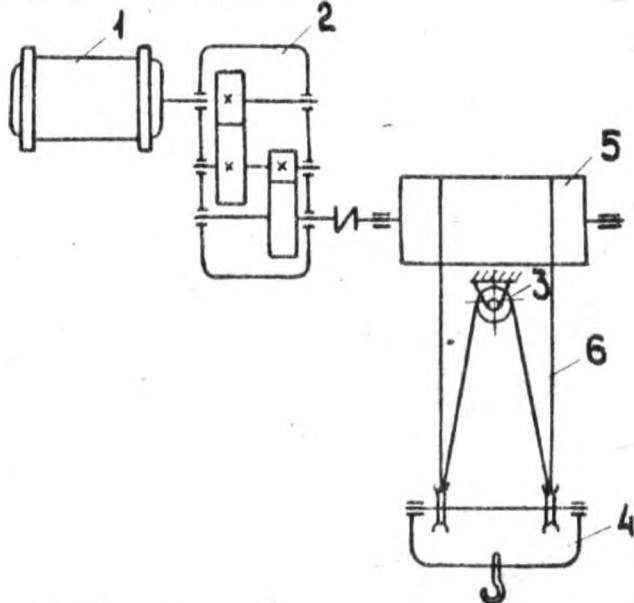


Рис. 4.1 – Кінематична схема механізму підйому однокінцевої підйомної лебідки

Механізм підйому лебідки складається із двигуна 1, редуктора 2, поліспаста 3, вантажозахоплювального пристрою 4, приводного барабана 5 і гнучкого троса 6. Як привід використовують асинхронний трифазний двигун з короткозамкненим ротором.

Електродвигун вмонтований у корпус редуктора. Вихідний вал редуктора через фракційну муфту з'єднаний із

приводним барабаном. Вся система приводу змонтована на нижній площадці металоконструкції. Вантажозахоплювальний пристрій з'єднаний із приводним барабаном лебідки за допомогою гнучкого каната через систему блоків, що представляють собою поліспасти. Нерухома частина поліспасти підвішена до верхньої горизонтальної площадки металоконструкції.

Механічні перевантаження обмежуються за допомогою фрикційної муфти. Тягове зусилля на барабані регулюється й залежить від зусилля, з яким натискний диск блоку фрикціону притискається до стінки барабана.

Схема керування електроприводом лебідки на базі перетворювача частоти наведена на рис. 4.2, монтажна схема стенду – на рис.4.3.

Включення стенда здійснюється автоматичним вимикачем Q1 "Живлення перетворювача". Напруга $\sim 220\text{В}$ надходить на вхід перетворювача, сигнальну лампу Н1 і на ділянку релейно-контакторної схеми керування й захисту електропривода лебідки. При цьому загоряється лампа Н1 і перетворювач видає звуковий сигнал, що він перебуває під напругою.

При натисканні кнопки S2 "Нагору" включаються реле KV1 і пускач KM1, відповідно, двигун М підключається до перетворювача частоти U1.

Для пуску двигуна лебідки необхідно натиснути кнопку S5 "Пуск". Швидкість обертання двигуна лебідки регулюється резистором R1 "Швидкість".

Для останова двигуна необхідно натиснути кнопку S4 "Стоп". При цьому двигун зупиняється, але залишається підключеним до перетворювача частоти. Для аварійного відключення двигуна можна також натиснути кнопку S1 "Стоп", при цьому відключається пускач KM1 й, відповідно, двигун М. Для повторного включення двигуна необхідно вибрати напрямок руху кнопками S2 "Вгору" або S3 "Вниз" і натиснути кнопку S5 "Пуск".

У схемі керування передбачений нульовий захист електропривода контактами KV1.2 й KV2.2, включеними паралельно контактам кнопок S2, S3, що виключає мимовільне включення електропривода після краковременного провалля й появи напруги живлення $\sim 220\text{ В}$.

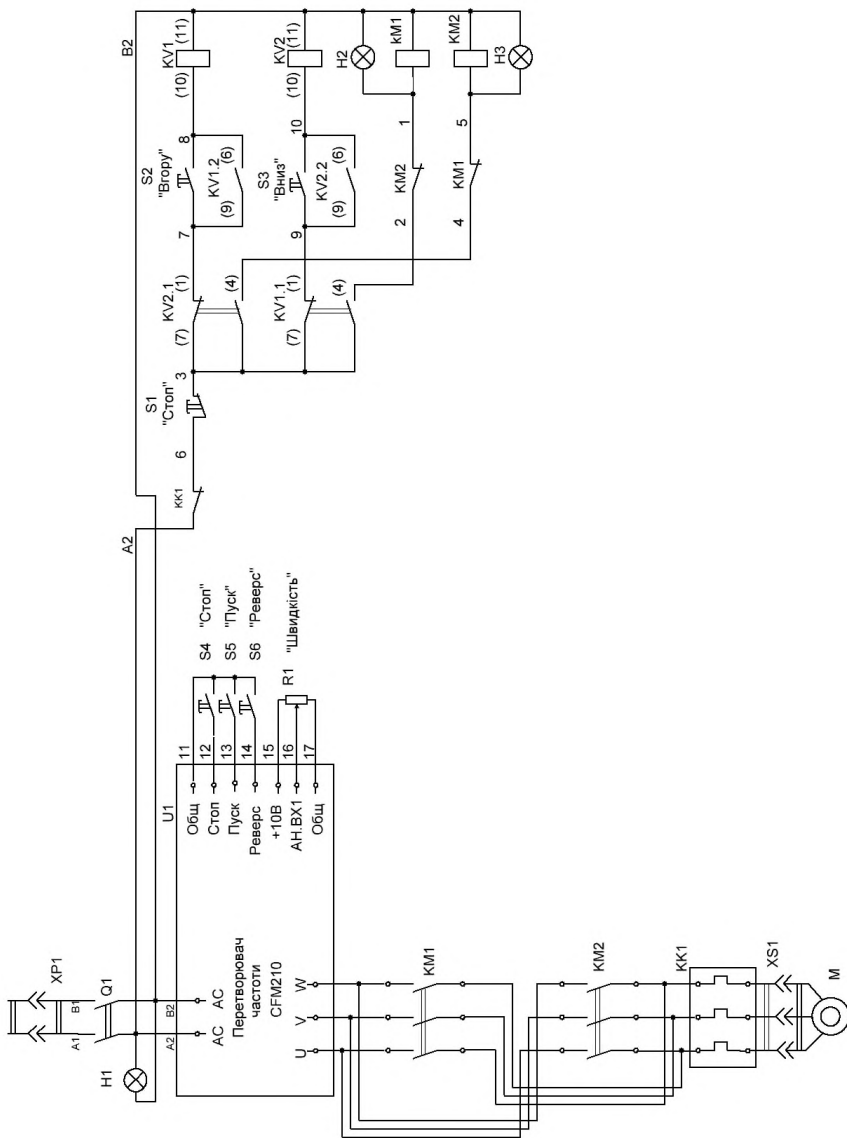
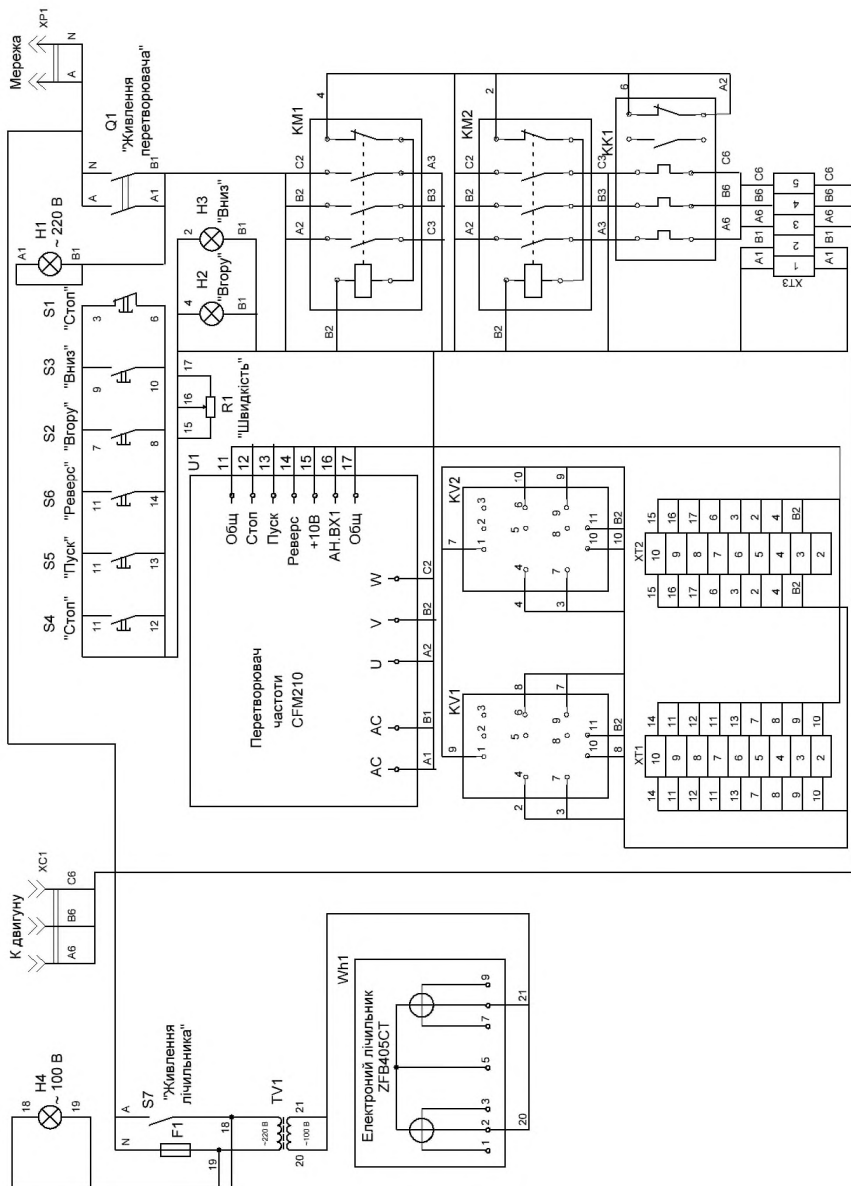


Рис. 4.2 - Схема керування електроприводом лебідки на базі перетворювача частоти



Також у схемі передбачене блокування одночасного включення пускачів КМ1 і КМ2, що могло б привести до короткого замикання на виході перетворювача частоти. Це виконано за допомогою контактів КВ1.1 й КВ2.1, а також блоків-контактів КМ1 і КМ2, включених послідовно з котушками пускачів КМ1 і КМ2.

Тепловий захист двигуна М виконаний за допомогою теплового реле КК1, контакт якого включений у схему керування реле й пускачів. При спрацьовуванні цього реле вводить заборона на включення цих пристроїв у схемі керування.

Час руху вантажу визначається:

$$t_p = \frac{H}{V}$$

де H – висота підйому, м;

V – швидкість руху вантажу.

Статичний момент на валу двигуна визначається:

$$M_{cm} = \frac{(G_o + G_e) \cdot g \cdot D_6}{2 \cdot i_p \cdot i_n \cdot \eta}$$

де G_o, G_e – маса вантажозахоплювального пристрою та вантажу;

D_6 – діаметр барабану лебідки;

i_p, i_n – передавальне число редуктора та поліспасти;

η – ККД механізмів.

Потужність двигуна лебідки визначається:

$$P_d = k_z \cdot M_{cm} \cdot \frac{2 \cdot V}{D_6} \cdot i_p \cdot i_n$$

де k_z – коефіцієнт запасу, $k_z = 1,1 - 1,3$.

Частота обертання двигуна визначається:

$$n_d = \frac{60 \cdot V \cdot i_p \cdot i_n}{\pi \cdot D_6}$$

Виконати розрахунок необхідних потужності і частоти обертання двигуна для умов лабораторного стенду:

$V=0,1$ м/с; $H=2$ м; $D_6=0,03$ м; $G_o+G_e=90$ кг; $\eta=0,65$; $i_p=4$; $i_n=4$.

Порядок виконання роботи.

1. Вивчити схему лабораторної роботи. Знайти всі електричні апарати відповідно до електричної схеми стенда.
2. Виконати включення електродвигуна у напрямку «Вперед» шляхом натискання кнопки $S2$ «Вгору», $S5$ «Пуск». Швидкість підйому встановити на рівні 10 см/с. Після 20-30 с обертання вала електродвигуна натиснути кнопку $S4$ «Стоп».
3. Виконати включення електродвигуна у напрямку «Назад» шляхом натискання кнопок $S3$ «Вниз», $S4$ «Пуск». Після 20-30 с обертання вала електродвигуна натиснути кнопку $S4$ «Стоп».
4. Виконати перевірку дії нульового захисту електропривода. Для цього виконати пуск електропривода лебідки згідно пункту 2 і через 5 с виконати відключення автоматичного вимикача $Q1$ і його включення. При цьому двигун повинен відключитися і самостійно не включатися.
5. Виконати перевірку відсутності одночасного включення пускачів $KM1$ і $KM2$. Для цього необхідно у пункті 2 одночасно натиснути кнопки $S2$ «Вгору» і $S3$ «Вниз». При цьому повинен включитися тільки один з пускачів.
6. Виконати розрахунок потужності і частоти обертання двигуна лебідки згідно з наведеної методики та заданих вихідних даних.

Зміст звіту

У звіті привести: ціль роботи, кінематичну схему механізму лебідки, електричні схеми стенди, розрахунок потужності двигуна піднімальної лебідки й висновки про функціонування схеми керування й захистів і блокувань.

Контрольні питання

1. Який порядок включення елементів схеми при пуску електропривода в напрямку "Нагору"?
2. Які види захистів існують в електроприводі лебідки і як вони реалізовані?
3. Указати функціональне призначення кнопок у схемі управління електропривода лебідки.
4. Що потрібно змінити в схемі керування при додаванні реле максимального струму для захисту двигуна від коротких замикань?

Як впливає на встановлену потужність двигуна лебідки збільшення швидкості підйому й діаметра барабан лебідки?

Лабораторна робота №5

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

Мета роботи: Дослідження характеристик електропривода з широтно-імпульсним перетворювачем.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити схему лабораторної установки.
2. Включити автоматичний вимикач змінного струму QF1 і вимикач постійного струму QF2.
3. Змінюючи за допомогою резистора R1 «Завдання» напругу і момент статичного навантаження пристроєм гальмування зняти швидкісні і механічні характеристики електроприводу.
4. За допомогою осцилографа проконтролювати криву вихідної напруги широтно-імпульсного перетворювача для 3-4-х значень напруги двигуна. Визначити відповідну шпаруватість імпульсів напруги.

Зміст звіту.

У звіті представити схему лабораторного стенду, таблиці з даними швидкості і механічні характеристики, криві вихідної напруги перетворювача і розрахунки шпаруватості.

Короткі теоретичні відомості

Для приводів електротранспорту, які живляться від мережі постійного струму, використовуються широтно імпульсні перетворювачі. Такі електроприводи забезпечують плавне регулювання швидкості, високий коефіцієнт корисної дії, високу швидкодію і можливість рекуперації електроенергії.

Для керованого електропривода з живленням від мережі постійного струму використовуються широтно-імпульсні перетворювачі. Ці перетворювачі можуть бути як транзисторні, так і тиристорні. Якщо тиристорних перетворювачів зі звичайною комутацією частота комутації складає 150 Гц (нульова схема) або 300 Гц (мостова схема) то у широтно-імпульсних перетворювачів частота комутації може складати декілька кілогерц.

На рис.1 приведена типова схема ШІП з паралельною струмовою комутацією, фірми Hitachi Electric.

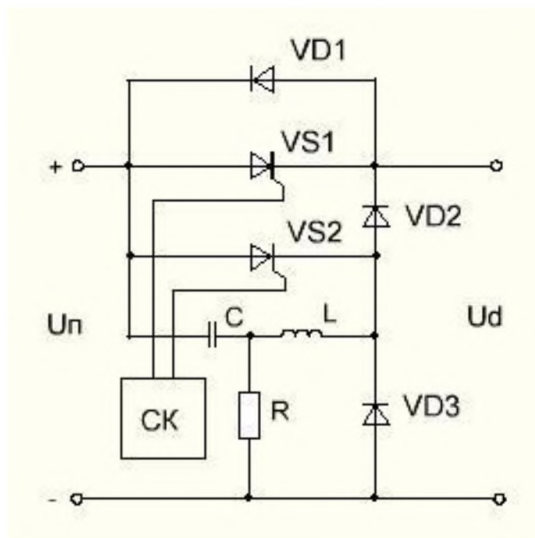


Рис.1. Схема широтно-імпульсного перетворювача.

У схемі VS1 – головний тиристор, VS2 – допоміжний тиристор. При відкритті головного тиристора струм починає протікати від джерела живлення до навантаження, а при відкритті допоміжного тиристора резонансний струм у контурі LC забезпечує закриття головного і допоміжного тиристорів.

Перший контур струму C-VS2-L, другий контур – C-L-VD2-VD1. Змінюючи шпаруватість імпульсів, які потрапляють на тиристори VS1, VS2 можна змінювати середнє значення напруги постійного струму на навантаженні.

Ця схема забезпечує надійну комутацію у всіх режимах і незмінність напруги на конденсаторі С.

Значення ємності і індуктивності схеми визначаються:

$$L = \frac{3U_n(t_{откл} + \Delta t)}{4\pi I_{ямакс}}$$

$$C = \frac{3I_{ямакс}(t_{откл} + \Delta t)}{\pi U_n}$$

де $t_{откл}$ – час відключення тиристора;

Δt – час запасу на відключення.

Швидкісна характеристика електропривода з ШПП:

$$\omega = \frac{U_n \gamma - I_{я} R_{я}}{k_{нз} I_{я} + k_{зал}}$$

де γ - шпаруватість імпульсів;

U_n - напруга живлення постійного струму;

$I_{я}$ - струм двигуна;

$k_{нз}$ - коефіцієнт послідовного збудження:

$$k_{нз} = \frac{M_{я}}{I_{ян}^2}$$

$k_{зал}$ - залишковий коефіцієнт:

$$k_{зал} = \frac{U_{ян} - I_{ян} R_{я}}{\omega_n} - k_{нз} I_{ян}$$

Механічна характеристика електропривода з ШПП:

$$\omega = \frac{U_n \gamma - \sqrt{\frac{M}{k_{нз}}} R_{я}}{k_{нз} \sqrt{\frac{M}{k_{нз}}} + k_{зал}}$$

де M – момент двигуна.

В лабораторному стенді змонтовані 2 двигуна постійного струму: один – з постійними магнітами, другий – з послідовним збудженням. Також для живлення двигунів встановлені перетворювачі: один – тиристорний з фазовим керуванням, другий - тиристорний з широтно-імпульсним керуванням (рис.2).

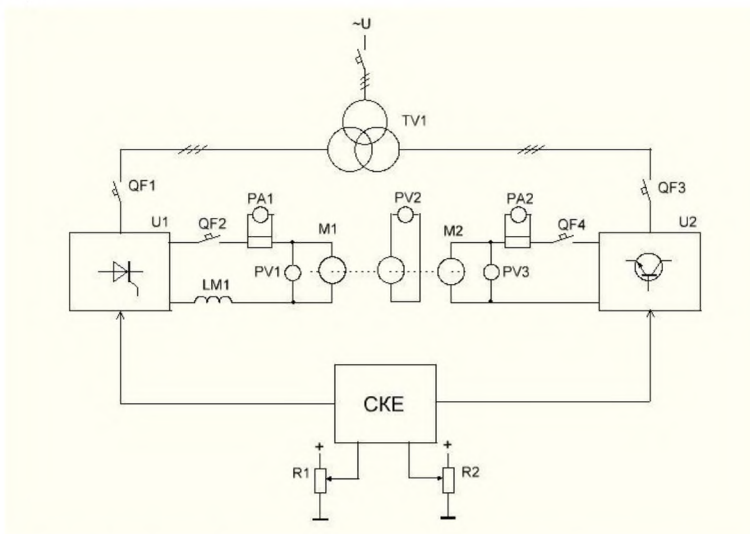


Рис.2. Функцій на схема лабораторного стенда з широтно-імпульсним перетворювачем.

Контрольні питання.

1. Принцип роботи широтно-імпульсного перетворювача.
2. Наведіть переваги і недоліки ШІП.
3. ШІП з паралельною комутацією.
4. ШІП з послідовною комутацією.
5. Наведіть схеми нереверсивних та реверсивних ШІП.
6. Як забезпечується захист транзисторів в перетворювачах від струмів короткого замикання.
7. Як здійснюється реверс швидкості електродвигуна постійного струму.

Лабораторна робота №6

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

Мета роботи: експериментальне визначення енергетичних характеристик тягового електропривода за системою ШПІ-Д.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити схему лабораторної установки.
2. Включити автоматичний вимикач змінного струму $QF1$ і вимикач постійного струму $QF2$.
3. Змінюючи за допомогою резистора $R1$ «Завдання» напругу і момент статичного навантаження пристроєм гальмування зняти залежність $\cos\varphi = f(P_1)$ для 3-4-х значень напруги. Активна і реактивна потужність визначається за допомогою ватметрів, включених на стороні змінного струму.
4. Змінюючи за допомогою резисторів $R1$ «Завдання» і $R2$ «Завдання» напругу електроприводів зняти залежність $\eta = f(P_2)$ при $\gamma = \text{const}$ для 3-4-х значень напруги і $\eta = f(\omega)$ при $P_2 = \text{const}$ для 3-4-х значень швидкості.

Короткі теоретичні відомості

До складу енергетичних характеристик електроприводу з широтно-імпульсними перетворювачами відносяться коефіцієнт потужності $\cos\varphi$ та коефіцієнт корисної дії η .

Коефіцієнт потужності електроприводу:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}}$$

Коефіцієнт корисної дії (к.к.д.):

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Потужність P_1 визначається з показань ватметра, включеного на вході ШПП перед трансформатором, а потужність P_2 :

$$P_2 = P_3 + \Delta P_r$$

де P_3 - показання ватметра, включеного на стороні постійного струму системи ТП-Д лабораторної установки;

ΔP_r - втрати потужності у двигуні системи ТП-Д:

$$\Delta P_r = I_a^2 R_{m2}$$

де R_{m2} - активний опір двигуна М2.

Зміст звіту.

У звіті представити схему лабораторного стенда, таблиці з даними і енергетичні характеристики $\cos \varphi = f(P_1)$, $\eta = f(P_2)$, $\eta = f(\omega)$.

Контрольні запитання

1. Чим визначаються енергетичні показники електроприводу по системі ШПП-Д.
2. Від чого залежать втрати електроенергії в транзисторах ШПП.
3. Яким чином впливає на напругу мережі коливання споживання реактивної потужності.
4. Яким чином впливає частота комутації транзисторних ключів на коефіцієнт корисної дії перетворювача.

Лабораторна робота №7

ВИВЧЕННЯ СИСТЕМИ ПІДЛЕГЛОГО КЕРУВАННЯ ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОНОГО ДВИГУНА КОМПРЕСОРА

Мета роботи: Вивчення принципів керування і побудови системи керування. збудження синхронного двигуна компресора

Порядок виконання роботи

1. Вивчити функціональну схему керування електроприводом СД компресорної установки.
2. Розробити релейну електричну схему керування і захисту СД від аномальних режимів.
3. Розробити алгоритм керування та захисту СД.

Зміст звіту.

У звіті представити функціональну схему керування електроприводом з СД, таблицю з варіантами включення пристроїв і алгоритмів, релейну схему керування і захисту СД і алгоритм керування і захисту СД.

Короткі теоретичні відомості

Для приводів електротранспорту, які живляться від мережі змінного струму, використовуються синхронні двигуни. Ці двигуни поряд з виконанням технологічних операцій, можуть генерувати реактивну потужність у системі електропостачання. Системи керування електроприводом з синхронними двигунами (СД) повинні забезпечувати стійку роботу електропривода в умовах коливань навантаження і напруги живлячої мережі, а також стабілізацію параметрів живлячої мережі системи електропостачання.

Автоматичне керування збудженням СД забезпечується по наступним законам:

- постійність $\cos \varphi$ двигуна ($\cos \varphi_0 = \text{const}$);
- постійність реактивної потужності, яка виробляється СД ($Q = \text{const}$);
- постійність напруги у вузлі навантаження системи живлення ($U_c = \text{const}$);
- постійність $\cos \varphi_n$ у вузлі навантаження системи живлення ($\cos \varphi_n = \text{const}$).

Для реалізації наведених законів керування використовуються прямі чи побічні параметри: повний струм статору, активна і реактивна складові струму статору, похідна від струму статору, фаза струму статору (кут φ), напруга живлення СД, реактивна потужність двигуна, кут потужності двигуна (кут θ) і його похідні. На рис. 1 наведена типова схема регулювання СД з перетворювачем TE8.

Схема містить синхронний двигун М, який живиться від шин високої напруги трансформаторної підстанції з трансформатором TV1, тиристорний перетворювач збудження UL з системою керування AUL, який живиться від мережі через трансформатор TV2, і автоматична система керування.

Автоматична система керування містить:

- датчик струму мережі U_{Av} , підключений до трансформатора струму TA1;
- датчик струму статора двигуна U_{As} , підключений до трансформатора струму TA2;
- датчик напруги U_V ;
- датчик кута зсуву струму U_f ;
- датчик струму ротора двигуна U_{Ar} , підключений до шунта двигуна RS;
- датчик статичного режиму UC;
- регулятори струму ротору AA і напруги мережі AV.

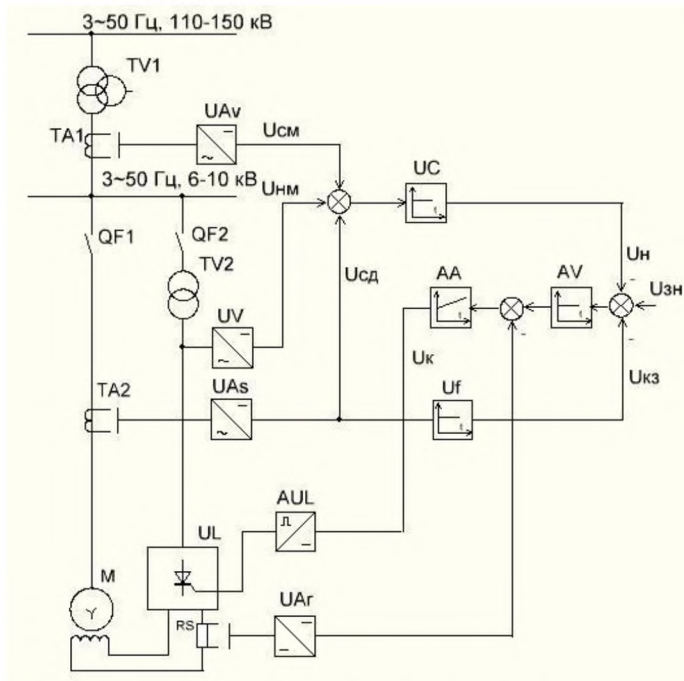


Рис.1. Функціональна схема керування ТЕ8.

Датчик статичного режиму УС виробляє сигнали постійного струму, які пропорційні напрузі статора і одній із наступних величин:

- повному, активному і реактивному струму статора двигуна;
- кутам зсуву фаз мережі φ_m і двигуна φ_d ;
- реактивному струму вузла навантаження мережі.

Датчик кута зсуву струму працює аналогічно датчику статичного режиму УС і призначений для вимірювання кута навантаження, коли УС вимірює інші параметри.

Регулятори струму ротору АА і напруги мережі АВ забезпечують підтримання заданих величин струму і напруги.

В залежності від включень регуляторів і датчиків можуть здійснюватися різні алгоритми керування. Загальним для усіх алгоритмів є стабілізація струму збудження СД при зміні напруги живлення перетворювача і температури навколишньої середовища. Через це у системі постійно включені датчик статичного

режиму УС, датчик струму ротору двигуна UAr і регулятори. Інші датчики і пристрої використовуються в залежності від забезпечення необхідного алгоритму керування. Варіанти включення пристроїв і алгоритмів відображені у табл.1.

Таблица 1

Призначення системи керування	Параметр керування	Використовувані пристрої
1.Стабілізація струму збудження при змінах температури і напруги живлення.	Струм збудження	UAr
2.Збільшення стійкості при коливаннях навантаження.	Повний струм статора	UV, UAv, UAs, UAr
3.Стабілізація $\cos\phi$.	Кут ϕ навантаження	UV, UAv, UAs, Uf, UAr
4.Зниження втрат у вузлі навантаження.	Реактивний струм вузла	UV, UAv, UAs, Uf, UAr
5.Зниження втрат у двигуні.	Активний струм двигуна	UV, UAs, UAr
6.Стабілізація $\cos\phi$ вузла навантаження і демпфування коливань ротора.	Кут ϕ вузла і кут ϕ навантаження двигуна	UV, UAv, UAs, Uf, UAr

Вказані алгоритми керування забезпечуються шляхом включення відповідних перемичок на панелі керування.

У тиристорному перетворювачі ТЕ-320/5 передбачений захист СД і схеми керування і збудження від зовнішніх і внутрішніх коротких замикань, від довгого асинхронного ходу, від обриву ланцюга обмотки ротору з контролем струму ротора і від випадання СД із синхронізму. Усі захисти діють на вимикач QF1 з метою відключення СД від мережі живлення.

Контрольні запитання

1. Як здійснюється запуск синхронного двигуна?
2. Чому може відбутися застрявання СД на половині синхронної швидкості і що необхідно передбачити, щоб цього не відбулося?
3. Навести схеми включення реле для контролю аварійних параметрів СД і відключення його від мережі живлення.
4. Які закони керування використовуються для управління синхронним двигуном?
5. У яких випадках можна використовувати СД для компенсації реактивної потужності вузла навантаження?
6. Як забезпечити обмеження максимального і мінімального струму ротору СД у наведеній функціональній схемі керування?

Лабораторна робота №8

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СВЕРДЛИЛЬНО-ЗЕНКОВАЛЬНОГО ВЕРСТАТУ МОДЕЛІ ОФ-72Б

Мета роботи: ознайомлення з електрообладнанням свердильно-зенковального верстату, надбання навичок налагодження і управління верстатом.

Короткі теоретичні відомості

Верстат моделі ОФ-72Б призначений для виконання свердильно-зенковальних робіт у режимах ручного та автоматичного керування.

Верстат має наступні вузли:

- 1- редуктор подачі X;
- 2- редуктор подачі Y;
- 3- стійка;
- 4- головка свердильна;
- 5- пневмообладнання;
- 6- головка зенковальна;
- 7- станина;
- 8- опір каретки.

Керування верстатом здійснюється за допомогою органів керування, які знаходяться на пульту керування (рис.1):

В2 – тумблер включення двигуна привода обертання шпинделя зенковальної головки

Кн2 – кнопка подачі живлення на двигуни приводів обертання редукторів подач X, Y;

ЛС1 – лампа сигналізації включення верстату;

V1 – вольтметр напруги живлення двигуна свердильного шпинделя;

Кн1 – грибовидна кнопка загального відключення верстата;

Кн9 – кнопка включення електромагнітної муфти привода подачі шпинделів свердильної та зенковальної головок;

Кн3 – кнопка включення двигуна обертання свердильного шпинделя;

Тр2 – варіатор числа обертів шпинделя свердильної головки;

Лс2 – лампа сигналізації знаходження рухомих органів верстату у вихідному положенні;

В1 – тумблер вибору режимів роботи «Ручне – Автомат»;

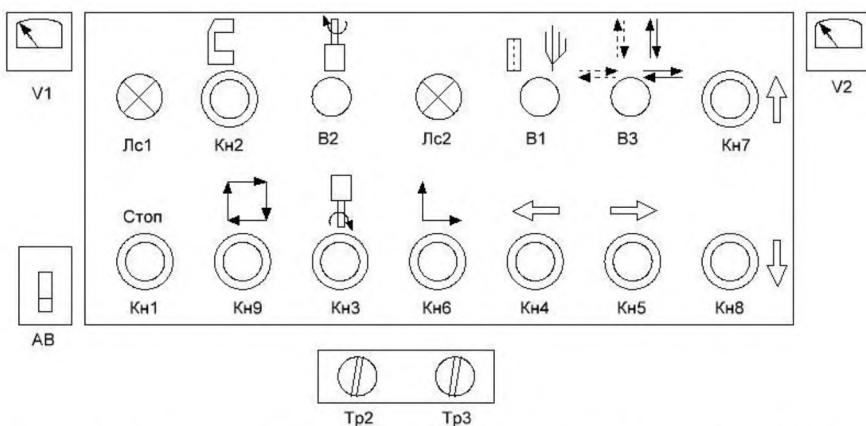


Рис. 1. Загальний вид пульта керування верстатом ОФ-72Б.

В3 – тумблер вибору режимів координатних переміщень «Шаговий – Безперервний»;

Кн7 – кнопка включення координатного переміщення по вісі Y в позитивному напрямку;

V2 – вольтметр напруги живлення двигуна подачі шпинделів свердлильної та зенковальної головок;

Кн8 – кнопка включення координатного переміщення по вісі Y у негативному напрямку;

Кн4 – кнопка включення координатного переміщення по вісі X в позитивному напрямку;

Кн5 – кнопка включення координатного переміщення по вісі X у негативному напрямку;

Кн6 – кнопка установки рухомих органів верстату (каретки і стійки) у вихідне положення;

АВ – автомат живлення верстату;

Тр3 – варіатор подачі свердлильного шпинделя.

Електрообладнання верстату

На верстаті встановлено три трифазних короткозамкнених асинхронних електродвигуна з напругою 380В:

M1 – 90 Вт, 1500 об/хв.; M2 – 120 Вт, 1500 об/хв.; M3 – 90 Вт, 3000 об/хв.

У верстаті встановлено 9 електромагнітів переключення механізмів верстату. Реле керування, електромагніти, лампи освітлення фотоелектричних датчиків живляться напругою 30 В постійного струму.

Схема електрична принципова верстату наведена на рис.2-4.

Зміна обертів двигунів M4,M5 свердлильного шпинделя та подачі здійснюється за допомогою варіаторів Tr2,Tr3.

Ланцюги керування живляться за допомогою трансформатора Tr3 и випрямляча V4.

При включенні тумблера B1 здійснюється включення реле P4,P12, які своїми контактами забезпечують роботу електрообладнання у ручному режимі.

При натиску кнопки Kn2 включається реле P1, яке здійснює живлення двигунів M1,M2, і готує схему для включення режимів свердлування та зенкування.

Після натиску кнопки Kn3 включається реле P2, яке подає живлення на двигуни постійного струму M4,M5 для здійснення свердлування. При включенні B2 включається реле P3, яке подає живлення змінного струму на двигун M3 для здійснення зенкування.

Натисканням кнопок послідовно Kn5,Kn6,Kn7,Kn8 можна здійснювати включення електромагнітів EM1...EM8 і відповідний безперервний рух по координатам X та Y.

При включенні тумблера B3 у положення «Шаговий» верстат здійснює переміщення по координатам X та Y на один крок.

При переключенні B1 у положення «Автоматичний» кнопки ручного керування відключені за допомогою реле P4 і P12 і керування здійснюється від контролера.

Замкнені контакти P5,P6,P9,P10 у ланцюзі реле P11 призначені для запобігання можливого циклу свердлування та зенкування при переміщенні каретки стійки верстату.

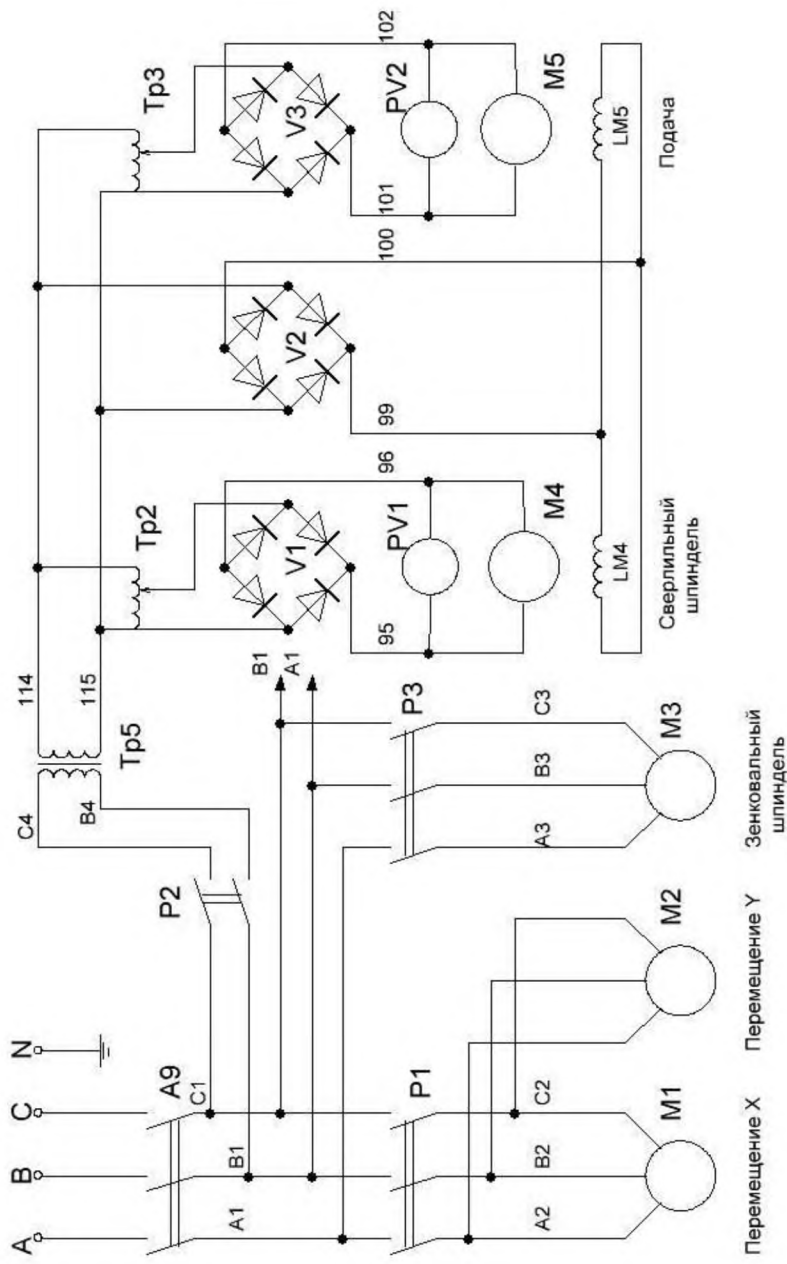


Рис.2. Схема електрична ланцюгів живлення двигунів.

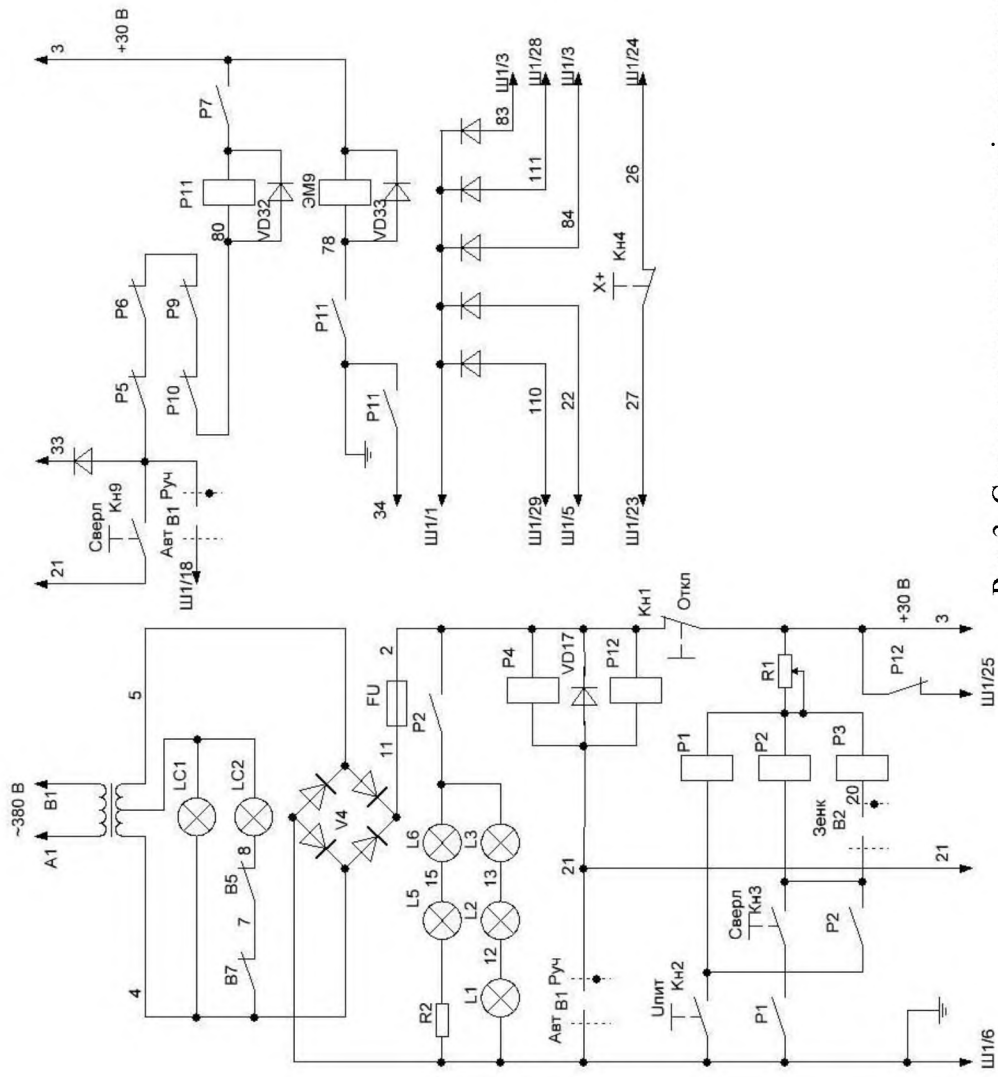


Рис. 3. Схема електрична ланцюгів керування.

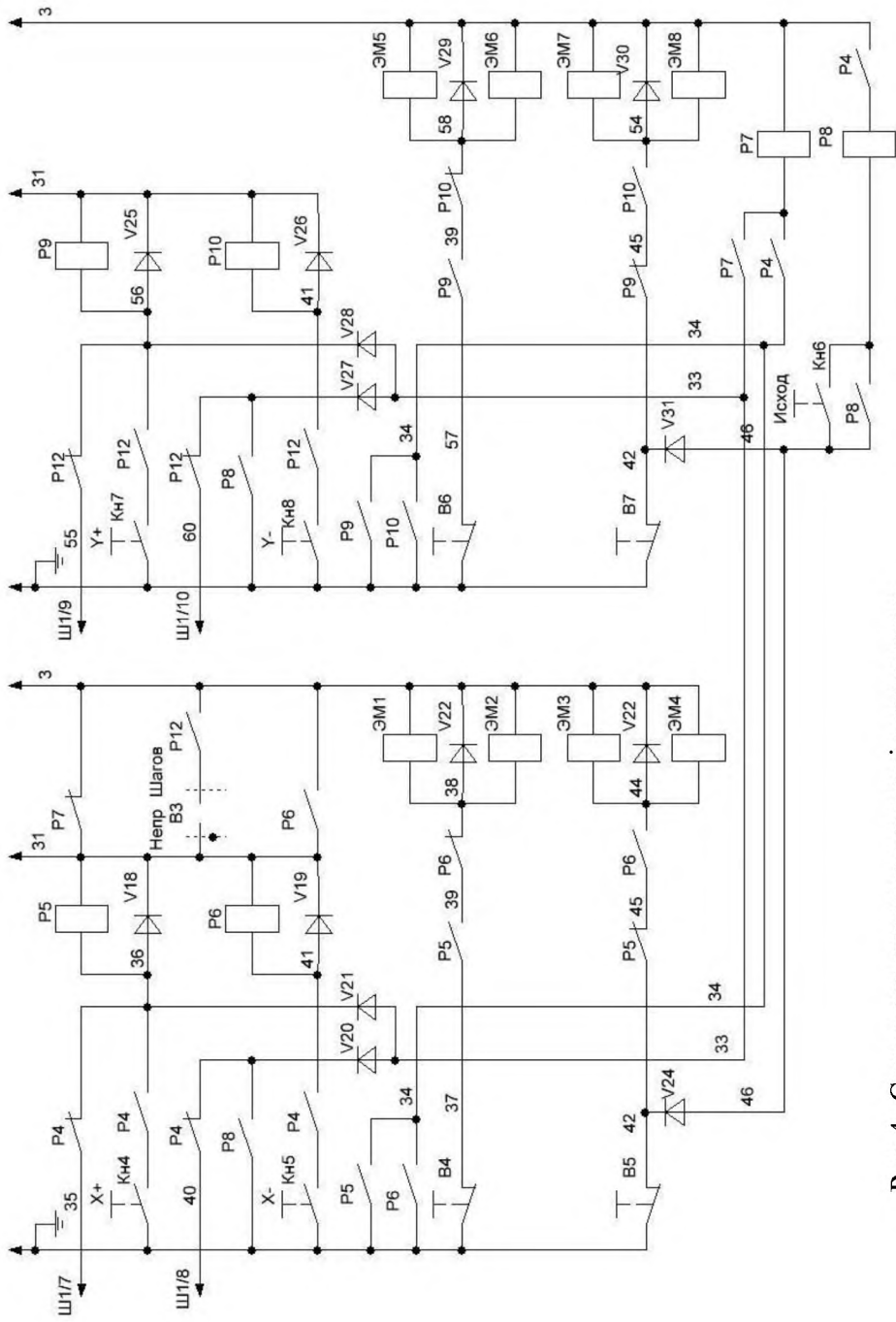


Рис. 4. Схема електрична ланцюгів керування.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити будову та електричну схему керування електроприводами верстату ОФ-72Б.
2. Включити вимикач АВ, який знаходиться на верстаті зліва.
3. Включити тумблер В1 «Ручний-Автомат» у положення «Ручний».
4. Натиснути кнопку Кн2 подачі живлення дач Х та Y.
5. Натиснути кнопку Кн3 подачі живлення на електродвигуни привода обертання шпинделя свердлильної та зенковальної головок. За допомогою варіаторів Тр2,Тр3 змінити оберти приводів обертання шпинделя та його подачі.
6. Встановити перемикач В3 в положення «Шаговий» і послідовним натисканням кнопок Кн4,Кн5,Кн7,Кн8 перевірити здійснення переміщень на один крок у вибраному напрямку.
7. Встановити перемикач В3 в положення «Безперервний» і послідовним натисканням кнопок Кн4,Кн5,Кн7,Кн8 перевірити здійснення переміщень безперервно у вибраному напрямку.
8. Натиснути кнопку Кн9 включення муфти привода подачі шпинделя свердлильної головки та перевірити її включення.
9. Відключити живлення приводів кнопкою Кн1.

Зміст звіту.

У звіті представити мету роботи, рисунки з загальним видом пульта керування та електричні принципи схеми верстату, порядок виконання лабораторної роботи.

Контрольні запитання

1. Пояснити призначення верстату та його основні складові частини.
2. Яким чином здійснюється реверс обертання механізмів і як можна модернізувати електроприводи з урахуванням нових елементів керування.

3. Які елементи можна вмонтувати в електричну схем у для захисту електрообладнання і всього верстату в цілому?
4. Пояснити призначення діодів у схемі керування.
5. Що означає встановлення рухомих механізмів у вихідне положення і як воно здійснюється?

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу
"Електропривод типових виробничих механізмів"
для студентів спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Укладачі:

Юлій ФІЛІПП – доцент,

Ігор ПЕРЕСУНЬКО – доцент,

Дмитро КАЛЬМУС – ст. викладач

Реєстраційний № _____

Підписано до друку _____ 2023р

Формат _____ А5

Обсяг _____ стор.

Тираж _____ прим.

м.Кривий Ріг
вул. Віталія Матусевича, 11