

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

*Кафедра електроенергетики, електротехніки та
електромеханіки*

***ВИВЧЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА
НА ОСНОВІ ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ***

***МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«СИСТЕМИ ТЯГОВОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО
ЕЛЕКТРОПРИВОДА»***

Харків-2016

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 1 вересня 2016 р., протокол № 1.

Рекомендуються для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форми навчання.

Укладачі:

проф. С.Г. Буряковський,
старш. викл. А.С. Маслій,
інженери А.Г. Мастепан,
В.В. Смірнов

Рецензент

доц. С.І. Яцько

ЗМІСТ

Лабораторна робота 1.....	4
Лабораторна робота 2.....	12
Список літератури.....	18

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

Тема: вивчення основ виконання комплектного мікропроцесорного привода на основі цифрового перетворювача частоти.

Мета: вивчення характеристик та параметрів сучасних перетворювачів.

Теоретична частина

У сучасному промисловому господарстві взагалі та його транспортній галузі зокрема набуває поширення практика використання регульованого привода шляхом застосування перетворювачів частоти. Системи асинхронного регульованого частотного привода набули поширення завдяки широкому діапазону регулювання швидкості, невибагливості в експлуатації, можливостям енергозбереження, автоматизації тощо. Тому нові промислові механізми та агрегати ще на етапі проектування намагаються оснастити перетворювачами частоти, а на вже існуючих проводяться модернізації – нерегульований асинхронний чи регульований привод постійного струму міняють на асинхронний регульований частотний привод. Отже, основою довільного регульованого частотного привода є перетворювач частоти.

Перетворювач частоти – це прилад, що на вході має напругу однієї частоти, а на виході – ту саму напругу, але зміненої за потреби користувача частоти. Конструктивно мікропроцесорний перетворювач складається з силової частини та системи керування.

Найбільшого поширення серед сучасних приладів, представлених на ринку, набули перетворювачі з силовою частиною, що має три ланки - некерований випрямляч, проміжну ланку постійного струму та інвертор напруги (рисунок 1.1), формування вихідної напруги в яких відбувається з використанням принципу широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Таким чином, призначення силової частини полягає в забезпеченні живлення асинхронного короткозамкненого двигуна напругою змінної частоти. Користувач (проектант) не може змінювати склад силової частини.

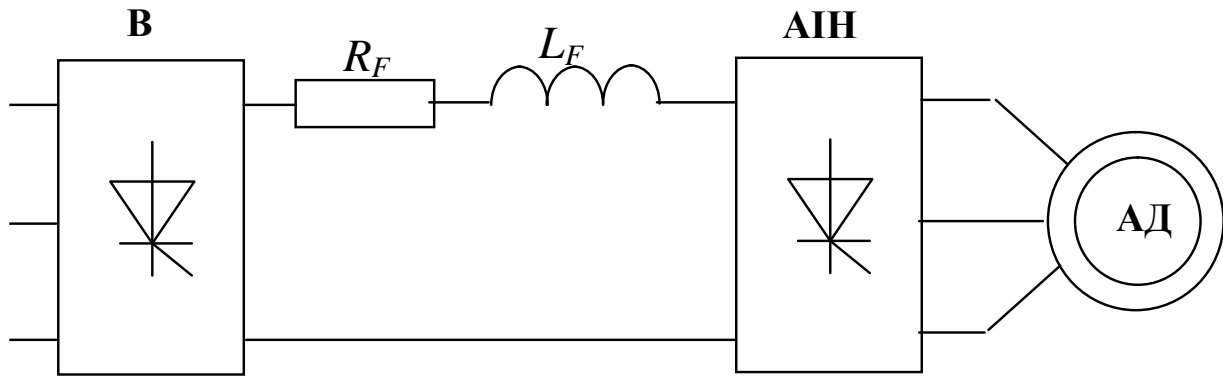


Рисунок 1.1 – Принципова схема силової частини системи ЕП

Система керування складається з обчислювального мікропроцесорного модуля, інтерфейсів (портів) цифрового промислового зв'язку, порта зв'язку з комп'ютером, дискретних та аналогових модулів входів-виходів. Існують різноманітні доповнення для системи керування перетворювача у вигляді плат (модулів), як, наприклад, плати додаткових входів-виходів, плати обчислення датчиків тощо.

Як правило, в обчислювальному мікропроцесорному модулі міститься двоконтурна система підлеглого керування швидкістю обертання ротора, задавач інтенсивності (його ще називають генератором рампи), логічні блоки обробки сигналів входів-виходів, додаткові технологічні блоки (наприклад, ПД-регулятор), блоки логічних операцій (як опція) та різноманітна внутрішня логіка (захист від теплових перевантажень двигуна, силових ключів, керування гальмом двигуна, керування лінійним контактором, тощо).

За допомогою цифрової мережі (BUS) або з клем плат дискретних входів (DI) на перетворювач подається двійковий (тобто логічний «0» чи «1») сигнал керування. За цим сигналом система імпульсно-фазового керування силовими ключами приходить до готовності та дозволяється надсилання імпульсів на силові ключі.

За допомогою цифрової мережі або з клем плат аналогових входів (AI) надходить сигнал завдання. Цей сигнал несе певну інформацію, тому зазвичай для його отримання використовують аналоговий порт (0...10 В; 4...20 мА). Таким чином, змінюючи

напругу (струм) на аналоговому вході чи величину коду по мережі, можна змінювати вихідну частоту напруги. Такий процес і отримав назву частотного керування.

Дискретні (DO) та аналогові виходи (AO) можуть бути призначені користувачем для різноманітних додаткових функцій: відображення струму статора, швидкості обертання, керування різними клапанами, реле, контакторами чи світлодіодною арматурою тощо.

Таким чином, призначення системи керування перетворювача частоти полягає в перетворенні сигналів, що подаються користувачем (або іншим комп'ютером) до форми, придатної для обробки мікропроцесорним блоком, який видає на силову частину такі імпульси, що забезпечують живлення двигуна напругою заданої частоти і автоматично змінюють її так, щоб підтримувати швидкість обертання вала двигуна рівною завданню (за умови використання системи регулювання швидкості). Користувач (проектант) не має можливості змінювати обчислювальний мікропроцесорний модуль, проте в змозі доповнювати перетворювач за потреби платами (модулями) додаткових входів-виходів, інтерфейсними платами, платами обробки датчиків тощо, тим самим створюючи таку конфігурацію системи керування, що дозволяє реалізувати можливості цифрової техніки найбільш повно для кожного конкретного завдання.

Проте використання перетворювача самого по собі неможливе; потрібна пускорегульовальна та захисна апаратура – магнітні пускачі (контактори), автоматичні вимикачі, швидкодіючі запобіжники, за потреби – блоки живлення системи керування. Оскільки більшість фірм-виробників перетворювачів частоти (Siemens, Schneider, ABB, Omron, LG, Mitsubishi і т.д.) в основній лінійці приладів дотримується переважно силової схеми рисунка 1.1 і відповідно до неї системи керування, то її підключення буде схожим; тому тут і надалі розглянутий як приклад перетворювач частоти Micromester фірми Siemens. Схема типового підключення перетворювача подана на рисунку 1.2.

З рисунка 1.2 зрозуміло, що крім перетворювача частоти до складу частотного привода можуть входити: автоматичний вимикач та запобіжник силового кола керування, автоматичний

вимикач чи запобіжник для захисту системи керування перетворювача, контактор для комутації силової ланки перетворювача, кнопки пуску та зупинки. Фільтри чи дроселі, що можуть використовуватись разом із силовою частиною, в даній роботі не розглядаються.

Цю апаратуру разом з перетворювачем, клемами, шиною (клемами) заземлення та з'єднувальними дротами розміщують у спеціальній шафі, що називається низьковольтним комплектним пристроєм – НКП. Обладнання в НКП розміщується згідно з правилами електромагнітної сумісності (рисунок 1.3).

Оскільки приводи можуть використовуватись у широкому діапазоні різноманітних оточень та використаних електричних компонентів (програмованих логічних контролерах, імпульсних джерелах живлення і т. д.), то заводостійкість та випромінення можуть суттєво різнитись по відношенню до них, тому довільна інструкція з монтажу (установлення) обладнання практично може являти лише компроміс. Прикладом таких завод може бути явище, коли при розмові по мобільному телефону близько підійти до працюючого динаміка – одразу буде чути шум завади. В умовах НКП, коли габарити фіксовані, відстані розміщення обладнання мінімальні, ситуація подібна до вказаної, але за умови забезпечення надійної та безвідмовної роботи апаратури. Для гарантування електромагнітної сумісності в проєктованих чи експлуатованих НКП повинні виконуватись такі основні правила:

а) всі металеві частини корпусу мають бути з'єднані через якомога більшу площину поверхні (не від точки до точки). Двері шафи повинні бути з'єднані з її корпусом через заземлюючу плетінку, що повинна бути якнайкоротшою (верх, центр, низ);

б) контактори, реле, котушки клапанів і т.д. повинні бути із гасячими елементами, наприклад, RC-елементами, діодами, варисторами. Ці гасячі елементи повинні бути безпосередньо під'єднані до котушки;

в) провідники не повинні бути прокладені будь-де в шафі, а якомога ближче до конструктивних елементів шафи чи монтажної панелі;

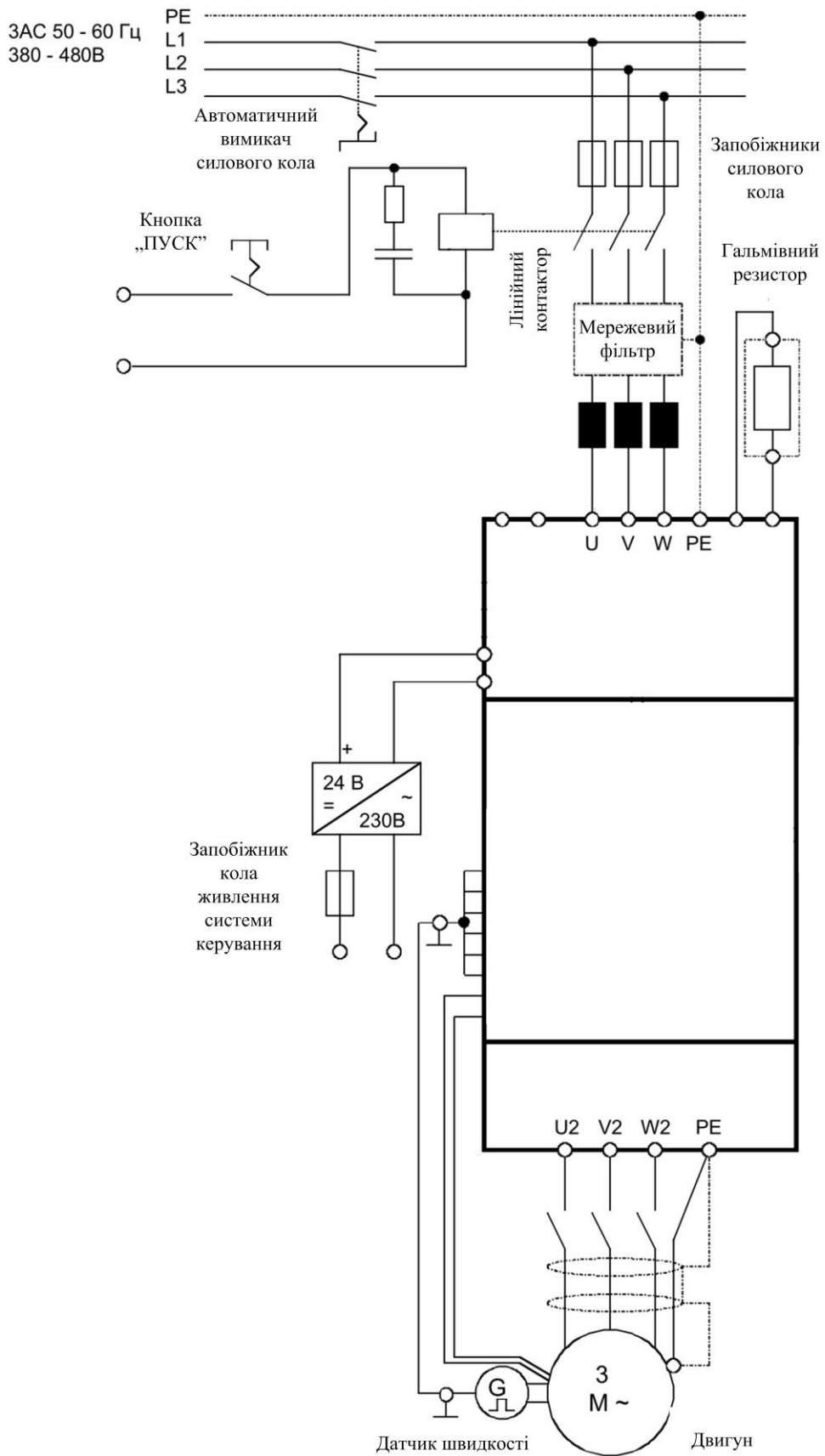


Рисунок 1.2 – Типова схема підключення перетворювача частоти

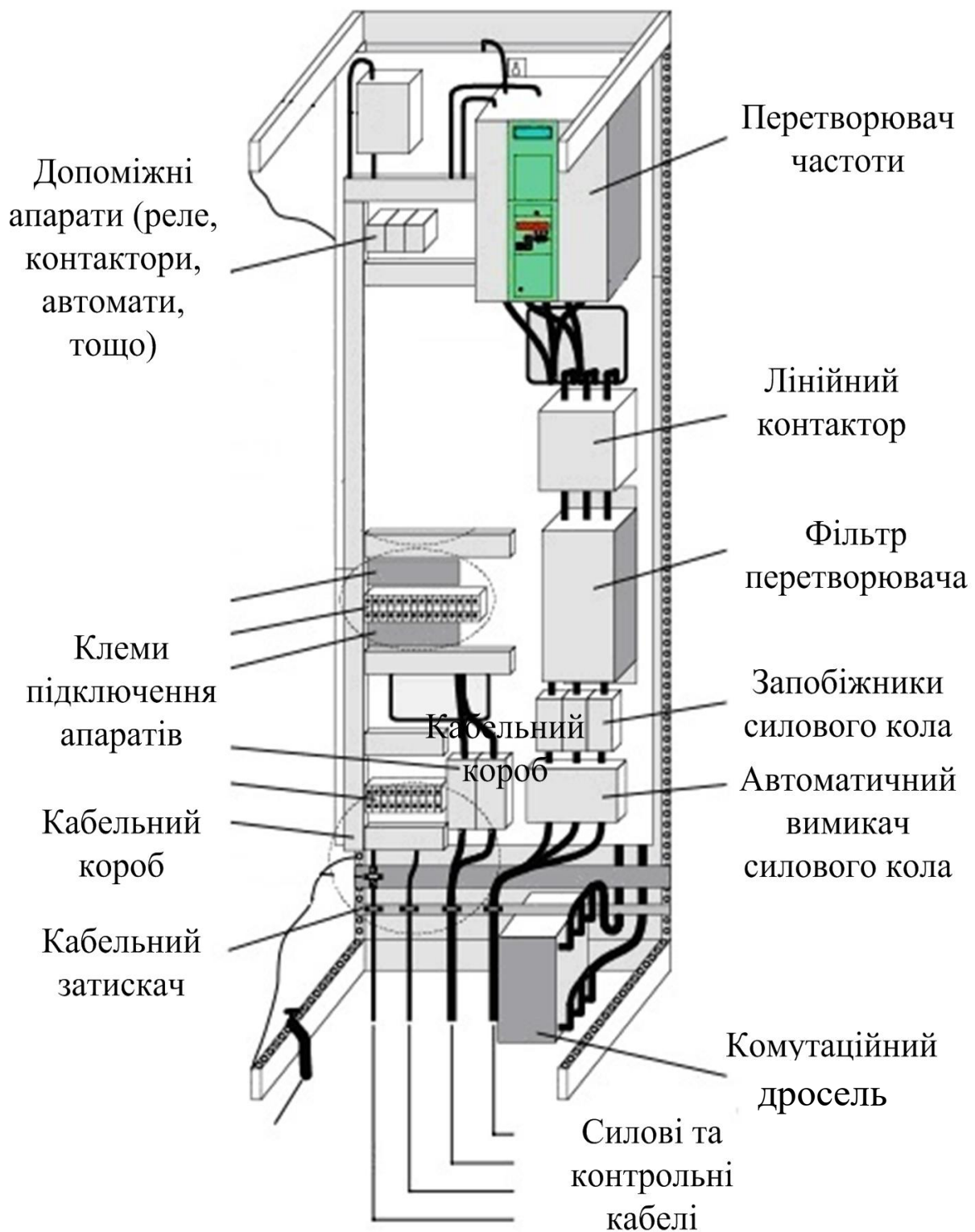


Рисунок 1.3 – Схема розміщення обладнання в НКП за правилами електромагнітної сумісності

г) сигнальні та силові кабелі мають бути прокладені окремо один від одного, на відстані не менш 20 см. Якщо таку вимогу забезпечити неможливо, потрібно розділити такі кабелі за допомогою металевих перегородок чи встановленням металевих труб чи каналів. Перегородки та металеві канали мають бути заземлені в декількох точках;

д) екрани кабелів цифрових та аналогових сигналів мають бути підключені до землі з обох кінців (джерело та приймач). Якщо незважаючи на це залишається навіть незначний потенціал зв'язку між ними, треба застосовувати додатковий еквіпотенціальний кабель перерізом не менш 10 мм².

Термін «земля» в основному відноситься до всіх металічних компонентів, що можуть бути під'єднані до захисних провідників, наприклад, корпусу шафи, корпусу двигуна, основного заземлення і т. д.

Вказівки щодо виконання роботи

1 Ознайомтеся з схемою електричною принциповою лабораторного стенда СРБ. Знайдіть на схемі: дискретні входи перетворювача частоти, автоматичні вимикачі, контактор.

2 Самостійно відшукайте в мережі інтернет на сайті компанії Siemens відповідну інструкцію з експлуатації перетворювача. Знайдіть в інструкції інформацію щодо функцій, що можуть бути призначені на дискретні входи.

3 Ознайомтеся із НКП частотного привода стрілочного переводу. Вкажіть на знайдені раніше за принциповою схемою дискретні входи перетворювача частоти, автоматичні вимикачі, контактор.

4 Знайдіть декілька прикладів реалізації правил електромагнітної сумісності.

5 Для існуючої принципової схеми привода (див. документацію на стенд) підберіть апаратуру силового кола для наступного більшого типорозміру перетворювача.

Методика обробки результатів

Як звіт накресліть таблицю переліку підібраних елементів за існуючим зразком в документації на стенд. Обґрунтуйте свої міркування щодо вибору апаратів.

В сучасних умовах технічна інформація має досить короткий термін часу, впродовж якого вона зберігає свою актуальність. Компанії – виробники мікропроцесорної техніки постійно випускають оновлені версії інструкцій, програмного забезпечення тощо. Друкувати кожного разу достатню кількість примірників економічно не вигідно, тому така інформація розміщується у вільному доступі на сайті компаній у розділі технічної підтримки. Тому в даній роботі майбутньому інженеру потрібно розвинути навички пошуку актуальної технічної інформації та швидкої орієнтації в ній.

Найпростіше це зробити, знаючи спеціальний код – замовлений номер пристрою. Фірми-виробники шифрують кожен пристрій, що надходить до ринку, саме з метою швидкої його ідентифікації. Такий номер можна визначити з принципової схеми або безпосередньо на шильдику пристрою. Потім за таким номером за допомогою будь-якої пошукової системи легко знайти посилання на потрібні сайти та завантажити потрібну технічну інформацію. Це каталог чи інструкція з експлуатації. Замовлений номер перетворювача, що входить до складу стенда, можна знайти в переліку елементів принципової схеми стенда. Технічна підтримка знаходиться на сайті - iadt.siemens.ru

Вказівки з оформлення звіту

Звіт повинен містити:

- найменування роботи;
- мету роботи;
- таблиці з результатами вимірювань та розрахунків;
- відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1 В яких відомих вам агрегатах можливо було б провести модернізацію і впровадити керований частотний привод?

2 Знайдіть в інструкції типову схему підключення та блок-схему перетворювача.

3 Скільки має використаний перетворювач частоти дискретних та аналогових входів-виходів? Вкажіть їх на пристрої.

4 Чим обумовлено типорозмір контактора, що застосований в стенді?

5 Запропонуйте іншу компоновку обладнання у шафі. Вкажіть на переваги та недоліки застосованої.

Вкажіть на порти цифрових мереж на перетворювачі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

Тема: дослідження основ застосування частотно-керованого асинхронного електропривода на прикладі стрілочного переводу.

Мета: вивчення характеристик асинхронного двигуна при живленні від перетворювача частоти, практичне ознайомлення з методами їх отримання під час експерименту.

Теоретична частина

Стрілочні електроприводи призначені для переведення, замикання та контролю стану залізничних стрілок. Вони застосовуються у пристроях електричної централізації, які широко використовуються на залізницях. Керування приводом у системі електричної централізації здійснюється зі стаціонарного диспетчерського поста.

За часом переведення стрілок приводи розподіляються на приводи з нормальним переведенням (2...7 с) та швидкодіючі (до 1 с). Швидкодіючі приводи використовуються на сортувальних гірках і коліях маневрових станцій.

Незалежно від типу та серії кожний привод має такі вузли (рисунок 2.1):

- корпус (1);
- електродвигун (як джерело механічної енергії) (2);
- передавальний механізм (3, 5);
- запобіжний пристрій у вигляді фрикційної муфти, яка забезпечує захист двигуна від перевантажень і поломок (4) ;
- блок управління і контролю роботи привода (6);
- шибер і контрольні лінійки, з'єднані з гостряками рейок (7).

Роботу електропривода стрілочного переводу характеризує ряд особливостей: повторно-короткочасний режим роботи, зміна

навантаження у широких межах, реверсивний характер навантаження.

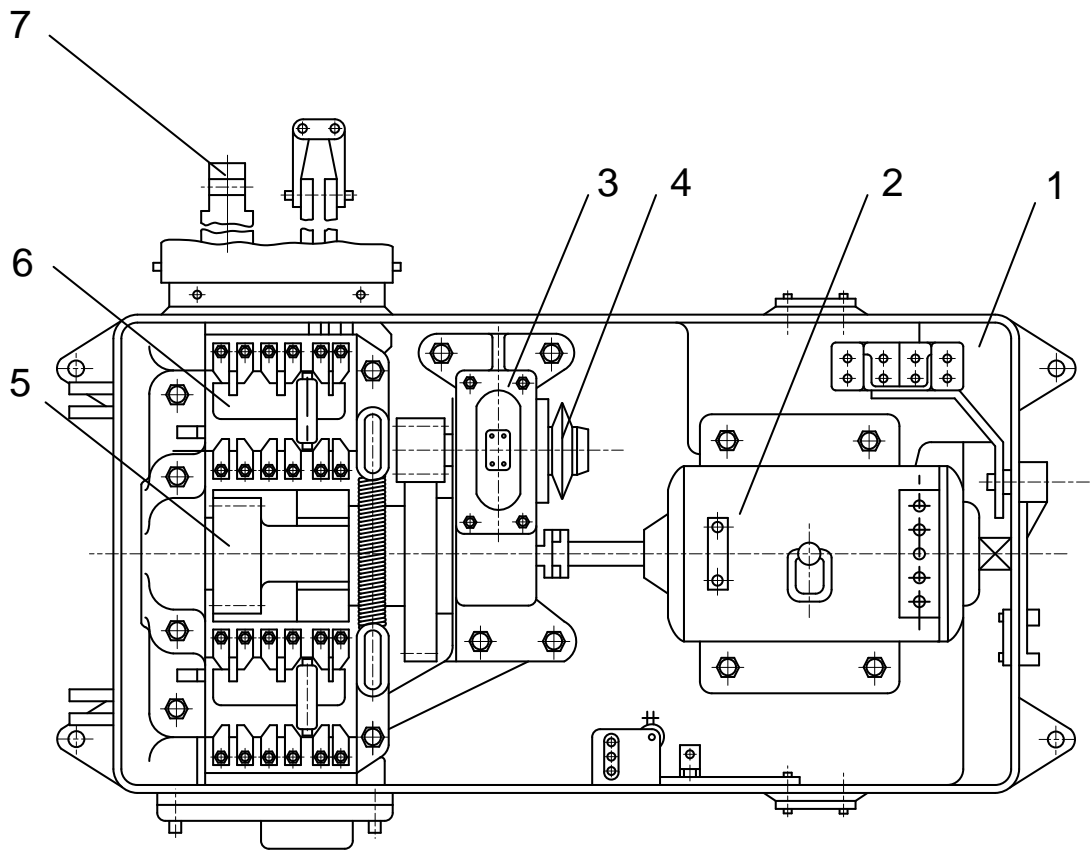


Рисунок 2.1 – Стрілочний електропривод типу СП-6м

Опис лабораторного стенда

Як відомо, частотне керування полягає в зміні швидкості обертання вала ротора асинхронного електродвигуна за допомогою зміни частоти напруги живлення. При частоті 50 Гц ротор обертатиметься з номінальною (паспортною) частотою, в даному випадку – 2850 оберт./хв, при 25 Гц – з пропорційно меншою, 1425 оберт./хв; при 75 Гц – з пропорційно більшою, 4275 оберт./хв. Тобто, якщо відомо, що при деяких умовах швидкість обертання двигуна потрібно зменшити чи збільшити, потрібно подати на двигун відповідно напругу з меншою чи більшою частотою. Саме таку функцію виконує цифровий перетворювач частоти. Натискаючи відповідну кнопку, людина (чи комп'ютер, у разі під'єднання перетворювача до цифрової мережі) подає до системи керування перетворювача сигнал, за яким він змінює вихідну частоту напруги.

Отже, в даній роботі перетворювач частоти налаштовано таким чином, що він має одну швидкість (50 Гц) назад – переведення з «плюсового» в «мінусове» положення шибера стрілки, і три (12,5; 25; 75 Гц) вперед – з «мінусового» положення в «плюсове». Активуються ці швидкості і напрям руху при натисканні відповідної кнопки на шафі стенда. Таким чином є можливість дослідити роботу механізму в реальних умовах при найпростішому випадку частотного керування. Струм статора можна дізнатись, спостерігаючи на табло перетворювача під час переведення стрілки.

Вказівки щодо виконання роботи

1 Виконайте попередній розрахунок часу переведення стрілки для швидкості обертання двигуна за варіантами.

2 За допомогою викладача подайте напругу до стенда; ввімкніть автоматичний вимикач силового кола та кола керування, зберіть лінійний контактор, натиснувши відповідну кнопку на шафі стенда.

3 Переконайтеся, що шибер знаходиться у втягнутому положенні («мінусове» положення). Якщо це не так, за допомогою кнопки «Функція 1» здійсніть переведення стрілки у вихідне «мінусове» положення.

4 Здійсніть переведення стрілки в «плюсове» положення (при цьому шибер переміститься на 152 мм), натиснувши відповідну кнопку за варіантами.

5 Повторіть дослід декілька раз, повертаючи привод у вихідне «мінусове» положення за допомогою кнопки 1, при цьому вимірявши та записавши фактичний час спрацювання привода та струм статора двигуна. Порівняйте час роботи та струм при переведенні в «мінусове» та «плюсове» положення.

Методика обробки результатів

За допомогою кінематичного аналізу передавального механізму привода з урахуванням частоти обертання обраного електродвигуна можна визначити розрахунковий час спрацювання стрілочного електропривода. Відомо, що передавальні числа кожного ступеня визначаються через кількість зубців зубчастих коліс:

$$U_{1-2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{67}{14} = 4,786,$$

$$U_{3-4} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{61}{15} = 4,067,$$

$$U_{5-6} = \frac{z_6}{z_5} = \frac{54}{15} = 3,6.$$

Число обертів першого колеса

$$n_1 = n_{об} = 2850 \text{ } xv^{-1}.$$

Число обертів другого та третього зубчастих коліс, розташованих на одному валі, однакове і дорівнює

$$n_2 = n_3 = \frac{n_1}{U_{1-2}} = \frac{2850}{4,786} = 595,48 \text{ } xv^{-1}.$$

Аналогічно

$$n_4 = n_5 = \frac{n_3}{U_{3-4}} = \frac{595,48}{4,067} = 146,41 \text{ } xv^{-1},$$

$$n_6 = n_7 = \frac{n_5}{U_{5-6}} = \frac{146,41}{3,6} = 40,66 \text{ } xv^{-1}.$$

Кутова швидкість шиберної шестірні

$$\omega_7 = \frac{\pi \cdot n_7}{30} = \frac{3,142 \cdot 40,66}{30} = 4,25 \text{ } c^{-1}.$$

Максимальна швидкість шибера

$$V_{ш.маx} = \omega_7 \cdot r_7 = 4,25 \cdot 0,035 = 0,149 \frac{м}{с}.$$

Середня швидкість переміщення шибера

$$V_{сер} = \frac{V_{ш.маx}}{2} = \frac{0,149}{2} = 0,075 \frac{м}{с}.$$

Час спрацювання стрілочного електропривода:

$$t = \frac{S_{ш}}{V_{сер}} = \frac{0,154}{0,075} = 2,053 \text{ с}.$$

Отже, якщо електродвигун матиме швидкість обертання вала, рівну 2850 оберт./хв, то стрілка переводитиметься дещо більше 2 с.

Результати дослідження внести в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 — Результати дослідження

Варіант, номер	1	2	3
Частота живлення, Гц			
Швидкість переведення (розрахована), оберт./хв			
Швидкість двигуна (розрахована), оберт./хв			
Час переведення (розрахований) , с			
Струм, А			
Швидкість переведення (дослід), оберт./хв			
Швидкість двигуна (дослід), оберт./хв			
Час переведення(дослід) , с			

Вказівки з оформлення звіту

Звіт повинен містити:

- найменування роботи;
- мету роботи;
- таблиці з результатами вимірювань та розрахунків;
- відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1 Чому зі збільшенням механічного навантаження на вал АД зростає споживана з мережі двигуном потужність?

2 Які види втрат мають місце в АД?

3 Вказати статично нестійкі ділянки механічних характеристик АД.

4 Пояснити поведінку АД на статично нестійких ділянках механічних характеристик.

5 Чи може критичне ковзання АД мати значення, що перевищує одиницю?

6 Як впливає напруга, що підводиться до АД, на форму його механічної характеристики?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Теорія електропривода [Текст]: підручник / за ред. М. Г. Поповича. – К.: Вища школа, 1993 – 494 с.
- 2 Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода [Текст]: учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
- 3 Автоматизация и привод [Текст]: каталог / ДП Сименс Украина. – К., 2003. – 250 с.
- 4 Частотно-регулируемые приводы [Текст]: каталог / ДП Сименс Украина. – К., 2003. – 200 с.
- 5 Ключев, В.И. Теория электропривода [Текст]: учебник / В.И. Ключев. –М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.