

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАТРОНІКИ І
РОБОТОТЕХНІКИ**

Приводи верстатного та робототехнічного обладнання

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Освітні програми – «Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D
друк», «Галузеве машинобудування»
Спеціальності – 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування»
Галузь знань – 13 «Механічна інженерія»

Розглянуто на засіданні кафедри
машинобудування, мехатроніки і
робототехніки
Протокол № 18 від «20» червня 2024 р.

Кропивницький
ЦНТУ
2024

Приводи верстатного та робототехнічного обладнання

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання / [уклад. : А. Кириченко, А. Гречка, П. Єрсьомін] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024 – 61 с.

Розглянуто на засіданні кафедри
машинобудування, мехатроніки і
робототехніки
Протокол № 18 від «20» червня 2024 р.

Укладачі:

Андрій Кириченко, доктор техн. наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, професор кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки;

Андрій Гречка, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки;

Павло Єрсьомін, канд. техн. наук, старший викладач кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки.

Рецензент: В. Мірзак, канд. техн. наук., доцент, доцент кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» розроблені у відповідності до освітньо-професійних програм підготовки бакалаврів для усіх форм навчання.

Здобувачі освіти денної і заочної форм навчання, у відповідності до даних методичних рекомендацій виконують лабораторні роботи з курсу «Приводи верстатного та робототехнічного обладнання».

© Лабораторна робота
здобувачів вищої освіти
першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти
Укладачі: А. Кириченко,
А. Гречка, П. Єрсьомін, 2024
© ЦНТУ, м. Кропивницький

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ОРГАНІЗАЦІЙНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	5
СТРУКТУРА І ЗМІСТ ЛАБОРАРНИХ РОБІТ	5
Лабораторна робота №1. Структура, принцип дії та вибір крокового двигуна	9
Лабораторна робота №2. Система керування кроковим двигуном	22
Лабораторна робота №3. Структура, принцип дії та вибір асинхронного двигуна	32
Лабораторна робота №4. Система керування асинхронним двигуном	42
Лабораторна робота №5. Структура, принцип дії та вибір серводвигуна	53
Список літератури	61

ВСТУП

Мета лабораторних робіт з курсу «Приводи верстатного та робототехнічного обладнання»: закріплення знань з принципу дії та устрою мехатронних систем верстатів, мехатронних модулів подачі та головного руху, алгоритмів і систем управління мехатронними системами приводів, набуття студентом практичних навичок з обрання мехатронних модулів верстатів за заданими характеристиками приводу на основі відповідних розрахунків; дослідження мехатронних модулів, параметрів приводів.

Завдання лабораторних робіт: закріплення теоретичних знань з устрою і принципу дії, а також отримання практичних навичок з вибору та налаштування мехатронних модулів, електроприводів подачі та головного руху.

У результаті виконання лабораторних робіт студент повинен знати:

номенклатуру мехатронних модулів верстатних систем;

устрій і принцип дії мехатронних модулів подачі та головного руху верстатів;

алгоритми управління мехатронних систем приводів подачі та головного руху верстатів;

принципи узгодження характеристик приводів та робочих органів обладнання;

типи, конструкції та технічні характеристики електродвигунів, що застосовуються у приводах рухомих вузлів верстатів та роботів;

системи керування електроприводом верстатів;

принципи вибору типу та параметрів електродвигунів для приводів різного призначення;

методику розрахунку статичних та динамічних характеристик приводів металообробного обладнання;

вміти:

обирати мехатронні модулі верстатів за заданими характеристиками приводу на основі відповідних розрахунків;

досліджувати мехатронні модулі, виконувати розрахунки параметрів приводів;

налаштовувати модулі приводів з кроковими двигунами, двигунами постійного струму, безколекторними синхронними та асинхронним двигунами, а також з серводвигунами.

ОРГАНІЗАЦІЙНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Лабораторні роботи проводяться з використанням електронних засобів вимірювальної техніки на зразках модулів приводів з кроковими двигунами, двигунах постійного струму, безколекторних синхронних та асинхронних двигунах. Метою проведення лабораторних робіт є набуття студентом практичних навичок з обрання мехатронних модулів верстатів за заданими характеристиками приводу на основі відповідних розрахунків; дослідження мехатронних модулів, виконання базових розрахунків параметрів приводів.

Курс лабораторних робіт студента з дисципліни передбачає виконання п'яти лабораторних робіт.

СТРУКТУРА І ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

За своєю структурою лабораторна робота складається з наступних елементів:

- 1) Титульний аркуш (додаток А);
- 2) Тема та мета лабораторної роботи;
- 3) Короткі теоретичні відомості;
- 4) Розрахункова частина;
- 5) Висновки.

Лабораторну роботу оформлюють від руки в зошиті або друкують на одній стороні аркуша білого паперу формату А4, шрифт – Times New Roman (для виділення прикладів, понять тощо допускається використання інших шрифтів), розмір шрифту – 14, відстань між рядками 1,5 інтервали, верхній і

нижній поля – 20 мм, лівий – 30 мм, правий – 10 мм. Шрифт друку повинен бути чітким. Щільність тексту повинна бути однаковою. Загальний обсяг лабораторної роботи має бути від 3 до 5 аркушів.

У висновках формулюються основні результати роботи. Загальний обсяг висновків не повинен перевищувати двох-трьох речень.

ЗАХИСТ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Звіт з лабораторної роботи захищається студентом в усній формі шляхом відповіді на контрольні запитання, що наведені після кожної з лабораторних робіт.

Критерії оцінювання відповідей студента контрольні запитання:

- Неправильна відповідь – 0 балів;
- Вірна відповідь – 1 бал.

Критерії оцінювання захисту кожної з виконаних лабораторних робіт за національною шкалою:

- Незадовільно – 0...2 бала;
- Задовільно – 3 бали;
- Добре – 4 бали;
- Відмінно – 5 балів.

Критерії оцінювання виконання кожної з лабораторних робіт:

- Невиконана лабораторна робота – 0 балів;
- Виконана, але незахищена лабораторна робота – 2 бала;
- Виконана та захищена лабораторна робота – від 3 до 5 балів.

Загальна сума балів (ЗСБ), яку атестований студент може набрати протягом семестру під час виконання лабораторних робіт – від 15 до 25. Оцінки в балах вказані по дисципліні в цілому (ЗСБ) наведені в табл.1.

Оцінювання рівня підготовки слухача під час проведення захисту лабораторної роботи здійснюється за 100-бальною шкалою, національною шкалою та шкалою ЄКТС.

Таблиця 1 – Шкала відповідності оцінок

Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
A	90-100	відмінно
B	82-89	добре
C	74-81	добре
D	64-73	задовільно
E	60-63	задовільно
FХ	0-60	незадовільно

Підсумкова оцінка виставляється за наступними критеріями:

– оцінка А «відмінно» (від 90 до 100 балів) присвоюється за глибокі теоретичні та практичні знання; виконання основних завдань лабораторної роботи; складання висновків з урахуванням причинно-наслідкових зв'язків і механізмів (алгоритмів) перебігу явищ (процесів), при цьому при захисті показав вміння аналізувати, порівнювати, узагальнювати, абстрагувати і конкретизувати, класифікувати і систематизувати матеріали, до вивчення яких підійшов творчо; за якісне оформлення роботи, повні і змістовні відповіді на запитання;

– оцінка В «добре» (від 82 до 89 балів) присвоюється за глибокі теоретичні та практичні знання; виконання завдань лабораторної роботи; складання висновків з урахуванням причинно-наслідкових зв'язків і механізмів (алгоритмів) перебігу явищ (процесів); але при наявності в змісті роботи та її оформлення невеликих недоліків або недоліків у поданні результатів до захисту;

– оцінка С «добре» (від 74 до 81 бала) присвоюється за глибокі теоретичні та практичні знання; виконання основних завдань кваліфікаційної роботи; складання висновків з урахуванням причинно-наслідкових зв'язків і механізмів

(алгоритмів) перебігу явищ (процесів); при цьому при захисті достатньо проявив отримані вміння та навички щодо роботи з документацією та інформацією щодо результатів виконаної роботи;

– оцінка D «задовільно» (від 64 до 73 балів) присвоюється за теоретичні та практичні знання; виконання основних завдань лабораторної роботи з недостатнім ступенем практичної доцільності, наявність деяких недоліків, які носять загальний характер; складання висновків без урахування причинно-наслідкових зв'язків і механізмів (алгоритмів) перебігу явищ (процесів); при цьому при захисті не достатньо проявив отримані вміння та навички щодо роботи з документацією та інформацією щодо результатів виконаної роботи;

– оцінка E «задовільно» (від 60 до 63 балів) присвоюється за теоретичні та практичні знання; виконання основних завдань лабораторної роботи з недостатнім ступенем практичної доцільності, наявність деяких недоліків, які носять загальний характер; складання висновків без урахування причинно-наслідкових зв'язків і механізмів (алгоритмів) перебігу явищ (процесів); відсутність наочного представлення роботи і утруднення при відповідях на запитання;

– оцінка FX «незадовільно» (від 0 до 59 балів) присвоюється за слабкі теоретичні та практичні знання; неповне виконання основних завдань лабораторної роботи; часткову відсутність розрахунків, несаможітності викладу матеріалу, висновки і пропозиції, що носять загальний характер, відсутність відповідей на запитання.

Студент вважається атестованим, якщо він набрав кількість балів (ЗСБ), що відповідає вказаній в табл. 1 в стовбцях «відмінно», «добре» або «задовільно». Студент вважається не атестованим з можливістю перездачі, якщо він набрав кількість балів (ЗСБ), що відповідає вказаній в табл.1 в стовбці «незадовільно» – FX.

До іспиту допускаються тільки ті студенти, які атестовані з виконання лабораторних робіт з дисципліни.

Лабораторна робота №1

Тема роботи: Структура, принцип дії та вибір крокового двигуна.

Мета роботи: вивчити будову, принцип дії та отримати практичні навички вибору крокового двигуна.

Література для самопідготовки
[1, с. 34] ; [2, с. 49-53]; [3]

План виконання роботи

1. Отримати завдання у керівника занять.
2. Знайти і виписати основні характеристики заданих згідно варіанту крокових двигунів.
3. Заповнити звіт по роботі та показати його викладачу.

Короткі теоретичні відомості: Кроковий двигун – це електричний двигун, в якому імпульсне живлення електричним струмом призводить до того, що його ротор не обертається безперервно, а виконує щоразу обертальний рух на заданий кут. Завдяки цьому, кут повороту ротора залежить від числа поданих імпульсів струму, а кутова швидкість ротора точно рівна частоті імпульсів помноженій на кут повороту ротора за один цикл роботи двигуна.

Кут повороту двигуна під впливом одного імпульсу може мати різні значення, в залежності від конструкції двигуна, – як правило це значення в діапазоні від декількох градусів до декількох десятків градусів. Крокові двигуни, залежно від призначення пристосовані до виконання від частки обороту в секунду до декількох тисяч оборотів в секунду.

Існують три основні типи крокових двигунів: змінної індуктивності, двигуни з постійними магнітами, і гібридні двигуни (рис. 1). Двигуни змінної індуктивності використовують магнітне поле, що тільки генерується, на центральному валу, примушуючи обертатися і знаходитися на одній лінії з напругою електромагнітів. Двигуни з постійними магнітами схожі на них, за винятком того, що центральний вал поляризований у північного і південного магнітних полюсів, які відповідним чином повертатимуть його залежно від того, які електромагніти включені. Гібридний мотор – це поєднання двох

попередніх. У його намагніченого центрального валу є два набори зубів для двох магнітних полюсів, які потім шикуються в лінію із зубами уздовж електромагнітів. У зв'язку з подвійним набором зубів на центральному валу, гібридний двигун має як найменший доступний розмір кроку і тому є одним з найпопулярніших типів крокових двигунів.

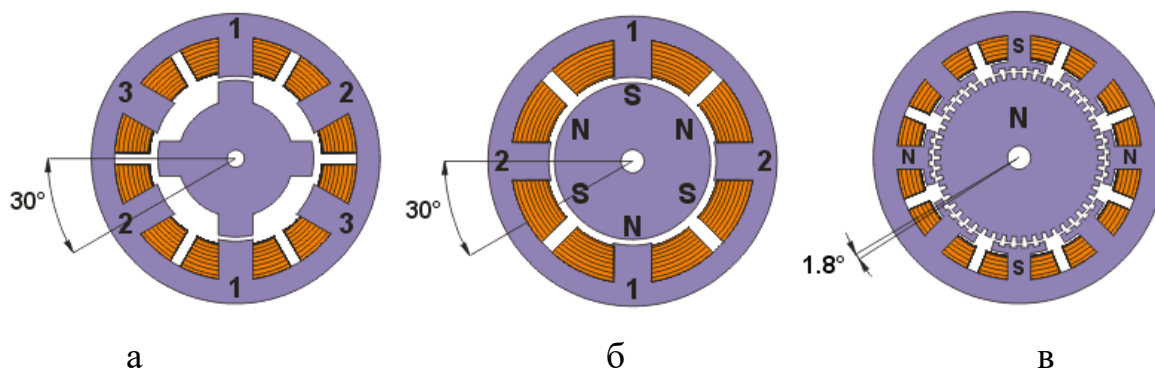


Рисунок 1 - Типи крокових двигунів: а - змінної індуктивності; б - з постійними магнітами; в – гібридний.

Крім того, крокові двигуни відрізняються один від одного за способом живлення. Тут існують:

- уніполярні двигуни;
- біполярні двигуни.

Кроковий двигун є уніполярним у тому випадку, коли відведення від середини обмоток об'єднані між собою усередині самого двигуна. Таким чином, користувачеві доступно лише 5 виводів, що буває у край рідко.

Принцип дії спочатку розглянемо на дуже спрощеній схемі магнітної частини крокового двигуна. Такий двигун має 4 кроки на один оберт ротора (рис. 1).

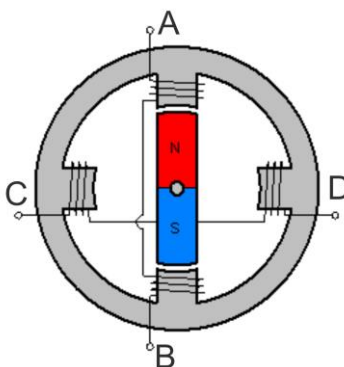


Рисунок 1 – Спрощена схема магнітної частини крокового двигуна.

На статорі розміщені дві групи обмоток А-В і С-Д, ротор – постійний магніт. У відсутності току в обмотках ротор-магніт «примагнічується» до полюсів статора і може займати чотири стійких положення (рис. 2).

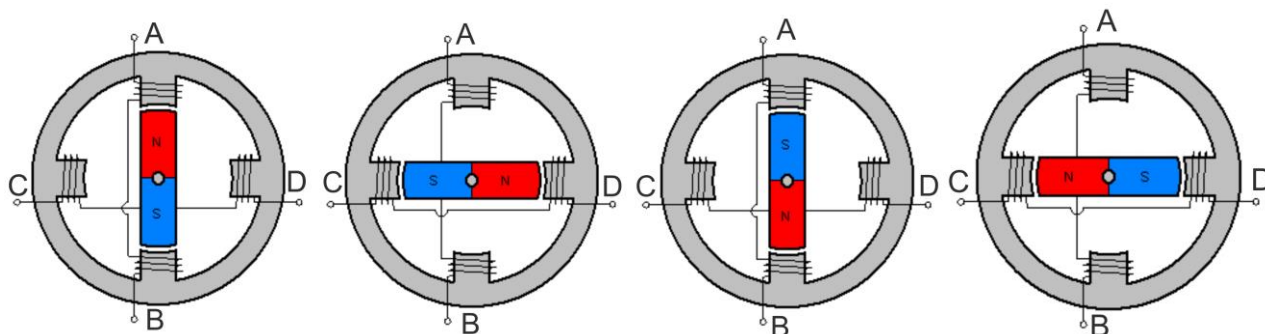


Рисунок 2 – Чотири стійких положення крокового двигуна

У двигуна є дві абсолютно однакові групи обмотки: А-В і С-Д. Пропускаючи через них струм певної величини і певного напрямку, ми можемо намагнічувати сердечник статора на свій розсуд, і це буде викликати зміну положення ротора-магніта. Також двигун може працювати в напівкроковому режимі. Це означає, що кроковий двигун, який має лише чотири стійкі стани, зможе здійснювати вісім кроків на один повний оберт ротора, тобто в два рази більше.

Розглянемо поетапно, як відбувається обертання крокового двигуна в напівкроковому режимі, як і які струми ми при цьому повинні пропускати через його обмотки.

Роботу крокового двигуна можна розбити на «ділянки», що повторюються. Кожна «ділянка» містить чотири різні стани двигуна (у напівкроковому режимі - вісім різних станів). Після проходження цих станів починається наступна «ділянка» і все повторюється спочатку.

Крок №1 (напівкрок №1). У цьому стані йде струм лише через обмотку А-В, причому в напрямі від клеми «А» до клеми «В». Для цього на клему «А» подається «+» від джерела живлення, а на клему «В» - мінус. Струм через обмотку підтримується на рівні гранично-допустимого струму для крокового двигуна (для прикладу оберемо - 3 Ампера, візьмемо його за 100%). Ротор займає положення напроти полюсів обмотки А-В. Виводи обмотки С-Д закорочені між собою (для зниження явища резонансу) (рис. 3).

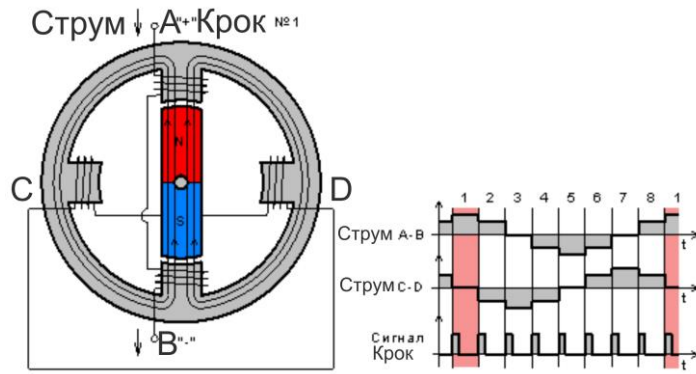


Рисунок 3 - Крок №1 (напівкрок №1)

Крок №2 (напівкрок №2). У цьому стані струм йде відразу через обидві обмотки крокового двигуна. Причому, через обмотку А-В струм йде в напрямі від клемі «А» до клемі «В», тоді як через обмотку С-Д струм йде від клемі «D» до клемі «С». Для цього «+» від джерела живлення подається на клемі «А» і «D», а мінус - на клемі «В» і «С». Величина струму через кожен обмотку підтримується на рівні 71% від максимального значення, тобто на рівні 2,13А. Це пов'язано з тим, що працюють відразу обидві обмотки, і, щоб не перегріти двигун потрібно на кожен обмотку давати знижений струм. Цифра 71% виходить з теплового балансу - при цьому дві обмотки виділяють стільки ж тепла, скільки одна обмотка виділяла б при 100% струму.

Коли струм йде відразу через дві обмотки, ротор повертається на півкроку і займає положення між полюсами статора (рис. 4).

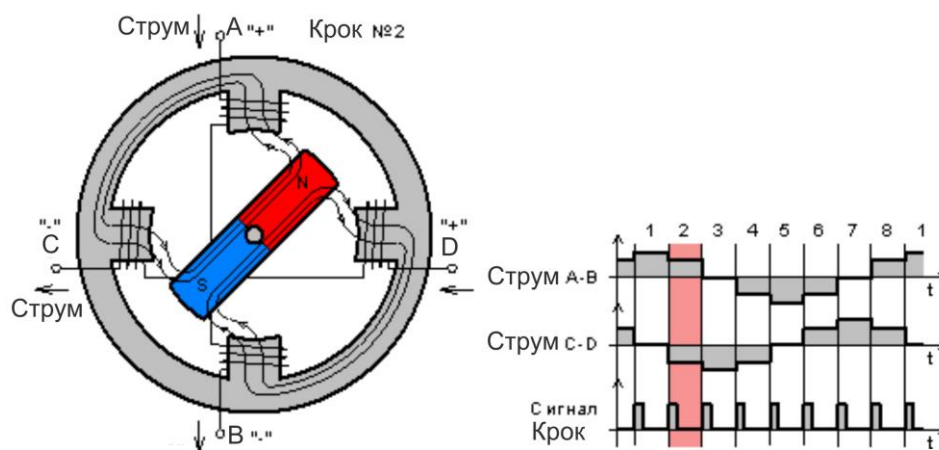


Рисунок 4 - Крок №2 (напівкрок №2)

Крок №3 (напівкрок №3). У цьому стані струм йде лише через обмотку С-Д крокового двигуна. Напрямок струму - від клемі «D» до клемі «С» ("+"

джерела живлення подається на клему «D», мінус - на «C»). Величина струму - 100% (3A). Ротор повертається ще на півкроку і займає положення напроти полюсів обмотки С-D. Обмотка А-В замкнута (для зниження явища резонансу) (рис. 5).

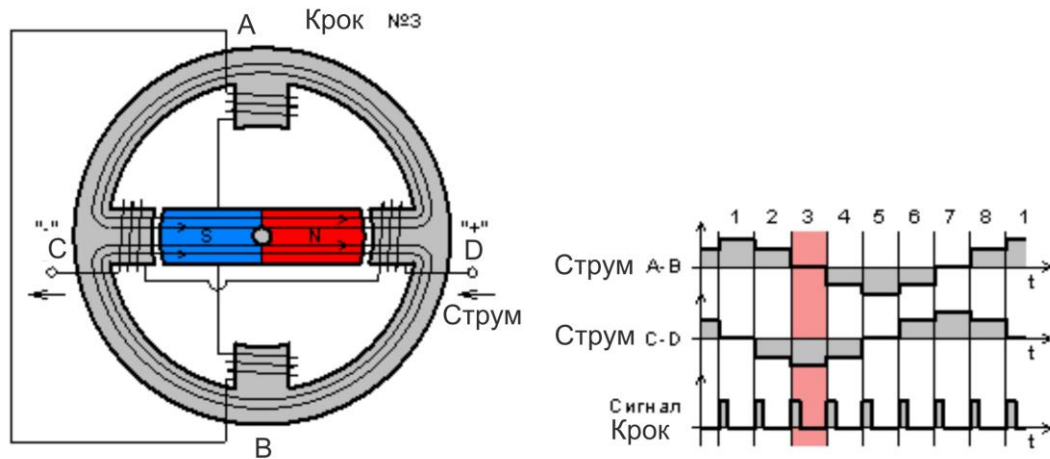


Рисунок 5 - Крок №3 (напівкрок №3)

Крок №4 (напівкрок №4). Струм знову йде відразу через обидві обмотки крокового двигуна. Причому, через обмотку А-В струм йде вже в напрямі від клемки «В» до клемки «А», тоді як через обмотку С-D як і раніше від клемки «D» до клемки «С». Для цього «+» від джерела живлення подається на клемки «В» і «D», а мінус - на клемки «А» і «С». Величина струму через кожен обмотку підтримується на рівні 71% (2,13A). Ротор повертається ще на півкроку і знову займає положення між полюсами статора (рис. 6).

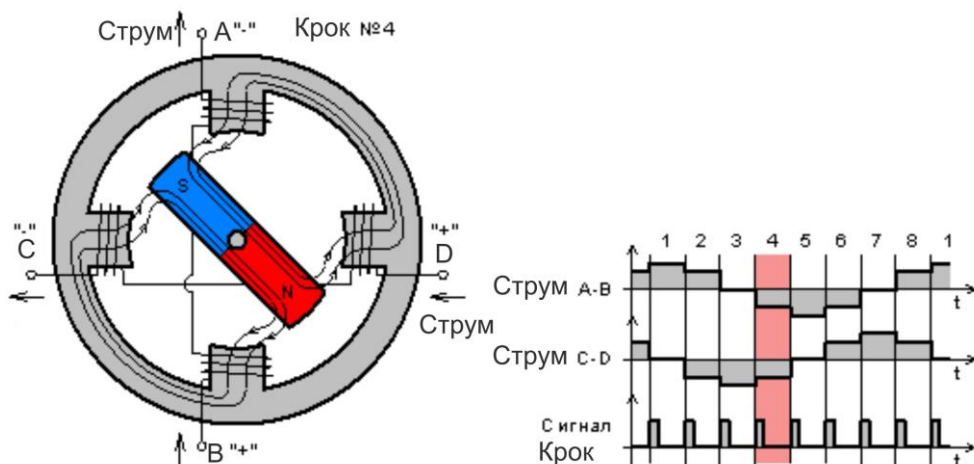


Рисунок 6 - Крок №4 (напівкрок №4)

Крок №5 (напівкрок №5). У цьому стані, як і на кроці №1, струм знову йде лише через обмотку А-В крокового двигуна. Але напрям струму -

зворотній, від клемі «В» до клемі «А» («+» джерела живлення подається на клему «В», мінус - на «А»). Величина струму - 100% (3А). Ротор повертається ще на півкроку і займає положення напроти полюсів обмотки А-В. Обмотка С-Д закорочена (для зниження явища резонансу) (рис. 7).

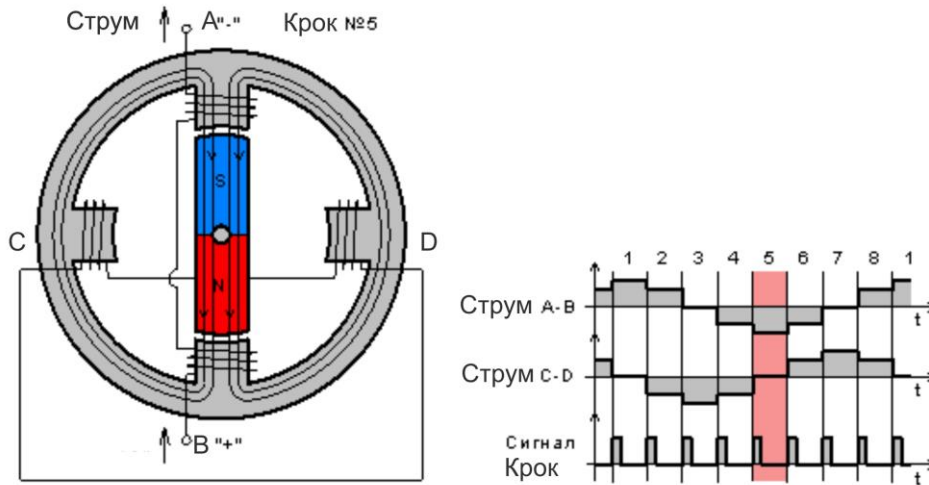


Рисунок 7 - Крок №5 (напівкрок №5)

Крок №6 (напівкрок №6). Струм знову йде відразу через обидві обмотки крокового двигуна. Через обмотку А-В як і раніше, в напрямі від клемі «В» до клемі «А», проте через обмотку С-Д вже у зворотний бік - від клемі «С» до клемі «D». Для цього «+» від джерела живлення подається на клемі «В» і «С», а мінус - на клемі «А» і «D». Величина струму через кожен обмотку підтримується на рівні 71% (2,13А). Ротор повертається ще на півкроку і знову займає положення між полюсами статора (рис. 8).

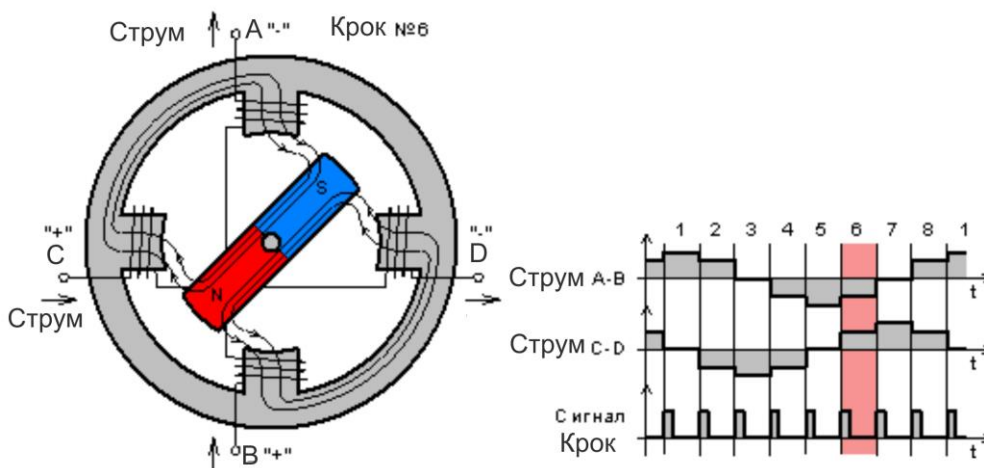


Рисунок 8 - Крок №6 (напівкрок №6)

Крок №7 (напівкрок №7). Схожий на крок №3, але з точністю навпаки. Струм знову йде лише через обмотку С-Д крокового двигуна. Але напрям

струму - зворотній, від клемі «С» до клемі «D» («+» джерела живлення подається на клему «С», мінус - на «D»). Величина струму - 100% (3А). Ротор повертається ще на півкроку і займає положення напроти полюсів обмотки С-D. Обмотка А-В замкнута (для зниження явища резонансу) (рис. 9).

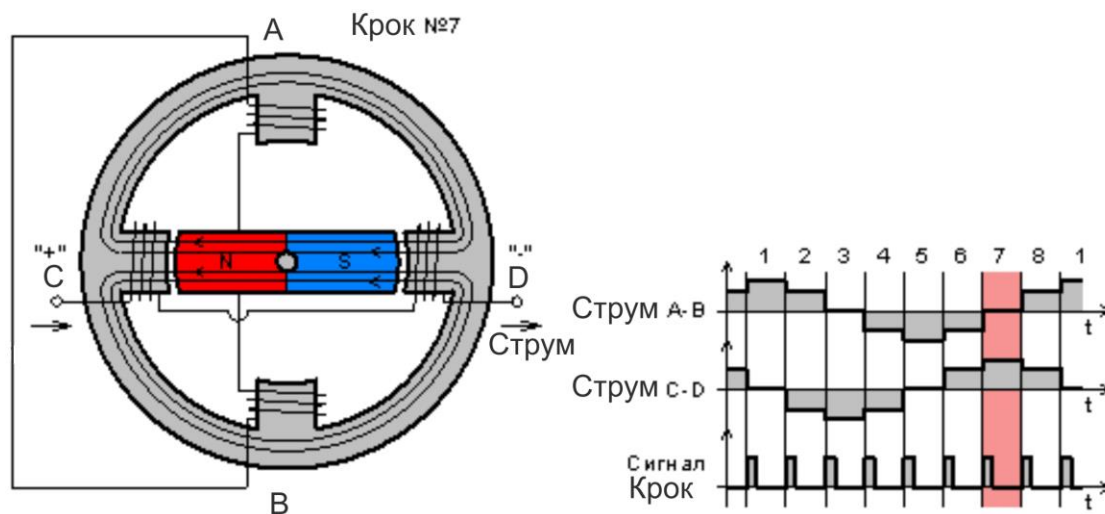


Рисунок 9 - Крок №7 (напівкрок №7)

Крок №8 (напівкрок №8). Струм знову йде відразу через обидві обмотки крокового двигуна. Але напрям його через обмотку знову помінявся. Як на кроках №1 і №2 його напрям тепер став від клемі «А» до клемі «В». Через обмотку С-D струм продовжує йти від клемі «С» до клемі «D». Для цього «+» від джерела живлення подається на клемі «А» і «С», а мінус - на клемі «В» і «D». Величина струму через кожну обмотку підтримується на рівні 71% (2,13А). Ротор повертається ще на півкроку і знову займає положення між полюсами статора (рис. 10).

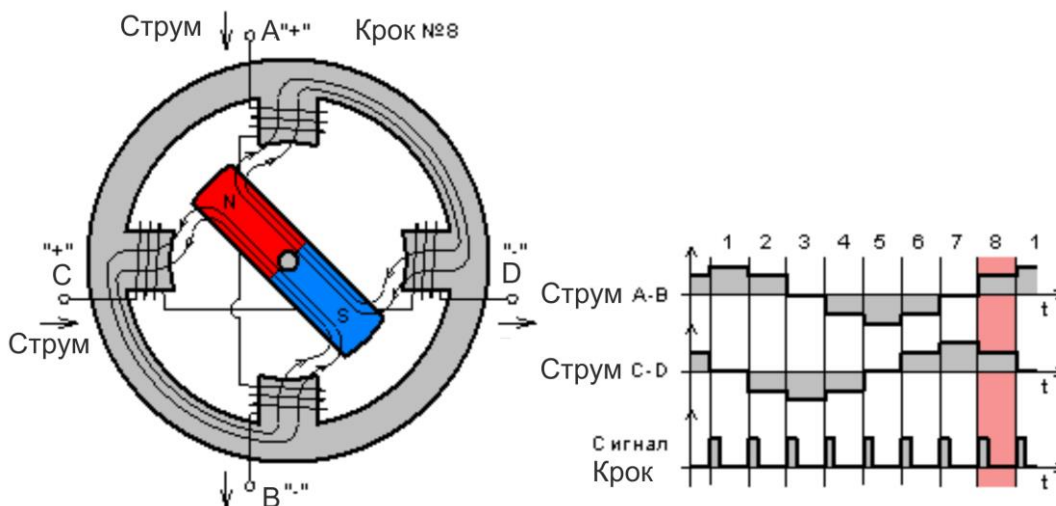


Рисунок 10 - Крок №8 (напівкрок №8)

Із приходом на драйвер крокового двигуна чергового імпульсу сигналу «КРОК», поточна «ділянка» роботи крокового двигуна закінчується, відбувається перехід в наступну «ділянку», і знову «встаємо» на крок №1.

Реальний кроковий двигун може забезпечити 200 (400) кроків на оберт ротора. Для цього розглянемо будову ротора крокового двигуна (рис. 11).

Він складається з трьох однакових секцій, розділених між собою кільцями з алюмінію, - алюміній немагнітний матеріал. Кількість секцій (1, 2 або 3) залежить від розміру крокового двигуна, чим довше двигун - тим більше секцій. Кожна секція, у свою чергу, складається з двох пакетів електротехнічної сталі, розділених досить сильним магнітом

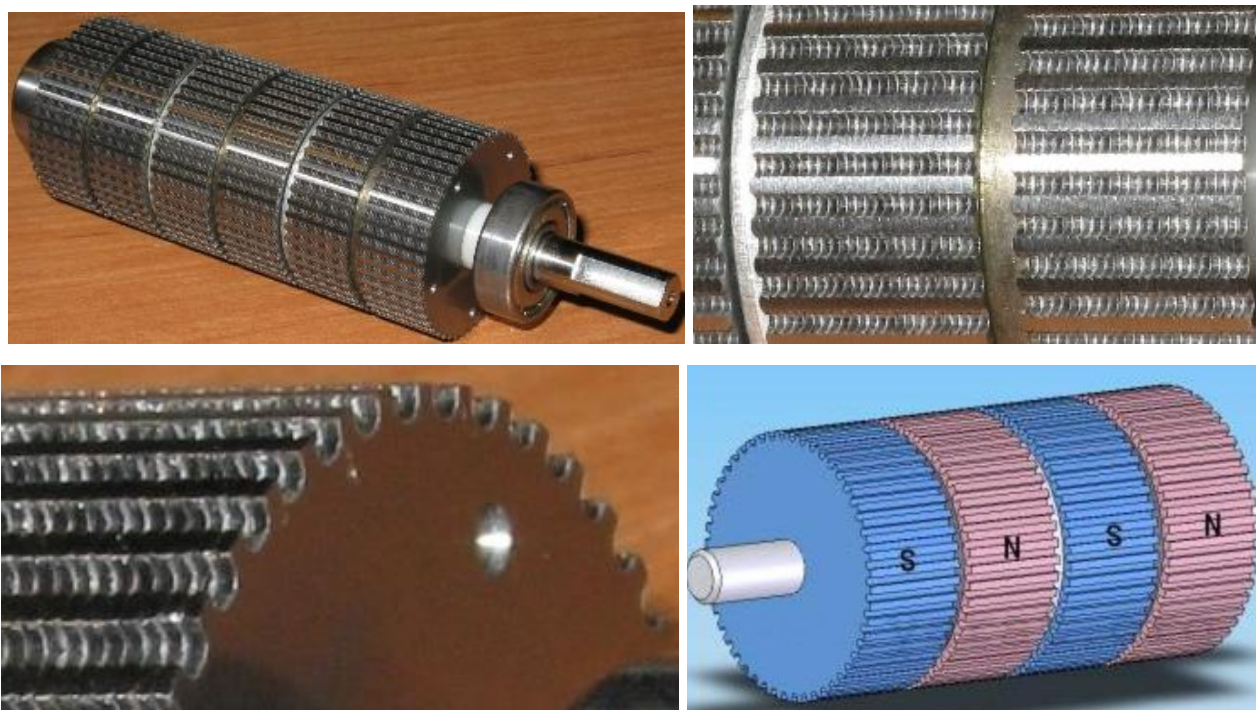


Рисунок 11 – Будова ротора крокового двигуна

Пакети мають по колу зубці, таким чином, зубці одного пакету стають «південним» полюсом, а зубці іншого пакету - північним. Слід також відзначити, що зубці «південного» і «північного» полюсів зрушені один відносно одного на півзубця.

На статорі теж є зубці, але вони не мають зсуву по довжині (по вісі) і йдуть рівно на всю довжину крокового двигуна (рис. 12).

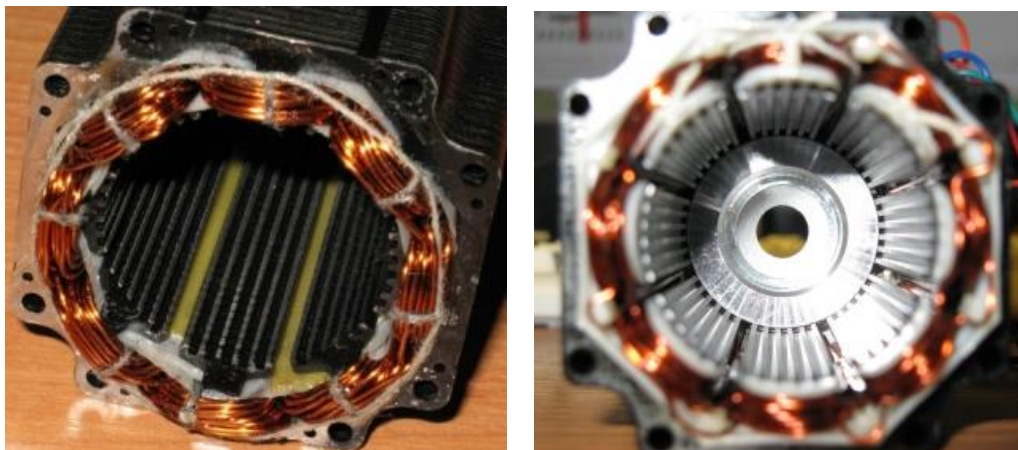


Рисунок 12 – Статор крокового двигуна

Видно, що двигун має вісім обмоток, ці обмотки сполучені в дві групи по чотири обмотки в кожній. При пропусканні струму через одну з груп обмоток (наприклад, через «жовту»), полюси статора намагнічуються, і між ними створюється магнітне поле (рис. 13).

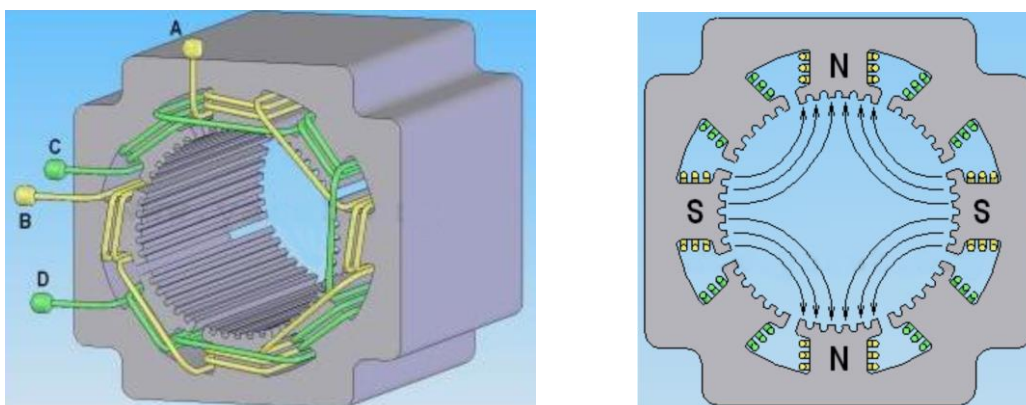


Рисунок 13 - Статор крокового двигуна (3D модель)

Ротор і статор в зборі зображений на рисунку 14.

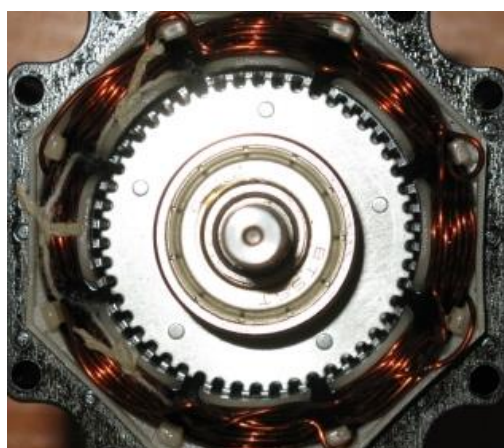


Рисунок 14 - Ротор і статор в зборі



Рисунок 15 – Загальний вигляд крокового двигуна

На рис. 14 ми бачимо вісім обмоток на статорі. Для зручності їх позначення уявимо, що це циферблат годинника. Так, саму верхню обмотку назвемо «12 годин», саму нижню – «6 годин», і так далі.

Обмотки «12 годин», «3:00», «6:00» і «9:00» - це група обмоток з клемми А-В.

Обмотки «1:30 годин», «4:30», «7:30» і «10:30» - це група обмоток з клемми С-D.

Видно, що є хороший збіг зубців ротора і статора напроти обмоток «12:00» і «6:00», але оскільки полюси ротора зміщені на півзубця, це означає хороший збіг зубців ротора і статора зворотного полюса напроти обмоток «3:00» і «9:00».

Якщо тепер ми подаємо струм в обмотку С-D, у нас намагнітяться полюси «1:30», «4:30», «7:30» і «10:30», і ротор обернеться на чверть зубця управо або вліво (залежно від того, якого напрямку струм буде пущений через групу обмоток С-D). В цьому випадку, чітко збігатимуться зубці напроти полюсів групи обмоток С-D і ротор займе наступне стійке положення. І так далі.

Вибір крокового двигуна та розрахунок його потужності є важливим питанням. Від правильного вибору буде залежати кінцева вартість обладнання та економічний ефект від його використання. Наприклад, такий важливий параметр, як крутний момент на валу двигуна дозволяє теоретично розрахувати, чи вистачить потужності у обраної моделі двигуна для приводу того механізму, де планується його використання. Якщо кроковий двигун планується застосовувати для приводів подач на металорізальному верстаті з ЧПУ, то велике значення має швидкість обертання шпинделя. Чим вона більша, тим менше зусилля різання, тобто при високошвидкісному шпинделі можна буде обрати менш потужний кроковий двигун. Також велике значення має коефіцієнт корисної дії (ККД) передачі в приводі. Так, ККД традиційної передачі «гвинт-гайка» з трапецеїдальною різьбою становить 0.3, а сучасна кульково-гвинтова передача вже має ККД 0.9-0.95 [2]. Якщо подивитись на

напрявні, то вибір напрямної кочення замість напрямної ковзання також дозволить значно підвищити ККД.

Зазвичай, виробники крокових двигунів в рекламних проспектах вказують величину моменту стопоріння на валу. А на практиці реальний робочий момент обраної моделі буде менший. Щоб запобігти такому розходженню, треба знайти та ознайомитись з графіком залежності крутного моменту від швидкості і від напруги живлення в технічній документації/карті даних (datasheet) на двигун. Відомо, що тим більша напруга живлення, тим більший крутний момент. Використання редуктора в приводі також дозволить застосувати двигун з меншим крутним моментом, але швидкість переміщення буде меншою.

Порядок спрощеного розрахунку крокового двигуна:

1. Основна формула для розрахунку крутного моменту:

$$M_{кр} = F \times L,$$

де $M_{кр}$ – крутний момент, Н·м;

F – сила, Н

L – відстань від центру обертання валу до точки, де прикладена сила, м.

Визначення прикладеної сили F . Сила, прикладена до валу двигуна, може відрізнятися в залежності від його застосування. Наприклад, якщо потрібно розрахувати крутний момент двигуна, який використовується у механізмі для підйому вантажу, прикладена сила дорівнюватиме максимальній вазі, яку він може підняти. Якщо обчислюється крутний момент двигуна, який використовується для приводів верстата з ЧПУ, прикладена сила може дорівнювати силі, необхідній для переміщення механізмів.

Вимірювання відстані L від центру обертання осі валу до точки прикладання сили здійснюється за допомогою лінійки або штангенциркуля. Важливо, щоб вимірювання проводилось між відточкою осі обертання двигуна та точкою, де сила прикладена перпендикулярно до неї.

Обов'язково треба використовувати однакові одиниці вимірювання для обох величин. Якщо сила F вимірюється в ньютонках, а відстань L – у метрах, крутний момент обчислюватиметься в ньютон-метрах (Н·м).

Додаткові фактори: У деяких випадках в розрахунках потрібно врахувати додаткові фактори, щоб отримати точний розрахунок крутного моменту на валу двигуна. Це, наприклад, коефіцієнт тертя в підшипниках двигуна, ефективність системи приводу та додаткові навантаження на двигун. Ці фактори знижують фактичну продуктивність двигуна і повинні бути враховані коефіцієнтами в розрахунку.

Для розрахунку крутного моменту на валу двигуна імпортного виробництва потрібно знати потужність крокового двигуна в кінських силах (horse power) або в кіловатах (kW), швидкість обертання валу в обертах за хвилину (RPM) і коефіцієнт служби двигуна.

Переведення величин: 1 к. с. = 0,746 кВт.

Переведення швидкості обертання валу в радіани за секунду здійснюється за формулою: 1 RPM = 0,1047 рад/с.

Тоді обчислення крутного моменту здійснюється за такою формулою: $M_{кр} \text{ (Нм)} = P \text{ (кВт)} / V \text{ (рад/с)}$.

Експлуатаційний коефіцієнт - це міра навантаження, яке двигун може витримати протягом певного періоду часу його роботи. Якщо двигун працює з повним навантаженням, то цей фактор не враховується. Якщо протягом певного часу двигун буде працювати з меншим навантаженням, тоді потрібно буде помножити розрахований крутний момент на відповідний коефіцієнт експлуатації.

Основні характеристики обраного двигуна заносяться в таблицю 1

Таблиця 1

Модель	Крок (кут повороту)	Напруга, V	Струм/ фаза, A	Опір фаза, Ω	Індуктивність фаза, mH	Момент утримання, кг.см	Кількість виходів	Маса, кг	Ціна за шт. з ПДВ, грн**

Завдання:

Знайти і виписати в таблицю 1 основні характеристики приведених нижче крокових двигунів, провести спрощений розрахунок обраного двигуна.

Варіант	Марка двигуна	Варіант	Марка двигуна
1	SM57HT56-1006A	13	SM42HT38-1684A
2	86BHH150-600-37J	14	SM110HT150-6504A
3	SM57HT56-2804MA	15	23HS4401-T8
4	SM86HT80-5504A	16	57BHH94-400B-26B
5	43HT4340	17	43HT1340
6	57BHH56-106A-21	18	SM57HT56-2804A
7	86BHH100-500B-18	19	SM86HT156-6204A
8	57BHH56-303D-21	20	110BHH154-650A-55
9	SM86HT118-6004A	21	86BHH94-400B-28B
10	SM110HT201-8004A	22	SM57HT76-2804A
11	43HT7350	23	42BHH48W-200-24
12	57BHH56-195B-21	24	SM57HT76-3006A

Контрольні запитання:

1. Які існують основні типи крокових двигунів?
2. Як відрізняються крокові двигуни один від одного за способом живлення?
3. Яким чином викликається зміна положення ротора-магніта в кроковому двигуні?
4. Чому під час роботи відразу обох обмоток крокового двигуна величина струму через кожну обмотку підтримується на рівні 71% від максимального значення?
5. За рахунок чого відбувається обертання крокового двигуна в напівкроковому режимі?
6. Для чого замикаються між собою виводи обмотки C-D при подачі напруги на виводи обмотки A-B?
7. Від чого залежить кількість секцій (1, 2 або 3) ротора крокового двигуна?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема: Система керування кроковим двигуном

Мета роботи: Вивчити принцип дії та отримати практичні навички вибору системи керування крокового двигуна.

Література для самопідготовки
[2, с. 215] ; [3]

План виконання роботи

1. Отримати завдання у керівника занять.
2. Обрати та вивчити систему керування крокового двигуна.
3. Заповнити звіт по роботі та показати його викладачу.

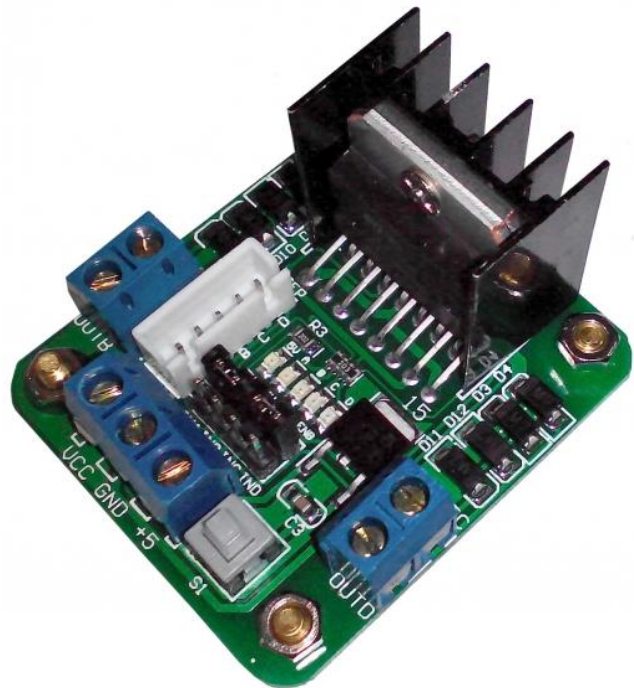
Indexer – контролери крокових двигунів, представлені у вигляді мікропроцесора, який генерує імпульси «НАПРЯМ» і «КРОК», відповідно до сигналів, які він отримує від користувача. Окрім цього, контролери також виконують інші, складніші функції. Силовою частиною КД є його драйвер (рис. 2.1) – він перетворює сигнали від контролера в силові імпульси, які необхідні для руху ротора. Для кожної моделі драйвера характерні певна величина струму і форми імпульсів. Драйвери крокових двигунів не є універсальними, кожен з них сумісний лише з конкретною моделлю КД.

Особливості і функції драйверів крокових двигунів.

Драйвером (контролер) крокового двигуна є пристрій-набір мікросхем, який забезпечує його правильну роботу і заставляє двигун чітко виконувати сигнали управління. У сфері управління КД існують певні стандарти – це сигнали STEP, DIR і ENABLE. Сигнал STEP відповідає за крок двигуна, DIR – за напрям обертання, а ENABLE є сигналом включення самого драйвера.



а)



б)

Рисунок 2.1 – Драйвери крокового двигуна: а – модель CW-5045; б - модель L298

Як відомо, крокові двигуни мають складнішу структуру і систему управління, в порівнянні з тими ж звичайними колекторними двигунами. Щоб ефективно управляти ними, потрібно перемикаати рівень напруги в обмотках в певній послідовності і одночасно підтримувати контроль струму. Тому, щоб спростити обслуговування даних механізмів, були упроваджені допоміжні пристрої управління – драйвери крокових двигунів. Вони дозволяють контролювати обертання ротора двигуна, залежно від сигналів управління і після цього ділити фізичний крок крокового двигуна на дрібні дискрети за допомогою електроніки.

Для того, щоб забезпечити повноцінну роботу пристрою, до контролерів крокового двигуна підключаються сигнали управління, сам КД через обмотки, а також джерело живлення. Стандартні сигнали управління для такого устаткування – це сигнали STEP\DIR (або ж CW\CCW), а також сигнал ENABLE.

Протокол STEP\DIR

Сигнал STEP – основний сигнал кроку. Один його імпульс повертає ротор двигуна на один крок. Важливо, що тут мається на увазі не фізичний крок крокового двигуна, а спеціальний крок, параметри якого визначаються драйвером (наприклад, 1:1, 1:8, 1:16). Як правило, драйвери крокових двигунів відпрацьовують цей крок по задньому або ж передньому фронту імпульсу.

Сигнал DIR – сигнал напрямку, потенційний сигнал. У режимі логічної одиниці кроковий двигун обертається за годинниковою стрілкою, а в режимі нуля – проти неї. Також можна виставити значення цих параметрів в зворотній послідовності. Є можливість інвертувати сигнал DIR з програми управління або ж змінити послідовність підключення фаз двигуна за допомогою драйвера (у роз'ємі його підключення).

Протокол CW/CWW

Сигнал CW – сигнал кроку, що тактує сигнал. Його імпульс також повертає ротор. Один сигнал – один крок ротора, коефіцієнти якого встановлюються драйвером (1:1, 1:16, 1:8 і т.д.). Крок відпрацьовується драйвером по передньому або задньому фронту імпульсу.

Сигнал ENABLE – сигнал включення/виключення драйвера, потенційний сигнал. При логічній одиниці (5В на вхід) драйвер вимикається, і обмотки крокового двигуна знеструмлюються. При нулі (0В на вхід) драйвер включений і обмотки живлять.

Додаткові функції контролерів крокових двигунів:

1. Контроль перевантаження струму;
2. Контроль напруги в живленні, у тому числі і захист від ефекту зворотної ЕДС. Якщо обертання ротора сповільнюється, кроковий двигун починає виробляти додаткову напругу, яка підсумовується з напругою живлення і на короткий період часу збільшує його. Чим сильніше уповільнення, тим більше зростає напруга зворотної ЕДС, і тим більше скаче напруга живлення. Такий стрибок напруги негативно впливає на драйвер і може навіть вивести його з ладу, тому драйвери крокових двигунів оснащені системою захисту від коливань живлячої напруги. Якщо показники напруги перевищують порогові значення, драйвер автоматично відключається.

3. Контроль зміни полюсів (переполюсовки) при підключенні живлячої напруги і сигналів управління.

4. Режим економії електричного струму, що подається на обмотки КД при його простої (визначається відсутністю сигналу STEP). Він дозволяє зменшити нагрів двигуна і понизити витрату споживаного струму (у режимі AUTO-SLEEP).

5. Автоматична система-компенсатор середньочастотного резонансу крокового двигуна. Резонанс часто виникає при роботі КД (у діапазоні 6-12 об/сек.) і негативно впливає на його роботу. Зокрема, двигун починає гудіти, працювати нестабільно і у результаті ротор зупиняється. Це явище багато в чому залежить від механічного навантаження і параметрів крокового двигуна. Автоматичний компенсатор допомагає повністю усунути явище резонансу, зробити обертання його ротора стійким і рівномірним при будь-яких діапазонах частот.

6. Схема змін форми фазових струмів з функцією збільшення їх частоти. Також вона називається морфінг – тобто, перехід від мікрокрока до звичайного кроку двигуна при збільшенні частоти струму. Як відомо, максимальний момент (заявлений в ТХ) віддається двигуном лише при режимі повного кроку. Тому, звичайні драйвери крокових двигунів (без морфінга) дозволяють двигунам працювати лише на 70% від їх максимальної потужності. Драйвер з функцією морфінга забезпечує максимальну віддачу двигуна у всіх частотних діапазонах.

7. Генератор частоти STEP (вбудований) – це функція, що дозволяє здійснити пробний запуск контролера крокового двигуна без необхідності підключення до ПК або якому-небудь іншому зовнішньому генератору. Також з його допомогою можна встановлювати прості системи переміщення знову таки без використання комп'ютера.

Для створення системи керування верстатом з ЧПУ необхідною складовою є інтерфейсна плата.

Інтерфейсна плата на 5 осей для управління верстатом з ЧПУ показана на рисунку 2.2. Плата не є повнофункціональним контролером, і служить як буферний пристрій, який здійснює:

- контроль датчиків;
- перетворення команд програми, що управляє, в протокол STEP/DIR для драйверів КД;
- управління вбудованим реле;
- індикація стану.



Рисунок 2.2 – Інтерфейсна плата

Інтерфейсна плата призначена для формування імпульсних послідовностей і передачі їх на блоки управління (драйвери) крокових двигунів. Конструктивно складається з плати розміром 100x80x15мм, із встановленими РЕК і роз'ємами. Використовується в системах управління лінійним рухом у верстатах з ЧПУ різного призначення. Плата може управляти до 5 КД.

Правильне підключення компонентів до інтерфейсної плати зображено на рисунку 2.3.

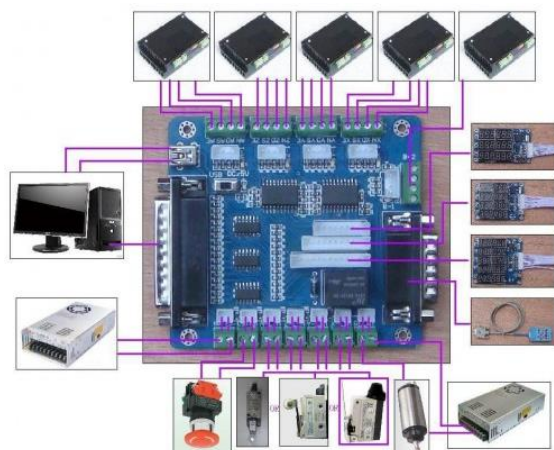


Рисунок 2.3 – Правильне підключення компонентів до інтерфейсної плати

Контроллер крокового двигуна (рис. 2.4) з інтегрованими силовими ключами на 3.5А для створення системи числового програмного управління (ЧПУ).

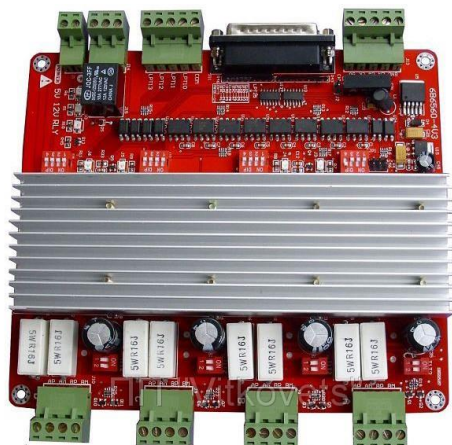


Рисунок 2.4 – Контроллер крокового двигуна

До цього контроллера вже не треба підключати драйвера, оскільки контроллер вже містить в собі силові ключі (драйвера) на 3,5А. Але це не означає що до цього контроллера потрібні крокові двигуни саме на 3,5А. До контроллера можна підключати крокові двигуни із струмом фази менше 3,5А. Оскільки на контроллері є можливість виставлення струму 25%, 50%, 75%, 100% від максимального струму (3,5А) на який розрахований цей контроллер. Можна підключати і з великим струмом фази, але буде втрата потужності яку може віддати двигун.

На контроллер подається живлення 12-36 VDC. Контроллер з широкоімпульсною модуляцією (ШИМ). На контроллері є можливість виставлення кроку. Є чотири варіанти кроку:

- 1 (крок);
- 1/2 (напівкрок);
- 1/8 кроку;
- 1/16 кроку.

Виставлення розміру кроку можливо для кожного двигуна окремо, що дає можливість використання крокових двигунів не лише різної потужності але і різних характеристик (1.8 градуса, 0.9 градуса).

До контроллера можна підключати датчики кінцевого положення на кожну вісь. На контроллері є реле яке програмно може управляти шпинделем, насосом або іншим пристроєм.

На контроллері є роз'єм для підключення додаткового двигуна через драйвер. Драйвер підключений до цього контроллера може бути вже не на 3,5А, а на багато більшої потужності. Потужність драйвера, що підключається, залежить від ваших потреб. Контроллер підтримується більшістю програмного забезпечення, таким як Mach3, Kcam4, Emc2 і т.д.

Завдання: На прикладі драйвера моделі ТВ6600HQ вивчити його характеристики та налаштування.

Призначення: керування 1-осьовим кроковим двигуном, 2-фазна плата драйвера для маршрутизатора з ЧПК. Орієнтовна ціна: €16,16

Біполярний драйвер крокового двигуна типу ШІМ-перемикач

ТВ6600HQ — це однокристальний біполярний синусоїдальний драйвер крокового двигуна з ШІМ-переривником. Керування прямим і зворотним обертанням доступне з 2-фазним, 1-2-фазним, W1-2-фазним, 2W1-2-фазним і 4W1-2-фазним режимами збудження. 2-фазний біполярний кроковий двигун може керуватися лише синхронізуючим сигналом із низькою вібрацією та високою ефективністю.

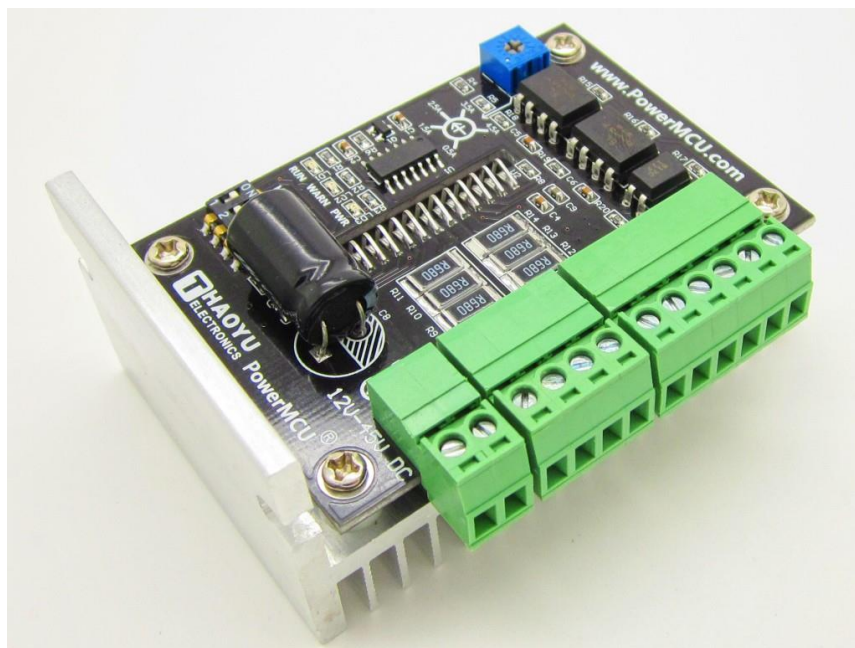


Рисунок 2.5 - Загальний вигляд ТВ6600HQ

Особливості ТВ6600

1. Однокристальний біполярний синусоїдальний мікрокроковий драйвер крокового двигуна
2. Процес ВіCD 0,13 (50 В).
3. Рон (верхній + нижній) = 0,4 Ом (тип.)
4. Доступне керування обертанням: вперед і назад
5. Перемикач фаз (1/1, 1/2, 1/4, 1/8 і 1/16 кроку)
6. Вихідна напруга: VCC = 50 В
7. Вихідний струм: IOUT = 5,0 А (абсолютний максимальний показник, пік, протягом 100 мс) IOUT = 4,5 А (робочий діапазон, максимальне значення)
8. Пакети: HZIP25-1.00F
9. Вбудований вхідний опір розриву: 100 кОм (тип.)
10. Вихідні контакти монітора (ALERT): максимум IALERT = 1 мА
11. Вихідні контакти монітора (MO): максимум IMO = 1 мА
12. Оснащений контактами для скидання та ввімкнення
13. Функція Stand by (режим очікування)
14. Одиночне джерело живлення
15. Вбудована схема термовідключення (TSD).
16. Вбудована схема блокування під напругою (UVLO).
17. Вбудована схема виявлення перевантаження по струму (ISD).

Огляд

Робоча напруга модуля 12~48В. його можна використовувати для приводу крокового двигуна. Кроковий двигун підходить для 2-фазної моделі 4,5 А.

1. Параметри збудження

Режим збудження можна вибрати з наступних восьми режимів за допомогою входів M1, M2 і M3. Новий режим збудження починається з початкового режиму, коли входи M1, M2 або M3 зміщуються під час роботи двигуна. У цьому випадку сигнал вихідного струму може не продовжуватися.

Вхід (ввод)			Режим (збудження)
1	2	3	
FF	FF	FF	Режим очікування (Робота внутрішньої схеми є майже вимкненою.)
FF	FF	N	1/1 (2-фазне збудження, повний крок)
FF	N	FF	Тип 1/2A (1-2 фази збудження типу А) (0% - 71% - 100%)
FF	N	N	Тип 1/2B (1-2 фази збудження типу В) (0% - 100%)
N	FF	FF	1/4 (фаза збудження W1-2)
N	FF	N	1/8 (2W1-2 збудження фази)
N	N	FF	1/16 (фазне збудження 4W1-2)
N	N	N	Режим очікування (Робота внутрішньої схеми є майже вимкненою)

Примітка. Щоб змінити захоплюючий режим, змінивши M1, M2 і M3, не встановлюйте M1 = M2 = M3 = L або M1 = M2 = M3 = N.

Режим очікування: Режим роботи переходить в режим очікування за умови M1 = M2 = M3 = L або M1 = M2 = M3 = N.

Споживання електроенергії мінімізується шляхом вимкнення всіх операцій, крім операції захисту. У режимі очікування вихідна клема MO є NZ.

Щоб вийти з режиму очікування, скасуйте умову M1 = M2 = M3 = L або M1 = M2 = M3 = N.

Вхідний сигнал не приймається приблизно 200 мкс після виходу з режиму очікування.

Налаштування засувки

INPUT	Режим (збудження)
Latch/Auto	
ON	Автоматичне повернення
OFF	Засувка



M1 = M2 = M3 = LATCH = ON



M1 = M2 = M3 = LATCH = OFF

Режим вихідного струму



0.5A mode



2.5A mode



4.5A mode

Примітка. Блокування/автоматичне значення. Виберіть тип повернення для схеми теплового відключення (TSD) і схеми виявлення перевантаження по струму (ISD). Коли відбувається TSD або ISD, спрацьовує світлодіод WARN.

Контрольні запитання:

1. Що називають драйвером (контролером) крокового двигуна?
2. Які додаткові функції є у контролерів крокових двигунів?
3. Які сигнали управління підключаються до контролерів крокового двигуна, щоб забезпечити повноцінну роботу пристрою?
4. Які функції здійснює інтерфейсна плата?
5. Які варіанти кроку, що можливо налаштувати на контролері, є найбільш поширеними?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Тема: Структура, принцип дії та вибір асинхронного двигуна

Мета роботи: Вивчити будову, принцип дії та отримати практичні навички вибору асинхронного двигуна.

Література для самопідготовки
[2, с. 55-72], [3, 5]

План виконання роботи

1. Отримати завдання у керівника занять.
2. Обрати асинхронний двигун, вивчити його будову та принцип дії.
3. Заповнити звіт по роботі та показати його викладачу.

Короткі теоретичні відомості: Асинхронний двигун - це асинхронна машина, призначена для перетворення електричної енергії змінного струму в механічну енергію. При цьому мається на увазі, що у асинхронних двигунів частота обертання магнітного поля статора завжди більше частоти обертання ротора. Працюють асинхронні двигуни, як зрозуміло з визначення, від мережі змінного струму.

Дуже широко застосовуються в різних галузях господарства і виробництва лінійні асинхронні двигуни в силу простоти їх виготовлення і високої надійності.

Тим часом, можна виділити чотири основні типи асинхронних двигунів:

- однофазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором;
- двофазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором;
- трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором;
- трифазний асинхронний двигун з фазним ротором.

Однофазний асинхронний двигун (рис. 3.1) містить на статорі лише одну робочу обмотку, на яку в процесі роботи двигуна подається змінний струм. Але для пуску двигуна на його статорі є і додаткова обмотка, яка

короткочасно підключається до мережі через конденсатор або індуктивність, або замикається накоротко. Це необхідно для створення початкового зсуву фаз, щоб ротор почав обертатися.

Ротор такого двигуна, як і будь-якого іншого асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, являє собою циліндричний сердечник з залитими алюмінієм пазами, з одночасно відлитими вентиляційними лопастями. Такий ротор і називається короткозамкненим ротором. Однофазні двигуни застосовуються в малопотужних приладах, таких як кімнатні вентилятори або невеликі насоси.



Рисунок 3.1 - Однофазний асинхронний двигун

Двофазні асинхронні двигуни (рис. 3.2) найбільш ефективні при роботі від однофазної мережі змінного струму. Вони містять на статорі дві робочі обмотки, розташовані перпендикулярно, причому одна з обмоток підключається до мережі змінного струму безпосередньо, а друга - через фазоздвигаючий конденсатор, так виходить, що обертається магнітне поле, а без конденсатора ротор б сам не зрушив з місця.

Ці двигуни також мають короткозамкнений ротор, а їх застосування набагато ширше, ніж у однофазних. Тут вже і пральні машини, і різні верстати. Двофазні двигуни для живлення від однофазних мереж називають конденсаторними двигунами, так як фазоздвигаючий конденсатор є часто невід'ємною їх частиною.



Рисунок 3.2 - Двофазний асинхронний двигун

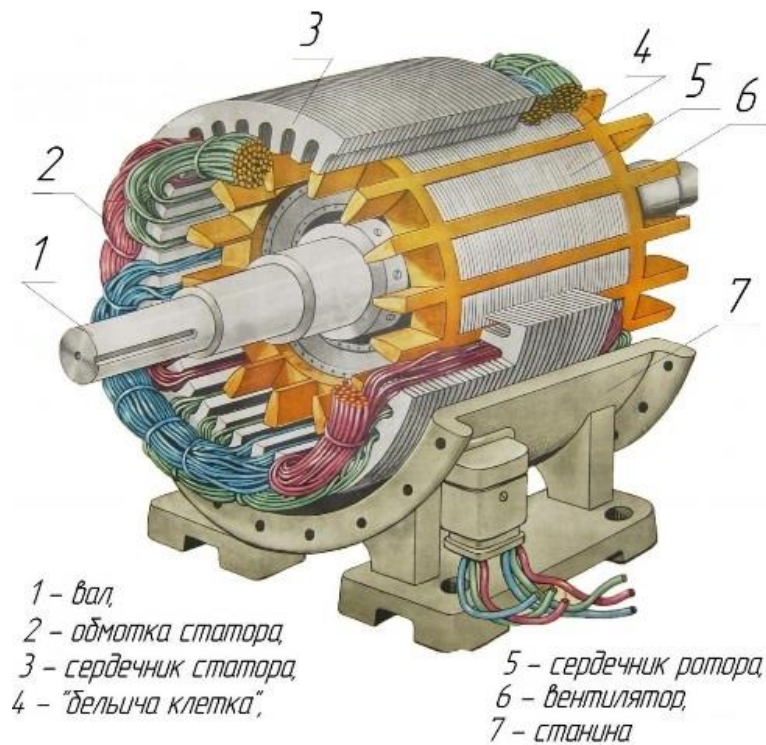
Трифазний асинхронний двигун (рис. 3.3) містить на статорі три робочі обмотки, зрушені відносно один одного так, що при включенні в трифазну мережу, їх магнітні поля виходять зміщеними в просторі відносно один одного на 120 градусів. При підключенні трифазного двигуна до трифазної мережі змінного струму, виникає обертове магнітне поле, що приводить в рух короткозамкнений ротор.



Рисунок 3.3 - Трифазний асинхронний двигун

Обмотки статора трифазного двигуна можна з'єднати за схемою «зірка» або «трикутник», причому для живлення двигуна за схемою «зірка» потрібна напруга вище, ніж для схеми «трикутник», і на двигуні, тому, вказуються дві напруги, наприклад: 127/220 або 220/380. Трифазні двигуни незамінні для

приведення в дію різних верстатів, лебідок, циркулярних пил, підйомних кранів, і т.д.



Трифазний асинхронний двигун з фазним ротором (рис. 3.4, 3.5) має статор аналогічний описаним вище типам двигунів, - шихтований магнітопровід з трьома укладеними в його пази обмотками, проте в фазний ротор не залиті алюмінієві стрижні, а покладена вже повноцінна трифазна обмотка, в з'єднанні «зірка». Кінці зірки обмотки фазного ротора виведені на три контактних кільця, насаджених на вал ротора, і електрично ізольованих від нього.



Рисунок 3.4 - Трифазний асинхронний двигун з фазним ротором

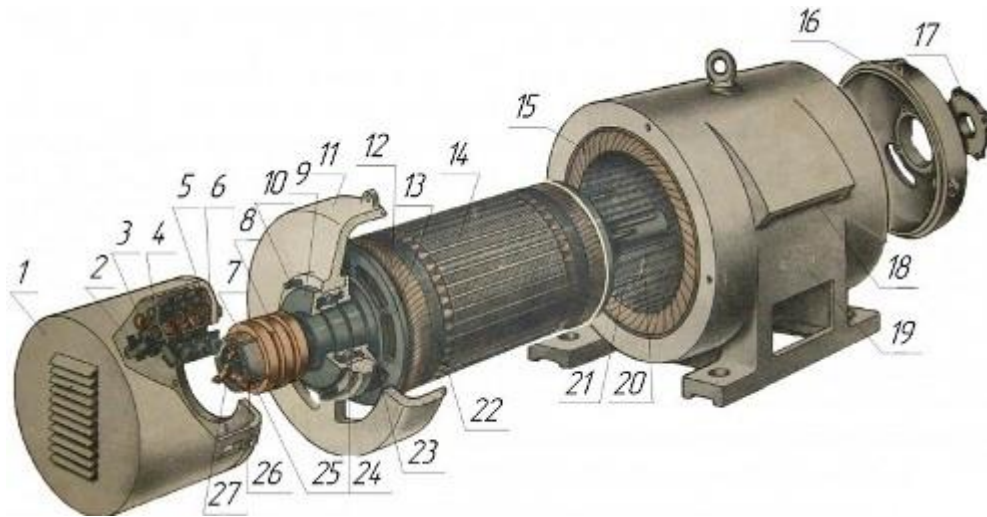


Рисунок 3.5 - Трифазний асинхронний двигун з фазним ротором

Трифазний асинхронний двигун з фазним ротором (рис. 3.5) складається з: 1 - кожух з жалюзі, 2 - щітки, 3 - щьоточна траверса з щіткотримачами, 4 - палець кріплення щіток траверс, 5 - виводи від щіток, 6 - колодка, 7 - ізоляційна втулка, 8 - контактні кільця, 9 - зовнішня кришка підшипника, 10 - шпилька кріплення коробки і кришок підшипника, 11 - задній підшипниковий щит, 12 - обмотка ротора, 13 - обмоткодержатель, 14 - сердечник ротора, 15 - обмотка ротора, 16 - передній підшипниковий щит, 17 - зовнішня кришка підшипника, 18 - вентиляційні отвори, 19 - станина, 20 - сердечник статора, 21 - шпильки внутрішньої кришки підшипника, 22 - бандаж, 23 - внутрішня кришка підшипника, 24 - підшипник, 25 - вал, 26 - контактні кільця, 27 - виводи обмотки ротора

За допомогою щіток, на кільця також подається трифазну змінну напругу, і підключення може бути здійснено як безпосередньо, так і через реостати. Безумовно, двигуни з фазним ротором коштують дорожче, але їх пусковий момент під навантаженням значно вище, ніж у типів двигунів з короткозамкненим ротором. Саме в силу підвищеної потужності і великого пускового моменту, цей тип двигунів знайшов застосування в приводах ліфтів і підйомних кранів, тобто там, де пристрій запускається під навантаженням, а не вхолосту.

Принцип устрою трифазного асинхронного двигуна

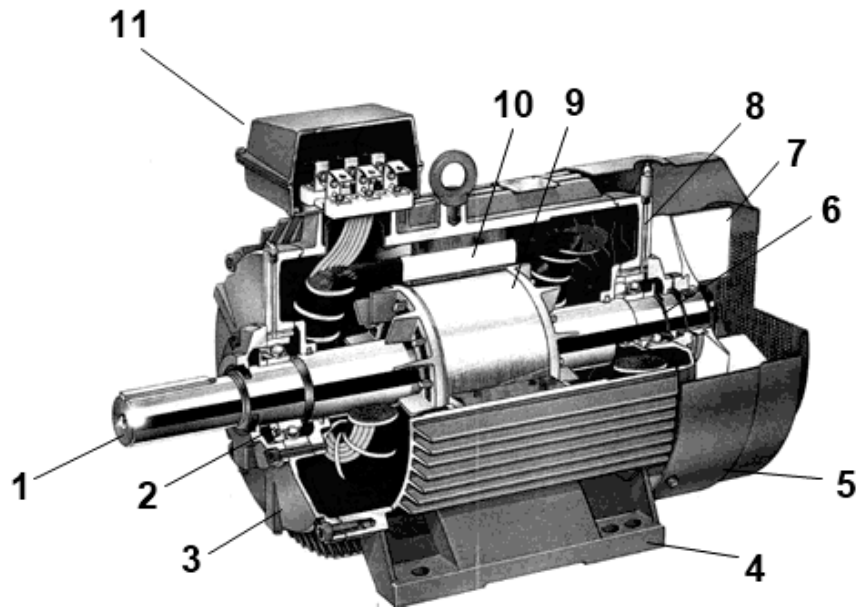


Рисунок 3.6 - Устрій трифазного асинхронного двигуна

1 - вал, 2,6 - підшипники, 3,8 - підшипникові щити, 4 - лапи, 5 - кожух вентилятора, 7 - крильчатка вентилятора, 9 - короткозамкнений ротор, 10 - статор, 11 - коробка висновків.

Основними частинами асинхронного двигуна є статор (10) і ротор (9).

Статор (рис. 3.7) має циліндричну форму, і збирається з листів сталі. У пазах сердечника статора укладені обмотки статора, які виконані з обмотувального проводу. Осі обмоток зрушені в просторі відносно один одного на кут 120° . Залежно від напруги, що подається кінці обмоток з'єднуються трикутником або зіркою.

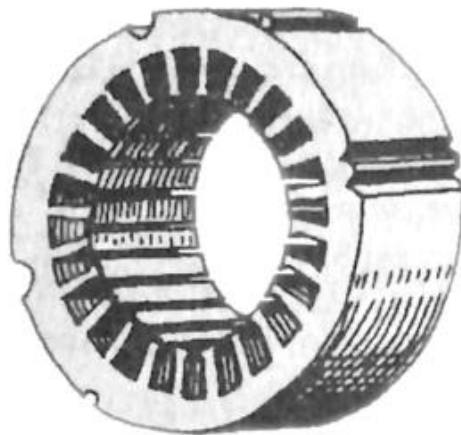
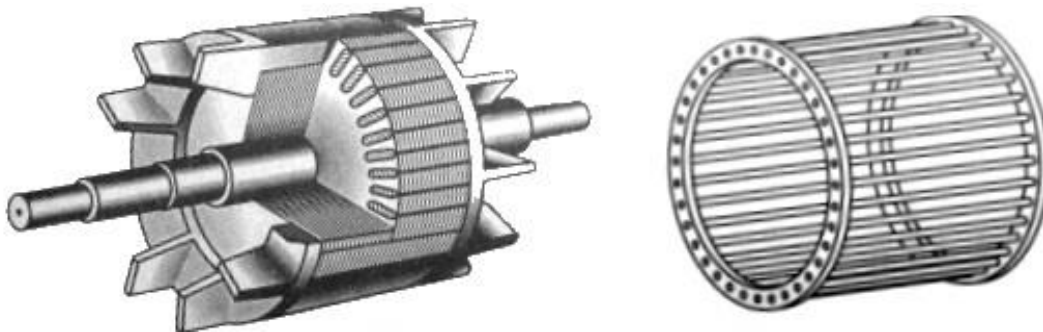


Рисунок 3.7 - Статор

Ротори асинхронного двигуна бувають двох видів: короткозамкнений і фазний ротор.

Короткозамкнений ротор являє собою сердечник, набраний з листів сталі. У пази цього сердечника заливається розплавлений алюміній, в результаті чого утворюються стрижні, які замикаються накоротко торцевими кільцями. Ця конструкція називається «білячою кліткою». У двигунах великої потужності замість алюмінію може застосовуватися мідь. Біляча клітка являє собою короткозамкнену обмотку ротора, звідки власне назва.



Короткозамкнений ротор

«Біляча клітка»

Рисунок 3.8 - Короткозамкнений ротор

Фазний ротор (рис. 3.9) має трифазну обмотку, яка практично не відрізняється від обмотки статора. У більшості випадків кінці обмоток фазного ротора з'єднуються в зірку, а вільні кінці підбиваються до контактних кілець. За допомогою щіток, які підключені до кілець, в ланцюг обмотки ротора можна вводити додатковий резистор. Це потрібно для того, щоб можна було змінювати активний опір в ланцюзі ротора, тому що це сприяє зменшенню великих пускових струмів.

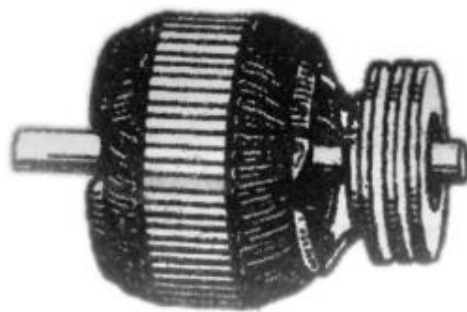


Рисунок 3.9 - Фазний ротор

Принцип роботи

При подачі до обмотки статора напруги, в кожній фазі створюється магнітний потік, який змінюється з частотою напруги, що подається. Ці магнітні потоки зрушені відносно один одного на 120° , як в часі, так і в просторі. Результуючий магнітний потік виявляється при цьому обертальним.

Результуючий магнітний потік статора обертається і тим самим створює в провідниках ротора ЕРС (електрорушійна сила). Так як обмотка ротора, має замкнутий електричний ланцюг, в ній виникає струм, який в свою чергу взаємодіючи з магнітним потоком статора, створює пусковий момент двигуна, що прагне повернути ротор у напрямку обертання магнітного поля статора. Коли він досягає значення, гальмівного моменту ротора, а потім перевищує його, ротор починає обертатися. При цьому виникає так зване ковзання.

Ковзання s - це величина, яка показує, наскільки синхронна частота n_1 магнітного поля статора більше, ніж частота обертання ротора n_2 , в процентному співвідношенні.

$$s = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} \cdot 100 \%$$

Ковзання це вкрай важлива величина. У початковий момент часу вона дорівнює одиниці, але в міру зростання частоти обертання n_2 ротора відносна різниця частот $n_1 - n_2$ стає менше, внаслідок чого зменшуються ЕРС і струм в провідниках ротора, що тягне за собою зменшення крутного моменту. У режимі холостого ходу, коли двигун працює без навантаження на валу, ковзання мінімальне, але зі збільшенням статичного моменту, воно зростає до величини $s_{кр}$ - критичного ковзання. Якщо двигун перевищить це значення, то може статися так зване перекидання двигуна, і привести надалі до його нестабільної роботи. Значення ковзання лежить в діапазоні від 0 до 1, для асинхронних двигунів загального призначення воно становить в номінальному режимі - 1 ... 8%.

Як тільки настане рівновага між електромагнітним моментом, що викликає обертання ротора і гальмівним моментом створюваним навантаженням на валу двигуна процеси зміни величин припиняться.

Виходить, що принцип роботи асинхронного двигуна полягає у взаємодії обертового магнітного поля статора і струмів, що наводяться цим магнітним полем в роторі. Причому крутний момент може виникнути тільки в тому випадку, якщо існує різниця частот обертання магнітних полів.

Вибір асинхронного двигуна для металообробного обладнання відбувається наступним чином:

1. Згідно каталогів фірм-виробників або спеціалізованих постачальників здійснюємо вибір двигуна за швидкістю обертів вала та номінальним обертовим моментом. Крутний момент вибирається виходячи з допустимого перевищення моменту не більше 10% від найбільш допустимого режиму різання по навантаженню.

Температура навколишнього середовища вибирається виходячи за найгірших умов експлуатації обладнання по теплу. Оскільки верстат встановлюється у спеціалізованому приміщенні, така температура становитиме 30 градусів. Ці параметри є основними.

Далі вибираємо вихідні монтажні параметри для двигуна, виконання з зовнішніми одним або двома валами для підключення навантаження та датчика обертів. Обов'язково звертаємо увагу на підключення двигуна та клемної коробки для розташування зверху або збоку, для запобігання попадання вологи (наприклад мастильно-охолоджувальної рідини) всередину клемної коробки.

В параметрах двигуна слід вибрати ступінь захисту від пилу, бруду та вологи, відповідно до типу використання. Захист від перевантаження двигуна здійснюється за допомогою датчика температури, що має підключатися до реле температури в системі керування верстатом.

Завдання: Вивчити конструкцію та принцип роботи асинхронних електродвигунів типу АИР (таблиця 3).

Знайти і виписати в таблицю 4 основні характеристики приведених нижче асинхронних двигунів [10], провести спрощений розрахунок обраного двигуна.

Таблиця 3

Варіант	Марка двигуна	Варіант	Марка двигуна
1	АИР71В2	13	АИР90L2
2	АИР80А4	14	АИР100S4
3	АИР80В6	15	АИР112МА6
4	АИР90LB8	16	АИР112MB8
5	АИР80А2	17	АИР100S2
6	АИР80В4	18	АИР100L4
7	АИР90L6	19	АИР112MB6
8	АИР100L8	20	АИР132S8
9	АИР80В2	21	АИР100L2
10	АИР90L4	22	АИР112М4
11	АИР100L6	23	АИР132S6
12	АИР112МА8	24	АИР132М8

Таблиця 4

Марка двигуна	Потужність, кВт	Кількість обертів	Режим роботи	Крутний момент	Номінальний струм	Схема підключення	Рівень шуму	Ступінь захисту	Маса, кг	Виробник

Питання до роботи:

1. Який струм використовують для живлення асинхронних двигунів?
2. Які є основні типи асинхронних двигунів?
3. Які існують види роторів асинхронного двигуна?
4. Що таке явище «ковзання»?
5. В чому сутність принципу роботи асинхронного двигуна?

Лабораторна робота №4

Тема: Система керування асинхронним двигуном

Мета роботи: Вивчити принцип дії та отримати практичні навички вибору системи керування асинхронного двигуна.

Література для самопідготовки
[2, с. 55-72], [3,4]

План виконання роботи

1. Отримати завдання у керівника занять.
2. Вивчити принцип дії та обрати систему керування асинхронного двигуна.
3. Заповнити звіт по роботі та показати його викладачу.

Короткі теоретичні відомості: Частотний перетворювач (рис. 4.1) в комплекті з асинхронним електродвигуном дозволяє замінити електропривод постійного струму. Системи регулювання швидкості двигуна постійного струму досить прості, але слабким місцем такого електроприводу є електродвигун. Він дорогий і ненадійний. При роботі відбувається іскріння щіток, під впливом електроерозії зношується колектор. Такий електродвигун не може використовуватися в запиленому і вибухонебезпечному середовищі.

Асинхронні електродвигуни перевершують двигуни постійного струму за багатьма параметрами: вони прості по пристрою і надійні, тому що не мають рухомих контактів. Вони мають менші в порівнянні з двигунами постійного струму розміри, масу і вартість при тій же потужності. Асинхронні двигуни прості у виготовленні і експлуатації.

Основний недолік асинхронних електродвигунів - складність регулювання їх швидкості традиційними методами (змінною напруги живлення, введенням додаткових опорів в ланцюг обмоток).



Рисунок 4.1 - Частотний перетворювач

Регулювання частоти обертання виконавчих механізмів можна здійснювати за допомогою різних пристроїв: механічних варіаторів, гідравлічних муфт, які додатково вводяться в статор або ротор резисторами, електромеханічними перетворювачами частоти, статичними перетворювачами частоти.

Застосування перших чотирьох пристроїв не забезпечує високої якості регулювання швидкості, неекономічно, вимагає великих витрат при монтажі та експлуатації.

Статичні перетворювачі частоти є найбільш досконалими пристроями управління асинхронним приводом в даний час.

Принцип частотного методу регулювання швидкості асинхронного двигуна полягає в тому, що, змінюючи частоту f_1 напруги живлення, можна відповідно до вираження (1) незмінному числі пар полюсів p змінювати кутову швидкість магнітного поля статора.

$$\omega_0 = \frac{2\pi \times f_1}{p} \quad (1)$$

Цей спосіб забезпечує плавне регулювання швидкості в широкому діапазоні, а механічні характеристики мають високу жорсткість.

Регулювання швидкості при цьому не супроводжується збільшенням ковзання асинхронного двигуна, тому втрати потужності при регулюванні невеликі.

Для отримання високих енергетичних показників асинхронного двигуна - коефіцієнтів потужності, корисної дії, перевантажувальної здатності - необхідно одночасно з частотою змінювати і напругу, що підводиться.

Закон зміни напруги залежить від характеру моменту навантаження M_c . При постійному моменті навантаження $M_c = \text{const}$ напруга на статорі повинно регулюватися пропорційно частоті:

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$$

Для вентиляторного характеру моменту навантаження це стан має вигляд:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}$$

При моменті навантаження, назад пропорційному швидкості:

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \text{const}$$

Таким чином, для плавного безступінчатого регулювання частоти обертання валу асинхронного електродвигуна, перетворювач частоти повинен забезпечувати одночасне регулювання частоти і напруги на статорі асинхронного двигуна.

Переваги використання регульованого електроприводу в технологічних процесах:

Застосування регульованого електроприводу забезпечує енергозбереження та дозволяє отримувати нові якості систем і об'єктів. Значна економія електроенергії забезпечується за рахунок регулювання будь-якого технологічного параметра. Якщо це транспортер або конвеєр, то можна регулювати швидкість його руху. Якщо це насос або вентилятор - можна підтримувати тиск або регулювати продуктивність. Якщо це верстат, то можна плавно регулювати швидкість подачі або головного руху.

Структура частотного перетворювача

Більшість сучасних перетворювачів частоти побудовано за схемою подвійного перетворення. Вони складаються з наступних основних частин: ланки постійного струму (некерованого випрямляча), силового імпульсного інвертора і системи управління.

Ланка постійного струму складається з некерованого випрямляча і фільтра. Змінна напруга мережі живлення перетворюється в ньому в напругу постійного струму.

Силовий трифазний імпульсний інвертор складається з шести транзисторних ключів. Кожна обмотка електродвигуна підключається через відповідний ключ до позитивного і негативного висновків випрямляча. Інвертор здійснює перетворення випрямленої напруги в трифазне змінну напругу потрібної частоти і амплітуди, яке прикладається до обмоток статора електродвигуна.

У вихідних каскадах інвертора в якості ключів використовуються силові IGBT-транзистори. У порівнянні з тиристорами вони мають більш високу частоту перемикання, що дозволяє виробляти вихідний сигнал синусоїдальної форми з мінімальними спотвореннями.

Принцип роботи перетворювача частоти

Перетворювач частоти складається з некерованого діодного силового випрямляча V , автономного інвертора, системи управління ШІМ, системи автоматичного регулювання, дроселя L_B і конденсатора фільтра C_B (рис. 4.2). Регулювання вихідної частоти $f_{\text{вих.}}$ і напруги $U_{\text{вих}}$ здійснюється в інверторі за рахунок високочастотного широтно-імпульсного управління.

Широтно-імпульсне управління характеризується періодом модуляції, всередині якого обмотка статора електродвигуна підключається по черзі до позитивного і негативного полюсів випрямляча.

Тривалість цих станів всередині періоду ШІМ модулюється за синусоїдальним законом. При високих (зазвичай 2...15 кГц) тактових частотах

ШІМ, в обмотках електродвигуна, внаслідок їх фільтруючих властивостей, течуть синусоїдальні струми.

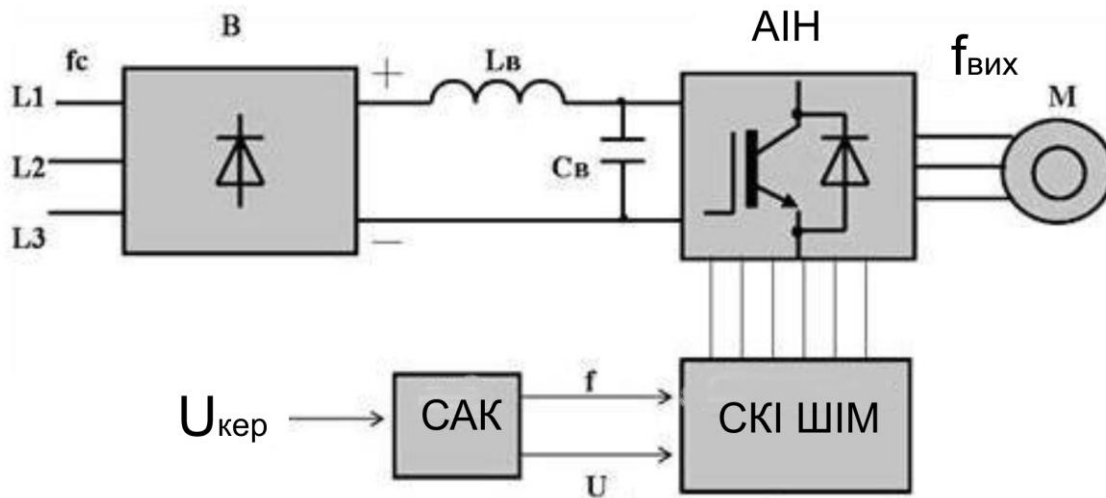


Рисунок 4.2 - Схема перетворювача частоти

Таким чином, форма кривої вихідної напруги являє собою високочастотну двухполярну послідовність прямокутних імпульсів (рис. 4.3). Частота імпульсів визначається частотою ШІМ, тривалість (ширина) імпульсів протягом періоду вихідної частоти АІН промодульована за синусоїдальним законом. Форма кривої вихідного струму (струму в обмотках асинхронного електродвигуна) практично синусоїдальна.

Регулювання вихідної напруги інвертора можна здійснити двома способами: амплітудним (АР) за рахунок зміни вхідної напруги U_v і широтно-імпульсним (ШІМ) за рахунок зміни програми перемикання вентилів V1-V6 при $U_v = \text{const}$.

Другий спосіб набув поширення в сучасних перетворювачах частоти завдяки розвитку сучасної елементної бази (мікропроцесори, IGBT-транзистори). При широтно-імпульсній модуляції форма струмів в обмотках статора асинхронного двигуна виходить близькою до синусоїдальної завдяки фільтруючим властивостям самих обмоток.

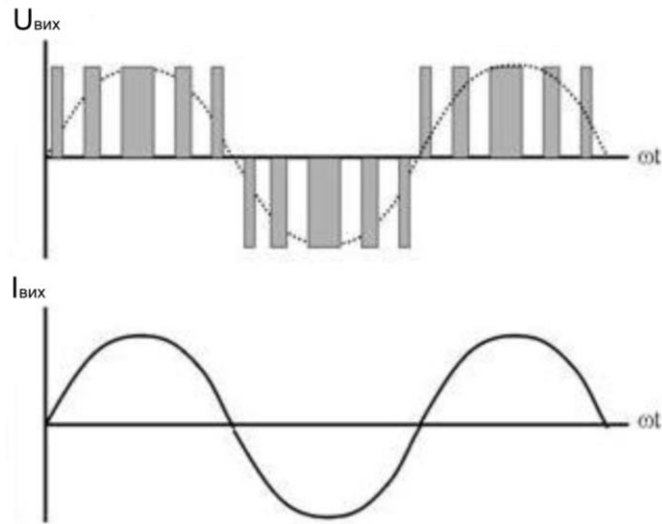


Рисунок 4.3 - Форма кривої вихідної напруги

Таке управління дозволяє отримати високий ККД перетворювача і еквівалентно аналоговому управлінню за допомогою частоти і амплітуди напруги.

Сучасні інвертори виконуються на основі повністю керованих силових напівпровідникових приладів - замикаються GTO - тиристорів, або біполярних IGBT-транзисторів з ізольованим затвором. На рис. 4.4 представлена 3-х фазна мостова схема автономного інвертора на IGBT-транзисторах.

Вона складається з вхідного ємнісного фільтра СФ і шести IGBT-транзисторів V1-V6 включеними зустрічно-паралельно діодами зворотного струму D1-D6.

За рахунок почергового перемикання вентилів V1-V6 за алгоритмом, заданим системою управління, постійна вхідна напруга U_B перетворюється в змінну прямокутно-імпульсну вихідну напругу. Через керовані ключі V1-V6 протікає активна складова струму асинхронного електродвигуна, через діоди D1-D6 - реактивна складова струму.

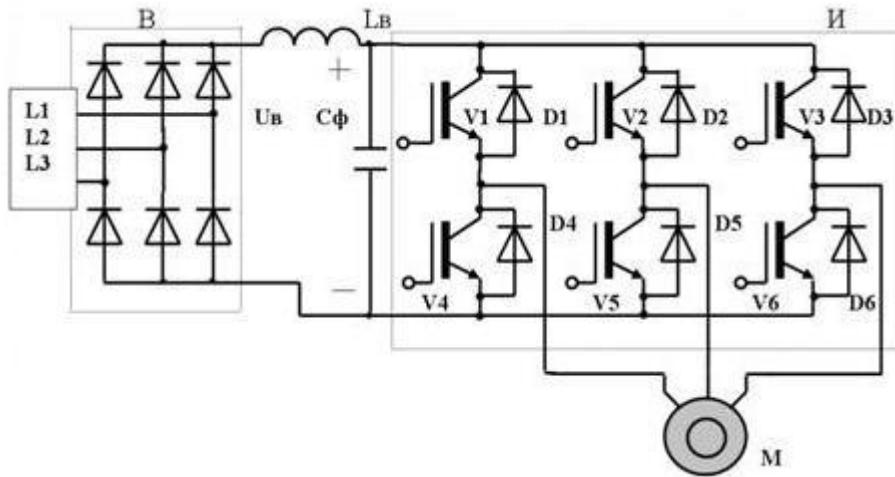


Рисунок 4.4 - 3-х фазна мостова схема автономного інвертора на IGBT-транзисторах

- И - трифазний мостовий інвертор;
- В - трифазний мостовий випрямляч;
- С_ф - конденсатор фільтра.

Маркування та схема підключення до електромережі і навантаження

Частотні інвертори будь-якої фірми обов'язково маркуються табличками із зазначенням основних характеристик:

- Максимальна потужність підключаемого електродвигуна,
- Напруга живильної мережі,
- Кількість фаз (трифазний / однофазний).

Підключення приладу до електричної мережі може здійснюватися за схемою зображеної на рисунку 4.5.



Рисунок 4.5 - Схема підключення

До живильної трифазної мережі підключення проводиться через автоматичний вимикач, розрахований на струм споживання навантаження, і магнітний пускач. Включення в мережу проводиться через клеми RST, під'єднання електродвигуна - до клем UVW. Є також можливість дистанційного керування роботою за допомогою лінії зв'язку з комп'ютером.

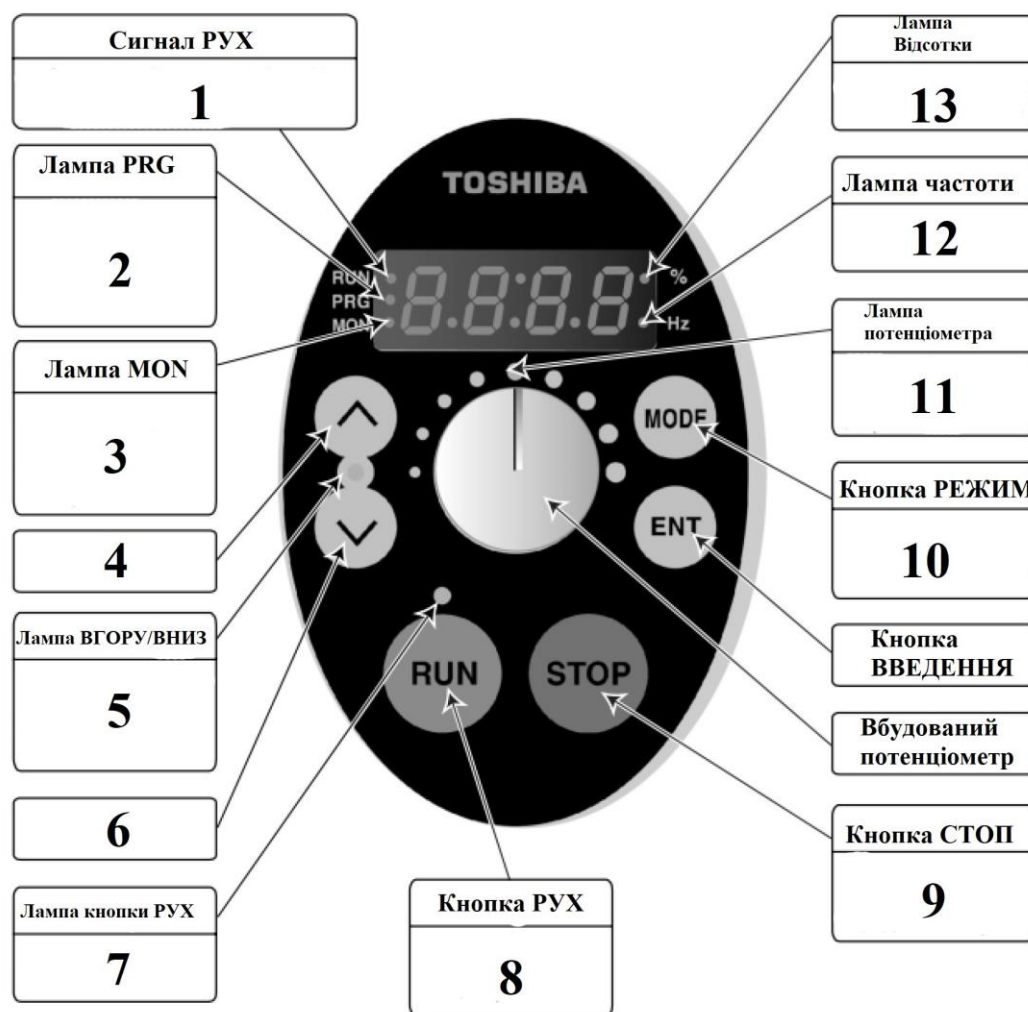
Завдання: На прикладі інвертора TOSHIBA VF-S11 вивчити його характеристики, налаштування та управління двигуном.

Зовнішній вигляд та панель керування інвертора TOSHIBA VF-S11 показано на рис. 4.6



Рисунок 4.6 – Зовнішній вигляд TOSHIBA VF-S11 та його панель управління

На лицьовій панелі приладу знаходиться кнопкова панель управління з цифровим дисплеєм, що дозволяє обрати необхідні налаштування.



1. Сигнал РУХ: Світиться, коли видається команда УВІМКНЕННЯ, але частотний сигнал не надсилається. Він блимає під час запуску операції.
2. Лампа PRG: Світиться, коли інвертор знаходиться в режимі налаштування параметрів. Блимає, коли інвертор знаходиться в АУН Gr. Режим U.
3. Лампа MON: Світиться, коли інвертор знаходиться в режимі моніторингу. Блимає, коли інвертор переведено в режим відображення запису руху.
4. Кнопка «ВГОРУ»
- 5 Натискання клавіші «вгору» або «вниз», коли ця лампа світиться, дозволяє встановити робочу частоту.
6. Кнопка «ВНИЗ»
7. Лампа кнопки РУХ: Світиться, коли натиснена кнопка РУХ.
8. Клавіша РУХ: Якщо натиснути цю кнопку, коли світиться лампа клавіші РУХ, розпочнеться робота.

9. Кнопка СТОП: Кожне натискання цієї кнопки, коли світиться індикатор клавіші RUN, призведе до уповільнення до зупинки.
10. Кнопка РЕЖИМ: Відображає на табло частоту роботи, параметри та причини помилок.
11. Вбудована лампа-потенціометр: Робочу частоту інвертора можна змінювати поворотом рукоятки потенціометра, коли світиться лампа вбудованого потенціометра.
12. Лампа частоти (Гц): Світиться, коли числове значення відображається в Гц.
13. Лампа Відсотки (%): Світиться, коли відображається числове значення у %.

Технічні характеристики інвертора TOSHIBA VF-S11 у виконанні 2015PM-WN(1):

Вхідна напруга: 1-фазна напруга 220В / 3-фазна напруга 380В

Вихідна напруга: 3-фазна напруга 220В / 3-фазна напруга 380В

Вихідна частота: 0,5 - 500,0 Гц

Підходящі двигуни: 0,2 - 2,2 кВт 220В / 0,4 - 15 кВт 380В

Тип управління: V/f, векторне керування, автоматичне підвищення крутного моменту, енергозбереження

Захист від перевантаження: 150% - 60 сек / 200% - 0,5 сек

Фільтри: Вбудований ЕМС

Аналогові сигнали: 2 входи і 2 виходи

PID-регулювання

Зв'язок: TTL з ПК або панеллю керування

Опція: RS485, Modbus або протокол зв'язку Toshiba

Гальмівний резистор

Гальмо постійного струму

Вхідна напруга, V: 240

Кількість фаз вхідної напруги: 3

Вихідна частота, Гц: 0,5-500

Ступінь захисту: IP20

Здатність до перевантаження, % (протягом 1 хв.): 150

Час розгону, сек: 0-3200

Час уповільнення, сек: 0-3200

ЕМС фільтр: +

Гальмівний блок: +

Аналогові входи: 2

Аналогові виходи: 2

RS485 (Modbus RTU): +

Пусковий крутний момент: +

PID: ПІД-регулювання

Режим управління V/f: +

Бездатчикове векторне керування: +

Робоча температура, °C: -10.....+60

Температура зберігання, °C: -25.....+70

Розміри (Ш x В x Г), мм: 105x130x130

Вага, кг: 1,2

Інвертор має вбудований електричний вентилятор для охолодження

Контрольні питання:

1. Назвіть основні переваги асинхронних двигунів перед двигунами постійного струму
2. Який основний недолік асинхронних двигунів?
3. Які два параметри повинен одночасно регулювати перетворювач частоти для плавного безступінчастого регулювання частоти обертання валу асинхронного двигуна?
4. Назвіть основні частини сучасних перетворювачів частоти?
5. Якими способами можна здійснити регулювання вихідної напруги інвертора?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Тема: Структура, принцип дії та вибір серводвигуна.

Мета роботи: Вивчити будову, принцип дії та отримати практичні навички вибору серводвигуна.

Література для самопідготовки
[2, с. 84-88]

План виконання роботи

1. Отримати завдання у керівника занять.
2. Вивчити будову, принцип дії, обрати та розрахувати серводвигун.
3. Заповнити звіт по роботі та показати його викладачу.

Короткі теоретичні відомості: Сервомотори (серводвигуни) являють собою спеціалізовані електродвигуни, оснащені так званим негативним зворотним зв'язком, за допомогою якого здійснюється точне управління всіма параметрами руху. Її суть полягає в тому, що в процесі роботи цих пристроїв відбувається постійне порівняння вихідних параметрів функціонування із заданими вхідними. Відбувається це на основі керуючих сигналів, що генеруються в режимі реального часу сервоконтроллерами, що мають в своїй конструкції енкодери, тобто датчики зворотного зв'язку.

Таким чином, в конструкцію всіх сучасних сервомоторів входить електродвигун і керуючий блок. У сукупності вони являють собою сервоприводи, за допомогою яких конструкторам технічних пристроїв вдається вирішувати цілий ряд важливих завдань. Найбільш часто серводвигуни (сервоприводи) застосовуються в тих випадках, коли потрібно в автоматичному режимі здійснювати точне позиціонування одних робочих елементів конструкції різноманітного обладнання (наприклад, верстатів з числовим програмним управлінням, пресо-штампувального обладнання, роботизованих складальних конвеєрів і т. п.).

Серводвигуни можна розділити на дві великі групи: з щітками і без щіток. У сервоприводах можуть використовуватися як синхронні, так і асинхронні

електродвигуни, а також синхронні лінійні двигуни. Крім того, в сервоприводах можуть використовуватися як корпусні, так і безкорпусні електродвигуни, причому в другому варіанті виконання роль корпусу грає пакет пластин статора, що дозволяє максимально ефективно використовувати весь їх профіль, і при цьому істотно зменшити розміри і вагу пристроїв в цілому.

Характеристики синхронних і асинхронних серводвигунів

Характеристики синхронних серводвигунів	Характеристики асинхронних серводвигунів
Висока динаміка	Середня...висока динаміка
Помірно хороші характеристики регулювання при великих моментах інерції навантаження.	Хороші характеристики регулювання при великих моментах інерції навантаження.
Висока перевантажувальна здатність до 6 Мн (номінального моменту, залежить від типу двигуна).	Висока перевантажувальна здатність (майже 3-кратна).
Високе допустиме теплове навантаження в тривалому режимі по всьому діапазону частоти обертання.	Високе допустиме теплове навантаження в тривалому режимі залежно від частоти обертання.
Охолодження за допомогою конвекції, тепловідводу і теплового випромінювання.	Охолодження крильчаткою на валу або примусове.
Висока якість регулювання частоти обертання.	Висока якість регулювання частоти обертання.
Можливість тривалої роботи з пусковим моментом на низьких швидкостях.	Із-за високого теплового навантаження неможлива тривала робота в нижньому діапазоні частоти обертання без вентилятора примусового охолодження.
Широкий діапазон регулювання частоти обертання, 1:5000 і більш (залежить від перетворювача).	Широкий діапазон регулювання частоти обертання, 1:5000 і більш (залежить від перетворювача).
Пульсація моменту на низькій частоті обертання.	Практично повна відсутність пульсації моменту.

Синхронні серводвигуни.

Основними елементами конструкції синхронного серводвигуна є:

- ротор з постійними магнітами;
- статор з відповідною обмоткою;

- елементи для підключення у вигляді штекерного роз'єму або клемної коробки;

- датчик зворотного зв'язку.

Розрізняють наступні варіанти синхронних серводвигунів:

- виконання з корпусом - корпусні двигуни;
- виконання без корпусу - безкорпусні двигуни.

Виконання без корпусу означає, що роль корпусу двигуна виконує пакет пластин статора. Це дозволяє повністю використовувати весь профіль пакету сталевих пластин.

Далі обидва варіанти виконання представлено на прикладі двигунів SEW:

- виконання з корпусом: двигун СМР;
- виконання з корпусом: двигун СМ/DS;
- виконання без корпусу: двигун СМД.

Серводвигун СМР.

Серводвигун СМР відрізняються дуже високою динамікою, низьким моментом інерції ротора, компактністю і високою питомою потужністю. Серводвигун СМР - це двигуни з корпусом.

Характеристики і опції двигуна СМР. Перевантажувальна здатність до $4,5 \cdot M_n$ (номінального моменту). Статор із зубцевою обмоткою. Можливість монтажу на стандартні редуктори і редуктори для сервоприводу через адаптор. Можливість прямого монтажу на редуктор. Можливість установки резольвера або датчика абсолютного відліку з високою роздільною здатністю. Змінне розташування штекерних роз'ємів. Вентилятор примусового охолодження (опція). Гальмо з котушкою 24В (опція). Датчик КТУ для теплового захисту двигуна.

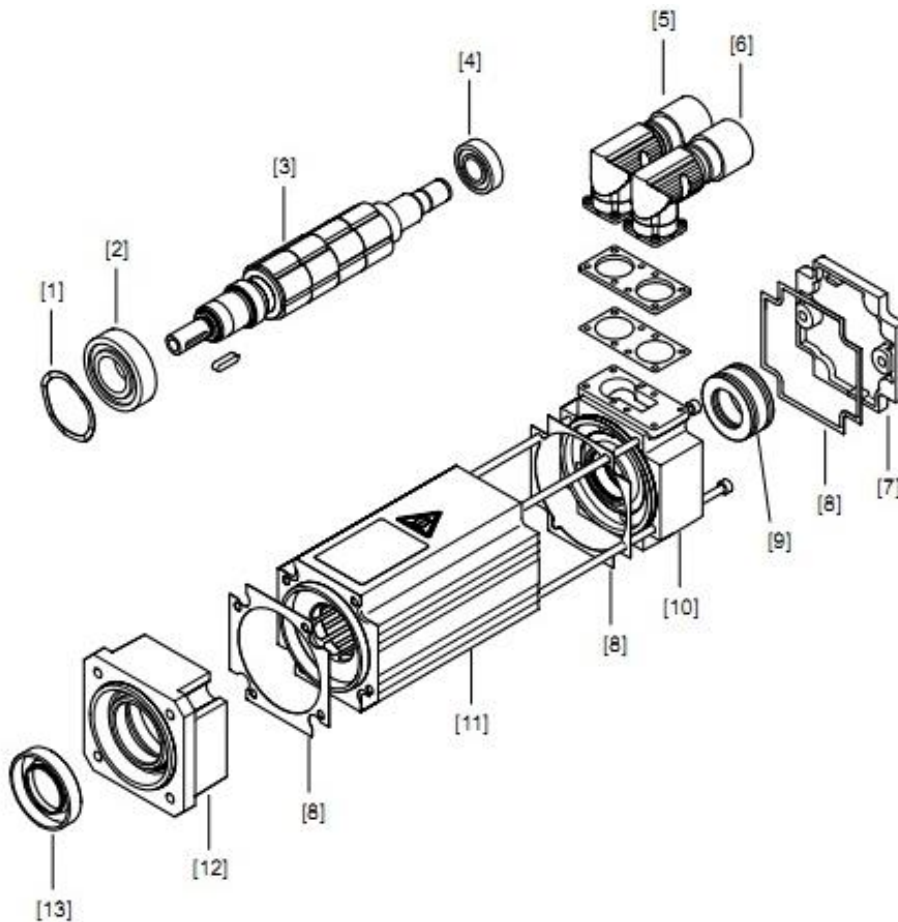


Рис. 3.1 - Серводвигун CMP компанії SEW-EURODRIVE

1 - Компенсаційна шайба; 2 - Радіальний шарикопідшипник; 3 – Ротор; 4 - Радіальний шарикопідшипник; 5 - Сигнальний штекерний роз'єм SM/SB; 6 - Силовий штекерний роз'єм SM/SB; 7 - Кришка корпусу; 8 – Прокладка; 9 - Резольвер; 10 - Задній підшипниковий щит; 11 - Корпус із статором; 12 - Підшипниковий щит з фланцем; 13 – Манжета.

Серводвигун CM/DS.

Серводвигун CM/DS відрізняються широким діапазоном моменту, гарними характеристиками регулювання при великих моментах інерції навантаження, потужним робочим гальмом і різноманітністю опцій.

Серводвигун CM/DS - це двигуни з корпусом.

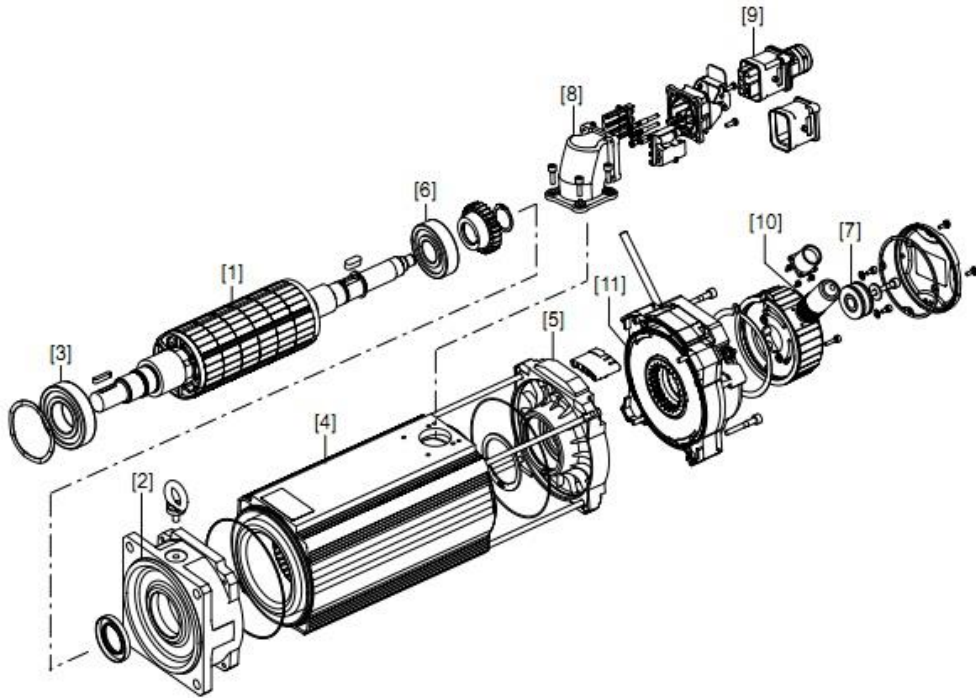


Рис. 3.2 - Серводвигун CM компанії SEW-EURODRIVE

1 – Ротор; 2 - Підшипниковий щит з фланцем; 3 - Радіальний шарикопідшипник; 4 - Корпус із статором; 5 - Задній підшипниковий щит; 6 - Радіальний шарикопідшипник; 7 – Резольвер; 8 - Корпус штекерного роз'єму; 9 - Штекер силового кабелю, в зборі; 10 - Штекер сигнального кабелю, в зборі; 11 - Гальма, в зборі

Характеристики і опції двигуна CM/DS. Перевантажувальна здатність до 4*Мн (номінального моменту). Статор з шаблонною обмоткою. Можливість монтажу на стандартні редуктори і редуктори для сервоприводу через адаптор. Можливість прямого монтажу на редуктор. Можливість установки резольвера або датчика абсолютного відліку з високою роздільною здатністю. Штекерний роз'єм або клемна коробка. Вентилятор примусового охолодження (опція). Робоче гальмо (опція). Датчик TF або КТУ для теплового захисту двигуна. 2-й вал з боку датчика (опція). Посилені підшипники (опція).

Серводвигуни СМD.

Серводвигуни СМD відрізняються особливою компактністю, оптимальним вибором частоти обертання і набором опцій для установок з прямим (безредукторним) приводом.

Серводвигун CMD - це двигуни без корпусу.

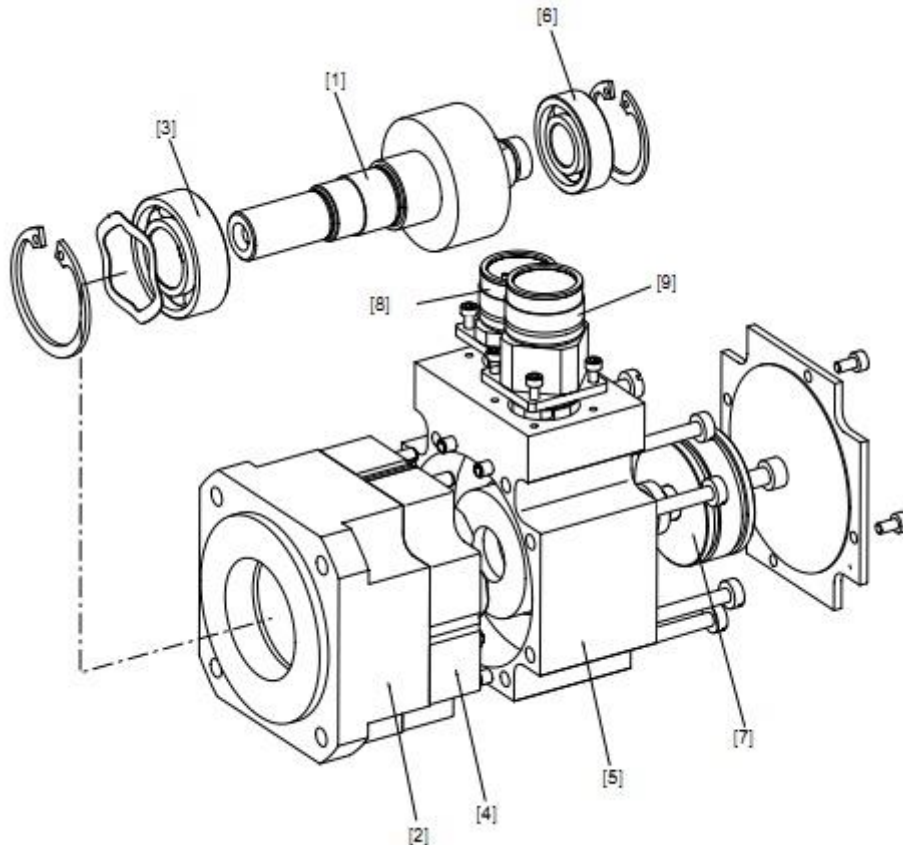


Рис. 3.3 – Синхронних серводвигун CMD

1 – Ротор; 2 - Підшипниковий щит з фланцем; 3 - Радіальний шарикопідшипник; 4 – Статор; 5 - Задній підшипниковий щит; 6 - Радіальний шарикопідшипник; 7 – Резольвер; 8 – Роз’єм сигнального кабелю; 9 – Роз’єм силового кабелю.

Характеристики і опції двигуна CMD.

Майже 6-кратна перевантажувальна здатність. Статор з шаблоною обмоткою. Гальмо з котушкою 24 В (опція). Можливість установки резольвера або датчика абсолютного відліку з високою роздільною здатністю. Датчик КТҮ для теплового захисту двигуна.

Асинхронний серводвигун

Основні переваги асинхронного серводвигуна від звичайного загальнопромислового асинхронного електродвигуна – це низький момент

інерції, високі максимальні швидкості і мала вага, що забезпечує можливість його вживання в наддинамічних системах. Примусова вентиляція подовжує термін служби і дозволяє використовувати в тяжких умовах на тривалих високих швидкостях. Відсутність необхідності використовувати окремий вузлів для кріплення датчика зворотного зв'язку забезпечує компактні розміри.

Високі динамічні характеристики за рахунок зниження статичного і динамічного розузгодження при використанні асинхронного серводвигуна в системі з ЧПУ дозволяють отримати малу контурну похибку.

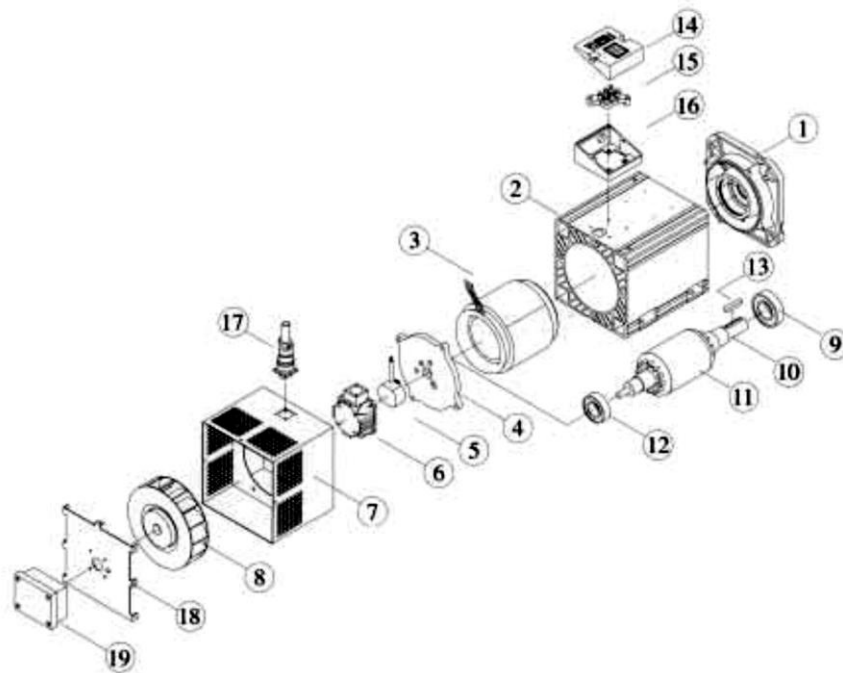


Рис. 3.4 – Асинхронний серводвигун

1 – Фланець; 2 – Корпус; 3 – Статор; 4 - Задня стінка; 5 – Енкодер; 6 - Кришка енкодера; 7 - Кришка вентилятора; 8 – Вентилятор; 9 – Підшипник; 10 – Вал; 11 – Ротор; 12 – Підшипник; 13 – Шпонка; 14 - Верх клемної коробки; 15 - Блок клем; 16 - Підстава клемної коробки; 17 - Вихід енкодера; 18 - Кришка вентилятора; 19 - Вихід вентилятора.

Завдання:

Вивчити характеристики серводвигуна YASKAWA Electric SGM4V-04A3A61.

Загальний вигляд серводвигуна показано на рисунку 3.



Рисунок 3.5 – Серводвигун YASKAWA Electric SGM4V-04A3A61

Серводвигун відноситься до серії SIGMA-5 (виробництво Японія) та має наступні параметри:

Діапазон частоти обертання: 3000...6000 хв-1

Номінальна частота обертання: 3000 хв-1

Крутний момент 0,159...3,18 Нм

номінальний момент 1,27 Н·м

потужність 400 Вт

Напруга живлення однієї фази: 200 В

Робочий струм 2,6 А

Роздільна здатність енкодера: 20 біт

Тип енкодера – абсолютний

Ступінь захисту: IP65

Вал: зі шпонкою

Контрольні запитання:

1. В яких випадках найчастіше використовуються серводвигуни?
2. З яких блоків складаються сучасні електродвигуни?
3. На які групи поділяються сервоприводи?
4. Які основні переваги синхронних двигунів?
5. Які основні переваги асинхронних двигунів?

Список літератури:

Основна:

1. Механотроніка: Конспект лекцій / уклад. Н. М. Гулієва. – Луцьк: Луцький НТУ, 2015. – 104 с.
2. Мехатроніка : Підручник / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Крушельницький В.В. – Київ. : Національний університет біоресурсів і природокористування, 2020. – 404 с.

Допоміжна

3. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи : Навч. посіб. для вищ. навч. закл. / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський та ін. – К. : Либідь, 2005. – 680 с.
4. ТОВ "ПЕРША РЕДУКТОРНА КОМПАНІЯ" [Електронний ресурс] / ЧАСТОТНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ВІД А ДО Я: <https://prk.com.ua/ua/a463524-chastotnoe-regulirovanie.html>
5. УКРПРОММОТОР [Електронний ресурс] / Асинхронний двигун: його типи, принцип роботи, застосування, переваги та недоліки: <http://surl.li/rquyok>
6. Компанія «ЕлектроЕксперт» [Електронний ресурс] / Каталог електродвигунів АИР: <http://surl.li/fvrnov>