

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра електромеханіки та мехатроніки



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на тему «Модернізація електроприводу фасувально-пакувальної машини»

Здобувача Плачинда Георгій Володимирович

Група АЕМзт-31

Керівник : Штепа Євген Павлович , к.т.н., доцент

Кваліфікаційна робота допускається до захисту.

Рішення кафедри від 17.06. 2024 р., протокол №12.

Завідувач(ка) кафедри Осадчук П.І. _____

Одеса - 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут: *Навчально-науковий інститут комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та програмування ім. П.М. Платонова*

Факультет: *Автоматизації та робототехніки*

Кафедра: *Електромеханіки та мехатроніки*

Рівень ВО: *перший*

Ступень ВО: *бакалавр*

Галузь знань: *14 – Електрична інженерія*

Спеціальність: *141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*

Освітня програма: *«Електромеханіка»*

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри ЕтаМ

_____ Осадчук П.І.

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

здобувач СВО «бакалавр»

Плачинда Георгій Володимирович

- Тема роботи: «Модернізація електроприводу фасувально-пакувальної машини»
Керівник роботи: Штепа Є.П., к.т.н., доцент
Затверджено наказом ОНТУ № № 151-03 від 1.04.2024 р.
- Строк подання студентом роботи: 10.06.2024 р.
- Вхідні дані до проекту: Технічні характеристики машини E4230
- Об'єкт дослідження *Електропривод фасувальної машини*
- Предмет дослідження *Система управління електриводом.*
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).
 - Фасувально-пакувальне обладнання
 - Будова вертикально фасувально-пакувальної машини
 - Аналіз роботи вентильно -індукторних двигунів.
 - Конструкції вентильно -індукторних двигунів.
 - Особливості конструкції індукторної машини
 - Принцип дії ВІД
 - Криві струму фаз двигуна
 - Крива зміни миттєвого моменту фази статора
 - Шуми і вібрації ВІДЗ. Система управління електроприводом.
 - Особливості живлення вентильно -реактивних двигунів
 - Функціональної схеми електроприводу.
 - Вибір потужності двигуна і системи управління
 - Дослідження електроприводу на електронній моделі.
 - Економічна частина.
 - Техніка безпеки

7. Консультанти розділів дипломної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

8. Дата видачі завдання 10.12.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Будова вертикально фасувально-пакувальної машини. Аналіз роботи вентиляно-індукторних двигунів	30.05.24	
2	Вибір потужності двигуна і системи управління	02.06.24	
3	Дослідження електроприводу на електронній моделі	03.06.24	
4	Економічна частина	05.06.24	
5	Техніка електробезпеки при експлуатації електрообладнання	08.06.24	
6	Перевірка роботи на добротність	14.06.24	
7	Попередній захист дипломного проекту	20.06.24	
8	Захист кваліфікаційної роботи	26.06.24	

Здобувач: Плачинда Г.В. _____

Керівник: Штепа Є.П. _____

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Плачинда Г.В. _____

РЕФЕРАТ

Плачинда Г.В. «Модернізація електроприводу фасувально-пакувальної машини». Кваліфікаційна робота бакалавра. – Одеса: ОНТУ, 2024. – 61 с. Бібл: 6. Лл.: 30. Таб. 2.

Проведено дослідження електроприводу фасувально-пакувальної машини. Обґрунтовано вибір двигуна для управління дозатором фасувально-пакувальної машини. Замість двигуна постійного струму було обрано вентильно-індуктивний двигун. Для вибору двигуна наведені загальні положення приводу фасувально-пакувальної машини. Розглянуто властивості, принцип дії, спосіб і системи управління вентильно-індуктивними двигунами.

Розглянуто особливості живлення вентильно-індуктивних двигунів. Проведено дослідження електроприводу на електронній моделі в середовищі Matlab. Визначено динамічні характеристики вентильно-індуктивного двигунів різної конфігурації.

Ключові слова: фасувально-пакувальна машина, вентильно-індуктивний двигун, електропривод, моделювання.

ABSTRACT

Plachinda G. V. "Modernization of the electric drive of the packaging machine". Bachelor's qualification thesis. – Odesa: ONTU, 2024. – 61 p. Bible: 4. Illustration: 30. Tab. 2.

The study of the electric drive of the packaging machine was carried out. The choice of the motor for controlling the dispenser of the packaging machine is justified. Instead of a direct current motor, a valve induction motor was chosen. For engine selection, the general positions of the packaging machine drive are given. The properties, principle of operation, method and control systems of valve induction motors are considered. Electric drive control system. Features of the power supply of valve-inductive motors The study of the electric drive was carried out on an electronic model in the Matlab environment. The dynamic characteristics of valve induction motors of various configurations are determined.

Key words: packaging machine, valve induction motor, electric drive, simulation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. Фасувально-пакувальне обладнання.....	9
1.1.Будова вертикальної фасувально-пакувальної машини	9
2. Аналіз роботи вентиляно-індукторних двигунів.....	12
2.1.Конструкції вентиляно-індукторних двигунів.....	12
2.2. Особливості конструкції індукторної машини	14
2.3.Принцип дії вентиляно-індукторних двигунів.....	16
2.4. Графіки струму фазобмотки статора двигуна.....	19
2.5 Графіки зміни миттєвого моменту фази обмотки статора	22
2.6 Шуми і вібрації вентиляно-індукторних двигунів.....	23
3. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ.....	25
3.1. Особливості живлення вентиляно індуктивних двигунів.....	25
3.2. Функціональна схеми електроприводу.....	28.
4. Вибір потужності двигуна і системи управління.....	28
4.1. Розрахунок та вибір потужності двигуна	28
5. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НА ЕЛЕКТРОННІЙ МОДЕЛІ...	34
5.1. Моделювання ВІД конфігурацій 6/4, 8/6 і 10/8.....	34
6.Економічна частина.....	37
6.1. Загальні відомості.....	37
6.2 Розрахунок початкових витрат.....	37
6.3 Визначення експлуатаційних витрат.....	40
6.4 Аналіз отриманих техніко-економічних показників.....	49
7.Техніка електробезпеки при експлуатації електрообладнання	49
7.1 Експлуатація електрообладнання і основи електробезпеки.....	49
7.2 Експлуатація за рівнем надійності.....	52
7.3 Заземлення та занулення електроустановок	56
7.4 Техніка безпеки при обслуговуванні електрообладнання.....	58
Список використаної літератури	6

					КРБ.ЕтаМ.141.151-03		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Плачинда Г.В.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Штепа Е.П.			6	65	
Зав.кафедри		Осадчук П.І.			ОНТУ, АЕМзм-31		
Модернізація електроприводу фасувально-пакувальної машини							

ВСТУП

Сучасне виробництво готового товару не можливо представити без пакувального обладнання. Воно стало важливою і невід'ємною частиною виробничого процесу багатьох підприємств, спрямованих на виробництво і поставку готового товару споживачу, починаючи від продуктів харчування і закінчуючи запасними частинами будь-якої машини. Пакувальне обладнання повинно відповідати таким критеріям, як високий рівень безпеки, зручність експлуатації та простота при високій якості роботи, що зазвичай виливається в їх довговічність.

Фасувально-пакувальні апарати при правильному налаштуванні здійснюють процес автоматичного фасування і пакування продукції різної форми, об'єму, густини та складу. Сам процес при цьому повинен здійснюватися з високою точністю дозуванням не залежно від матеріалу або готового товару чи, навіть, тари для пакування.

В кваліфікаційної роботи бакалавра проведено модернізація і дослідження електроприводу вертикальної фасувально-пакувальної машини.

І хоч загально визнано, що асинхронний короткозамкнений електродвигун є найбільш надійним, простим у виготовленні і обслуговуванні, в кінці ХХ-го століття з'явився конкурент панівному асинхронному електроприводу - вентильно-індукторний електропривод (ВІД), який розглядається в цій роботі.

Сама концепція цієї електричної машини була сформульована ще в кінці тридцятих років ХІХ століття, де використовувалася на залізниці Глазго-Едінбург для приведення в рух локомотива масою декілька тонн. І через недосконалість елементної бази, активне дослідження ВІД почалося лише останні тридцять років в багатьох країнах. За ці роки досягнуті великі успіхи по оптимізації конструкції, розрахунку магнітних полів вентильно-індукторних електродвигунів (ВІД), поліпшенню їх регульовальних і енергетичних властивостей, способів управління та інших характеристик ВІД. Новий електропривод має простий, технологічний при серійному виробництві,

надійний і недорогий двигун, електронний перетворювач і систему датчиків. За оцінками багатьох фахівців ВІД має незаперечні, але до теперішнього часу все ще не реалізовані переваги перед асинхронним електроприводом і в найближчій перспективі почне витісняти регульований асинхронний електропривод в багатьох технічних застосуваннях. Таким чином, ВІД є однією з альтернатив колекторному електроприводу постійного струму, асинхронному частотно-регульованим та електроприводу постійного струму.

Актуальність.

Пакувальне обладнання є дуже важливою частиною в процесі випуску і постачання споживачам різних товарів, включаючи продукти харчування. Таке обладнання відрізняється високим рівнем безпеки, а також простою і зручною експлуатацією. Якість роботи пакувальної машини на високому рівні, також ці машини відрізняє довговічність.

Мета дослідження: розробка математичних моделей ВІД, що дозволить зробити достовірну оцінку характеристик ВІД та вибрати оптимальну конфігурацію привода для об'єкта дослідження.

Завдання роботи:

- аналіз існуючих електроприводів дозатора фасувально-пакувальної машини;
- обґрунтування вибору електроприводу дозатора;
- розробка електроприводу дозатора

Метод дослідження: експериментальний на електронній моделі.

1 ФАСУВАЛЬНО-ПАКУВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Будова вертикально фасувально-пакувальної машини

Вертикальні фасувально-пакувальні машини є одними з найбільш часто використовуваних, простих в експлуатації і досить надійних. Застосовуються вони як для рідких, так і для твердих речовин різної подрібненості і дрібноштучних виробів. Виділяють автоматичні апарати і напівавтоматичні. Продуктивність апарата залежить від автоматизації і кількості потоків, що вимірюють дозу. Чим більша кількість, тим вища інтенсивність виробництва.

Дозатор є основним функціональним вузлом вертикальної фасувально-пакувальної машини. Його роботою визначаються основні характеристики лінії - продуктивність і точність дозування. В даній роботі розглядається фасувально-пакувальна машина, що здійснює упаковку заданої ваги сипучого продукту в пакети з поліетиленової плівки.

Зверху ставиться об'ємний дозатор, ваговий або шнековий (його вибір залежить від виду продукту). З рулону формується рукав, з нього пакет, в який зверху сиплюються продукти. Вертикальні пакувальні машини працюють покроково або в безперервному режимі операції і розроблені для середньої і високої швидкості. Вони вважаються найбільш важливою складовою фасовочно-пакувального виробництва і розрізняються за такими параметрами: шириною пакувального матеріалу; наявністю електро – або серводвигунів; застосуванням звичайного або вакуумного протягання плівки.

Це одні із основних характеристик, що впливають на такі характеристики, як вартість, максимальна безперебійність роботи, продуктивність, можливість синхронізації для роботи в комплексі.

У кваліфікаційній роботі вертикальні фасувально-пакувальна машина використовує принцип закону всесвітнього тяжіння, за рахунок чого зменшують необхідні зусилля для створення упаковки.

Матеріал для пакування з бункера поступає в дозатор (Рис.1.1). Матеріал в стовбурі після набору дози пересувається в сформовану заготовку упаковки. У цій фасувально-пакувальній машині використовується принцип згортання полімерної стрічки пакувального матеріалу з допомогою формуючого коміра в рукав навколо вертикальної труби-тубуса. Формуємий рукав переміщається уздовж труби вниз. Під час зупинки губками нагрівача формується поздовжній шов рукава і нижній поперечний шов майбутнього пакету, а також зварюється верхній поперечний шов заповненого пакета і відрізка заповненого пакета ножем, розташованого між свариваючими губками. В рукав через формуючу трубу потрапляє нова доза фасованого продукту з дозатора. Стрічка матеріалу розмотується з рулону, потрапляє на вузол напрямних роликів, призначених для стабілізації руху плівки.

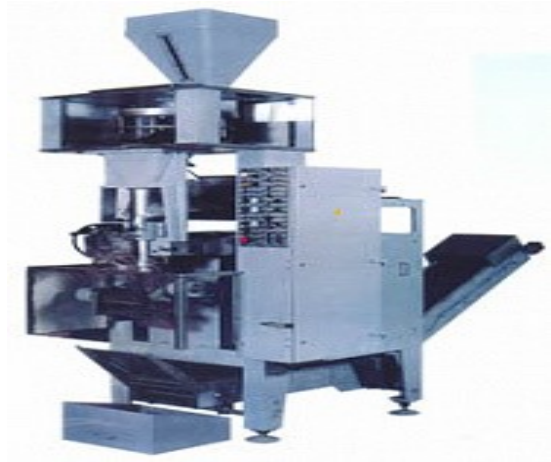
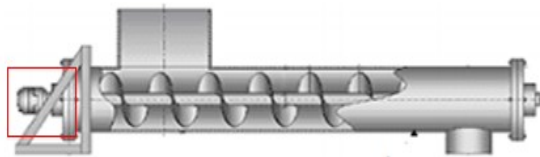


Рисунок 1.1—Фасувально-пакувальна машина

Вал двигуна жорстко з'єднаний зі шнеком дозатора.

Для управління шнеком дозатора використовуються: пневматичні приводи; крокові двигуни; вентильно-індукторні двигуни і інші.

В випускній роботі бакалавра розглядається використання для управління шнеком дентильно-індукторні двигуни (ВІД).

ВІД є таким, що працює в режимі постійного обертання подібно кроковому двигуну. З цієї причини його відносять до класу синхронних реактивних машин. У світовій технічній літературі приводиться безліч інших машин.

Назва ВІД: керований вентильний реактивний двигун, комутований реактивний двигун із змінним магнітним опором, електронно-комутований двигун, безконтактний реактивний двигун, двигун з електромагнітною редуцією. Різноманітність термінів для позначення одного об'єкту відображає відносно малий вік даного двигуна. Розробка і дослідження цього типу електроприводів є зараз перспективним напрямом.

Бурхливий розвиток ВІД почався приблизно тридцять років тому. Разом з том слід зазначити, що сама концепція цієї електричної машини була сформульована ще в кінці тридцятих років XIX століття. Перший двигун був створений Девідсоном і використовувався на залізниці Глазго-Едінбург для приведення в рух локомотива масою декілька тонн. Через недосконалість елементної бази (у першого ВІД використовувався механічний комутатор) масового застосування ці електричні машини у той час не знайшли і про них було забуто на багато років. Друга половина XX століття характеризувалася, з одного боку, стрімким розвитком силової і інформаційної електроніки, а з іншої - все що зростають вимоги, пред'являються до електричних машин. Це створило передумови і забезпечило технічну базу для розробки і виробництва ВІД. В даний час багато найбільших електротехнічних компаній миру або вже серійно проводять ці електричні машини, або готуються до цього. Не дивлячись на свою більш ніж вікову історію, ВІД є відносно новим типом електромеханічного перетворювача енергії, в теорії і практиці якого ще багато білих плям. Зокрема, практично немає вітчизняної методичної літератури по цих електричних машинах. Останніми роками помітне бурхливе зростання зарубіжних і вітчизняних досліджень в області створення простих і надійних конструкцій електричних машин для електроприводів, де технологічність, простота, низька ціна і мають вирішальне значення, а необхідні показники якості досягаються за рахунок застосування високоінтелектуальних перетворювачів частоти. Подібні дослідження мають вирішальне значення особливо для промислового використання.

Досліджувальні роботи направлені на дослідження нового типу регульованого енерго- і ресурсо-зберігаючої електроприводу для потреб житлово-комунального господарства (ЖКХ) країни на базі оригінальних конструкцій двофазних вентильно-індукторних двигунів з самозбудженням (у іноземній літературі TPSRM Two-Phase Switched Reluctance Motor). І останніми роками спостерігається бурхливе зростання вітчизняних і зарубіжних досліджень в області створення простих по конструкції і надійних електричних машин для електроприводів, де технологічність, простота і низька ціна виконавчого двигуна мають вирішальне значення, а необхідні показники якості досягаються за рахунок застосування інтелектуальних перетворювачів з високопродуктивними цифровими системами управління. Ці приводи розробляються для електричного інструменту, насосів, вентиляторів, будівельної техніки, де необхідний діапазон регулювання швидкості невеликий (до 10:1). а простота, технологічність і низька ціна виконавчого двигуна мають вирішальне значення. Однією з можливих сфер застосування подібних систем може бути привід насосів гарячого водопостачання (ГВС).

Для ЖКХ енергозбереження є однією з найбільш важливих і пріоритетних завдань, що пов'язане з великою енергоемністю даної сфери. Основним енергоспоживачем є теплоносій - вода, що поступає в кожен міський будинок для обігріву і підтримки високої якості життя людей, що проживають в ньому. Частка енергії, що витрачається на транспортування теплоносія до споживачів мала (менше 2%) в порівнянні з енергією, що витрачається на нагрів теплоносія. Це робить гарячу воду вельми цінним ресурсом і основні зусилля енергозбереження в даній сфері направлені на економію саме теплової енергії. Тому, створення устаткування, забезпечуючого економію теплової і електричної енергії, є актуальним завданням. У роботі це завдання вирішується використанням електроприводу з ВІД.

Конкурентні переваги приводу з вентильно-індукторним двигуном в порівнянні з асинхронним приводом пов'язані перш за все з простотою і технологічністю самого двигуна.

2. АНАЛІЗ РОБОТИ ВЕНТИЛЬНО -ІНДУКТОРНИХ ДВИГУНІВ

2.1.Конструкції вентильно-індукторних двигунів

Вентильно-індукторний двигун - це відносно новий тип електромеханічного перетворювача енергії, який поєднує в собі властивості і електричної машини, і інтегрованої системи регульованого електроприводу. Як всякий електродвигун, він забезпечує перетворення електричної енергії, яка надходить від мережі живлення, в механічну енергію, передану в навантаження. Як система регульованого електроприводу, ВІД дає можливість здійснювати управління цим процесом відповідно до особливостей конкретного навантаження: регулювати частоту обертання, момент, потужність і так далі.

ВІД являє собою досить складну електромехатронну систему, структурна схема якої наведена на рисунку 2.1 .

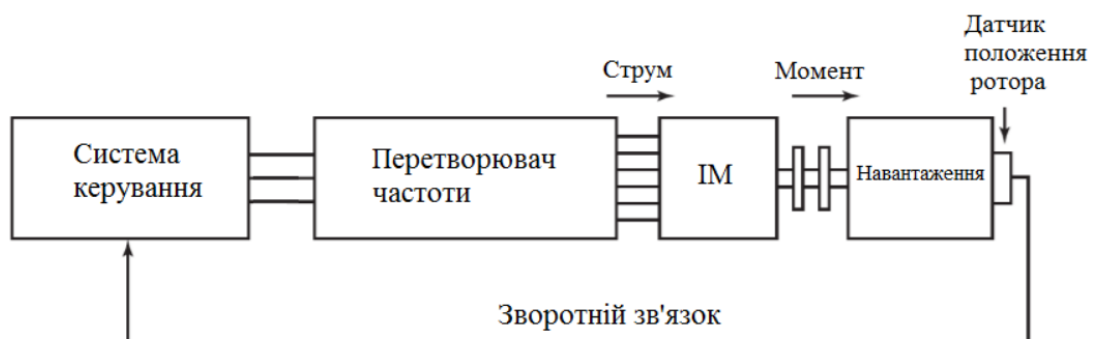


Рисунок 2.1 - Структурна схема ВІД.

До її складу входять: індукторна машина (ІМ), перетворювач частоти, система управління і датчик положення ротора (ДПР).

Функціональне призначення цих елементів ВІД очевидно: перетворювач частоти забезпечує живлення фаз індукторної машини однополярним імпульсами напруги прямокутної форми. ІМ здійснює електромеханічне перетворення енергії, система управління відповідно до закладеного в неї алгоритмом і сигналами зворотного зв'язку, які надходять від датчика положення ротора (рисунок 2.2), управляє цим процесом.

За своєю структурою ВІД нічим не відрізняється від класичної системи регульованого електроприводу. Саме тому він і має всі її властивості. Однак на відміну від регульованого електроприводу, наприклад з асинхронним двигуном, ІМ в ВІД не є самодостатньою.



Рисунок 2.2 – Датчик положення ротора: а-конструкція; б- датчик Холла.

Вона принципово не здатна працювати без перетворювача частоти і системи управління.

Перетворювач частоти і система управління є невід'ємними частинами ІМ, необхідними для здійснення електромеханічного перетворення енергії. Це дає право стверджувати, що сукупність структурних елементів, представлених на рис. 2.1 є не тільки системою регульованого електроприводу, а й електромеханічним перетворювачем енергії.

2.2. Особливості конструкції індукторної машини

ІМ, що входить до складу ВІД, може мати різні конструктивні виконання. На рисунку 2.3, Для прикладу, наведено поперечний переріз 4х-фазної ІМ конфігурації 8/6. При позначенні конфігурації ІМ перша цифра вказує число полюсів статора, друга - ротора.

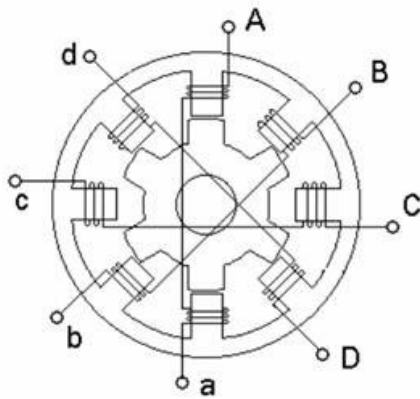


Рисунок 2.3- Поперечний перетин 4х-фазної ІМ конфігурації 8/6.



Рисунок-2.4-Конструктивне виконання статора і ротора ВІД

Конструктивне виконання ВІД показано на рис. 2.4.

Аналіз рисунка 2.1 показує, що ІМ має наступні конструктивні особливості:

- магнітопроводи статора і ротора мають явнополюсну структуру;
- число полюсів відносно невелике. При цьому число полюсів статора більше числа полюсів ротора;
- магнітопроводи статора і ротора виконуються шихтованими;
- обмотка статора - зосереджена катушкова. Вона може бути одно- або багатофазною;
- фаза ІМ, як правило, складається з двох катушок, розташованих на діаметрально протилежних полюсах статора. Відомі ІМ з подвоєним числом полюсів статора і ротора. У 4х-фазному виконанні конфігурацію 16/12. Фаза такої ІМ складається з двох пар катушок, які розташовуються на полюсах статора таким чином, що їх осі ортогональні;
- катушки фази можуть бути з'єднані в електричному відношенні паралельно або послідовно; в магнітному - згідно або зустрічно;
- обмотка на роторі ІМ відсутня.

На рисунку 2.5 наведені ВІД різної конфігурації.

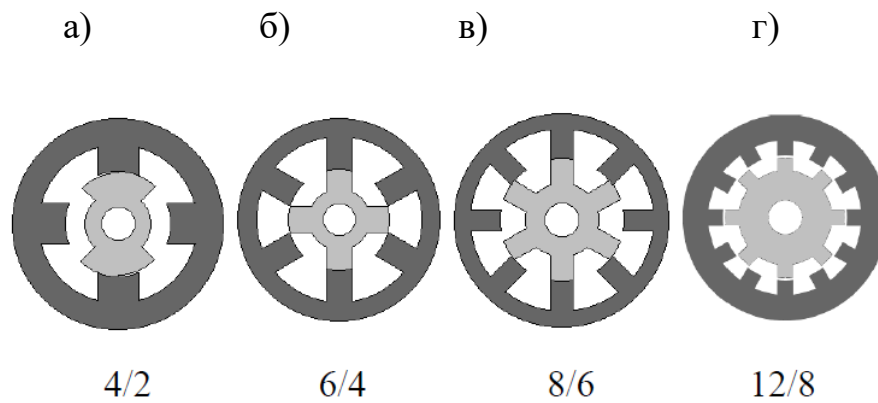


Рисунок 2.5- Різні конфігурації ІМ: а) однофазної 4/2; б) двухфазної 6/4; в) трифазної 8/6; г) чотирьохфазної 12/8.

Конструктивно ІМ, перетворювач частоти і система управління в ВІД можуть бути виконані окремо. При цьому в процесі роботи вони можуть перебувати на досить великій відстані один від одного.

В останні час в світі спостерігається стійка тенденція виконання перетворювача частоти і двигуна в системі регульованого електроприводу в одному корпусі. Таке конструктивне виконання в англійській літературі отримало назву *combimaster*, що на українську мову може бути переведено як електропривод інтегрального виконання.

У ВІД інтегрального виконання перетворювача частоти і ІМ є більш вигідним в порівнянні з частотно-керованим асинхронним приводом. Справа в тому, що на відміну від асинхронної, фази індукторної машини електрично не пов'язані між собою. Таким чином, якщо для з'єднання 3х-фазного асинхронного двигуна з перетворювачем частоти потрібно три провода, то для 3х-фазної індукторної машини - шість. Очевидно, що збільшення числа фаз веде до збільшення числа сполучних проводів (рисунок 2.4). Отже, використання інтегрального виконання ВІД дозволяє істотно знизити витрату сполучних проводів або кабелів.

2.3. Принцип дії вентиляльно -індукторних двигунів

Принцип дії ВІД заснований на властивості феромагнітних тіл орієнтуватися в зовнішньому магнітному полі таким чином, щоб перетинаючий їх магнітний потік був максимальним.

Розглянемо принцип дії ВІД на прикладі 4х-фазного двигуна с ІМ конфігурації 8/6. На рисунку 2.6.а показано неузгоджене взаємне положення сердечників статора і ротора для фази А цієї машини.

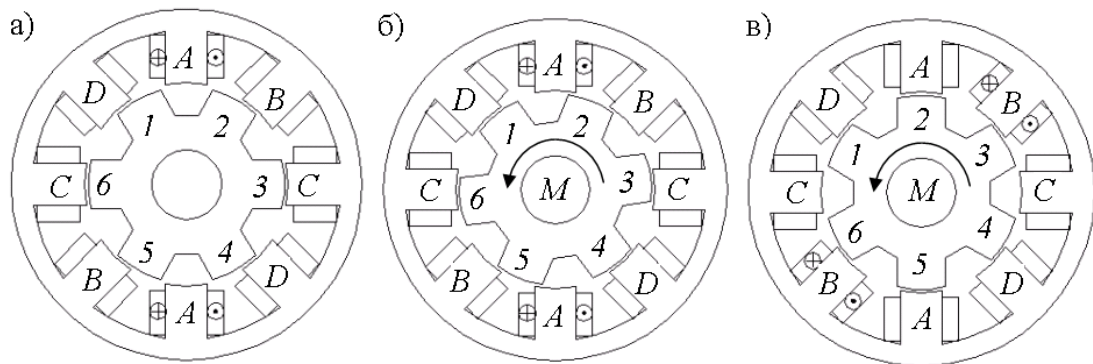


Рисунок 2.6- Принципу дії ВІД конігурації 8/6:

- а) неузгоджене положення полюсів ;
- б) проміжне положення полюсів;
- в) узгоджене положення полюсів .

Неузгодженим становищем сердечників статора і ротора д називається такий стан, при якому вісь кожної котушки цієї фази не збігається ні з однією з осей q (рисунок 2.5,б) ротора, тобто зубці фази розташовуються суворо навпаки пазів ротора. Це положення характеризується мінімальним значенням індуктивності фази і магнітного потоку, зчепленого з нею, що пояснюється максимальним значенням магнітного опору зазору між сердечниками. У теорії ВІД неузгоджене положення однієї з фаз приймається за початок відліку кутового положення сердечників статора і ротора. За початок відліку прийнято неузгоджене положення фази А.

Припустимо, що в цьому положенні за сигналом системи управління станеться комутація ключів перетворювача частоти і до фази А буде докладено

постійна напруга, тоді в котушках фази А, який створить МРС. Ця МРС, в свою чергу, порушить в машині магнітне поле.

У магнітному полі фази А ротор буде прагнути орієнтуватися таким чином, щоб магнітний потік, що пронизує його, прийняв максимальне значення. При цьому на сердечники статора і ротора діятимуть однакові за

значенням і зворотні у напрямку сили тяжіння. Очевидно, що сили, що діють на 1-ий і 4-ий зубці ротора, будуть прагнути повернути його за годинниковою стрілкою, а сили, що діють на 2-ий і 5-ий зубці - проти. В силу того, що ротор в даному положенні симетричний щодо осі збудженої фази, рівнодіюча цих сил буде дорівнює нулю. Таким чином, в неузгоджені положенні ІМ і ВІД не розвивають обертового моменту.

Розбіжності положення являє собою точку нестійкої рівноваги. Дійсно, якщо під дією якого-небудь зовнішнього впливу ротор відхилиться від неузгоджені положення в тому чи іншому напрямку, то рівнодіюча азимутних складових ПС сердечників вже не дорівнюватиме нулю. Отже, виникне обертальний момент, який буде прагнути повернути ротор у напрямку від неузгоджені положення.

Візьмемо інше положення ротора, показане на рис. 2.5,б. Тут фаза А має більше потокозчеплення і індуктивність, ніж в неузгодженому положенні, що пояснюється меншою величиною зазору між сердечниками. При цьому рівнодіюча азимутних складових ПС сердечників відмінна від нуля, і створений нею електромагнітний момент прагнути повернути ротор ІМ проти годинникової стрілки.

Обертання ротора триватиме до тих пір, поки він не займе положення, показане на рис. 2.5,в. Воно називається узгодженим положенням фази А.

Узгодженим становищем сердечників статора і ротора ІМ для будь-якої фази називається такий стан, при якому вісь кожної котушки цієї фази збігається з однією з осей (рис. 2,б) ротора, тобто зубці фази розташовуються суворо навпаки полюсів ротора. Це положення характеризується максимальним значенням індуктивності фази і зчепленого з нею магнітного потоку, що

пояснюється мінімальною величиною магнітного опору зазору між сердечниками.

У цьому положенні ПС тяжіння сердечників мають тільки радіальні складові. В силу чого обертовий момент Γ_M в цьому положенні дорівнює нулю.

Узгоджене положення являє собою точку стійкої рівноваги. Дійсно, якщо під дією будь-якої зовнішньої сили ротор відхилиться від узгодженого положення в ту чи іншу сторону, то що виник електромагнітний момент буде прагнути повернути його в узгоджене положення.

Для того щоб продовжити односпрямоване обертання ротора, необхідно ще до досягнення узгодженого положення фази А здійснити комутацію ключів перетворювача частоти, в результаті якої фаза А повинна бути від'єднана від джерела живлення, а фаза В, момент якої буде прагнути продовжити обертання ротора в попередньому напрямі, підключена до нього .

Взаємне положення сердечників статора і ротора, близьке до узгодженого стану для фази А, є для фази В близьким до неузгодженого положення, тобто при подачі на неї напруги і протіканні по її котушках струму виникне відмінний від нуля обертовий момент, який буде прагнути повернути ротор проти годинникової стрілки.

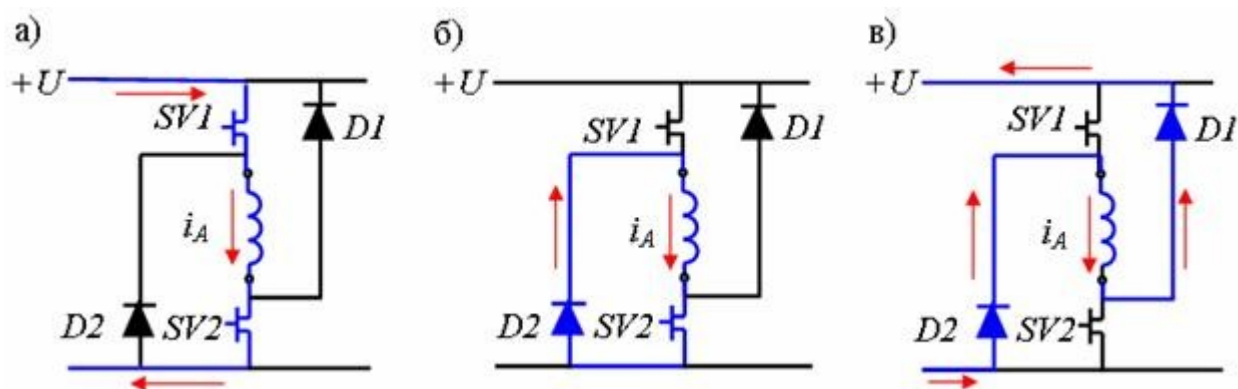


Рис. 2.7- Контури замикання струму в фазі ВІД на інтервалі комутації:

а) ключі SV1, SV2 - замкнуті; б) ключ SV1 - розімкнути, SV2 - замкнутий;
в) ключі SV1, SV2 – розімкнуті: до фази докладено зворотна напруга.

Необхідність комутації фаз ще до досягнення узгодженого положення сердечників диктується бажанням отримати як можна менше значення струму у фазі, що відключається, досягши її узгодженого положення. Річ у тому, що після відключення фази накопичена в ній енергія магнітного поля не може зникнути миттєво. Вона витрачається на підтримку постійності потокозчеплення фази, через що в ній виникає ЕРС самоіндукції, і струм фази залишається відмінним від нуля ще якийсь час після її комутації. Він замикається через зустрічно включений діод D2, ключ SV2 перетворювача частоти і мережу живлення (рис. 2.7,б). В кінцевому підсумку струм досягне нульового значення (енергія магнітного поля виділиться у вигляді електричних втрат на активних опорах фази, зустрічно включеного діода D2 і ключа SV2). Однак якщо цей струм буде відмінний від нуля в узгодженому положенні фази, то при подальшому обертанні ротора створене ним магнітне поле призведе до виникнення гальмівного електромагнітного моменту. З метою більш швидкого гасіння поля в ІМ після відключення фази на неї подають напругу зворотної полярності (рис. 2.7, в).

Фаза В знаходитиметься під напругою до тих пір, поки ротор не досягне положення, близького до узгодженого. При досягненні цього положення від ДПР в систему управління надійде відповідний сигнал, обробка якого призведе до видачі керуючого впливу на перетворювач частоти і переключення фаз В і С. Цикл повториться.

Таким чином, проводячи послідовну комутацію фаз, можна здійснити односпрямоване обертання ротора ІМ. Послідовність комутації фаз визначається алгоритмом, закладеним в систему управління. Вихідними даними для її роботи є сигнали про положення ротора, що надходять від ДПР, що виключає можливість неправильної комутації фаз.

2.4. Графіки струму фазобмотки статора двигуна

Фаза статора є електричним колом, значення струму i в якій визначається прикладеною до неї напругою U , активним опором r і наведеною у фазі ЕРС e

$$i = \frac{U + e}{r}$$

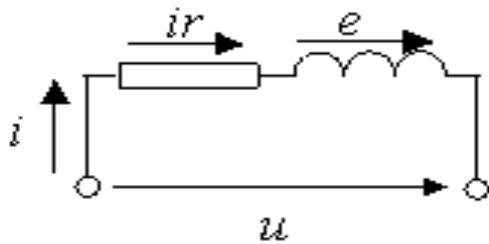


Рис.2.8. Схема заміщення фази двигуна

На робочому інтервалі до фази прикладається постійна напруга, яка інвертується у момент комутації. ЕРС, що наводиться у фазі, обумовлена зміною зчепленого з нею магнітного потоку

$$e = - \frac{d\Psi}{dt}$$

При обертанні ротора від неузгодженого γ_u , до узгодженого γ_a положенню магнітний опір протіканню магнітного потоку плавно зменшується, що приводить до зростання потокозчеплення фази. Якісний характер даної залежності для фази *A* приведений на рис 2.19. Там же приведена крива ЕДС фази, отримана шляхом диференціювання кривої потокозчеплення. Ці залежності побудовані в припущенні, що напруга подається на фазу при кутовому положенні сердечників $\gamma_{on} > \gamma_u$, і інвертується при $\gamma_{off} < \gamma_a$.

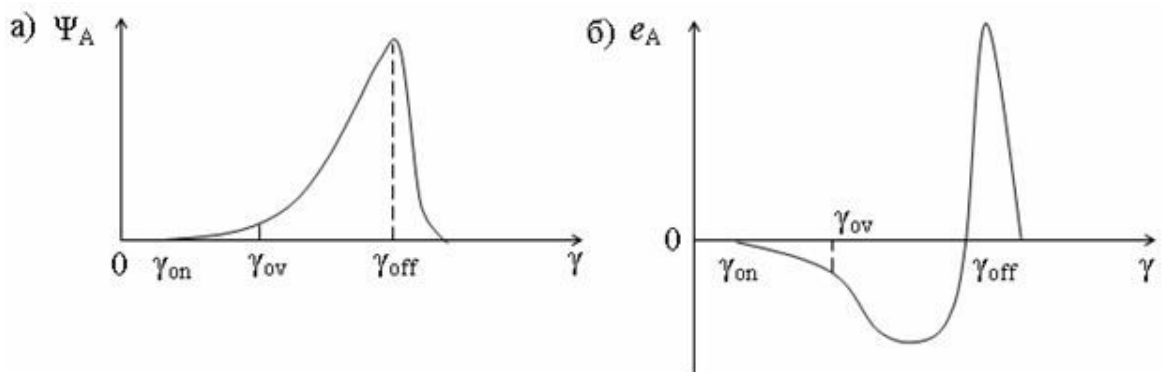


Рис.2.9- Графіки зміни потокозчеплення фази (а) і наведеної в ній ЕРС (б): γ_1 – кут, відповідний початку перекриття зубців статора і ротора.

Проведені міркування дають можливість побудувати якісну залежність кривої фазного струму (рис. 2.11).

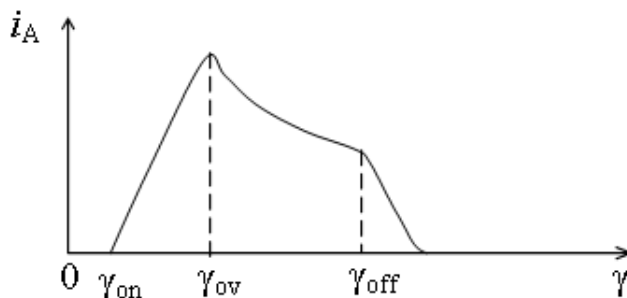


Рис. 2.10- Крива фазного струму статора.

На даній залежності чітко простежуються три характерних участка:

- участок різкого наростання струму ($\gamma_{on} < \gamma < \gamma_1$);
- участок повільного спадання струму ($\gamma_1 < \gamma < \gamma_{off}$);
- участок швидкого зменшення тока до нульового значення ($\gamma > \gamma_{off}$).

Подача напруги на фазу двигуна здійснюється в положенні, близькому до неузгодженого ($\gamma_u < \gamma < \gamma_1$).

Різде наростання струму відбувається при низькому значенні проти-ЕРС, яке спостерігається на інтервалі від неузгодженого положення γ_u до початку перекриття полюсів статора і ротора γ_1 . Уповільнення зростання струму або навіть його зниження на другій ділянці обумовлене різким наростанням проти-ЕРС. Другу ділянку займає кутовий інтервал від початку перекриття полюсів статора і ротора γ_1 до моменту відключення фази від джерела живлення γ_{off} (інвертування напруги). Третя ділянка супроводиться різкішою в порівнянні з другим спадом струму, що обумовлене тим, що на цій ділянці до фази прикладена напруга зворотної полярності.

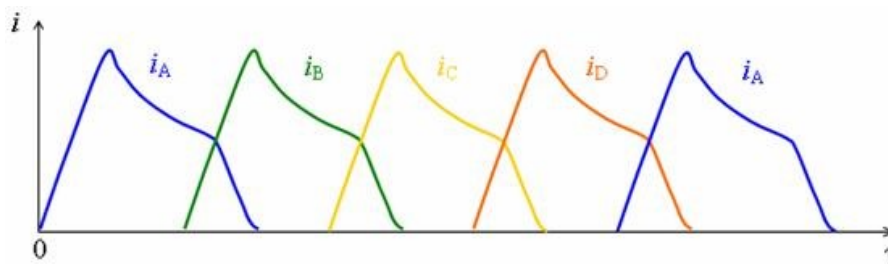


Рис.2. 11- Фазні струми при реальній симетричній одиночній комутації в 4х-фазному двигуні.

Випадок ідеальної симетричної одиночної комутації фаз є *ідеальним*. На практиці при використанні симетричної одиночної комутації струмові хвилі сусідніх фаз перекривають один одного (рис. 2.11). Це явище в ще більшому ступені виявляється при використанні інших алгоритмів управління. Таким чином, результуючий вектор МРС за повний цикл комутації здійснює плавний поворот в просторі від осі першої до осі останньої фази двигуна. Після чого він повертається в початкове положення і цикл повторюється. При цьому амплітуда вектора МРС кілька разів змінюється від деякого мінімального до деякого максимального значення. Годограф МРС має вигляд, представлений на рис.2.12.

Можна зробити висновок про те, що магнітне поле у ВІД принципово не може бути ні кругом, ні еліптичним, ні навіть пульсуючим в звичайному розумінні. Воно має складний характер і в межі прагне до дискретно-пульсуючого.

Слід також відзначити, що вектори МРС і ротор мають різні напрями обертання. Це означає, що якщо перемикання фаз відбувається, наприклад, за годинниковою стрілкою, тобто $A-B-C-D-A$, то обертання магнітного поля і ротора – проти, тобто $A-D-C-B-A$

2.5 Графіки зміни миттєвого моменту фази обмотки статора

Виходячи з принципу дії ВІД, кожна його фаза може розвивати ненульовий обертовий момент, в режимі двигуна на інтервалі від неузгодженого до узгодженого положення. Цей інтервал називається абсолютною моментною зоною і визначається

$$\gamma_{\text{абс}} = \frac{\pi}{N_p}$$

На межах абсолютної моментної зони момент, що розвивається фазою, набуває нульового значення (рис.2.12).

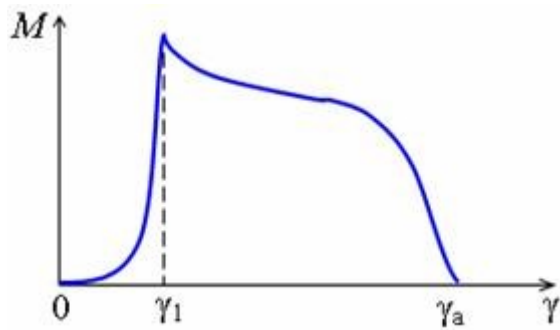


Рис.2.12. Крива миттєвого моменту фази двигуна.

Експериментальні дослідження даної залежності показують, що максимальний момент фаза розвиває на інтервалі збільшення взаємного перекриття полюсів статора і ротора. Цей інтервал називається ефективною моментною зоною фази і визначається

$$\gamma_{\text{eff}} = \min(\beta_R, \beta_S),$$

де β_R, β_S – кутовий розмір полюсів ротора и статора.

Її аналіз дозволяє зробити вивід про те, що момент ВІД не є величиною постійною і характеризується пульсаціями, які приводять до нестабільності частоти обертання (Рис. 2-13)

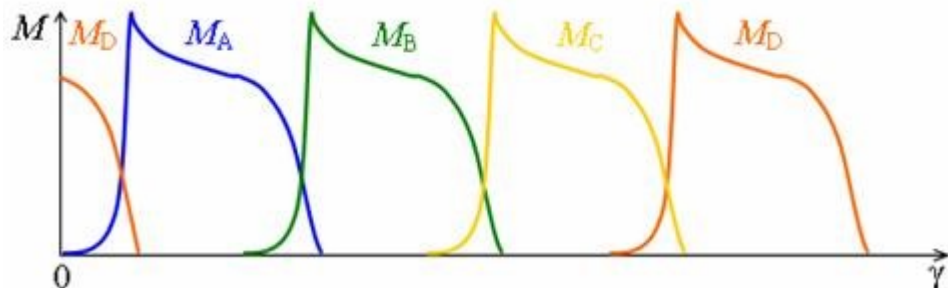


Рис. 2-13. Моменти 4^x-фазного двигуна при симметричній одиночній комутації.

2.6. Шуми і вібрації вентиляно -індукторних двигунів.

Сили взаємодії сердечників статора і ротора у ВІД мають дві складових: азимутну, визначаючу обертовий момент двигуна і радіальну, наявність якої спричиняє за собою деформацію сердечників. Деформація сердечників

приводить до виникнення вібрації двигуна і випромінювання звукових хвиль. Дослідження показують, що основним елементом конструкції ВІД, випромінюючим звукові хвилі, є сердечник статора.

Момент і сили, що створюють його, мають різко несинусоїдальний характер і можуть бути розкладені в ряд Фур'є. Як всяка механічна система, сердечник статора має резонансні частоти власних коливань. При збігу частоти якої-небудь гармоніки сили з однією з власних частот коливань статора виникає явище механічного резонансу, яке супроводиться різким зростанням амплітуди деформацій сердечника по даній гармоніці, і, отже, рівня шуму випромінюваного двигуном. Дослідження показують, що найбільш важливими є перші три резонансні частоти. Характер деформацій статора при виникненні резонансу по ним для випадку 3х-фазного двигуна представлений на рис. 2.14.

Найдоцільніше використовувати ВІД як електропривод механізмів, в яких за умовами роботи потрібне здійснення регулювання в широкому діапазоні частоти обертання.



Рис.2. 14. Деформація статора при резонансі на першій резонансній частоті.

Прикладом тут можуть бути електроприводи верстатів з числовим програмним управлінням і промислових роботів.

Ефективність використання ВІД істотно підвищується, якщо необхідність регулювання частоти обертання поєднується з важкими умовами роботи, як це має місце бути в електроприводах для металургії, гірничодобувної промисловості і рухомого складу електричного транспорту.

У промисловості є великий клас пристроїв і механізмів, що використовують нерегульований електропривод, де енергетична ефективність істотно зростає при використанні регульованого електроприводу. До таких пристроїв, перш за все, відносяться компресори, насоси і вентилятори. Використання тут ВІД є вельми перспективним.

Не менш перспективне застосування ВІД в побутовій техніці: пральних машинах, пирососах, кухонних комбайнах і електроінструментах.

ВІД є відносно новим типом електромеханічного перетворювача енергії. Тому його просування на ринку відбувається достатньо поволі. Проте вже зараз багато електротехнічних фірм миру або розглядають можливість серійного випуску ВІД або вже проводять його. Так наприклад: англійська фірма Allenwest виготовляє загальнопромислові електроприводи потужністю 7,5–22 кВт; фірма Jeffery Diamond випускає електроприводи потужністю 35–200 кВт для гірничо-добувної промисловості; американська фірма Magna Physics серійно проводить електроприводи потужністю 10–1500 Вт; італійська фірма Sime Motor спільно з SRDL випускає серію приводів RELU–SPEED потужністю 9–140 кВт з частотою обертання 3000 об/хв; Emerson Electric Co щодня випускає 2000 пральних машин, в яких використовуються ці двигуни; АМС спільно з NEC/Densai (Японія) випускає вентиляно-індукторні двигуни для електричного транспорту

За останні десять років тим частка застосування ВІД в регульованому електроприводі зросла у вісім разів і досягла 8%. Видно, ця цифра ростиме

3. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

3.1. Особливості живлення вентиляно індуктивних двигунів.

Останнім часом дослідженню вентильних реактивних двигунів (ВРД) присвячено багато робіт, в яких всесторонньо розглядаються різні аспекти теоретичного опису і конструювання всіх вузлів двигуна, – електромеханічний перетворювач енергії, силового напівпровідникового перетворювача, пристрою визначення кутового положення ротора, системи управління. У всіх цих роботах ВРД досліджується як електрична машина, яка харчується від джерела напруги постійного струму (акумуляторної батареї, мережі постійного струму). Такий традиційний підхід обмежує сфера застосування ВРД. У багатьох випадках мережа постійного струму відсутня, а використання акумуляторної батареї з урахуванням її вартості, розміщення, обслуговування і відновлення може бути економічно не доцільним. Тому дослідження можливості і особливостей роботи ВРД від мережі змінного струму (СПТ) промислової частоти є актуальним завданням. Це дозволить використовувати достоїнства ВРД для успішної конкуренції не тільки з машинами постійного струму, але і з регульованим асинхронним приводом.

В зв'язку з цим вимагають вивчення такі питання, як вибір схеми живлення, визначення параметрів елементів цієї схеми для формування необхідних характеристик ВРД, вивчення взаємного впливу параметрів мережі і характеристик двигуна, можливість використання відомих методів управління, вимоги до системи управління, рекуперація енергії за допомогою буферів енергії і тому подібне

При живленні ВРД від системи змінного струму необхідно забезпечити необхідну випрямлену напругу і мінімальний коефіцієнт пульсацій. Оскільки напруга промислової мережі значно перевищує напругу акумуляторних батарей, то ВРД працюватиме при підвищеній випрямленій напрузі, що повинне сприятливо відбитися на характеристиках і ККД електромеханічного

перетворювача енергії. Наявність низькочастотних пульсацій випрямленої напруги може вплинути на збільшення пульсацій моменту ВРД. Також необхідно враховувати, що для рекуперації електромагнітної енергії двигуна потрібний паралельний буфер енергії (БЕ), як який можна використовувати ємність згладжуючого фільтра випрямляча.

У роботі запропоновано живити ВРД від від мережі змінного струму через трифазний мостовий випрямляч з ємкісним згладжуючим фільтром. Для силового напівпровідникового перетворювача використано схему, яка дає можливість точного управління струмом кожної фази за допомогою «м'якого» відключення (замиканням обмотки через зворотний діод і відкритий транзистор) і «жорсткого» відключення (через зворотні діоди з рекуперацією енергії в мережу), можливість використання спільної роботи фаз, простота, менша кількість напівпровідникових модулів і менша вартість. (рис. 3.1)

Таким чином, схема живлення фаз ВРД від мережі змінного струму має вигляд, приведений на рис. 3.1.

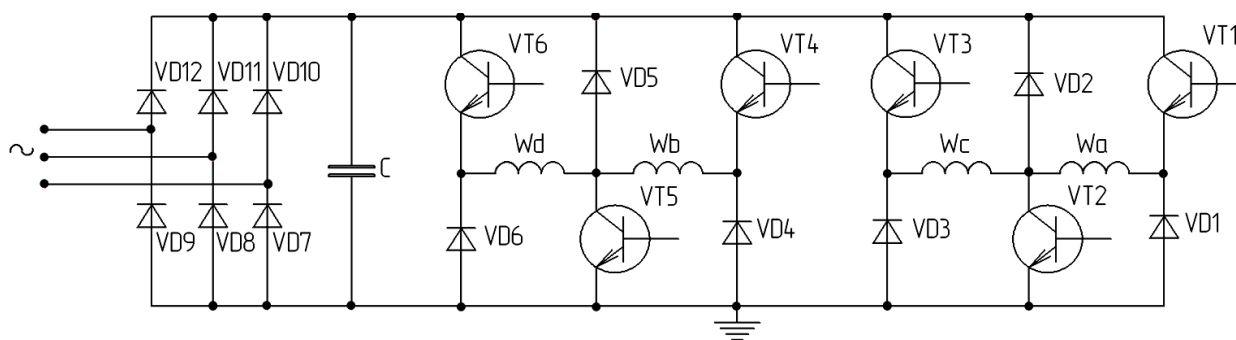


Рис. 3. 1 – Схема живлення чотирьохфазного ВІД .

3.2. Функціональна схема електроприводу.

Типова функціональна схема ВІП (рис. 2.3) містить чотирьохфазний ВІД з числом полюсів 8/6 , силовий електронний комутатор К (інвертор, перетворювач) , підключений до одно- або трифазному випрямителю В з конденсатором С фільтра, систему управління СУ , найчастіше на мікроконтроллерной основі, і датчик положення ротора ДІР (рис.2.4).

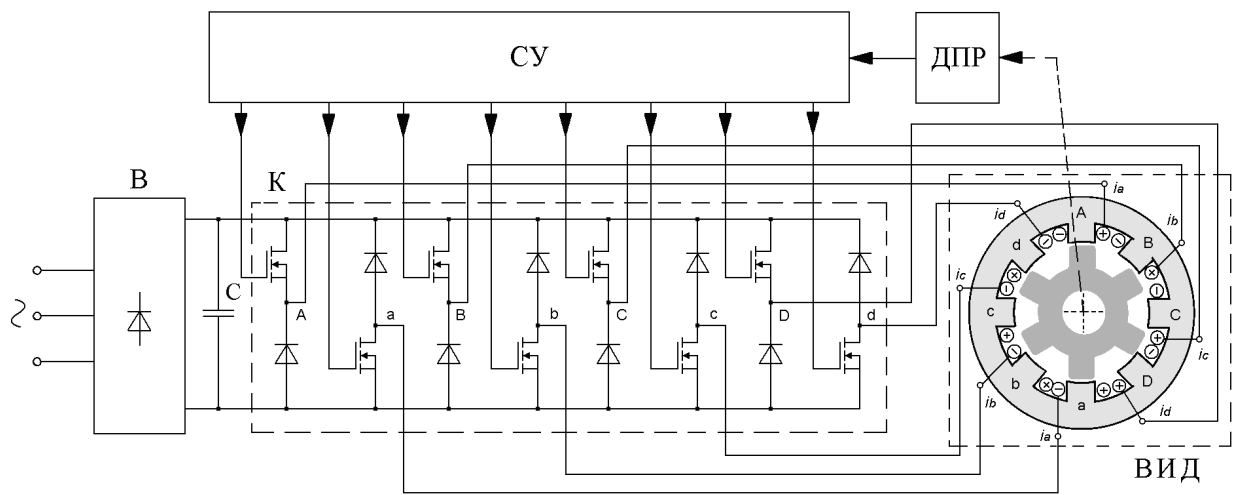


Рис. 3.2- Спрощена функціональна схема ВІД.

Силовий інвертор складається з груп електронних ключів - транзисторних модулів. Відкритий чи закритий стан ключів залежить від поточного просторового положення ротора (що фіксується датчиком положення ротора і сигналів, що надходять від системи управління СУ).

Розрізняють два типи ВІД: із зовнішнім збудженням і з само підмагнічуванням. ВІД із зовнішнім збудженням (додаткова обмотка збудження або постійні магніти на статорі). Відсутність обмотки збудження в ВІД з само підмагнічуванням, яке здійснюється за рахунок середньої складової однополярним імпульсів струму, що надходять на зосереджені обмотки статора від силового перетворювача, дозволяє спростити машину і, в результаті, знизити її вартість. Тому така машина найбільш пристосована для застосування в масових компресорах БХП.

Статор і ротор такого ВІД виконані з шіхтованного матеріалу з явно вираженими полюсами, причому число полюсів статора відрізняється від числа полюсів ротора. На статорі розташовані зосереджені обмотки, з'єднані через інвертор з джерелом живлення постійного струму. Число фаз обмотки ВІД одно половині числа зубців статора, так як дві котушки однієї фази розташовуються на діаметрально протилежних зубцях.

4. ВИБІР ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА І СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

4.1. Розрахунок та вибір потужності двигуна

Розрахунок основних параметрів шнека:

Продуктивність розраховується за формулою:

$$Q = 60 \frac{\pi \cdot D^2}{4} t \cdot n \cdot \Psi \cdot \rho \cdot C, \quad (4.1)$$

де D – діаметр гвинта м; t – крок гвинта, м;

n – частота обертання гвинта, об/год;

ρ – щільність матеріалу, що транспортується, т/м³;

C – поправочний коефіцієнт, що залежить від кута нахилу шнека β .

Ψ – коефіцієнт наповнення поперечного перерізу гвинта, для абразивних матеріалів $\Psi = 0,125$.

У нормальних умовах роботи рекомендується крок гвинта t приймати рівним діаметру гвинта D . Щільність продукту дозування приймаємо $\rho = 600$ кг/м³.

З формули (1.1) отримаємо формулу для розрахунків діаметру гвинта:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4Q}{60\pi \cdot n \cdot \Psi \cdot \rho \cdot C}} \quad (4.2)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4}{60 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,125 \cdot 0,6 \cdot 0,7}} = 0,179 = 179 \text{ мм}$$

Отримане значення округляємо до найближчого стандартного $D = 180$ мм.

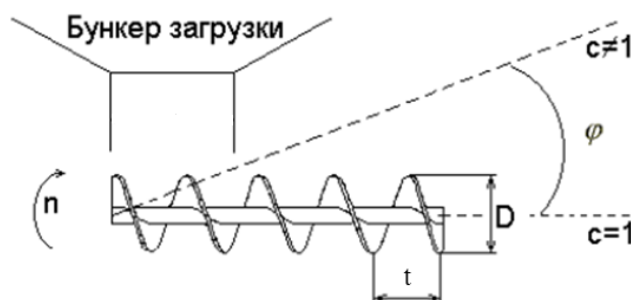


Рисунок 4.1 – Шнековий дозатор

Визначення потужності на валу гвинта:

Потужність на валу гвинта визначають за формулою

$$P = \frac{Q}{367} \cdot L_r \cdot W \quad (4.3)$$

Де L_r – горизонтальна довжина дозатора, м;

W – коефіцієнт опору при русі вантажу по жолобу], $W = 3,8$;

$$P = \frac{4}{367} \cdot 15 \cdot 3,8 = 0,62 \text{ кВт}$$

Визначення максимальної частоти обертання валу:

Максимальну частоту обертання гвинта можна визначити за формулою:

$$n_{max} = \frac{K}{\sqrt{D}}, \text{ об/хв} \quad (4.4)$$

Де K – розрахунковий коефіцієнт, для сипучих матеріалів $K = 50$.

$$n_{max} = \frac{50}{\sqrt{0,32}} = 88 \text{ об/хв}$$

Номінальну частоту обертання гвинта при заданій продуктивності і обраному діаметрі гвинта визначаємо за формулою:

$$n_{ном} = \frac{4Q}{60\pi \cdot D^2 \cdot t \cdot \Psi \cdot \rho \cdot C}, \text{ об/хв} \quad (4.5)$$

$$n_{ном} = \frac{4 \cdot 4}{60 \cdot 3,14 \cdot 0,32^2 \cdot 0,2 \cdot 0,125 \cdot 0,6 \cdot 0,7} = 80 \text{ об/хв}$$

Необхідно дотримуватися умови:

$$n_{max} > n_{ном} \quad (4.6)$$

$$88 > 80 \text{ об/хв}$$

Визначення потужності і вибір електродвигуна

Потужність двигуна визначається з урахуванням ККД механізму:

$$P_{\text{дв}} = K_3 \cdot \frac{P}{\eta}, \quad (4.7)$$

де η – механічний ККД приводу,

K_3 – коефіцієнт запаса 1,1.

$$\eta = \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{м}}^2, \quad (4.8)$$

де $\eta_{\text{м}}$ – ККД черв'ячного редуктора, $\eta_{\text{ред}} = 0,96$.

$$\eta = 0,97 \cdot 0,98^2 = 0,92$$

$$P_{\text{ел.дв}} = 1,1 \cdot \frac{0,62}{0,92} = 0,74 \text{ кВт}$$

Вибираємо двигун типу EPS-B1-0D75AA

Таблиця 4.1 – Технічні дані двигуна EPS-B1-0D75AA

Параметр	Значення	Од. вим.
Номинальная потужність	0,75	кВт
Частота обертання номінальна	1000	об / хв
Номинальний момент	7.16	Н·м
Максимальная частота обертання в режимі ослаблення поля	8000	об / хв
Кратність регулювання швидкості	8: 1	
Максимальний крутний момент	20	Н·м
Кратность допустимого максимального моменту	2.5	
Кратность потужності в повторно-короткочасному режимі (S3)	1.5	
Номинальний фазний струм	5,7А	А
Лінійна напруга	400	В
К,К,Д,	0,85	%
Маса активних матеріалів	10	кг
Маса двигуна	18	кг

Моменти пусковий, мінімальний і максимальний:

$$M_{\Pi} = M_{\text{НОМ}} \cdot K_{\Pi} \cdot K_p \quad (4.13)$$

$$M_{\text{мін}} = M_{\text{НОМ}} \cdot K_{\text{мін}} \cdot K_p \quad (4.14)$$

$$M_{\text{маx}} = M_{\text{НОМ}} \cdot K_{\text{маx}} \cdot K_p \quad (4.15)$$

$$M_{\Pi} = 7,16 \cdot 2 \cdot 8 = 114,56 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{мін}} = 7,16 \cdot 1,5 \cdot 8 = 85,92 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{маx}} = 7,16 \cdot 2,2 \cdot 8 = 126 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Перевірка по пусковому й мініальному моменті:

$$M_{\text{мін}} > M_{\text{НОМ}}, M_{\Pi} > M_{\text{НОМ}}$$

$$M_{\text{мін}} = 85,92 > M_{\text{НОМ на гвин.}} = 74, M_{\Pi} = 114,56 > M_{\text{НОМ на гвин.}} = 74$$

Умова виконується, отже обраний двигун підходить.

5. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НА ЕЛЕКТРОННІЙ МОДЕЛІ.

5.1. Моделювання ВІД конфігурацій 6/4, 8/6 і 10/8.

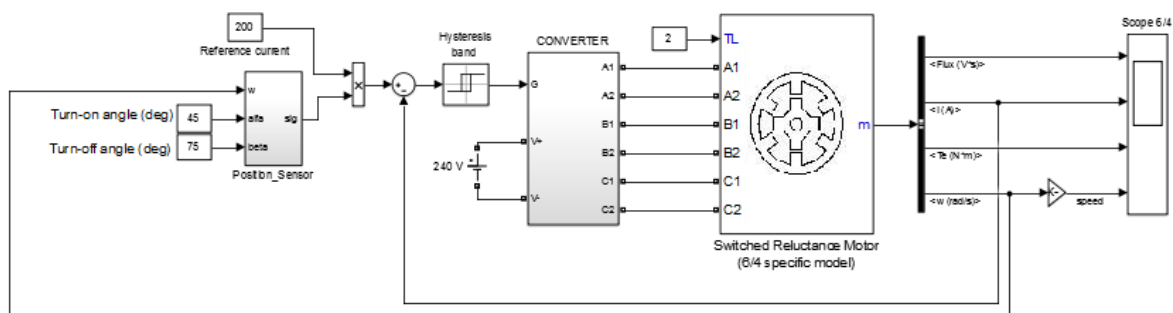


Рис.5.1 Модель вентильного двигуна.

Для моделювання перехідних процесів Switched Reluctance Motor було зібрано модель електропривода в програмі Matlab Simulink:

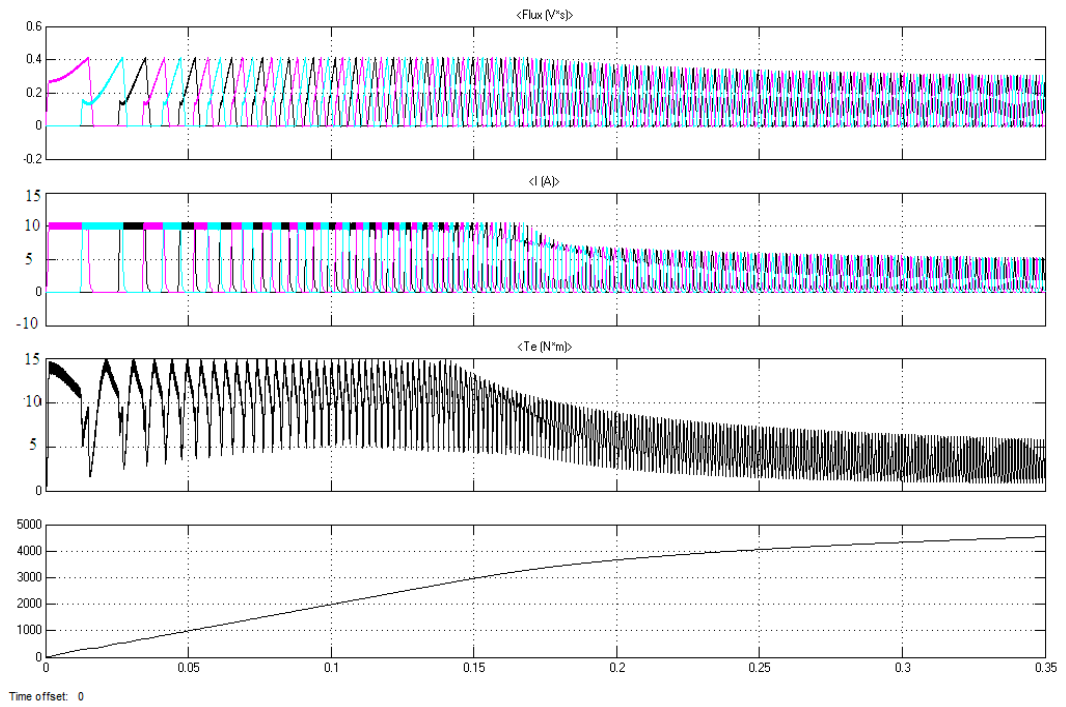


Рис. 5.2-Результати моделювання ВІД конфігурації 6/4

Рис. 5.3-Результати моделювання ВІД конфігурації 8/6

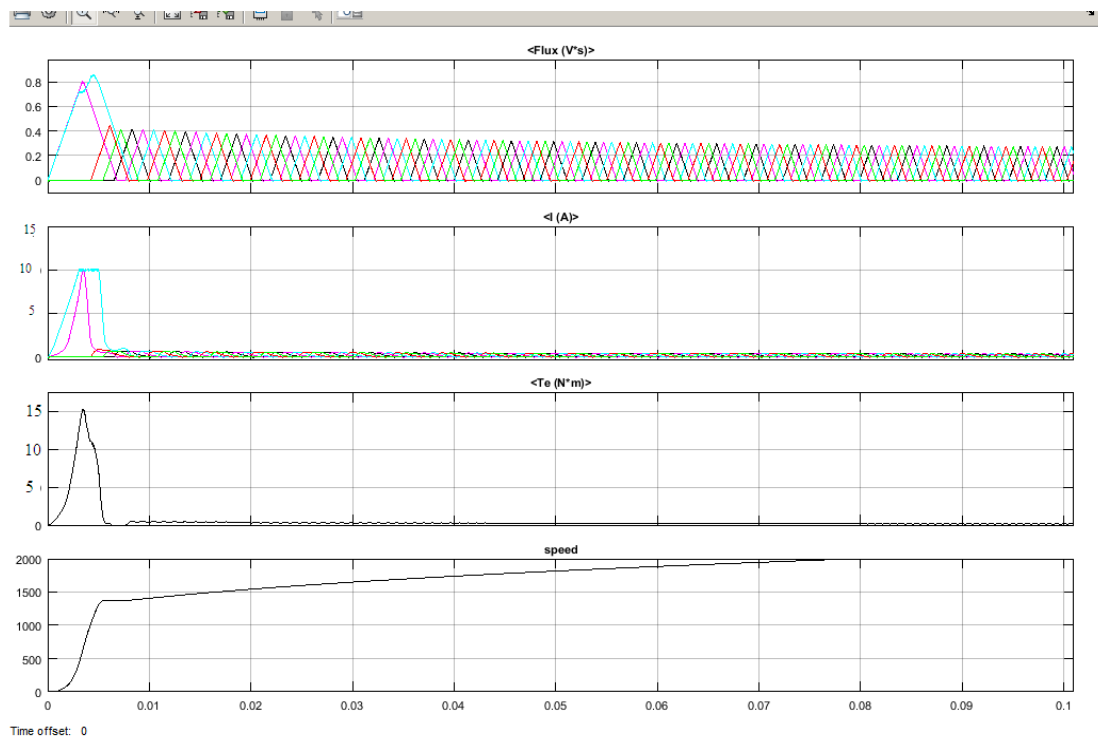


Рис. 5.4-Результати моделювання ВІД конфігурації 10/8

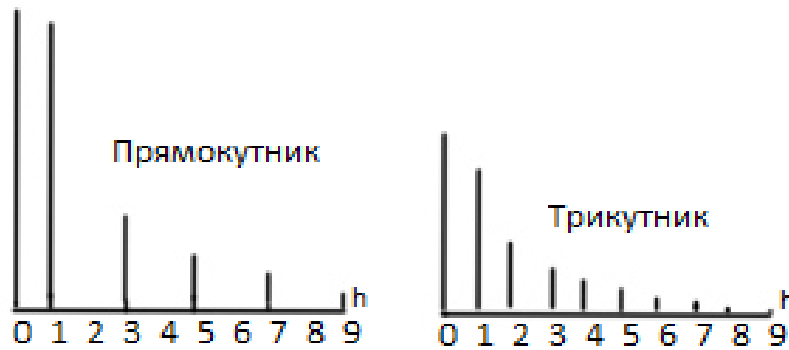


Рис. 5.5- Розклад в ряд Фур'є прямокутної і трикутної і функцій.

Висновки

1. Аналіз наведених на рис. 5,2; 5.3 і 5.4 графіків дозволяє зробити висновок, що для приводу може бути використана конструкція вентиляно індуктивного двигуна конструкції 8/6.

2. Аналіз розкладання в ряд Фур'є графіків струмів для наведених вище конструкцій показує, що кращою буде конструкція 8/6, де менше вищих гармонік.

4. Для конструкції 6/4 струм практично має форму прямокутників, а для конструкції 8/6 – трикутників, тому тут буде більше вищих гармонік і такі двигуни будуть більше шуміти.

6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Загальні відомості

Розрахунок техніко-економічних показників здійснюється на основі аналізу порівняльних технічних даних двох альтернативних систем електроприводу. Економічна оцінка базується на принципі мінімальних приведених витрат: мінімальних початкових витрат, експлуатаційних витрат на ремонт і обслуговування, витрат електроенергії. Найбільш доцільною з технічних міркувань прийнята система ПЧ-АД.

В якості альтернативної системи можна вибрати двигун постійного струму. Технічні дані двигунів порівнюваних систем наведені в таблиці 10.1.

Таблиця 6.1 - Технічні дані порівнюваних систем

Варіант Параметри двигуна	Перший варіант: ДПТ	Другий варіант: вентильно- індукторний двигун
Тип двигуна	МН-32	EPS-B10D75AA
потужність, кВт	0,76	0,75
К П Д, %	77	80
Перетворювач	Тиристорний перетворювач	В комплекті

6.2 Розрахунок початкових витрат

Початкові витрати визначаються шляхом розрахунку капітальних вкладень, які складаються з кошторисної вартості електропривода, вартості пускорегулювальної апаратури, вартості монтажних робіт, транспортно-заготівельних витрат і планових накопичень монтажної організації. Оскільки метою економічного розрахунку є порівняння альтернативних варіантів, при розрахунку можна знехтувати наявністю резервного електроприводу, ніяк не

вплине на результат. Найбільш дорогими складовими електроприводу є двигун і перетворювач.

Таким чином, кошторисна вартість електроприводу:

для першого варіанту

$$k_{zn1} = k_{de1} + k_{n1} = 14000 + 400 = 14400 \text{ грн}$$

де $k_{de1} = 14000 \text{ грн}$ - вартість двигуна постійного струму,

$k_{n1} = 400 \text{ грн}$ - вартість тиристорного прямляча;

для другого варіанту з ВІД двигуном в комплекті з системою управління

$$k_{de2} = 17800 \text{ грн}.$$

Вартість пускорегулювальної апаратури визначається як певна частина (12%) вартості перетворювача. тоді:

для першого варіанту

$$k_{np1} = 0,12 \cdot k_{n1} = 0,12 \cdot 14800 = 1776 \text{ грн}$$

для другого варіанту

$$k_{np2} = 0,12 \cdot k_{n2} = 0,12 \cdot 17800 = 2136 \text{ грн}$$

Вартість монтажних робіт обчислюється окремо для електроприводу і робочого механізму. Для електроприводу цю величину можна прийняти рівній 6% від вартості електропривода k_{zn} , для робочого механізму \square 5% вартості електропривода. Таким чином, вартість монтажних робіт:

для першого варіанту

$$k_{mp1} = (0,06 + 0,05) \cdot k_{en1} = (0,06 + 0,05) \cdot 14800 = 1480 \text{ грн}$$

для другого варіанту

$$k_{mp2} = (0,06 + 0,05) \cdot k_{en2} = (0,06 + 0,05) \cdot 17800 = 1780 \text{ грн}$$

Транспортно-заготівельні витрати становлять 2% від суми вартості електроприводу і вартості монтажних робіт:

для першого варіанту, грн.,

$$K_{\text{мвр1}} = 0,02 \cdot 14800 = 496 \text{ грн}$$

для другого варіанту

$$k_{\text{твр}} = 0,02 \cdot 17800 = 396 \text{ грн}$$

Планове накопичення монтажної організації становлять 10% від вартості монтажних робіт:

для першого варіанту

$$k_{\text{нн1}} = 0,1 \cdot k_{\text{мр1}} = 0,1 \cdot 14800 = 1480 \text{ грн}$$

для другого варіанту

$$k_{\text{нн2}} = 0,1 \cdot k_{\text{мр2}} = 0,1 \cdot 17800 = 1780 \text{ грн}$$

6.3 Визначення експлуатаційних витрат

При розрахунку експлуатаційних витрат важливе значення має величина періоду, за який проводиться розрахунок. При порівнянні приводів постійного і змінного струму обмежимося періодом 1 рік.

Річні експлуатаційні витрати \square це сумарні витрати на електропривод і робочий механізм, необхідні для експлуатації механізму протягом року і випуску річного обсягу продукції, тобто собівартість експлуатації механізму. Річні експлуатаційні витрати в загальному випадку включають в себе вартість споживаної електроенергії, амортизаційні відрахування і річні витрати по експлуатації електричної частини установки.

Витрати на електроенергію визначаються кількістю енергії, яка споживається за рік, номінальною потужністю двигуна, а також тарифною ставкою на електроенергію. Для розрахунку енергії, яка споживається за рік, потрібно знати сумарний час роботи електроприводу за рік, яке визначається коефіцієнтом використання:

$$k_{\text{исп}} = (ПВ \cdot t_{\text{раб.см}}) / t_{\text{см}} = (1,0 \cdot 8) / 8 = 1,$$

де- $ПВ = 100\%$ - тривалість включення установки;

$t_{\text{раб.см}}$ - тривалість роботи установки за зміну, ч .;

$t_{см}$ - число робочих годин за зміну.

Знаючи коефіцієнт $k_{исп}$ можна визначити число робочих годин установки в році:

$$T_z = T_{раб.дн} \cdot n_{см} \cdot t_{см} \cdot k_{исп} = 253 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 1 = 6072 \text{ ч.},$$

де $T_{раб.дн}$ □ число робочих днів у році;

$n_{см}$ - число робочих змін на добу.

Енергія, споживана за рік, визначається за формулами:

для першого варіанту

$$E_1 = P_1 \cdot T_z / \eta_1 = 0,27 \cdot 6072 / 0,77 = 2129 \text{ кВт.год}$$

Де $P_1, \eta_{н1}$ - номінальні параметри двигуна постійного струму;

для другого варіанту

$$E_2 = P_2 \cdot T_z / \eta_2 = 0,25 \cdot 6072 / 0,8 = 1897 \text{ кВт.год}$$

де $P_2, \eta_{н2}$ - номінальні параметри асинхронного електродвигуна

Амортизаційні відрахування становлять 9,5% від кошторисної вартості електропривода. тоді:

для першого варіанту

$$C_{a1} = 0,095 \cdot 14800 = 1332 \text{ грн.}$$

для другого варіанту

$$C_{a2} = 0,095 \cdot 17800 = 1691 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію обладнання включають в себе безліч складових. Устаткування електроприводів обох варіантів є ремонтваних, воно проходить планово-попереджувальні ремонти, періодичність та обсяг проведення яких регламентується кошторисом планово-попереджувальних ремонтів. Крім того, обладнання потребує регулярного технічного обслуговуванні, що вимагає так само певних витрат. Таким чином, витрати на ремонтно-експлуатаційне обслуговування обладнання можна визначити як суму витрат на заробітну плату ремонтних робітників, вартості матеріалів для ремонту і обслуговування, загальноцехових і загальногосподарських витрат. Заробітна плата ремонтних робітників визначається кількістю часу, необхідною для проведення ремонтно-експлуатаційного обслуговування електричної частини обладнання, яка в свою чергу залежить від норм трудомісткості ремонту і технічного обслуговування обладнання. Всю систему електроприводу можна розділити на 3 основні частини: двигун, перетворювач, і пускорегулююча апаратура. Для кожної з цих частин окремо знаходиться трудомісткість ремонту і технічного обслуговування. Потім ці величини підсумовуються. Для розрахунку трудомісткості потрібно визначити планову тривалість ремонтного циклу і міжремонтного періоду, число ремонтів в рік і т.д.

Планова тривалість ремонтного циклу (ремонтний цикл - напрацювання енергетичного обладнання, виражена в роках календарного часу між двома капітальними плановими ремонтами):

для двигуна постійного струму

$$T_{пл.дов} = T_{табл.дов} \cdot \beta_k \cdot \beta_p \cdot \beta_o = 12 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 0,85 = 15,3 \text{ років,}$$

де $T_{табл.дов}$ □ тривалість ремонтного циклу для електродвигунів

β_k □ коефіцієнт, що враховує зменшення терміну служби колекторних машин;

β_p - коефіцієнт, який визначається змінність роботи обладнання;

β_o - коефіцієнт, що враховує зменшення ремонтного обладнання;

для ВІД двигуна

$$T_{пл.2де} = T_{табл.де} \cdot \beta_p \cdot \beta_o = 12 \cdot 2 \cdot 0,85 = 20,4 \text{ роки,}$$

для тиристорного випрямляча

$$T_{пл.вып} = T_{табл.вып} \cdot \beta_o = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ роки}$$

де $T_{пл.зр}$ □ тривалість ремонтного циклу для тиристорного випрямляча

для перетворювача частоти:

$$T_{пл.пр} = T_{табл.пр} \cdot \beta_o = 6 \cdot 0,85 = 5,1 \text{ года,}$$

де $T_{табл.вып}$ □ тривалість ремонтного циклу для перетворювача частоти

Планова тривалість міжремонтного періоду (міжремонтний період □ напрацювання енергетичного обладнання, виражена в місяцях календарного часу між двома плановими ремонтами):

для двигуна постійного струму

$$T_{пл.1де} = T_{табл.де} \beta_k \beta_p \beta_o = 12 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 0,7 = 12,6 \text{ міс.,}$$

де $T_{пл.1де}$ - величина міжремонтного періоду для двигуна ;

для асинхронного електродвигуна

$$T_{пл.2де} = T_{табл.де} \beta_p \beta_o = 12 \cdot 2 \cdot 0,7 = 16,8 \text{ міс.,}$$

для тиристорного випрямляча

$$T_{пл.вып} = T_{табл.вып} \beta_o = 24 \cdot 0,7 = 16,8 \text{ міс.,}$$

де $T_{табл.вып}$ □ тривалість міжремонтного періоду для тиристорних випрямлячів (табл. 6.5);

для перетворювача частоти

$$T_{пл.пр} = T_{табл.пр} \beta_o = 18 \cdot 0,7 = 12,6 \text{ міс.},$$

де $T_{табл.пр}$ □ тривалість міжремонтного періоду для перетворювачів частоти (табл. 6.5).

За отриманими величинам можна розрахувати кількість капітальних і поточних ремонтів в розрахунку на 1 рік. Кількість капітальних ремонтів в рік:

для двигуна постійного струму:

$$M_{к.р.1дв} = 1/T_{пл.1дв} = 1/15,3 = 0,065;$$

для асинхронного електродвигуна:

$$M_{к.р.2дв} = 1/T_{пл.2дв} = 1/20,4 = 0,049;$$

для тиристорного випрямляча:

$$M_{к.р.вып} = 1/T_{пл.вып} = 1/8,5 = 0,117,$$

для перетворювача частоти:

$$M_{к.р.пр} = 1/T_{пл.пр} = 1/5,1 = 0,196;$$

Кількість поточних ремонтів у розрахунку на один рік визначається аналогічно:

$$M_{т.р.1дв} = 0,079; M_{т.р.2дв} = 0,059;$$

$$M_{т.р.вып} = 0,059; M_{т.р.пр} = 0,079.$$

По заданій кількості ремонтів в рік, а також по заданій нормі трудомісткості (таблична величина) визначається річна трудомісткість ремонтів. Річна трудомісткість капітальних ремонтів електричних машин розраховується за формулами:

для двигуна постійного струму

$$T_{к.р.1дв} = M_{к.р.1дв} \cdot H_{к.р.дв} \cdot k_w \cdot k_k = 0,065 \cdot 10 \cdot 1,2 \cdot 1,8 = 1,4 \text{ ЛЮД-ГОД}$$

де- $H_{к.р.дв}$ - норма трудомісткості капітальних ремонтів для електродвигунів заданої потужності.

k_w - поправочний коефіцієнт, що враховує частоту обертання

електродвигуна

k_k - коефіцієнт, що враховує збільшення трудомісткості експлуатації колекторних машин

для асинхронного електродвигуна

$$T_{к.р.2\deltaв} = M_{к.р.2\deltaв} \cdot H_{к.р.2\deltaв} \cdot k_w = 0,049 \cdot 10 \cdot 1,1 = 0,539 \text{ , люд-год}$$

Для тиристорного випрямляча і перетворювача частоти річна трудомісткість капітальних ремонтів розраховується наступним чином:

$$T_{к.р.вып} = M_{к.р.вып} \cdot H_{к.р.вып} = 0,117 \cdot 70 = 8,19 \text{ люд-год,}$$

$$T_{к.р.нр} = M_{к.р.нр} \cdot H_{к.р.нр} = 0,196 \cdot 50 = 9,8 \text{ люд-год}$$

де $H_{к.р.тр}$ □ норма трудомісткості капітального ремонту для трансформаторів

$H_{к.р.вып}$ и $H_{к.р.нр}$ □ норми трудомісткості капітального ремонту випрямлячів і перетворювачів частоти відповідно

Річна трудомісткість поточних ремонтів для відповідних типів устаткування визначається аналогічно трудомісткості капітальних ремонтів:

$$T_{т.р.1\deltaв} = M_{т.р.1\deltaв} \cdot H_{т.р.1\deltaв} \cdot k_w \cdot k_k = 0,079 \cdot 4 \cdot 1,1 \cdot 1,8 = 0,63 \text{ люд-год,}$$

$$T_{т.р.2\deltaв} = M_{т.р.2\deltaв} \cdot H_{т.р.2\deltaв} \cdot k_w = 0,059 \cdot 4 \cdot 1,1 = 0,26 \text{ , люд-год,}$$

$$T_{т.р.вып} = M_{т.р.вып} \cdot H_{т.р.вып} = 0,059 \cdot 21 = 1,24 \text{ , люд-год,}$$

$$T_{т.р.нр} = M_{т.р.нр} \cdot H_{т.р.нр} = 0,079 \cdot 15 = 1,19 \text{ , люд-год,}$$

де $H_{т.р.тр}$, $H_{т.р.2\deltaв}$, $H_{т.р.вып}$ и $H_{т.р.нр}$ □ норми трудомісткості поточного ремонту для різних типів обладнання (знаходяться за тими ж таблицями, що і для капітального ремонту).

Для пускорегулювальної апаратури річна трудомісткість капітального (поточного) ремонту приймається рівною 25% від трудомісткості капітального

(поточного) ремонту електроприводу. Вона в свою чергу складається з трудомісткості ремонту двигуна і перетворювача:

для електроприводу постійного струму

$$T_{n.p.k.p.1} = 0,25 \cdot (T_{к.p.1дв} + T_{к.p.вып}) = 0,25 \cdot (1,4 + 8,19) = 2,4 \text{ люд-год},$$

$$T_{n.p.m.p.1} = 0,25 \cdot (T_{m.p.1дв} + T_{m.p.вып}) = 0,25 \cdot (0,63 + 1,24) = 0,47 \text{ люд-год},$$

для електроприводу змінного струму

$$T_{n.p.k.p.2} = 0,25 \cdot (T_{к.p.2дв} + T_{к.p.нр}) = 0,25 \cdot (0,7 + 9,8) = 2,6 \text{ люд-год},$$

$$T_{n.p.m.p.2} = 0,25 \cdot (T_{m.p.2дв} + T_{m.p.нр}) = 0,25 \cdot (0,26 + 1,19) = 0,36 \text{ люд-год},$$

Трудомісткість технічного обслуговування обладнання приймається рівною 10% від норми трудомісткості поточного ремонту обладнання без урахування поправочних коефіцієнтів. Таким чином, річну трудомісткість обслуговування обладнання можна визначити за формулами:

для електроприводу постійного струму:

$$T_{m.o.1дв} = 0,1 \cdot 12 \cdot H_{m.p.дв} = 0,1 \cdot 12 \cdot 4 = 4,8 \text{ , люд-год}$$

$$T_{m.o.вып} = 0,1 \cdot 12 \cdot H_{m.p.вып} = 0,1 \cdot 12 \cdot 21 = 25,2 \text{ , люд-год},$$

для електроприводу змінного струму:

$$T_{m.o.2дв} = 0,1 \cdot 12 \cdot H_{m.p.дв} = 0,1 \cdot 12 \cdot 4 = 4,8 \text{ , люд-год},$$

$$T_{m.o.2нр} = 0,1 \cdot 12 \cdot H_{m.p.нр} = 0,1 \cdot 12 \cdot 15 = 18 \text{ , люд-год},$$

Трудомісткість технічного обслуговування електроприводу за рік:

для електроприводу постійного струму:

$$T_{n.p.m.o.1} = 0,1 \cdot (T_{m.o.1дв} + T_{m.o.вып}) = 0,1 \cdot (4,8 + 25,2) = 3 \text{ люд-год};$$

для електроприводу змінного струму:

$$T_{n.p.m.o.2} = 0,1 \cdot (T_{m.o.2дв} + T_{m.o.нр}) = 0,1 \cdot (4,8 + 18) = 2,28 \text{ люд-год}.$$

6.4 Аналіз отриманих техніко-економічних показників

Отримані техніко-економічні показники порівнюваних систем наведені таблиці 12.1. Аналіз і зіставлення капіталовкладень, експлуатаційних витрат та витрат на електроенергію показує, що недоліком електроприводу постійного струму є висока вартість і ремонтна складність електродвигуна, в той час як асинхронні двигуни є більш простими і дешевими. Однак в системі електроприводу змінного струму аналогічними недоліками володіє перетворювач з системою управління. Розрахунок показав, що в даному випадку висока ціна і витрати на експлуатацію двигуна постійного струму компенсується високою вартістю капіталовкладень при установці перетворювача частоти. Але при цьому необхідно враховувати, що ми в розрахунках брали до уваги далеко не всі показники ефективності, врахувати які формалізовано далеко не завжди можливо. Наприклад, в нашому випадку термін служби пропонованого приводу значно більше, ніж у базового, що дозволяє вважати варіанти рівноцінними.

Важливим фактом є те, що регулювання продуктивності за допомогою перетворювача частоти - це нововведення, яке дозволить забезпечити необхідний діапазон регулювання продуктивності.

7.ТЕХНІКА ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОБЛАДНАННЯ ВЕРСТАТА

7.1 Експлуатація електрообладнання і основи електробезпеки.

Основні вимоги та організація обслуговування електроустаткування. Під технічною експлуатацією електрообладнання розуміють процес його використання за призначенням і підтримання в технічно справному стані. Чітка організація цього процесу, планування та управління розв'язуються на основі теорії експлуатації, широко застосовує сучасні методи моделювання, використання операцій і ін.

Технічна експлуатація електроустаткування включає виконання наступних заходів: підготовку, включення і виключення електроустаткування, виявлення несправностей і прогнозування технічного стану; Профілактичні роботи; настройку і регулювання окремих вузлів, зв'язків і електрообладнання в цілому: забезпечення схоронності окремих блоків та електрообладнання в цілому; забезпечення комплектом запасних частин (ЗП); технічну підготовку обслуговуючого персоналу; правильне ведення технічної документації.

Ефективна організація системи технічної експлуатації електрообладнання можлива за умови, якщо ще в період проектування були враховані особливості побудови, використання і експлуатації електрообладнання, розроблені технічні засоби його обслуговування, методи обробки інформації та контролю стану. Важливою частиною технічної експлуатації електрообладнання є технічне обслуговування. Погано організоване технічне обслуговування може призвести до простою електроустаткування або аварії при неправильних діях обслуговуючого персоналу.

Для оцінки ефективності технічного обслуговування систем електрообладнання слід застосовувати такі показники: 1)трудомісткість одноразового технічного обслуговування або за певний період експлуатації; вартість технічного обслуговування; 2)надійність електрообладнання, яка визначається одним або кількома показниками надійності; 3)середній час

простою і втрати в процесі технічного обслуговування; 4) ймовірність виконання технічного обслуговування в заданий час.

Обслуговуючий персонал виконує наступний обсяг робіт по експлуатації електрообладнання: спостереження за станом і роботою електрообладнання, а також за механічною частиною електроприводів з проведенням профілактичних заходів (змазування, чищення, підтяжка кріплень); періодичну ревізію основного і резервного електрообладнання з поточним ремонтом, що проводиться за графіком; капітальний ремонт електрообладнання під час його зносу і заміну його при проведенні модернізації; дослідження характеристик обладнання для проведення модернізаційних заходів; наладку нового обладнання або обладнання, що зазнає ревізії або ремонту.

В процесі експлуатації електрообладнання електротехнічний персонал веде журнали: дефектів, збоїв і несправностей, де реєструють неполадки в роботі будь-якого елемента обладнання; оперативних перемикачів на підстанції; технічного огляду та ремонту електричного обладнання; проведення робіт в електроустановках низької напруги (до 1000 В).

У своїй діяльності щодо забезпечення надійної та продуктивної роботи електрообладнання електротехнічний персонал використовує технічну документацію, в тому числі: комплект електротехнічних схем (принципових і з'єднань) з електропостачання, електроприводу, висвітлення і сигналізації; паспорта та технічні описи електроустаткування з паспортом і актами випробувань до них, посадові і виробничі інструкції з обслуговування, ремонту та налагодження електричних апаратів, машин і засобів автоматизації; керівні та нормативні матеріали.

Всі інструкції підлягають перегляду не рідше одного разу на 5 років, а істотні зміни і доповнення вносять негайно і доводять до відома відповідальних посадових осіб. Весь комплект проектних електричних схем, описів, інструкцій повинен зберігатися в технічному архіві. Широке застосування складної електронної та мікроелектронної техніки висуває підвищені вимоги до практики технічної експлуатації електрообладнання. У зв'язку з цим набувають поширення

нові принципи технічного обслуговування і ремонту електроустановок. Розглянемо деякі з цих вимог на ремонт.

7.2 Експлуатація за рівнем надійності

В цьому випадку експлуатацію електрообладнання здійснюють до безпечного відмови. При цьому повинні бути встановлені допустимі рівні надійності елементів електроприводу, що забезпечують його справну роботу і прийнятні показники економічності експлуатації. Допустимі рівні надійності можуть бути призначені з досвіду експлуатації електрообладнання. У практиці експлуатації систем електрообладнання необхідно раціонально використовувати всі три принципи ТО і Р або два останніх, які іноді об'єднують під загальною назвою «обслуговування за технічним станом». Неісправності електрообладнання, методи їх пошуку та усунення.

Найбільш складним при ремонті електрообладнання є процес пошуку несправностей, так як сучасні електричні схеми являють собою складну взаємопов'язану мережу електричних та електронних кіл. Тому досить важко виявити несправну деталь або ланцюг серед безлічі інших деталей і ланцюгів, що впливають одна на іншу. Завдання ускладнюється ще тим, що більшість несправностей носять прихований характер і не можуть бути виявлені зовнішнім оглядом. Процес пошуку несправності є послідовність тестових експериментів над електроприводом і прийняття діагностичного проміжного або кінцевого рішення. Одним із шляхів зменшення часу пошуку несправностей і вимог до кваліфікації обслуговуючого персоналу є застосування автоматичного пошуку несправностей, заснованого на алгоритмізації процедур пошуку. Для пошуку несправностей в системі електроустаткування, як показує досвід експлуатації, можливе застосування таких методів.

Зовнішній огляд. Найбільший ефект дає зовнішній огляд включеного електрообладнання за відсутності аварійних ознак відмови і дотримання правил безпеки праці. Ознаками несправності в цьому випадку (крім тих, які можна виявити при включеному електрообладнанні) є: поява щирій, диму, нагрів

окремих деталей, поява тріску і т.п. Однак зовнішній огляд не дозволяє виявити приховані несправності.

Метод заміни. Якщо після заміни зникають несправності, то був замінений дійсно пошкоджений елемент.

Метод вноситься несправності. У цьому випадку в перевіряється блок вносяться штучні пошкодження, що викликають певні логічні взаємодії елементів. Контроль за параметрами схеми і аналіз їх змін дозволяють визначити чи локалізувати несправність.

Метод половинного розбиття. Цей метод успішно може бути застосований в тому випадку, якщо показники надійності окремих вузлів і блоків схем електрообладнання однакові. Для пошуку несправності можна перевірити один вузол, наприклад, по напрузі, а потім по току. Розподіл може бути виконано і всередині блоку або вузла, що дозволяє оперативно локалізувати, а потім і виявити несправність.

Метод контрольного сигналу. Використання подібного методу обумовлено значним поширенням логічних елементів і мікросхем в системах регулювання і управління. Для виявлення несправності за допомогою контрольного сигналу доцільно уявити контрольну ланцюг діаграмою проходження сигналу через справну систему. Контрольному сигналу заданої форми буде відповідати певна реакція, аналізуючи яку, можна виявити працездатність перевіряється вузла або електричного кола.

Метод проміжних вимірювань. Метод передбачає осциллографирование характерних процесів, вимірювання напруг на контрольних точках, контроль опору окремих елементів і електричних ланцюгів і інші контрольні-діагностичні дії, що дозволяють визначити місце несправності в електрообладнанні або виявити несправний елемент.

Метод порівняння з несправним об'єктом. Метод порівняння полягає в тому, що сигнали несправності вузла або блоку схеми порівнюють з сигналами іншого справного або несправного вузла або блоку. Маючи в своєму розпорядженні перерахованими методами пошуку дефектів,

слід врахувати, що оптимальна методика повинна являти собою логічну послідовність дій, які звужують межі області несправності до повної локалізації її. При цьому для вибору методу пошуку несправності і в процесі пошуку необхідно користуватися наступними практичними принципами:

- перш за все необхідно переконатися, що в системі електрообладнання немає помилково встановлених позицій, положень рукояток перемикачів і задають пристроїв;

- слід вибирати такий метод і таку послідовність пошуку несправності, щоб виключалася випадковість отриманих результатів, пошук повинен приводити хоча б до одного з багатьох можливих результатів;

- на початку пошуку несправності потрібно вибрати таку перевірку, яка дозволяє отримати найбільшу інформацію, яка усуває максимум невизначеностей;

- якщо є відмова, слід спочатку припустити природу відмови виходячи із зовнішніх ознак його, а потім передбачити методику по передбачуваній причині відмови;

- метод пошуку відмови необхідно вибирати з урахуванням найменших витрат часу, якщо невідома справжня причина відмови.

Несправність електрообладнання можна класифікувати за трьома ознаками. До першої групи слід віднести несправності, зумовлені проектними недоліками.

Друга, найбільш численна група несправностей проявляється на початку періоду експлуатації електрообладнання та пов'язана зазвичай з недосконалістю конструкції устаткування, що експлуатується, неякісними монтажем і наладкою. До характерних несправностей цієї групи відносяться: численні помилкові спрацьовування блокувань через неякісну налагодження; завищення уставки максимального струмового захисту, так як струм спрацьовування (уставка) реле розрахований не по дійсному (робочому), а по номінальному струму двигунів.

У цей період дуже численні випадки виходу з ладу силових і контрольних кабелів внаслідок неякісного монтажу з'єднувальних муфт і кінцевих заправлень.

Ці несправності обумовлюють великий обсяг ремонтних робіт, здорожують початковий період експлуатації. Однак пошук несправності полегшується, так як відомі причини несправності, отримані на підставі досвіду експлуатації подібного обладнання на інших об'єктах.

Третя група несправностей з'являється в процесі експлуатації і пов'язана з несприятливими зовнішніми умовами, процесами старіння ізоляційних матеріалів і неякісної експлуатацією. Найбільш часті несправності цієї групи - обрив електричного кола в контактних реле, пускачі, контактори. Слід зазначити три основні причини цих несправностей: потрапляння сторонніх предметів між контактами; розрегулювання механічної частини електричного апарату, тяг, пружин; окислення і ерозія контактів через вплив електричної дуги. При знаходженні несправності можна скористатися будь-яким методом пошуку. Застосований на практиці метод пошуку розриву в електричному ланцюзі заснований на включенні цього ланцюга під напругу і перевірці контрольних точок цього ланцюзі за допомогою індикатора або контрольної лампочки. При наявності розриву між контрольними точками виникає різниця потенціалів, що візуально проявиться в загорянні контрольної лампи.

Велику допомогу в знаходженні і усунення несправності надає виробнича сигналізація. Якщо несправність сталася поза сферою дії виробничої сигналізації, необхідно скористатися схемами електроустаткування. Висока кваліфікація обслуговуючого персоналу, знання ним електричних схем і принципу їх роботи, а також методів пошуку та усунення несправностей є основними умовами успішної експлуатації електрообладнання берегових установок.

7.3 Заземлення та занулення електроустановок

Захисні заходи від дотику до частин електроустановок, нормально знаходяться без напруги, але опинилися йод напругою внаслідок порушення ізоляції струмоведучих частин електроустановки, такі: заземлення та занулення корпусів електроустаткування і конструктивних металевих частин

електроустановок; пристрій захисного відключення, що забезпечує автоматичне відключення установки, в якій відбулося замикання фази на корпус; пристрій ізоляційних майданчиків для обслуговування електроустаткування, якщо виконання перших двох пунктів утруднено.

Захисне відключення забезпечує знеструмлення електроустановки в межах часу не більше 2 с, якщо на даній електроустановці сталося коротке замикання на корпус. Як приклад розглянемо схему пуску і зупинки асинхронного двигуна, де передбачено захисне відключення за допомогою реле КАО (рис. 7.1).

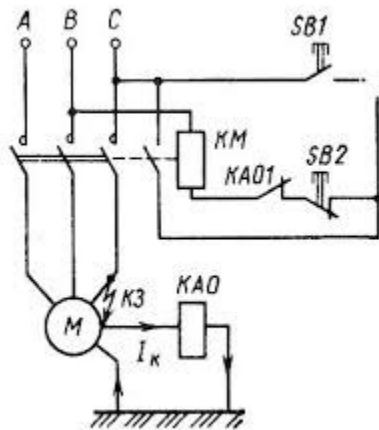


Рис. 7.1-Захисне відключення в ланцюзі асинхронного двигуна

Основним заходом захисту людини від ураження електричним струмом при дотику до корпусів електроустановок, в яких з якої-небудь причини порушена ізоляція, є захисне заземлення та занулення. Занулення від заземлення відрізняється з'єднанням корпусу електроустановки з нейтраллю, наприклад, трансформатора через нейтральний провід (рис. 7.2). Так як захисне занулення має менший опір для струмів короткого замикання I_k , то створюються умови для більш надійного і більш швидкого відключення ушкоджень електроустановки.

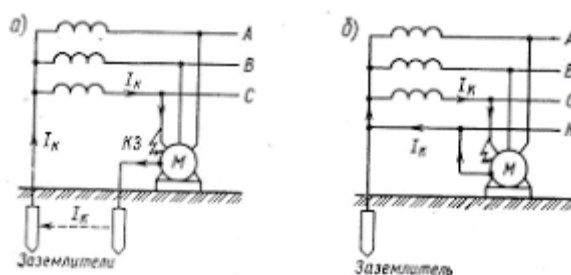


Рис. 7.2-Схеми заземлення (а) і занулення (б)

Ступінь ураження людини електричним струмом визначається силою струму, шляхом і тривалістю його протікання через тіло людини. Сила струму залежить від напруги дотику $U_{пр}$ і опору всієї електричної ланцюга, в яку послідовно «включений» людина. При опорі тіла людини $R_{ч}$ струм, що проходить через його тіло, дорівнює $I_{ч} = U_{пр} / R_{ч}$. Якщо електроустановка заземлена і опір заземлювача $R_3 \ll R_{ч}$, то по тілу людини буде протікати струм, близький до нуля: $I_{ч} = I_3 R_3 / R_{ч}$, де I_3 - струм короткого замикання, що проходить через заземлювач.

Отже, чим менше опір заземлення, тим менше струм, що проходить через тіло людини.

7.4 Техніка безпеки при обслуговуванні електрообладнання

Сучасні верстати, як правило, мають індивідуальний електропривод. У більшості випадків електродвигуни, реле та інші електричні апарати розміщені або на самому верстаті, або в окремому шафі. Верстати мають двигуни, кінцеві і шляхові вимикачі, розміщені всередині верстата.

Роботу з налагоджування, експлуатації та ремонту електроустаткування верстатів поділяють на чотири категорії: роботи при повному знятті напруги, роботи з частковим зняттям напруги, роботи без зняття напруги поблизу струмоведучих шин і роботи без зняття напруги віддалік від струмоведучих шин.

Роботою при повному знятті напруги вважається робота, яку виконують в електроустановці, де зі всіх струмоведучих частин знято напругу і де немає незачиненого входу в сусідню електроустановку, що знаходиться під напругою.

До такого виду робіт ставляться:

- а) прозвонка ланцюгів силовий схеми,
- б) ремонт або заміна електричної апаратури безпосередньо на верстаті,
- в) перевірка величини опору ізоляції струмоведучих частин.

Роботою з частковим зняттям напруги вважається робота, яку проводять на відключених частинах електроустановки, в той час як інші її частини

знаходяться під напругою або напруга знята повністю, але є незамкнений вхід в сусідню електроустановку, що знаходиться під напругою.

До такого виду робіт ставляться:

- а) регулювання параметрів спрацьовування реле,
- б) регулювання і чищення контактів апаратів,
- в) зміна ламп освітлення в шафі і на верстаті.

Роботою без зняття напруги поблизу і на струмоведучих частинах вважається робота, яка вимагає прийняття технічних і організаційних заходів і проводиться на невідключеної електроустановки із застосуванням захисних засобів. До такого виду робіт ставляться: вимір величин струму і напруги за допомогою вимірювальних кліщів.

Роботою без зняття напруги віддалік від струмоведучих частин вважається робота, при якій виключено випадкове наближення працюючих людей і використовуваних ними ремонтної оснастки і інструменту до струмоведучих частин на небезпечну відстань і не потрібно прийняття технічних і організаційних заходів для запобігання такому наближенню.

До такого виду робіт ставляться:

- а) протирання пультів і шаф управління з зовнішнього боку,
- б) протирання електродвигунів верстата,
- в) вимірювання частоти обертання двигунів тахометром,

Роботу з налагоджування електроустаткування верстатів повинні виконувати не менше двох працівників, старший з яких - виконавець робіт - повинен мати кваліфікаційну групу не нижче третьої, а другий - член бригади - не нижче другої.

Налагоджувальні роботи виробляють за усним або письмовим розпорядженням відповідального керівника робіт (начальника електролабораторії, механіка, майстра експлуатації чи старшого електрика), який перевіряє наявність у виробника посвідчення на право допуску до робіт на електрообладнанні, дає завдання на наладку і забезпечує

його технічною документацією принциповою електричною схемою та специфікацією до неї.

Безпосередньо перед допуском бригади до роботи допускає (черговий електромонтер або відповідальний керівник робіт) перевіряє:

- а) наявність у членів бригади посвідчень на право роботи,
- б) знання виробником робіт «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів», «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів» і електричної схеми, що настроюється обладнання,
- в) забезпечення безпечного проведення робіт на робочому місці.

Перед початком роботи виконавець робіт готує робоче місце: вимикач пульта управління верстатом встановлює в положення «Відключено» і вивішує плакат «Не включати - працюють люди», оглядає технічний стан пульта, шафи з електроустаткуванням: підготовляє захисні засоби килимки, діелектричні рукавички, монтерський інструмент) , готує електровимірювальні та інші прилади, необхідні під час налагодження. Після проведення підготовчих робіт виробник дозволяє бригаді приступити до роботи. Під час налагодження електроустаткування бригаді дозволяється виконувати такі роботи:

- а) перевірку правильності виконання монтажу,
- б) включення і відключення устаткування,
- в) маніпуляції органами управління (кнопками, перемикачами, командно апаратами на верстаті і щиті управління,
- г) виявлення дефектів обладнання, доставивши його огляду,
- д) заміну дефектних місць монтажу вторинної комутації і силовий схеми,
- е) заміну дефектного обладнання,
- ж) вимір параметрів схеми переносними вимірювальними приладами,
- з) випробування електрообладнання верстата підвищеним напругою,
- і) вимірювання опору ізоляції котушок апаратів і обмоток електричних машин мегомметром,

к) випробування електрообладнання верстата при холостому ході і під навантаженням.

Перевірку дефектів монтажної схеми дозволяється проводити тільки на повністю відключеному обладнанні. Огляд електроустаткування з метою виявлення його дефектів можна виробляти без зняття напруги виконавцем робіт через відчинені двері в присутності другої особи зі складу бригади. Заміну поламаних апаратів проводять за умови повного зняття напруги, при цьому на ручці вступного автомата або рубильника повинен бути вивішений плакат «Не включати - працюють люди».

При подачі напруги на окремі ділянки схеми по тимчасовим перемичках повинні бути забезпечені умови безпечної роботи для інших членів бригади, зайнятих на налагодження апаратури, встановленої на верстаті або в іншому шафі. При подачі напруги на всю схему необхідно поставити огорожі в місцях, доступних для проникнення сторонніх осіб і вивісити плакат «Стій! Небезпечно для життя! ».

При заміні запобіжників, вимірах переносними приладами і мегомметром необхідно користуватися захисними засобами. Перед використанням у роботі захисних засобів необхідно переконатися в тому, що термін користування ними не закінчився (для діелектричних рукавичок він становить 6 місяців, для діелектричних килимків 2 року, для монтерського інструменту з ізольованими ручками 1 рік. Одночасно необхідно переконатися в механічній цілісності діелектричних рукавичок. при виявленні проривів та інших механічних пошкоджень користуватися захисними засобами забороняється. З точки зору можливого травматизму, найбільш відповідальними і небезпечними є випробування роботи верстата вхолосту і під навантаженням, так як в процесі ремонту або наладки можуть бути не виявлені і не усунуті деякі дефекти устаткування, що впливають на безпеку роботи на верстаті. Тому перевірку роботи верстата вхолосту і під навантаженням необхідно проводити з великою обережністю.

Перед перевіркою роботи верстата видаляють з нього сторонні предмети, разом з механіком переконуються в правильній роботі кінематичної схеми, перевіряють кріплення всіх апаратів, електричних машин, стан і роботу запобіжних і блокувальних пристроїв, дія зупиночних, пускових і реверсують пристроїв, переключаючих рукояток фрикційних муфт, колійних вимикачів. Перед пуском верстата чітко усвідомлюють послідовність операції включення і відключення головного приводу і приводів подач, переконуються в правильному підключенні електродвигунів їх напрямом обертання повинно відповідати вимогам паспорта.

Первісне випробування верстата під навантаженням потрібно виробляти на найнижчих оборотах і при найлегших режимах з поступовим збільшенням навантаження верстата. При випробуванні верстата під навантаженням слід суворо керуватися правилами техніки безпеки, що відносяться до виконуваної на ньому роботи і що впливають із його конструктивних особливостей. Технічну експлуатацію електроустаткування верстатів потрібно виробляти в суворій відповідності з діючими «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів» і «Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів».

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра проведено аналіз існуючих електроприводів дозатора фасувально-пакувальної машиши. Обґрунтовано вибір електроприводу дозатора шляхом проведення аналізу роботи ВІД та схеми управління двигуном. Електроприводу дозатора представлений на базі вентильно-індуктивного двигуна ДВІ-3 0,75 кВт.

Методом цифрового моделювання в програмному пакеті Matlab проведено дослідження динамічних режимів електроприводу.

Результати моделювання показали, що розроблена система забезпечує синхронізацію обертання ведучих коліс при нерівномірному розподілі навантаження на них.

Викладене вище дозволяє зробити висновок, що завдання на кваліфікаційну роботу виконано. Спроектований електропривод задовольняє вимогам фасувально-пакувальної машиши.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Загірняк М. В., Невзлін Б. І. Електричні машини: Підручник. — 2-ге вид., — Київ: Знання, 2009. — 400 с. — ISBN 978-966-346-644-6.
2. Півняк Г. Г. Електричні машини: навч. посіб. / Г. Г. Півняк та ін. — Д.: НГУ, 2003. — 328 с. — ISBN 966-8271-36-X.
3. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовий О.В.— Кременчук, 2001. — 410 с.
4. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. — Київ: НТУУ «КПІ», 2016. — 150 с.