

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Комп'ютерні технології і системи
(назва факультету)

Автоматика і телекомунікації
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

I ступеня

(ступінь вищої освіти)

на тему: Дослідження роботи інвертора в схемі управління стрілочним приводом (комплексна).

за освітньою програмою Системи керування рухом поїздів

зі спеціальності: 273. Залізничний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент

групи: СК 20120

(підпис студента)

/ Ярослав Зашко/

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

(підпис)

/ Зав. каф. Володимир ГАВРИЛЮК/

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент
(підпис)

Дніпро – 2023 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Computer technologies and systems

(faculty)

Automation and telecommunications

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

I degree

(higher education degree)

on the topic: Study of the operation of the inverter in the control device of the
switch drive.

according to educational curriculum "Train control systems"

in the Speciality: 273. Railway transport

(speciality and its code)

Done by the student of the group: SK20120

/

Yaroslav Zashko

(name, surname)

/

Факультет: Комп'ютерні технології і системи
Кафедра: Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти: перший рівень
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів
Спеціальність: 273. Залізничний транспорт
(шифр і назва)

4.3 Дослідження частотного перетворювача на моделі (10 слайдів для ілюстрації)

КАЛЕНДАРНИЙ-ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкція стрілочного електроприводу та огляд електродвигунів (4 слайди для ілюстрації).		Викон.
2	Переваги асинхронних електродвигунів, регулювання швидкості обертання вала двигуна (8 слайди для ілюстрації)		Викон
3	Дослідження частотного перетворювача на моделі (10 слайдів для ілюстрації)		Викон
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри		Викон
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент

(підпис)

Ярослав Зашко

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

42с., 22 рис., 19 джерел літератури.

Об'єкт розробки – модель керування асинхронним електродвигуном в стрілочному електроприводу.

Мета роботи – розробка засобів та способів підвищення ефективності роботи стрілочних електроприводів.

Методи дослідження – моделювання частотного перетворювача для керування роботою стрілочного електроприводу з асинхронним електродвигуном.

В роботі проведено аналіз роботи електродвигунів постійного та змінного струму, розглянуто їх переваги та недоліки. Розроблено метод підвищення ефективності роботи стрілочних електроприводів шляхом заміни двигунів постійного струму на асинхронні двигуни з використанням автономного інвертора напруги.

За результатами роботи можливе впровадження дослідної схеми живлення асинхронних двигунів в стрілочних електроприводах, які були встановлені на заміну двигунів постійного струму без використання додаткових жил кабеля.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОДВИГУН, ІНВЕРТОР, АВТОНОМНІ ІНВЕРТОРИ НАПРУГИ, СТРИЛОЧНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, МОДЕЛЬ ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Загальний опис стрілочних приводів. Типи. Конструкція.....	9
1.2 Огляд електродвигунів, що використовуються в стрілочних електроприводах.....	12
1.3 Переваги асинхронних двигунів. Загальна характеристика асинхронних двигунів.....	19
1.4 Методи регулювання швидкості обертання валу асинхронного двигуна.....	21
1.5 Висновки за розділом. Постановка мети та завдання досліджень.....	25
2 АВТОНОМНІ ІНВЕРТОРИ НАПРУГИ.....	27
2.1 Дослідження частотного перетворювача на моделі.....	27
2.2 Висновки за розділом.....	32
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	34
ЛІТЕРАТУРА.....	35

ВСТУП

Залізничний транспорт є однією з найважливіших складових сучасної інфраструктури, він відіграє невід'ємну роль у розвитку суспільства та економіки. Його важливість полягає в тому, що він забезпечує ефективну та надійну систему перевезення пасажирів та вантажів на великі відстані, сприяючи зростанню економічних можливостей та підтримці соціального зв'язку між народами.

В історії людства залізниця вважалася першим кроком у напрямку розвитку транспортної системи. Залізничний транспорт дозволяє здійснювати перевезення великої кількості пасажирів і вантажів одночасно, зменшуючи тим самим дорожній трафік та вплив на навколишнє середовище. Він є надійним та безпечним видом транспортування, забезпечує стабільність та точність в графіку руху, що дуже важливо для економічного розвитку країни.

Залізничний транспорт має великий вплив на економіку країни, сприяючи розвитку торгівлі, промисловості та туризму. Він забезпечує підтримку великих промислових підприємств, сприяє зростанню експорту та імпорту, забезпечує доступ до ринків для підприємств будь-якого розміру. Залізничний транспорт є важливим стимулом для розвитку регіонів, забезпечуючи їм зручний доступ до центральних міст та інфраструктури, що сприяє більш рівномірному розподілу ресурсів та можливостей.

Враховуючи все вище сказане розвиток залізничного транспорту займає значне місце в економіці країни. В Україні значна частина залізниць що експлуатується залишилася в спадок від радянського союзу і не пройшла модернізацію. Одну з важливих ніш в розвитку залізничного транспорту займають пристрої автоматики, які відповідають за безпеку руху поїздів та виконання графіків руху.

Стрілочні електроприводи є невід'ємною частиною сучасних систем автоматизації і контролю. Вони використовуються для переведення стрілок та фіксації їх положення на залізничних коліях, що дозволяє ефективно та безпечно керувати рухом поїздів на залізничних станціях.

Зусилля для переведення стрілок надає електричний двигун. На даний момент більшість двигунів, що експлуатуються, живляться від постійного струму та мають ряд недоліків. На малих станціях перехід на двигуни змінного струму стримує відсутність гарантованого живлення змінного струму. Перехід на трифазні асинхронні приводи потребує підвід трьох фаз до приводів, що пов'язано з капітальними витратами. Рішенням цієї проблеми може бути у використанні в приводах перетворювачів частоти, що дозволить застосувати в приводах трифазні двигуни, регулювати швидкість обертання валу двигуна в процесі переведення стрілки, зменшити пусковий струм на початку перевodu і відбій вістряка в кінці перевodu. Враховуючи це можна зробити висновок, що перехід на двигуни змінного струму в умовах малих станцій з використанням перетворювачів частоти є актуальним.

У подальших розділах роботи буде більш детально розглянута система стрілочного електроприводу, її різновиди та призначення. Будуть надані схеми, розрахунки та обґрунтування модернізації існуючих систем живлення електропривода.

1 СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Загальний опис стрілочних приводів. Типи. Конструкція

Стрілочні електроприводи (СЕП) використовуються для керування положенням стрілок на залізничних коліях. Електропривод дає можливість здійснювати переведення стрілки з одного положення в інше та контролювати закінчення переводу. Використання стрілочних електроприводів дає можливість змінювати положення стрілки за допомогою кнопок або стрілочного комутатора з централізованого поста оператором або черговим по станції.

Стрілочний електропривод легко інтегрується в сучасні системи автоматики та дає можливість виключити помилки в роботі пов'язані з неуважністю особи що керує рухом поїздів. Стрілочний електропривод контролює притиснення вістряка та не дозволить спільно з пристроями автоматики задати маршрут коли стрілка не замкнена в відповідному положенні.

На залізницях України використовуються основні три типи схем керування стрілочним електроприводом: двох, чотирьох та п'яти провідні схеми. Двох та чотирьох провідна схема використовується для керування двигуном постійного струму, п'яти провідна для керування двигуном змінного струму. Кожна з перерахованих схем має ряд як переваг так і недоліків, при новому проектуванні зазвичай використовуються п'яти провідна схема яка працює з трифазним двигуном змінного струму та має ряд переваг.

Згідно правил технічної експлуатації стрілочні переводи мають забезпечувати: щільне притиснення вістряка до рамної рейки при крайніх положеннях стрілки, замикання стрілки при зазорі не більше ніж 4 мм. між притиснутим вістряком та рамною рейкою, хід вістряка при переводі не менше 125 мм., механічне замикання вістряка для запобігання його відведення при рухові поїзда, контроль взрізу та положення стрілки.

Стрілочні приводи в залежності від принципу дії можуть бути електричні або електропневматичні. На залізницях України використовуються електричні

приводи в основу роботи яких покладено перетворення електричної енергії в механічну, яка використовується для переміщення вістряків в потрібне положення.

За часом переведення електроприводи діляться на: нормально діючі – час переведення 2-7 с., швидко діючі – до 1 с., повільно діючі – 10 і більше секунд. По виду замикання електроприводи діляться на приводи з внутрішнім та зовнішнім замиканням. По фіксації взрізу електроприводи діляться на взрізні та не взрізні. По комутації робочих кіл електроприводи бувають контактні та безконтактні, тобто використовується контактний або безконтактний автоперемикач.

На залізницях України найбільш розповсюджені наступні типи стрілочних електроприводів: СП-3, СП-6, СПГБ-4, СПВ-6 та інші. Розглянемо більш детально електропривод СП-6, який використовується як на малих так і на великих станціях (рисунок 1.1).

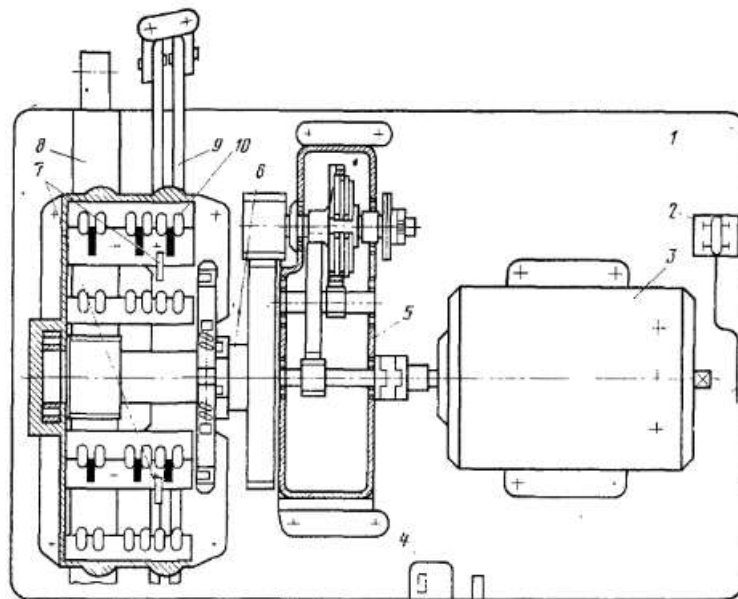


Рисунок 1.1-Схема електроприводу СП-6

Даний електропривод складається з наступних елементів: 1 - корпус, 2 - блокуючий пристрій, 3 - двигун, 4 - панель освітлення, 5 - редуктор, 6 - головний вал, 7 - підігрів контактів автоперемикача, 8 - шиббер, 9 - контрольні лінійки, 10 - блок автоперемикача. Електропривод СП-6 відрізняється високою

надійністю та може використовуватися в складних кліматичних умовах так як є додатковий підігрів контактів автоперемикача.

Переведення стрілки здійснюється після натискання черговим по станції чи маневровому району відповідних кнопок, спрацьовують комутаційні реле та починає працювати двигун. Двигун передає зусилля через редуктор до головного валу і відбувається рух шибера, який в свою чергу під'єднаний через муфту Гука до робочої тяги та забезпечує притиснення вістряків. Після початку переведу стрілки розмикаються контрольні контакти на автоперемикачі і контроль положення з'являється тільки коли стрілка замкнеться у відповідному положенні.

Контрольні лінійки контролюють притиснення вістряків та вимикають контроль стрілки при її взрізі. Блокуючий пристрій призначений для розімкнення кола живлення двигуна при обслуговуванні або несправності стрілки. В даному електроприводі використовується контактний автоперемикач, який містить робочі ножі та контакти. Кулачковий запірний механізм (рисунок 1.2) служить для запирання вістряків в відповідному положенні, де 1 – шибера, 2 – шиберна шестерня.

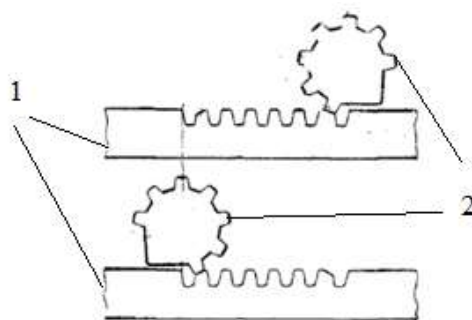


Рисунок 1.2 - Кулачковий запірний механізм електропривода СП-6

Запирання здійснюється завдяки зубам спеціальної форми на шибері та шиберній шестерні. Запирання здійснюється в момент коли скошені зуби шибера та шестерні стають в зацеплення. Запирання знімається в момент початку переведу стрілки.

Конструкція корпусу електроприводу дає можливість встановлювати контрольні лінійки та шибєр з виходом з ліва або з права через спеціальні отвори в корпусі в залежності від варіанта установки електроприводу.

Роботу та види електродвигунів що використовуються в стрілочних електроприводах буде розглянуто в наступному пункті розділу.

1.2 Огляд електродвигунів, що використовуються в стрілочних електроприводах

Електродвигуни що використовуються в стрілочних електроприводах на залізничному транспорті України діляться на двигуни постійного та змінного струму. В подальшому розглянемо окремо кожного типу електродвигуни.

Двигуни постійного струму МСП-0.1, МСП-0,15, МСП-0,25, ДБУ та інші. Розглянемо більш детально двигун МСП-0.1 при новому проектуванні даний двигун не використовується так як він має потужність лише 100 Вт. Діаметр вала що використовується в даному двигуні складає 12 та 14 мм. Електродвигуни МСП-0.1 являється двигуном закритого типу; режим роботи – повторно – короткочасний. Двигун МСП-0.1 може працювати з напругами 30, 100 та 160 вольт та має дві обмотки збудження. Електричні характеристики двигуна МСП-0,1 приведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – електричні параметри двигуна МСП-0,1

Характеристики	Значення при номінальній напрузі, В		
	30	100	160
Номінальна потужність, кВт	0,1	0,1	0,1
Струм споживання не більше, А	10	2,5	1,8
Номінальна швидкість, об/хв	1300	1500	1800
ККД не менше	0,4	0,6	0,6

Даний тип електродвигуна без пошкодження має витримувати в нагрітому стані 50% навантаження по струму на протязі однієї хвилини, на протязі 2 хвилин аварійне перевищення швидкості обертання більше чим на 50%, різниця між

швидкостями обертання в різні сторони не повинна перевищувати 10%. До механічних характеристик даного двигуна можна віднести: обертаючий момент на валу – 0,985Н/м, повітряний проміжок між полюсом та якорем – 0,5-0,75 мм., подовжний люфт якоря – 0,2-0,7 мм., притиснення кожної щітки на колектор 3,92-5,88 Н. Обмотки якоря та збудження виконуються проводом ПЕВ-2, вихідні кінці обмоток збудження проводом марки-ПГВ1×1,5. Обмотка якоря та збудження вкривається лаком МЛ92. Обмотки якоря (рисунок 1.3) має шаг по пазам 1 – 12, шаг по колектору 1 - 2. Опір ізоляції обмоток в даному двигуні

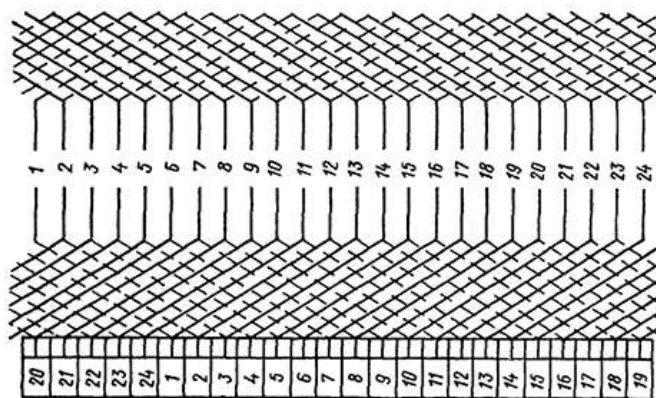


Рисунок 1.3 – Схема обмотки якоря електродвигунів МСП-0,1; МСП-0,15; МСП-0,25.

відносно корпусу має бути не менше 100 МОм. Даний тип двигуна може працювати при темперетурах від -40 до +50 градусів Цельсія, та має масу 20 кілограм.

Двигун типу МСП-0,15 може встановлюватися на стрілках звичайного та важкого типу, також є можливість встановлення на сортувальних гірках. Двигун МСП-0,15 має схожі з двигуном МСП-0,1 параметри, його електричні характеристики приведені в таблиці 1.2. Схема з'єднання обмоток збудження та якоря приведено на (рисунок 1.4) має аналогічний вигляд для двигунів МСП-0,1, МСП-0,15, МСП-0,25. Електрична міцність, опір ізоляції в двигунів МСП - 0,1, МСП-0,15 аналогічні, а вага двигуна МСП-0,15 на 2 кілограма менша. Обмотки якоря та збудження в двигуні МСП -0,15 виконуються проводом марки ПЕТВ; кількість пазів в якорі 24, кількість пластин якоря 24, крок по пазах 1 –

12, крок по колектору 1 – 2 (рис.1.3). При складанні електродвигунів обмотки збудження підбирають парами так, щоб у однієї вивідні кінці були виведені по ходу намотування, а у інший – проти ходу намотування, котушки мають бути різною полярністю.

Таблиця 1.2 – електричні параметри двигуна МСП-0,15

Характеристики	Значення при номінальній напрузі, В		
	30	110	160
Номінальна потужність, кВт	0,15	0,15	0,15
Струм споживання не більше, А	7,7	2,2	1,5
Номінальна швидкість, об/хв	850±10%	850±10%	850±10%
ККД не менше	0,58	0,55	0,56

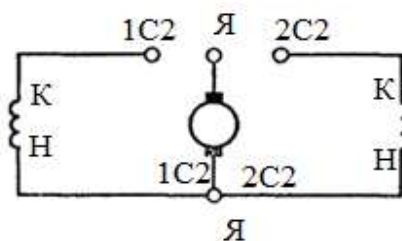


Рисунок 1.3 – Схема з'єднання обмоток двигунів МСП-0.1, МСП-0.15, МСП-0.25

Двигун типу МСП -0,25 може експлуатуватися в складних умовах на станціях та сортувальних гірках. Даний тип двигуна має схожі характеристики зі своїми попередниками, але за рахунок більшої потужності має ряд переваг. Електричні характеристики двигуна МСП-0,25 приведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – електричні параметри двигуна МСП-0,25

Характеристики	Значення при номінальній напрузі, В		
	30	100	160
Номінальна потужність, кВт	0,25	0,25	0,25
Струм споживання не більше, А	12,5	3,3	2,5
Номінальна швидкість, об/хв	1460±10%	1700±10%	1700±10%
ККД не менше	0,67	0,76	0,7

Обмоточні дані двигуна МСП-0.25 приведено в таблиці 1.4, для попередніх типів двигунів МСП обмоточні дані не було приведено з метою економії місця.

Таблиця 1.4 – Обмоточні дані двигуна МСП – 0,25

Характеристики	Значення при номінальним напругах, В		
	30	100	160
Опір обмотки якоря при 20°C, Ом	0,25±10%	2,7±10%	7±10%
Діаметр провoda обмотки якоря, мм	1,12	0,64	0,49
Число витків секції якоря	6	21	31
Число провідників в пазу якоря	12	42	62
Опір обмотки збудження при 20°C, Ом	0,22±10%	1,4±10%	3,85±10%
Діаметр провoda обмотки збудження, мм	1,74	1,3	1,0
Число витків котушки збудження	90	290	468
Число пазів якоря	24	24	24
Число колекторних пластин	24	24	24

Електродвигун ДБУ використовується в стрілочних приводах типу СП-6, СП-6М, СП-6К, при виробництві даного двигуна було використано сучасні матеріали та технології. Даний тип двигуна на дорогах України не використовується

Двигун ДБУ має ряд переваг в порівнянні з двигунами типу МСП: підвищена надійність двигуна так як колекторний вузол відсутній, виключається можливість пробоя обмотки за рахунок конструкції двигуна, захист від перенавантажень виконує електронний блок керування, в стрілках з даним

двигуном механічна фрикція виключається, функція автоматичного вимикання двигуна та зменшена його маса порівняно з МСП та інше. Основні параметри двигуна ДБУ приведено в таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики двигуна ДБУ

Найменування параметра	Значення параметра
Споживча потужність, Вт	450, не більше
Частота обертання, об/хв	1400±100
ККД, %	60, не менше
Маса, кг	8, не менше

Двигун ДБУ може працювати з напругами 160-260 В., максимальний струм на двигуні 5А.

Двигун типу МСТ-0.25 є двигуном асинхронним, з коротко замкненим ротором, змінного струму, що має трифазне живлення. В двигуні МСТ-0.25 обмотку статора можуть включати зіркою на 220В, або трикутником на 127В шляхом переключення перемичок. Двигун МСТ-0.25 наступні електричні характеристики (Таблиця 1.6).

Таблиця 1.6 – Електричні характеристики двигуна МСТ-0,25

Характеристики	Значення
Корисна потужність, Вт	200±10
Напруга живлення при з'єднанні обмоток зіркою, В	220
Струм споживання при з'єднанні обмоток зіркою, А	1,4
Напруга живлення при з'єднанні обмоток трикутником, В	127
Струм споживання при з'єднанні обмоток трикутником, А	2,4
Частота обертання ротора, об/хв	1250±50
Обертаючий момент на валу, Н/м	1,57
Кратність пускового струму, А	2,7
Зазор між статором та ротором, мм	0,6-0,72
Повздовжний люфт ротора, мм	0,4-1,0

В даному двигуні опір обмотки статора при температурі +20°C складає 11,3 Ом. Діаметр дроту марки ПЕЛБО (ПЕВ – 2) 0,55 мм. Число витків в одній секції 53. Число всіх секцій 24. В один паз укладається по дві секції, тобто 106 витків. Вивідні кінці виконують проводом ПРГ500 перетином 1 мм². Двигун МСТ-0.25 має масу 17 кілограм та може використовуватися при таких же умовах як МСП-0.1. Двигуни МСТ-0.3 та МСТ-0.6 являється трифазними двигунами змінного струму та використовуються для переводу вістряків тяжких та звичайних стрілок. Електричні та механічні характери для даних двигунів приведено в таблиці. 1.7.

Таблиця 1.7 – Параметри двигунів МСТ-0.3 та МСТ-0.6

Характеристики	МСТ-0,3	МСТ-0,3А	МСТ-0,6	МСТ-0,6А
Напруга живлення при з'єднанні в зірку, В	190 (+30%,-5%)	330 (+30%,-5%)	190 (+30%,-5%)	330 (+30%,-5%)
Напруга живлення при з'єднанні в трикутник, В	110 (+30%,-5%)	190 (+30%,-5%)	110 (+30%,-5%)	190 (+30%,-5%)
Потужність, Вт	300	300	600	600
Струм споживання з'єднанні в зірку, А, не більше	2,1	1,2	2,8	2,0
Струм споживання з'єднанні в трикутник, А, не більше	3,6	2,1	4,85	3,46
Частота обертання, об/хв	850±5	850±5	2850±10	2850±10
Обертаючий момент, Н/м	3,43	3,43	2,37	2,37
Частота, Гц	50	50	50	50
ККД,% не менше	66	66	69	69
cosφ	0,72	0,72	0,84	0,84
Діаметр провода ПЕВ-2 обмотка статора, мм	0,69	0,51	0,93	0,69
Число провідників в пазу	58	100	42	72
Число провідників фази	348	600	168	288

Розглянемо співвідношення струмів перевodu до часу для різних типів двигунів на прикладі стрілочного електроприводу СПВ-6 (таблиця 1.8). В даній таблиці в чисельнику струм перевodu (А), а в знаменнику час перевodu (с.)

Таблиця 1.8 – Співвідношення струмів до часу перевodu

Тип та напруга на електродвигуні		Характеристика при навантаженні на шибєрі, кН				
		0	1	2	2,5	3
Постійного струму МСП-0.1	30В	6,0/1,6	10,0/2,1	-	14,0/4,5	-
	100В	1,6/1,4	2,8/2,0	-	5,0/3,5	-
	160В	1,4/1,5	2,0/2,0	-	3,2/4,0	-
Постійного струму МСП-0.15	30В	4,6/2,5	8,3/3,7	12,5/5,8	-	-
	110В	1,2/2,2	2,2/3,0	3,2/3,8	-	4,4/4,4
	160В	0,9/1,8	1,7/2,8	2,3/3,6	-	3,0/4,4
Постійного струму МСП-0.25	30В	7,0/1,7	11,0/2,4	14,5/3,1	16,0/3,5	-
	100В	2,1/1,65	3,2/2,2	4,2/2,5	4,6/2,7	5,0/2,9
	160В	1,5/1,6	2,2/2,0	3,0/2,3	3,4/2,5	3,8/2,7
Змінного струму МСТ-0.25	127В	2,0/2,6	2,2/2,9	2,8/3,1	3,0/3,3	-
	220В	1,1/2,6	1,3/2,8	1,6/3,0	1,8/3,2	-

З таб.1.8 можна зробити висновок що на двигунах змінного струму час перевodu особливо не відрізняється від двигунів постійного струму, а струм споживання значно менший. Тобто асинхронні двигуни змінного струму будуть менше навантаженні чим двигуни постійного струму, та не мають чіткої залежності між струмом перевodu та навантаженням на валу.

Таким чином мною було розглянуто різні типи двигунів, що використовуються на залізницях України та за її межами, можна зробити висновок що асинхронні двигуни змінного струму є більш ефективними тому їх впровадження буде ефективно на місце застарілих двигунів постійного струму.

1.3 Переваги асинхронних двигунів. Загальна характеристика асинхронних двигунів

Асинхронний двигун – це машина що призначена для перетворення електричної енергії в механічну. В асинхронних двигунах частота обертання магнітного поля статора завжди більша ніж в ротора. Теорія роботи асинхронних двигунів була досліджена Н. Тесла в 1888, а вже в 1898 вченим М. О. Доливо-Добровольським був запатентований перший трифазний асинхронний двигун. Через декілька років в Німеччині був запатентований двигун з фазним ротором.

Схема трифазного асинхронного двигуна приведена на рисунку 1.5. Даний двигун складається з: 1 – кришка підшипника, 2 – підшипник, 3 – підшипниковий щит, 4 – ротор, 5 – статор з обмотками, 6 – станина, 7 – коробка затискачів, 8 – вентилятор, 9 – кожух.

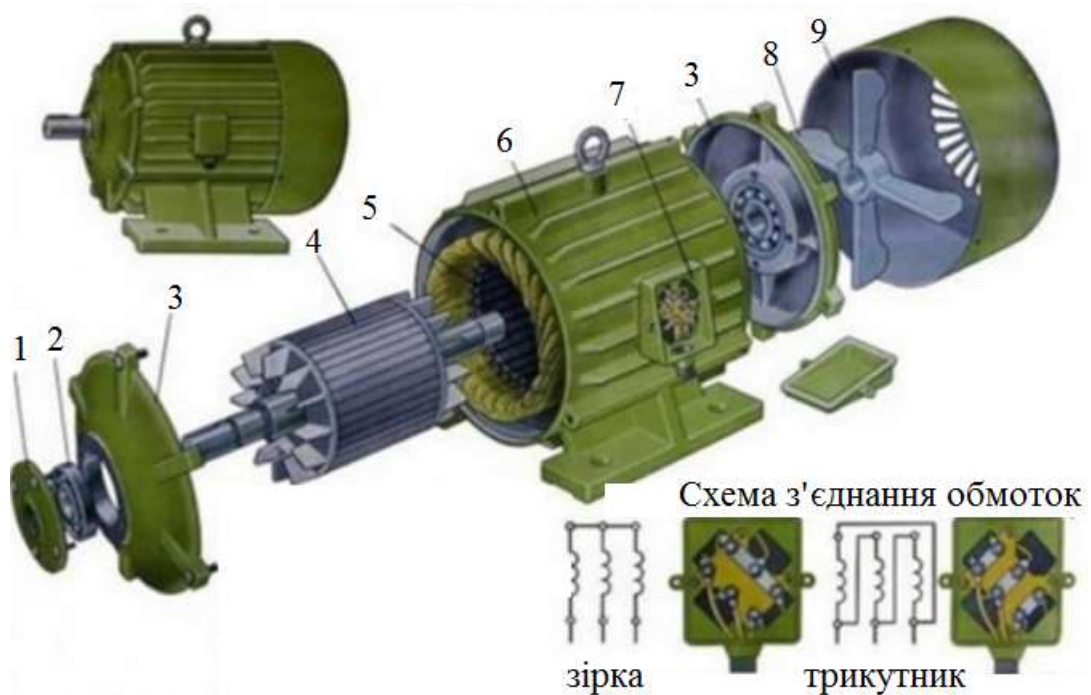


Рисунок 1.5 – Схема трифазного асинхронного двигуна

Статор виробляється з листів сталі у формі циліндру, в пазах сердечника статора укладена обмотка. Осі обмоток зміщені на 120° . Обмотки в асинхронному двигуні з'єднують між собою трикутником чи зіркою. Ротори в трифазних асинхронних двигунах бувають фазні (Рисунок 1.6) та короткозамкнені (Рисунок 1.7). Асинхронний двигун з короткозамкненим

ротором не має щіток та обмоток та являється менш вимогливим до обслуговування.

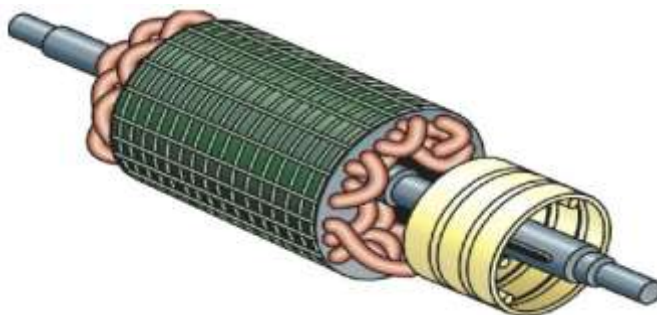


Рисунок 1.6 – Фазний ротор асинхронного двигуна

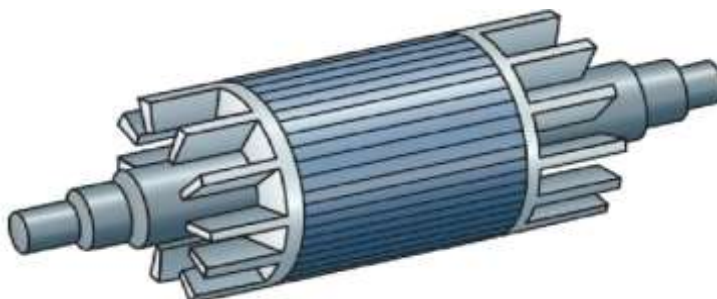


Рисунок 1.7 – Короткозамкнений ротор асинхронного двигуна

При поданні на статор асинхронного двигуна напруги створюється магнітний потік, який змінюється з частотою напруги, що подається. Магнітні потоки зміщені на 120° , як в часі, так і в просторі. Результуючий магнітний потік статора обертається і створює в роторі електрорушійну силу. В обмотці ротора виникає струм, який взаємодіючи з магнітним потоком статора, створює пусковий момент двигуна, що прагне повернути ротор у напрямі обертання магнітного поля статора. Коли він досягає значення, гальмівного моменту ротора, а потім перевищує його, ротор починає обертатися. В асинхронному двигуні швидкість обертання магнітного потоку та ротора різні, саме ця різниця називається ковзання.

Трифазні асинхронні двигуни на відміну від однофазних можуть стартувати самостійно. Перевагами асинхронних двигунів є простота конструкції, відносно не висока ціна в порівнянні з іншими типами двигунів, невибагливість та

простота експлуатації, висока надійність конструкції, високий ККД за рахунок відсутності втрат на тертя, відносно високий коефіцієнт потужності.

Розвиток асинхронних двигунів сильно гальмувався відсутністю потужної електронної бази для регулювання швидкості обертання на валу двигуна, та відсутністю можливості здійснення плавного пуску даного типу двигуна. В наш час ці проблеми в значній мірі вирішено тому впровадження асинхронних двигунів є актуальним, в сучасному виробництві використовується 80-90% асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

1.4 Методи регулювання швидкості обертання валу асинхронного двигуна

Схеми керування асинхронним двигуном можна розділити на 3 типи: керування по закону V/F (регулювання відношення напруги до частоти), векторне керування полем електродвигуна, пряме керування моментом на валу двигуна. Найбільше розповсюдження отримало частотне керування. Принцип частотного регулювання було викладено ще в 30 роках, але через відсутність потужної технічної бази його реалізація загальмувалась. Дану проблему вирішила розробка потужних IGBT транзисторів, на базі яких здійснюється частотне регулювання швидкості обертання валу двигуна. Тому в виробництві відбувається перехід від двигунів постійного струму до асинхронних двигунів. Навіть в тягових електроприводах двигун постійного струму замінюється на асинхронний з коротко замкненим ротором.

Частотний перетворювач в залежності від фірм що його виготовляють має дещо різні характеристики, але в його роботу покладено одні й ті ж самі принципи. І складається з декількох блоків –випрямляча (що перетворює змінну напругу в постійну), ланки постійного струму та інвертора який перетворює постійний струм в змінний з заданою частотою.

Більшість двигунів, що використовується є трифазні з напругою живлення 380-400В, використання однофазних двигунів не є раціонально так як в їх роботі створюються перекося. Принципова схема живлення трифазного двигуна від однофазного джерела живлення з використанням частотного перетворювача

приведена на рисунку 1.8. Згідно даної схеми йде випрямлення змінної однофазної напруги та подальше її перетворення в трифазну для живлення відповідного електродвигуна.

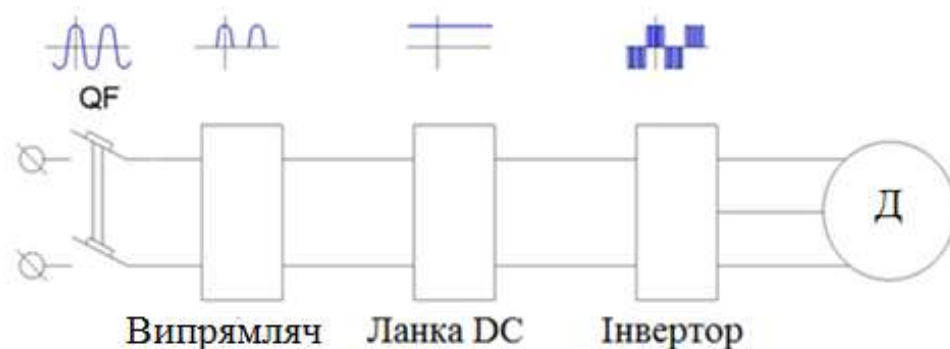


Рисунок 1.8 – Схема управління трифазним електродвигуном з живленням від однієї фази

В розгорнутому виді схема з рис.1.8 представлена на рисунку 1.9, актуальність цієї схеми є значною так як всі спроби підключити напряду трифазний двигун до однофазної мережі зазнали фіаско (додаткові матеріальні затрати, проблеми з запуском). Згідно даної схеми (рис.1.9) змінна напруга 220В, перетворюється в трифазну напругу $3 \times 220\text{В}$.

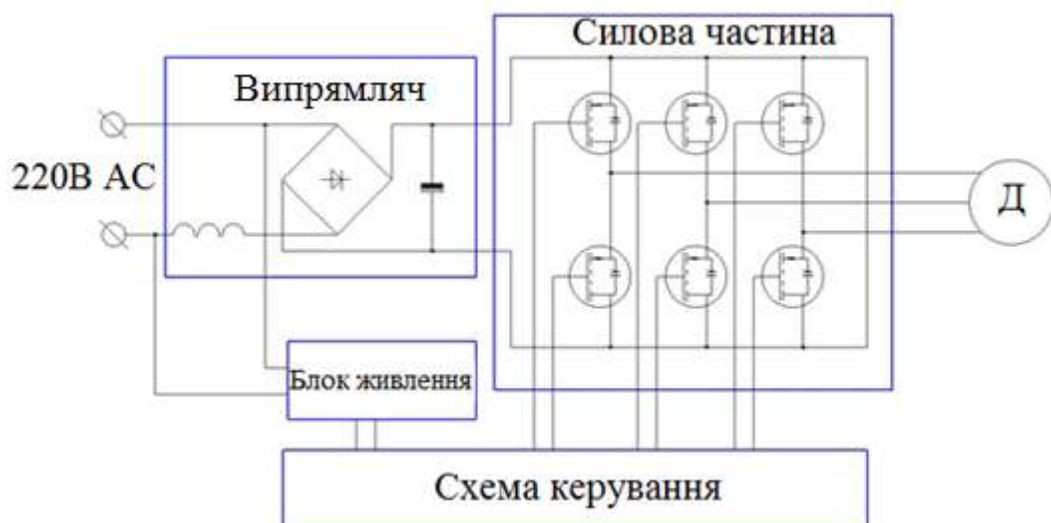


Рисунок 1.9 –Розгорнута схема управління трифазним електродвигуном з живленням від однієї фази

Схема частотного перетворювача для трифазному живленні (рисунок 1.10) практично не відрізняється від однофазного. Має такий самий випрямляч, ланку постійного струму та інвертор, що перетворює частоту. Існує дві основні схеми підключення електродвигуна - зірка та трикутник. У випадку коли двигун розрахований на підключення за схемою зірка на напругу 380-400В, то підключаючи його за схемою трикутник потрібно подавати на клеми обмоток $3 \times 220 \text{ В}$.

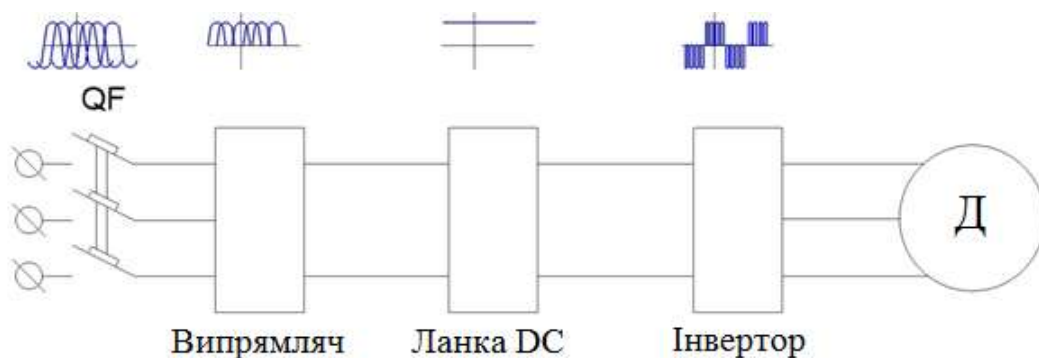


Рисунок 1.10 – Схема управління трифазним електродвигуном з живленням від трьох фаз

Розглянемо більш детально перетворювачі частоти (інвертори). Частотний інвертор – це пристрій що призначений для зміни напруги однієї частоти на вході на напругу іншої частоти на виході. Інвертори можна розділити на 2 великі групи: безпосередні та двохланкові. Безпосередній – це реверсивний тиристорний перетворювач, він підключається безпосередньо до мережі без додаткових пристроїв. Дволанковий - є транзисторним або тиристорним перетворювачем, для коректної та безпечної роботи інвертора необхідна ланка постійної напруги. Для роботи дволанкових інверторів потрібен випрямляч, який зазвичай будується в комплекті з інвертором і працюють від однієї керуючої системи.

Розглянемо приклад двохланкового інвертора напруги (рисунок 1.11). Він побудований на базі автономного інвертора напруги та має в своєму комплекті фільтр. На схемі (рис.1.11): ЕМ - електрична машина; АІН – автономний інвертор напруги; L_f , C_f – індуктивність та ємність фільтра; f_{Hz} - задання частоти

вихода інвертора; $U_{дз}$ – задання вихідної напруги випрямляча; СУВ, СУІ – система керування випрямлячем та інвертором; $U_{нз}$ – задання вихідної напруги інвертора; В – випрямляч. В даній схемі (рис.1.11) для покращення роботи та усунення пульсацій використовується L-С - фільтр, зазвичай в нього Г- образна схема включення.

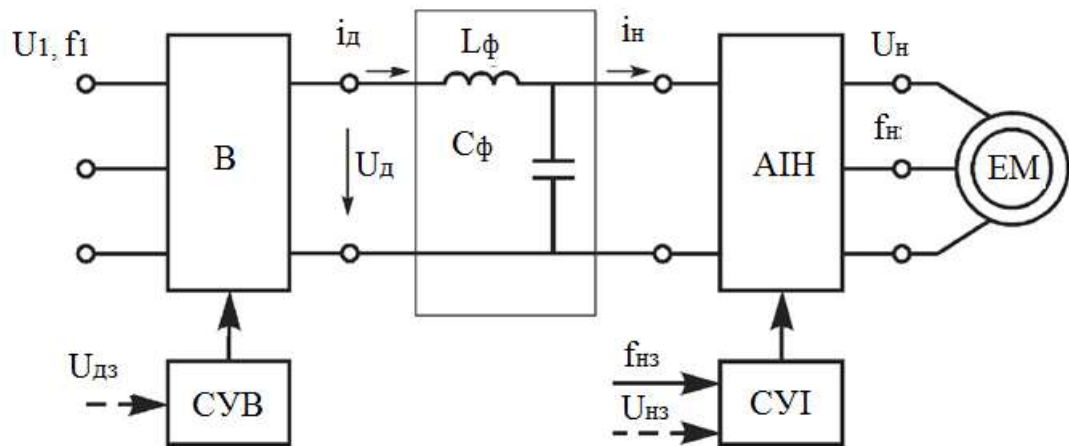


Рисунок 1.11 – Двохланковий інвертор напруги

При використанні безпосередніх перетворювачів частоти (БПЧ) напруга з мережі подається через керовані вентелі на двигун. В кожній фазі БПЧ встановлюється реверсивний перетворювач, з сумістним або роздільним керуванням силовими комплектами. Схема трифазно-трифазного БПЧ, виконаного на основі трифазних мостових схем (рисунок 1.12). Даний тип перетворювачів не має великого розповсюдження так не є досконалим. Серед недоліків є неможливість повного регулювання вихідної частоти. Постійна комутація вентилів призводить до погіршення коефіцієнта потужності, погана якість вихідної напруги і великий вплив на мережу живлення. До переваг БПЧ можна віднести більш високий ККД, пояснюється це тим що відбувається однократне перетворення енергії.

Найбільше розповсюдження здобули перетворювачі частоти на базі АІС (автономний інвертор струму), АІН (автономний інвертор напруги), IGBT транзисторах, так як мають досить хорошу якість вихідної напруги.

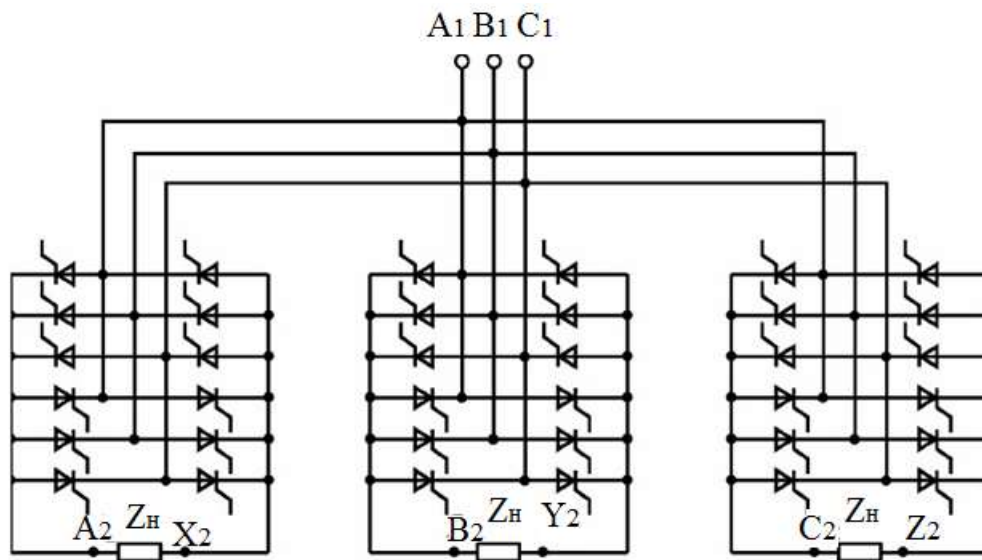


Рисунок 1.12 - Схема трифазно-трифазного БПЧ

Частотний перетворювач можна використати для регулювання швидкості електродвигуна змінного струму в стрілочних електроприводах, також перетворювач частоти використовується в роботі ескалаторів та ліфтів. На будівельних майданчиках він може бути використаний як джерело струму. Перетворювач частоти використовує багато обробних верстатів, конвеєрів, пакувальних машин, складського обладнання. Навіть у сільському господарстві зміна частоти електричного струму може знадобитися для роботи сепараторів, млинів, дробарок та центрифуг.

1.5 Висновки за розділом. Постановка мети та завдання досліджень.

В даний час переважна більшість стрілок обладнана приводами з електродвигунами постійного струму, які мають суттєві недоліки.

Заміна електродвигунів постійного струму на асинхронні машини стримується відсутністю на малих станціях гарантованого живлення змінного струму.

Крім цього потребує вдосконалення фрикційний механізм із ручним регулюванням зусилля приводу.

Перехід на трифазні асинхронні приводи потребує підвід трифазних кабелів до приводів, що пов'язано з значними капіталовкладеннями. Рішенням цієї

проблеми може бути у використанні в приводах перетворювачів частоти, що дозволить застосувати в приводах трифазні двигуни з різними номінальними напругами, регулювати швидкість обертання валу двигуна в процесі переведення стрілки, зменшити пусковий струм на початку перевodu і відбій вістряка в кінці перевodu.

При використанні низькочастотного струму живлення можна зменшити швидкість обертання валу двигуна, що дозволить спростити конструкцію СЕП, відмовившись від редуктора, а в подальшому і від фрикційного механізму. Але вирішення останньої задачі потребує використання більш потужних двигунів.

Але використання в приводах автономних перетворювачів напруги постійного струму в змінний трифазний струм має деяку специфіку. Трифазні інвертори з широтно-імпульсною модуляцією мають більш складну систему управління силовими ключами і, відповідно, вищу ціну.

Більш прості схеми перетворювачів з прямокутними імпульсами керування мають не синусоїдальний струм і напругу на електродвигуні. Гармоніки струму негативно впливають на роботу електродвигуна та на роботу систем сигналізації.

Таким чином метою роботи є дослідити струм і напругу автономного інвертора з прямокутними імпульсами керування і визначити їх гармонійний склад.

2. АВТОНОМНІ ІНВЕРТОРИ НАПРУГИ

2.1. Дослідження частотного перетворювача на моделі

Типова схема автономного інвертора напруги (АІН) з прямокутними імпульсами керування наведена на рис. 2.1, а на рис. 2.2 і 2.3, відповідно схеми протікання струму через навантаження в залежності від керуючих імпульсів та часові залежності струму в схемі АІН.

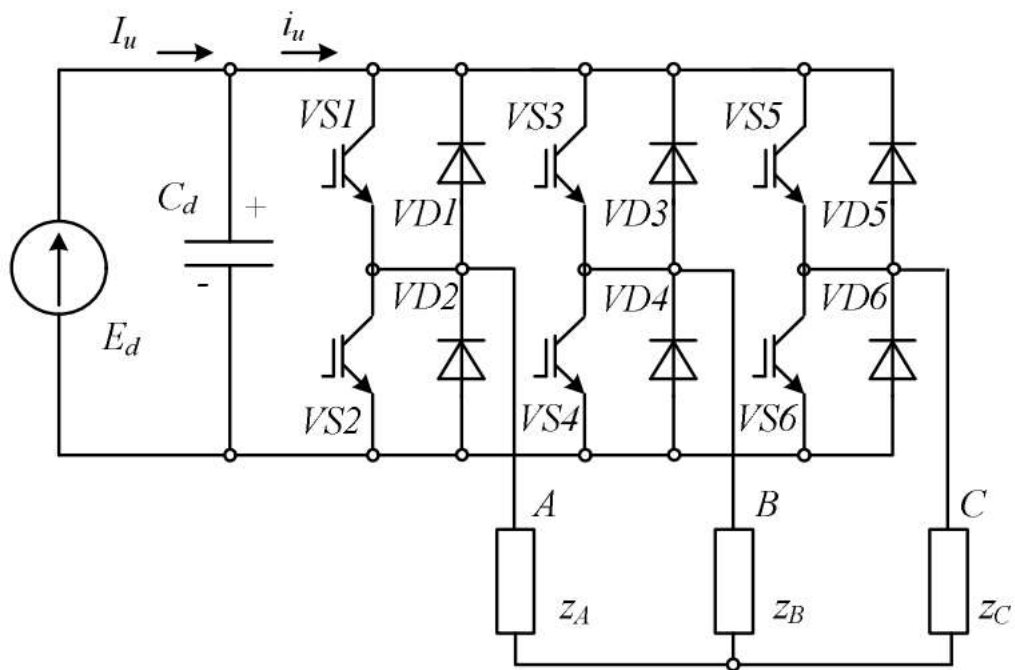


Рисунок 2.1 - Типова схема автономного інвертора напруги (АІН) з прямокутними імпульсами керування

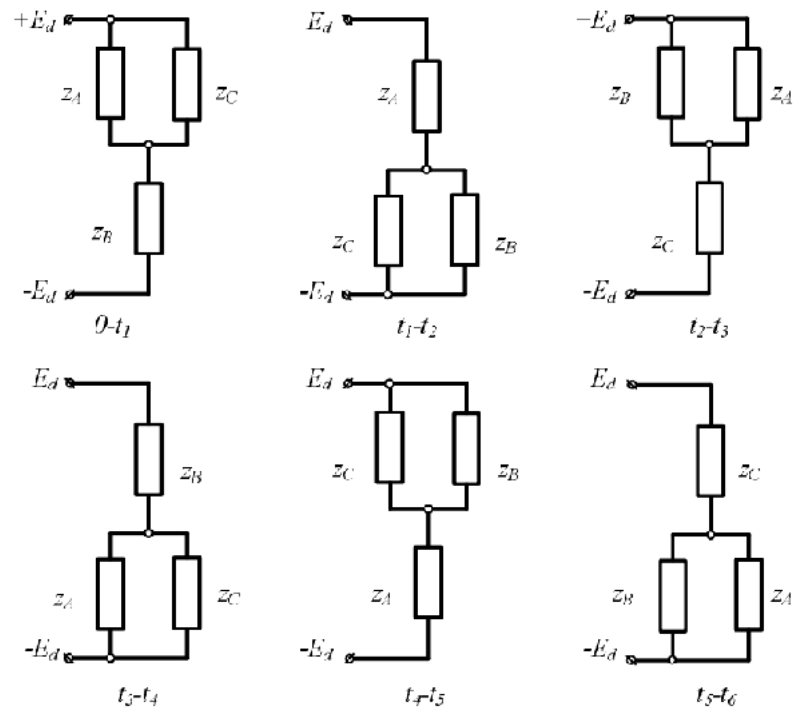


Рисунок 2.2 -Схеми протікання струму через навантаження в залежності від керуючих імпульсів

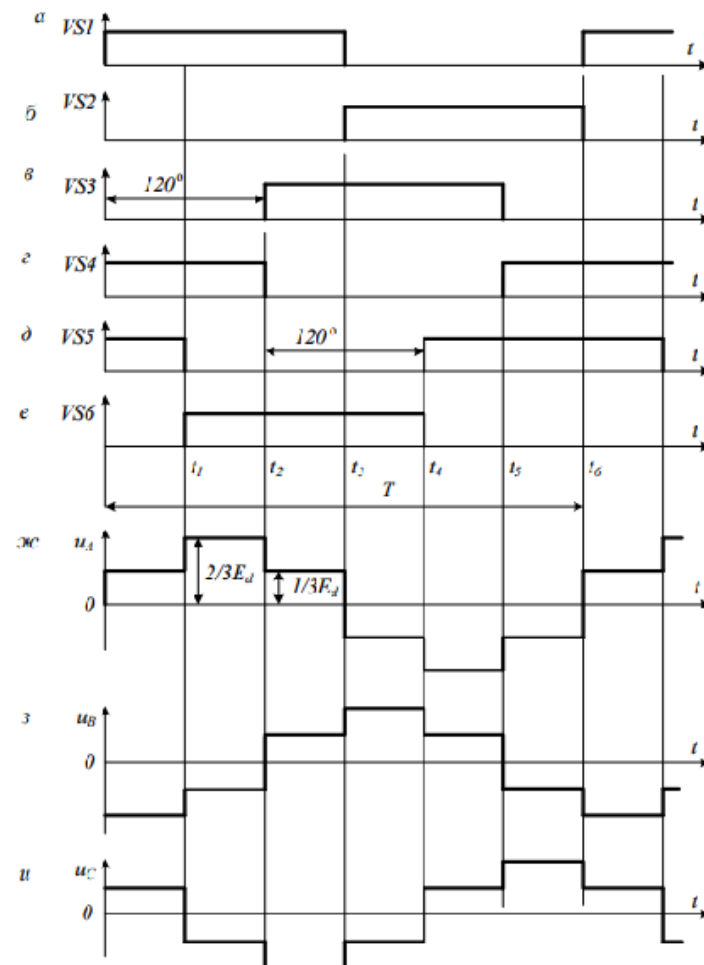


Рисунок 2.3 - Часові залежності струму в схемі АІН

Відповідно до схеми АІН рис. 2.1 розроблено модель АІН в програмі візуального програмування (рисунок 2.4).

Живлення асинхронного двигуна від 3-фазного інвертора

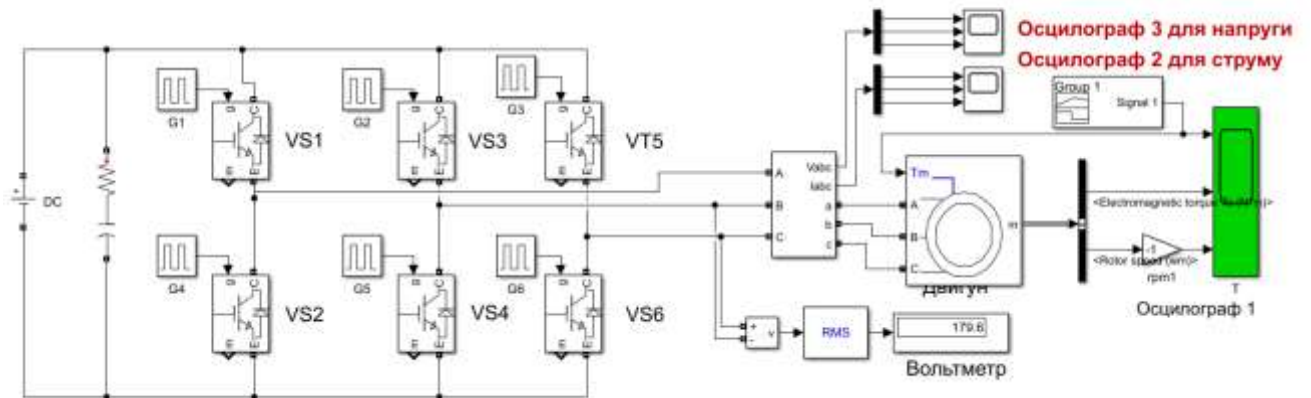


Рисунок 2.4 - Модель АІН в програмі візуального програмування

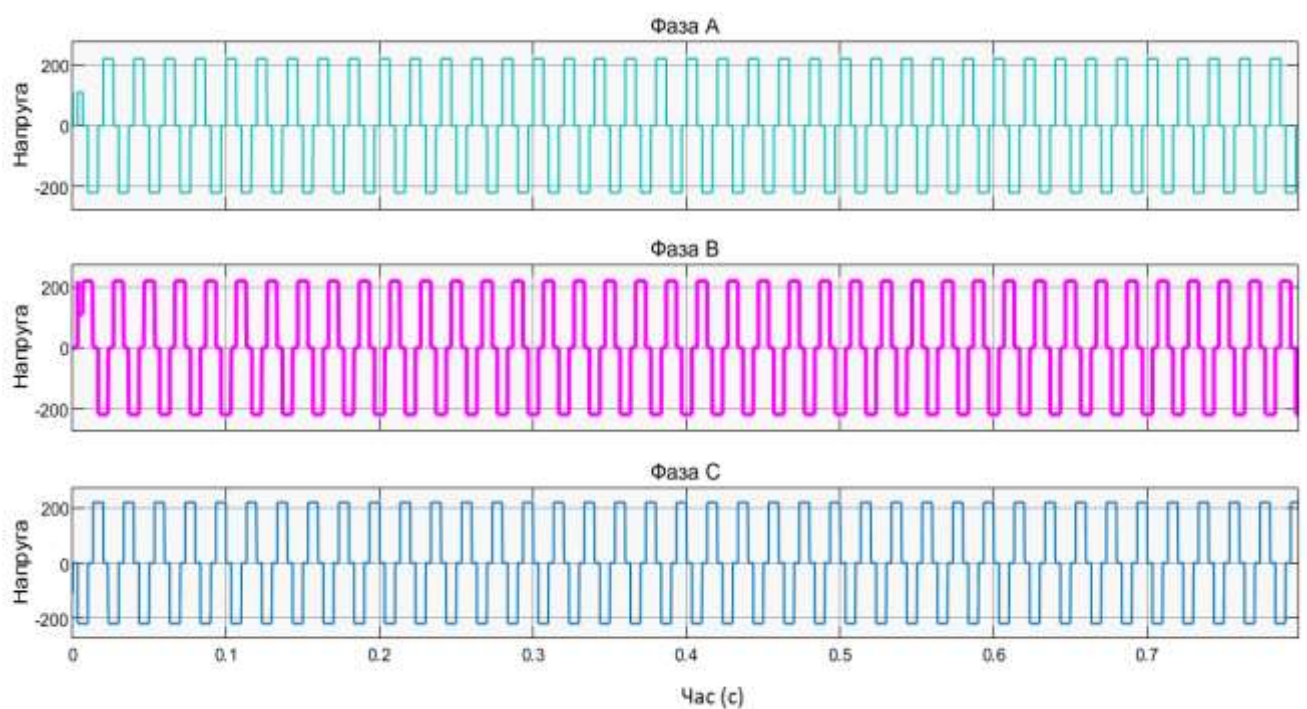


Рисунок 2.5 - Залежність напруги на виході АІН

На рис. 2.6 – 2.7 наведено залежності . Залежність напруги і струму на виході АІН, а також струму на виході АІН. Залежності не є синусоїдальними.

Для визначення їх гармонік отримані в результаті моделювання струми і напругу проаналізували за допомогою Фур'є перетворення.

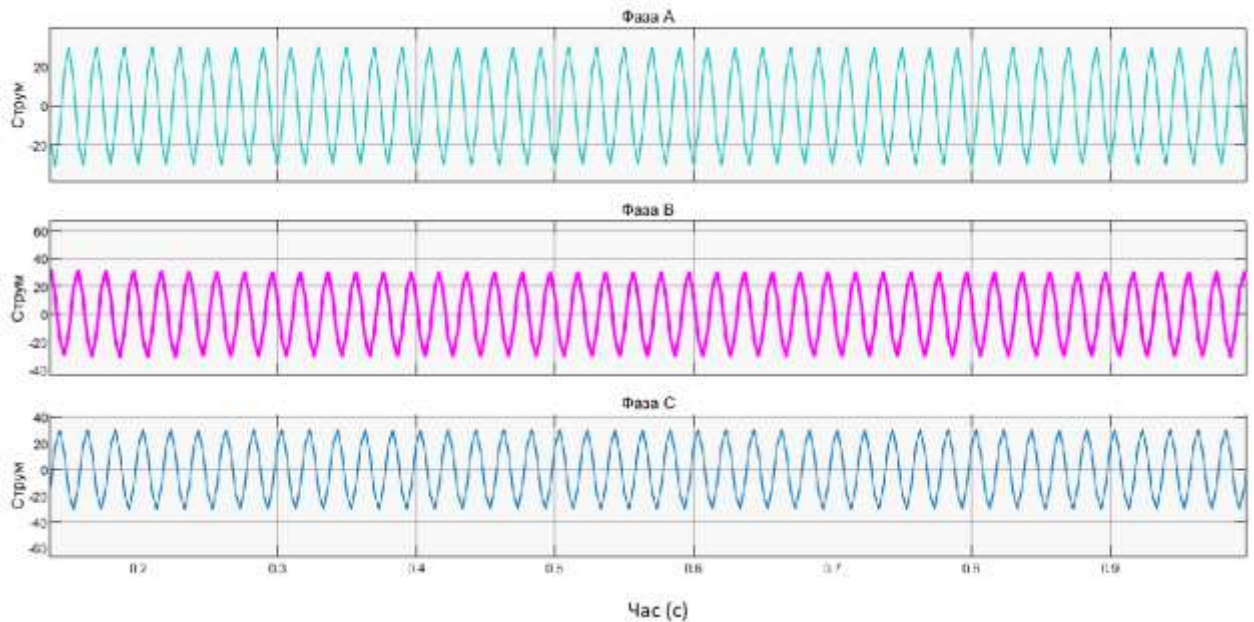


Рисунок 2.6 - Залежність струму на виході АІН

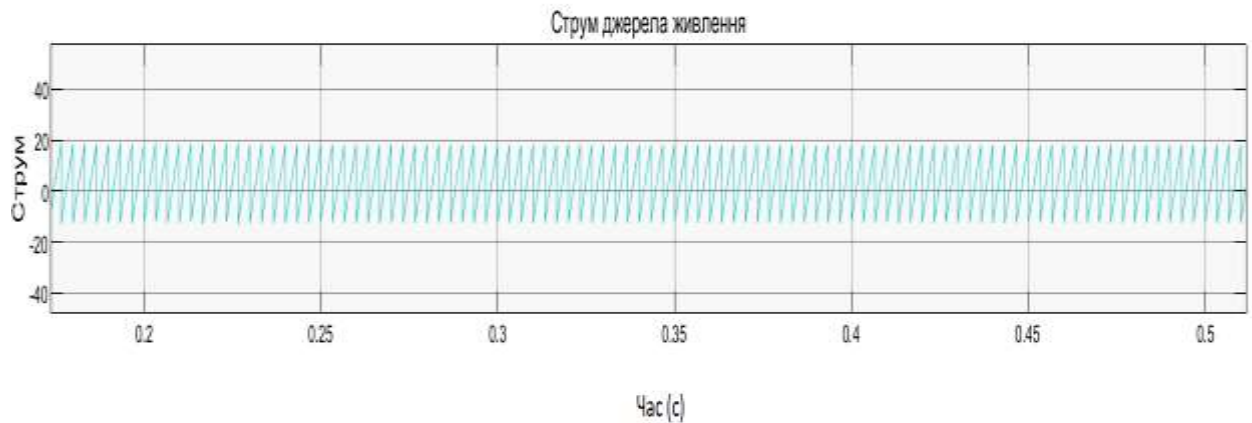


Рисунок 2.7 - Залежність напруги на вході АІН.

На рис. 2.8, 2.9 наведено спектри напруги і струму на виході АІН, а на рис. 2.10 спектри струму на вході.

В спектрі присутні потужні завади на вході і на виході АІН. Коефіцієнт нелінійних спотворень (THD) струму на вході дорівнює 67,45 %, а на виході для напруги 54,66 %, і для струму – 31,93 %.

Такі значення є великими для практичного застосування і вимагають використання фільтрів для зменшення негативного впливу гармонік.

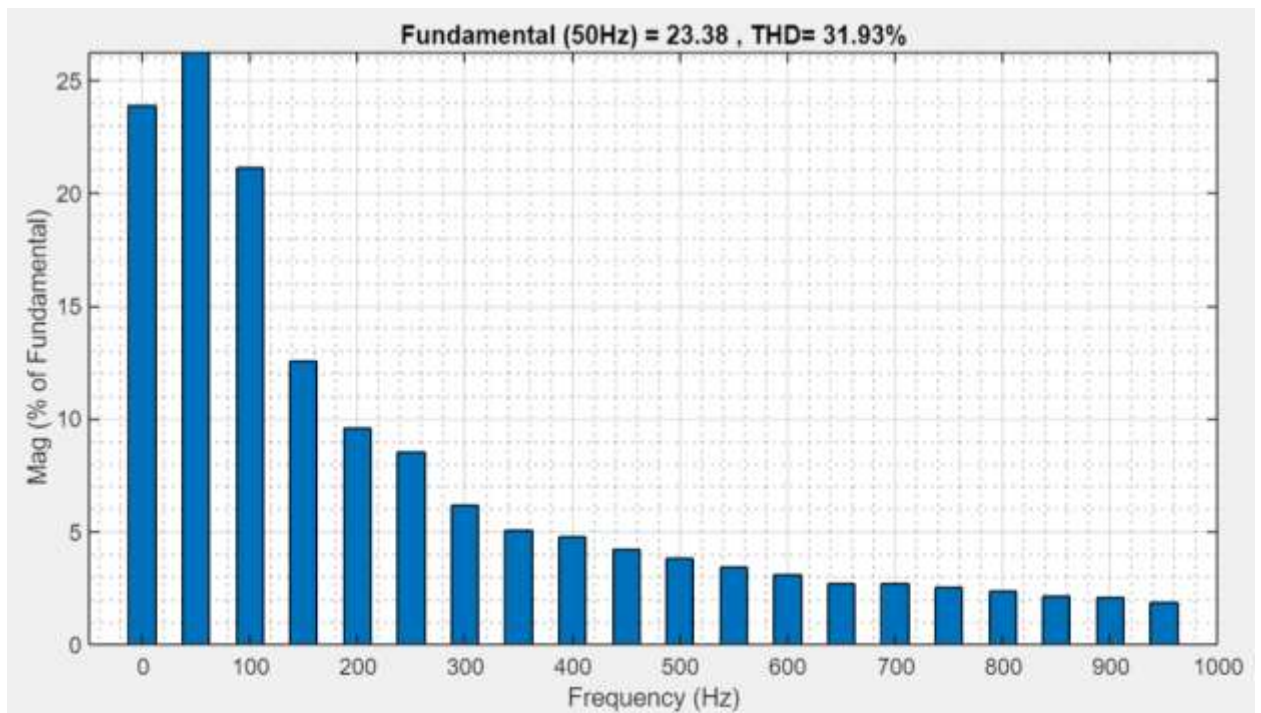


Рисунок 2.8 - Гармоніки струму на виході АІН.

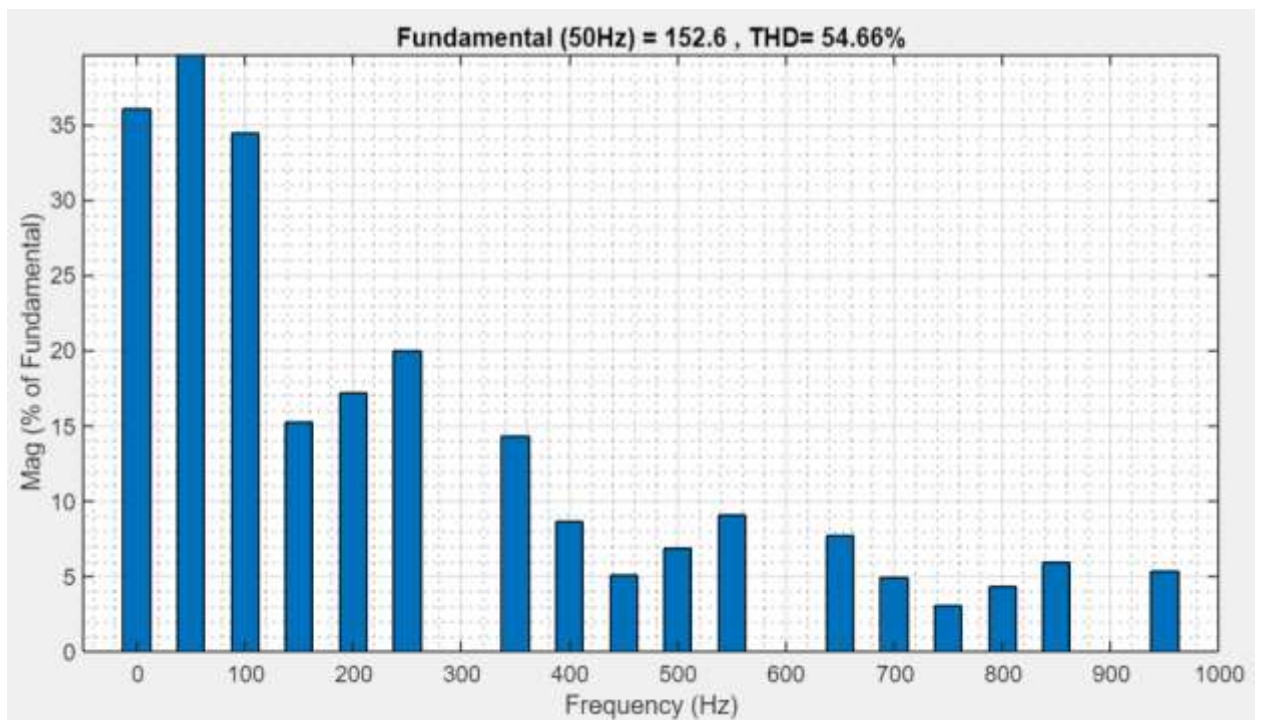


Рисунок 2.9 - Гармоніки напруги на виході АІН.

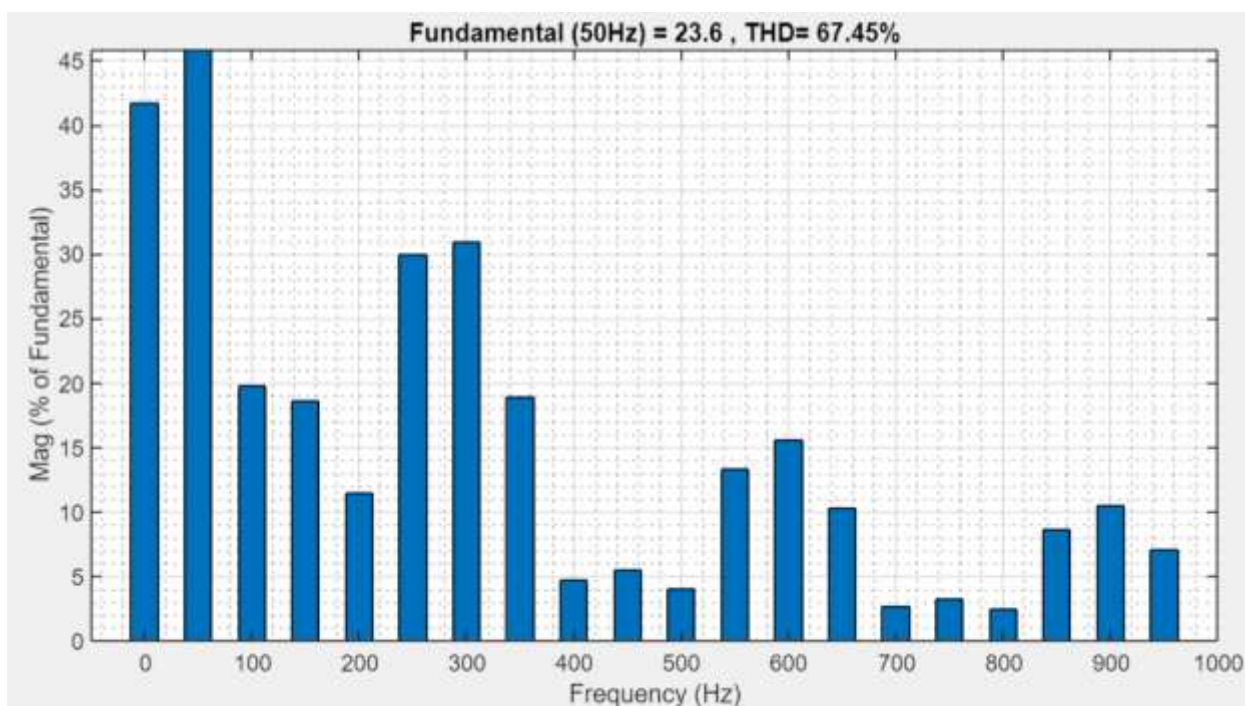


Рисунок 2.10 - Гармоніки струму на вході АІН.

2.2 Висновки за розділом

В ході виконання даного розділу було виконано дослідження частотного перетворювача за допомогою комп'ютерної моделі. В ході дослідження було спроектовано схему живлення трифазного електродвигуна на базі АІМ (рис.2.4).

Згідно графіків роботи видно що вхідна напруга в якій мають місце практично прямокутні імпульси на вході інвертора перетворюється на синусоїдальну напругу на його виході. По результатам моделювання можна зробити висновок, що вихідні параметри в даній схемі не є ідеальними та мають місце завади. Тому як видно з графіків (рис.2.6-2.9) використання АІМ для живлення трифазного електродвигуна можливе але потрібно використовувати додаткові фільтри.

Використання фільтрів може зменшити рівні завад на вході та виході інвертора, що в свою чергу забезпечить більш стабільну роботу асинхронного електродвигуна. Використання моделі дало можливість дослідити можливий варіант живлення трифазного електродвигуна змінного струму від джерела постійного струму з використанням АІМ без додаткових матеріальних витрат на дослідження. Для боротьби з завадами можна використати L-C фільтр ввімкнений по Г-образній схемі включення. Також для поліпшення якості

напруги на вході електродвигуна можна спробувати використати інший тип інвертора.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі проведено аналіз перетворювачів для керування стрілочним електроприводом змінного струму та досліджено струм і напругу автономного інвертора з прямокутними імпульсами керування, а також визначено їх гармонійний склад. За результатами дослідження видно що використання інвертора в схемі живлення електродвигуна змінного струму в стрілочному електроприводі можливе, але потрібне встановлення додаткових фільтрів для боротьби з завадами.

Література

1. Маловічко В. В. Підвищення експлуатаційної надійності колійних пристроїв електричної централізації / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 15. – С. 11-15.
2. Маловічко В. В. Визначення діагностичних ознак для автоматизованого контролю технічного стану стрілочного електродвигуна /В.В.Маловічко, В. І. Гаврилюк, В. Я. Кізяков // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – С. 9-12.
3. Маловічко В. В. Автоматизований контроль основних параметрів стрілочного електропривода / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – С. 5-7.
4. Маловічко В. В. Діагностування стрілочних переводів по кривим споживання струму в умовах експлуатації на станції /В.В. Маловічко // Збірник наукових праць. Донецький інститут залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – 2007. – Вип. 11. – С. 60-69.
5. Маловічко В. В. Автоматизований контроль технічного стану стрілочних електродвигунів постійного струму по кривим споживання струму. / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: Вид-во Української державної академії залізничного транспорту, 2007. – Вип. 5, 6. – С. 18-21.
6. Маловічко В. В. Діагностування стану стрілочних переводів по споживанню струму електродвигунами безпосередньо в умовах поїзної роботи. / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк //Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: Вид-во Української державної академії залізничного транспорту, 2008, – № 1. – С. 30-34.
7. Маловічко В. В. Використання системи контролю стану стрілочних двигунів по кривій споживання струму в ремонтно-технологічних дільницях. /

Маловічко В.В., Гаврилюк В.І., Решетняк М.І. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – С. 11-15.

8. Маловічко В.В. Автоматизація обробки інформації в системах контролю та діагностування стану стрілочних переводів. / Маловічко В. В., Гаврилюк В. І., Рибалка Р. В. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: Вид-во Української державної академії залізничного транспорту, 2009. – Вип. 2. – С. 29-33.

9. Маловічко В. В. Застосування нейромережних технологій для діагностування стрілочних переводів з двигунами постійного струму. / Гаврилюк В. І., Дуб В.Ю., Маловічко В. В. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – С. 209-213.

10. Пат. 31735 Україна МПК В61L 7/00. Спосіб дистанційного контролю та діагностування стрілочних переводів з двигуном постійного струму /Маловічко В. В., Гаврилюк В. І.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – заявлено 29. 10. 2007; опубліковано 25. 04. 2008, Бюл. №8.

11. Пат. 50826 Україна МПК В61L 7/00. Спосіб автоматизованого контролю та діагностування стрілочних переводів. /Маловічко В. В., Гаврилюк В. І., Рибалка Р. В.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – заявлено 22.12.2009; Опубліковано 25.06.2010, Бюл. №12.

12. Маловичко В.В., Кизяков В. Я. Анализ отказов напольных устройств электрической централизацией. // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту: Тези 65 Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДІІТ. – 2005. – С. 317.

13. Маловичко В. В., Гаврилюк В. И. Диагностирование стрелочных переводов с двигателями постоянного тока. // Проблемы та перспективи розвитку

залізничного транспорту: Тези LXVI Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДІІТ. – 2006. – С. 313.

14. Маловічко В.В., Гаврилюк В.І., Кізяков В.Я., Визначення діагностичних ознак для автоматизованого контролю технічного стану стрілочних електродвигунів. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті»(ЕМС-R 2007): Тези I Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДІІТ. – 2007. – С. 59-60.

15. Маловічко В.В. Підвищення експлуатаційної надійності колійних пристроїв електричної централізації. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті»(ЕМС-R 2007): Тези I Міжнародної науково-практичної конференції . –Д.: ДІІТ. – 2007. – С. 71.

16. Маловічко В.В., Гаврилюк В.І. Автоматизований контроль основних параметрів стрілочного електроприводу. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті»(ЕМС-R 2007): Тези I Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДІІТ. – 2007. – С. 72.

17. Маловічко В.В. Діагностування стрілочних переводів. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті: Тези I Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДІІТ. – 2007. – С. 73.

18. Маловічко В.В. Анализ отказов напольных устройств электрической централизации. // Електромагнітна сумісність на залізничному транспорті: Тези I Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДІІТ. – 2007. – С. 96-97.

19. Маловічко В.В., Гаврилюк В.І., Рибалка Р.В. Визначення способів автоматичної обробки інформації в системі контролю та діагностування стрілочних переводів. // Транспортні зв'язки. Проблеми та перспективи: Тези Міжнародної науково-практичної конференції. –Д.: ДІІТ. – 2008. – С.84-85.20.