

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: АТ 20120

(підпис студента)

/ КЕПІН МИКОЛА/

(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: AT 20120 / KEPIN MYKOLA /
(name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

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)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри д.ф.-м.н, професор

Володимир ГАВРИЛЮК

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата 2023

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

студенту

Кепіну Миколі Васильовичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Дослідження роботи інвертора в схемі управління стрілочним приводом (комплексна).

Керівник роботи: Гаврилюк Володимир Ілліч д.ф.-м.н., професор

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від

"25" 10 2022 р.

№ 1093

2. Строк подання студентом 16.06.2023 р.
роботи:

3. Вихідні дані до роботи Стрілочний електропривод з двигуном постійного струму

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Конструкція стрілочного електроприводу та огляд електродвигунів (4 слайди для ілюстрації).

4.2 Переваги асинхронних електродвигунів, регулювання швидкості обертання вала двигуна (8 слайди для ілюстрації)

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)

_____ (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, СТІЛОЧНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, МОДЕЛЬ ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА.

ЗМІСТ

ВСТУП

1. СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.

1.1. Стрілочні електроприводи. Загальні відомості.

1.2. Перспективи модернізації електроприводів стрілочних переводів

1.3. Огляд методів регулювання координат асинхронного електропривода

1.4. Висновки за розділом. Постановка мети та завдання досліджень.

2. СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ З АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ.

2.1. Перетворювачі частоти для живлення асинхронного двигуна

2.2. Призначення та класифікація автономних інверторів

2.3. Трифазні інвертори напруги для живлення АД

2.4. Висновки за розділом

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА НА МОДЕЛІ.

3.1. Матеріал к этому разделу подготвлю я

3.2.

3.3.

3.4. Висновки за розділом.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

ЛІТЕРАТУРА

1. СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.

1.1. Стрілочні електроприводи. Загальні відомості.

Стрілка - це елемент залізничного шляху, який направляє рухомий склад з прямого шляху на відхилення або з відхилення на прямий шлях.

Схема одиночного стрілочного переходу зображена на рис. 1.1.

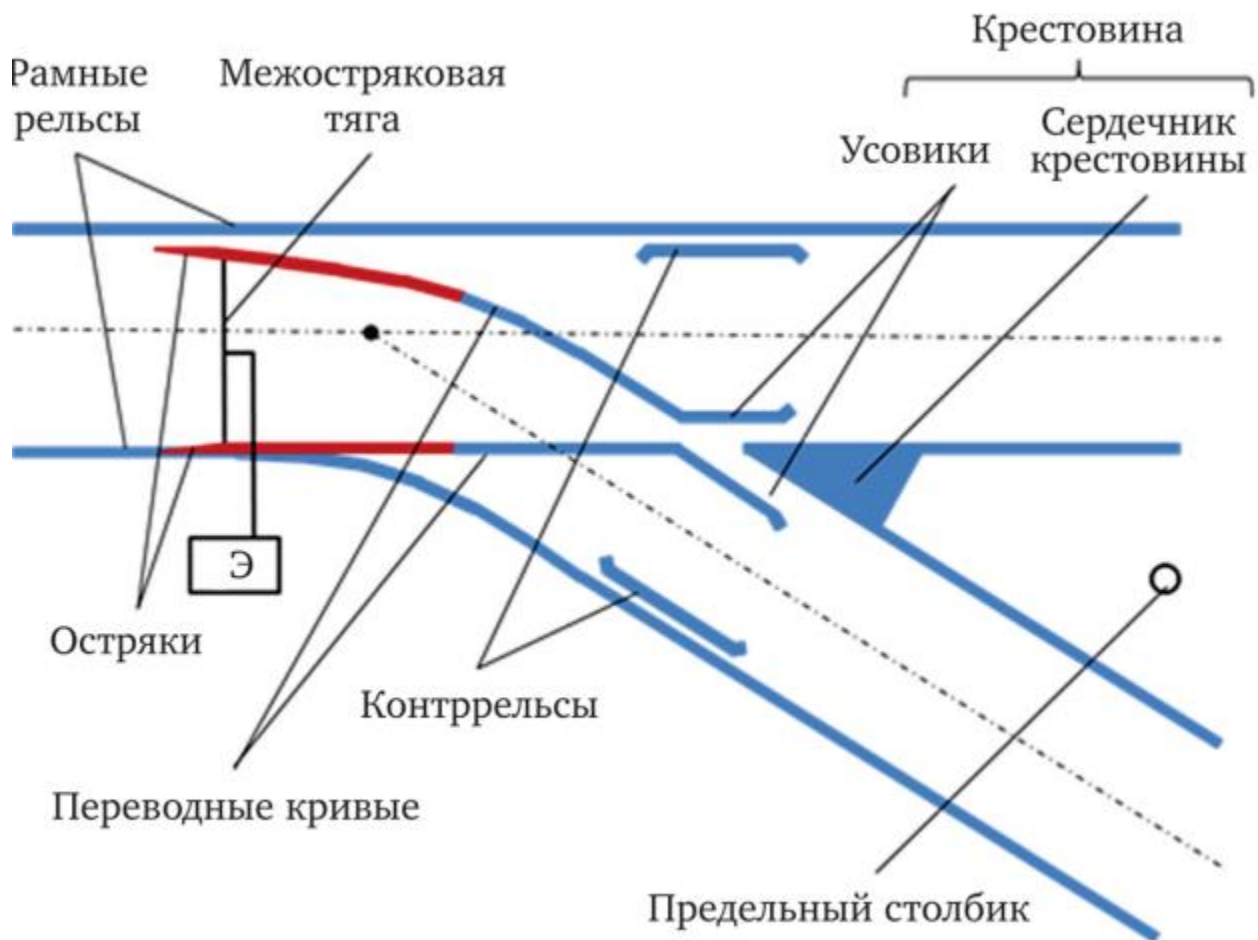


Рис. 1.1. Одиночний стрілочний перевід

Напрямок руху стрілки встановлюється за допомогою гострих кінцівок. Кінцівки притискаються до рамних рейок. Залежно від того, до якої з рамних рейок притиснута кінцівка, рухомий склад буде рухатись або в прямому напрямку (якщо кінцівка притиснута до нижньої рамної рейки, як

показано на рис. 11.1), або по відхиленню (якщо кінцівка притиснута до верхньої рамної рейки).

Одним з важливих параметрів стрілочних переводів є марка хрестовини. Марку хрестовини виражають у вигляді дробу, де чисельник - ширина серцевини, а знаменник - його довжина. Чим більший знаменник, тим пологіша стрілка, і рухомий склад може проїжджати її з більшою швидкістю по відхиленню. В РФ найбільш поширені стрілочні переводи $1/11$ і $1/9$, а також симетричні переводи $1/6$, $1/4,5$ (використовуються на сортувальних гірках). Для високошвидкісного руху впроваджуються переводи $1/18$ і $1/22$.

На головних та приймально-відправних шляхах, призначених для пасажирського руху, встановлюються стрілочні переводи з маркою хрестовини не більше $1/11$. Для шляхів з вантажним рухом допускається встановлення переводів $1/9$.

На ділянках з високошвидкісним рухом встановлюються переводи $1/18$ і $1/22$, що дозволяють швидкості руху по відхиленню не більше 80 км/год і 120 км/год відповідно.

Найменша марка хрестовини $1/65$ використовується на високошвидкісній лінії Париж - Ліон у Франції. Вона дозволяє проїзд поїзда по відхиленню зі швидкістю 200 км/год.

Зменшення марки хрестовини призводить до збільшення швидкості руху по відхиленню за рахунок збільшення довжини стрілки. Крім довжини збільшується маса кінцівок і ускладнюється геометрія стрілок. Тому стрілочні переводи пологих марок хрестовини можуть мати більше одного електроприводу для переведення кінцівок. Ці електроприводи працюватимуть паралельно.

Призначення та класифікація стрілочних приводів

Стрілочні приводи виконують три основні функції:

- переведення;
- блокування;
- контроль положення централізованих стрілок.

Приводи і стрілочні замикателі стрілок, згідно з вимогами ПТЕ, повинні забезпечувати:

- повне прилягання притиснутої кінцівки до рамного рейку і рухомої серцевини хрестовини до вишкірника при крайніх положеннях стрілок;
- неможливість замикання кінцівок стрілки або рухомої серцевини при зазорі більше 4 мм між притиснутою кінцівкою і рамним рейком або рухомою серцевиною і вишкірником;
- відведення на відстань не менше 125 мм непритиснутої кінцівки від рамного рейку;
- повернення стрілки з середнього положення в вихідне при неможливості переведення стрілки;
- можливість переведення стрілки вручну без використання електропривода;
- повне відключення електропривода при виконанні ремонтних робіт і профілактичному огляді або при ручному переведенні стрілки;
- захист від перевантаження при потраплянні сторонніх предметів між кінцівкою і рамним рейком.

Приводи класифікуються за наступними категоріями.

- за видом споживаної енергії
- електрогідравлічні;

- електропневматичні;
- електромеханічні;
- електромагнітні.

Робота електропневматичних і електрогідравлічних приводів базується на перетворенні стиснутого повітря або рідини в механічну роботу. Контроль положення стрілки здійснюється за допомогою електричних контактів. Через складність обслуговування ці приводи не знайшли широкого застосування.

Електромеханічні і електромагнітні приводи базуються на застосуванні електричної енергії. Для цього в електромеханічних використовується електродвигун, а в електромагнітних - соленоїд. Через вартість та складність в експлуатації останні застосовуються для трамвайних стрілок.

На залізничному транспорті в основному застосовуються електромеханічні приводи постійного і змінного струму.

- За типом живлення:
 - постійного струму (робоче напруга від 30 до 160 В);
 - змінного струму (трифазна робоча напруга 190 В).
- За способом запирання кінцівок у крайніх положеннях:
 - внутрішній замикатель (не гарантує фактичного запирання кінцівок, потребує постійної перевірки);
 - зовнішній замикатель (складна технічна реалізація).
- За фіксацією взрізу:
 - взрізний;

- невзрізний.

В взрізних електроприводах встановлюється спеціальний пристрій, що захищає механічну частину стрілки від пошкоджень. Недоліками є громіздкість, складність експлуатації та низька надійність. Тому на залізницях РФ застосовуються невзрізні електроприводи. Шляхом маршрутизації всіх рухів знижується ймовірність взрізу стрілок на станції.

- За часом дії:

- нормальнодіючі (час переведення 3-5 секунд);
- швидкодіючі (час переведення менше 1 секунди);
- повільнодіючі (більше 10 секунд).

Швидкодіючі електроприводи використовуються на сортувальних гірках, де потрібна висока швидкість переведення стрілок перед рухомими зчепленнями при розпуску поїздів. Висока швидкість досягається, по-перше, зміною конструкції, по-друге, застосуванням вищої напруги. У інших випадках застосовуються нормальнодіючі стрілочні електроприводи.

- За видом комутації:

- контактні;
- безконтактні.

На станціях зазвичай використовуються контактні автоматичні перемикачі, незважаючи на те, що вони менш надійні, піддаються механічному зносу, обмерзають і зледеніють при низьких температурах. Безконтактні перемикачі в основному застосовуються на сортувальних гірках, оскільки вони не мають стираючихся контактів і, як наслідок, мають більшу кількість спрацювань.

На залізницях РФ застосовуються стрілочні електроприводи СП-6, СП-12, ВСП-150. На сортувальних гірках поширення отримали безконтактні електроприводи СПГ-3М і СПГБ-4М, час яких становить 0,5-0,6 секунди, що забезпечує високу швидкість розформування поїздів.

Розглянемо пристрій стрілочного електроприводу СП-6, зображений на рис. 1.2.

Електропривод СП-6 укритий у металевий корпус. У корпусі є два отвори, звичайно закритих курбельною заслінкою 1. Один отвір необхідний для ключа, для відкриття корпусу, другий використовується для курбельної рукоятки при переведенні стрілки вручну. При опусканні заслінки роз'єднуються контакти живлення двигуна, і стрілкою неможливо управляти з посту ДСП.

Електродвигун 2 призначений для перетворення електричної енергії в механічну. Електродвигун передає механічну енергію на редуктор 3 з фрикційним муфтоподібним з'єднанням 4. Редуктор необхідний для перетворення обертового моменту. Загальний передавальний відношення редуктора 70,5. Фрикційна муфта необхідна для захисту електродвигуна від перегріву при неможливості переведення кінцівок.

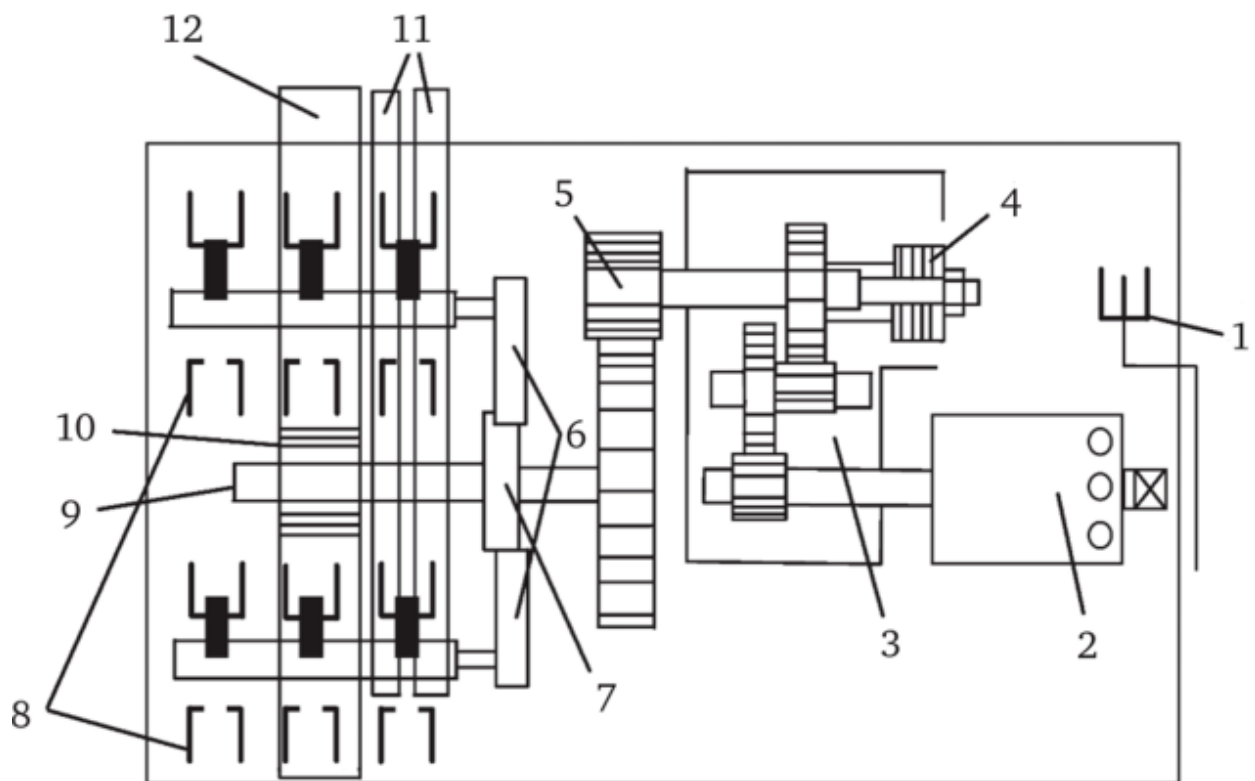


Рис. 1.2. Схема стрілочного електроприводу СП-6:

Редуктор через шестерню 5 з'єднується з головним валом 9, який через шибєрну шестерню 10 перетворює обертальний рух головного вала на прямолінійний рух шибєра 12 і кінчиків стрілки. Контрольні лінійки 11 з'єднані з відповідними кінчиками, що дозволяє замкнути контрольні контакти лише при повному переведенні кінчиків стрілки.

При переведенні стрілки спочатку розмикаються контрольні контакти автоперемикача 8 через систему шестерень 6 і 7. Після того, як контрольні лінійки зайняли необхідне положення, відбувається перемикання робочих контактів і розривання живлення електродвигуна.

Запірання шибєра здійснюється за допомогою широкого зуба на шибєрній шестерні.

Схеми управління стрілочним електроприводом:

Для управління стрілочним електроприводом використовуються наступні схеми управління:

- двохпровідна;
- чотирьохпровідна;
- п'ятипровідна;
- дев'ятипровідна.

Схема управління стрілочним електроприводом містить три ланки, кожна з яких виконує певну функцію: управління, робочу або контрольну.

Управління стрілочним електроприводом необхідне для виконання наступних функцій:

- включення пускових пристроїв при натисканні кнопок управління або отримання сигналу управління від ЕЦ;
- виключення переводу при зайнятості або замкнутості стрілки в маршруті;
- фіксація закінчення переводу стрілки;
- можливість повернення стрілки до початкового положення.

До управляючої ланки стрілки висуваються наступні вимоги.

1. Вплив на пускове реле повинен бути короткочасним і не залежати від тривалості натискання кнопки. Пускове реле повинно залишатися під струмом до закінчення переводу стрілки від робочого струму, що протікає в робочій ланці.

2. Переведення стрілки повинно завершитися незалежно від вільності РЛ. При натисканні кнопки переведення стрілки пускове реле підключається до струму з перевіркою умов вільності[™] і незамкнутості[™] стрілки в маршруті. Після цього вільність і замкнутість стрілки не контролюються. Це було зроблено для того, щоб у разі обесточування залізничного реле під час

переведення (внаслідок зайняття стрілочного відрізка рухомим вагоном або відмови РЛ), стрілка завершила переведення і не залишилася в проміжному положенні.

3. Управління стрілкою не повинно залежати від її положення. Якщо стрілка під час переведення втратила контроль внаслідок недавлення острия до рамкової рейки, ДСП повинна мати можливість повернути стрілку до початкового положення.

Робоча ланка схеми управління електроприводом

Робоча ланка стрілочного електроприводу необхідна для виконання наступних функцій:

- підключення двигуна до джерела живлення;
- реверсування електродвигуна при крайніх або проміжних положеннях;
- контролю закінчення перевodu.

Робоча ланка включає в себе обмотки електродвигуна, лінійні проводи, контакти автоперемикача.

Для вибору напрямку обертання електродвигуна на постійному струмі струм подається в одну з двох обмоток збудження, на змінному струмі - змінюються фази в двох з трьох обмоток. Зміна напрямку обертання може здійснюватися:

- від пускового реле, встановленого на посту ЕЦ, такий спосіб отримав назву "центральне реверсування";
- від пускового реле, встановленого безпосередньо у електроприводі, такий спосіб отримав назву "місцеве реверсування".

При центральному реверсуванні потрібні додаткові жили кабелю, збільшується витрати на кабель. При місцевому реверсуванні потрібне додаткове реле, яке працює в складних кліматичних умовах.

До робочого ланцюга стрілки пред'являються наступні вимоги:

- електродвигун в нормальному стані повинен бути відключений від живлення;
- якщо робочий та контрольні ланцюги мають спільні лінійні проводи, контрольний струм не повинен призводити до переводу стрілки;
- стрілковий двигун повинен мати захист від переводу, якщо він потрапляє в лінійні проводи змінного напруги.

Контрольний ланцюг схеми управління електроприводом

Контрольний ланцюг стрілкового електроприводу необхідний для постійного контролю положення стрілки: в плюсовому, мінусовому та втраті контролю.

Зазвичай контрольний ланцюг будується за наступною схемою: в нормальному стані контрольне реле знаходиться під струмом від джерела живлення, підключеного з іншого боку кабельної лінії.

До контрольного ланцюга стрілки пред'являються наступні вимоги:

- контроль положення стрілки забезпечується її механічним замиканням;
- для захисту від помилкових спрацювань при обривах та короткому замиканні контрольний струм повинен подаватися з боку автоперемикачів;
- відмови елементів не повинні призводити до помилкового контролю положення стрілки;

- контрольні реле повинні бути відключені від всіх полюсів живлення в середньому положенні.

Двопровідна схема управління стрілковим електроприводом

Найекономічнішою і простою схемою управління стрілковим електроприводом є двопровідна схема з центральним живленням і місцевим реверсуваням. Ця схема має два лінійних провода для переведення стрілки та контролю її положення.

Розглянемо роботу схеми при переведенні стрілки з плюса в мінус.

Для переведення стрілки з пульта управління використовується стрілочний комутатор, який може перебувати в одному з трьох положень: плюсовому, мінусовому, стрілка передана на маршрутне управління.

Переведення стрілки в маршрутному режимі здійснюється за допомогою контактів реле ПУ та МУ.

При переведенні стрілочного комутатора в мінусове положення створюється ланцюг живлення реле НПС (нейтрального пускового стрілочного) через контакт реле З (перевірка незамкненості) та через контакт реле СП (перевірка вільності). Ланцюг живлення наступний:

п — «Ком+» — «Ком-» — контакт ППС — диод VD1 —
— обмотка НПС — контакт З — контакт СП — м.

Спрацювавши, реле НПС замикає свої загальні та фронтові контакти, в результаті чого через реле ППС починає йти струм. Також реле НПС відключає від живлення реле ОК (загального контрольного) та готує схему для подачі живлення на електродвигун. При переведенні стрілки в плюс - це буде струм прямої полярності. При переведенні в мінус - струм зворотної полярності:

п — «Ком+» — «Ком-» — контакт НПС — обмотка ППС —
— контакт З — контакт СП — м.

Спрацювавши, реле ППС перемикає свої контакти та розмикає керуючий ланцюг, в результаті чого реле НПС перестає отримувати живлення по верхній обмотці і замикає робочий ланцюг.

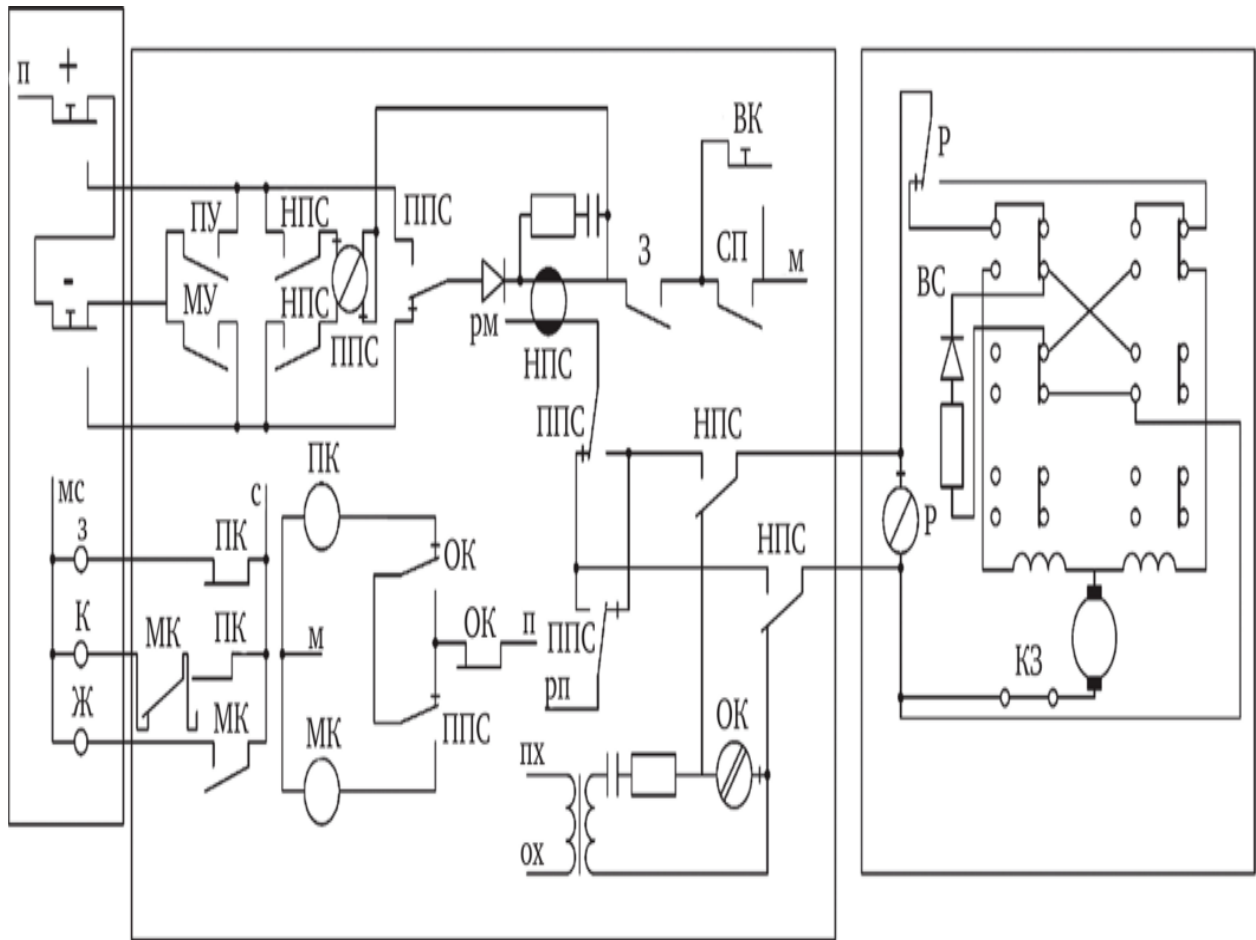


Рис. 1..3. Двопровідна схема управління стрілковим електроприводом

Робоча напруга подається на обмотку поляризованого реле Р, відповідального за вибір напрямку обертання двигуна. При переведенні стрілки в плюс на реле Р подається струм прямої полярності. При переведенні в мінус - зворотної.

рп — контакт ППС — контакт НПС (нижний) — обмотка реле Р — контакт НПС (верхний) — контакт ППС — обмотка реле НПС — рм.

В результаті того, що робочий коло включає нижню обмотку реле НПС, дане реле буде залишатись під струмом протягом всього переведу стрілки. Після подачі на реле Р струму зворотної полярності воно перемкне свої контакти, і живлення буде подано на електродвигун:

рп — контакт ППС — контакт НПС (нижний) — КЗ — двигатель — «контакты 41—42» — контакт Р — контакт НПС (верхний) — контакт ППС — обмотка реле НПС — рм.

При переводі стрілки спочатку перемикаються протилежні контакти автоперемикача. Контакти автоперемикача, через які протікає робочий струм, перемикаються в кінці переведу, в результаті чого розмикатиметься коло проходження струму через електропривід. Це призводить до відключення реле НПС, після чого розмикатиметься робоче коло і включатиметься контрольне.

Контрольні лінійки з'єднані окремими тягами з відповідними гостриками, тому контрольні контакти автоперемикача замикатимуться тільки при повному переводі гостриків.

Контрольне коло включає в себе трансформатор ІТР, реле ОК, контрольні контакти автоперемикача і випрямлювальний стовпчик ВС. Загальне контрольне реле ОК є комбінованим, тобто має поляризований і нейтральний якір. Оскільки для живлення контрольного кола використовується змінний струм, то для того, щоб реле ОК працювало, необхідно перетворити струм зі змінного в постійний. Для цього слугує випрямлювальний стовпчик ВС. Залежно від положення стрілки буде

відрізнятися напрямом включення ВС і, як наслідок, буде відрізнятися полярність живлення, що проходить через реле ОК.

При плюсовому положенні стрілки на реле ОК буде приходити струм прямої полярності (через контакти автоперемикача 22-23). При мінусовому положенні - струм зворотної полярності (через контакти автоперемикача 32-33).

В результаті через обмотку реле ОК тече струм тільки в одному напрямку і відбувається перемикання контактів поляризованого якоря та замикання загального і фронтового контактів нейтрального якоря. Контакти реле ОК і реле ППС ставляться під струм реле ПК і МК, що дають контроль плюсового або мінусового положення стрілки відповідно. При мінусовому контролі коло буде наступним:

п — контакт ОК — контакт ОК — контакт ППС — обмотка
реле МК — м.

Реле ПК і МК використовуються для контролю положення стрілки і для індикації на пульт-табло ДСП її положення.

При замиканні стрілки контрольні контакти автоперемикача розмикаються, в результаті чого реле ОК припиняє отримувати живлення і нейтральний якір опускається. Реле ПК і МК відключаються від живлення і подають живлення на реле замикання, яке має затримку перед спрацюванням. Після закінчення затримки реле ВЗ встановлюється під струм і на посту ДСП лунає сигнал замикання, що попереджає чергового про втрату контролю над стрілкою. Також через задні контакти реле ПК і МК живлення подається на червону лампочку на пульт-табло ДСП, завдяки чому він може швидко визначити, яка стрілка втратила контроль.

У разі помилкового зайняття стрілкової секції ДСП має право за дозволом ДНЦ перевести стрілку. Для цього в нього є кнопка допоміжного контролю ВК. Зазвичай ця кнопка пломбується або має лічильник натискань. Щоб ДСП міг перевести стрілку за допомогою кнопки ВК, він спочатку переводить стрілковий комутатор у потрібне положення, після чого натискає кнопку ВК. Ця кнопка шунтує контакт стрілкового путевого реле СП, і відбувається переведення стрілки без контролю наявності рухомого складу на ній.

1.2. Перспективи модернізації електроприводів стрілочних переводів

Розвиток техніки залізничної автоматики та вдосконалення технології обслуговування значно сприяють підвищенню безпеки руху та поліпшенню економічних показників залізничного транспорту. Особлива роль у цьому відводиться станційним системам автоматики та телемеханіки, оскільки основні технологічні операції з прийому, відправлення та обробки поїздів виконуються на станціях. Ефективність функціонування цих систем в багатьох відношеннях залежить від якості виконавчих пристроїв, серед яких важливе місце займають залізничні переводи. Наприклад, залізниці Північної Америки щорічно витрачають 300 млн доларів США на заміну елементів залізничних переводів та сліпих перехрестів і 500 млн доларів на їх поточне утримання і ремонт.

Витрати, пов'язані з затримками поїздів через несправності залізничних переводів, становлять 200-600 млн доларів, а з усуненням наслідків зйомів рухомого складу - 16 млн доларів. Такий стан пояснює масштаб витрат на подовження терміну служби залізничних переводів. Тому все більш актуальним є вдосконалення існуючих типів стрілочних приводів, розробка нових, а також підвищення їх надійності.

Стрілочний перевід - це пристрій, призначений для переходу рухомого складу з одного шляху на інший. Такі системи є невід'ємною частиною залізничної інфраструктури, але в той же час вони представляють одну зі слабких компонентів колії. Вони складні, піддаються відхиленням геометричних параметрів та пошкодженням під час експлуатації, оскільки їх конструкція включає рухомі частини, на які діють високі динамічні навантаження.

Це подорожчує їх технічне обслуговування та ремонт, обумовлює високі витрати на поточне утримання колії. Відмови стрілочних переводів пов'язані з частими порушеннями руху поїздів. Стрілочні переводи можуть обмежувати експлуатаційну готовність та пропускну здатність залізничних ліній, якщо допустима на них швидкість руху поїздів не відповідає швидкості як на головних, так і бокових шляхах. Загальна концепція нових стрілочних переводів як для звичайного, так і високошвидкісного руху полягає в забезпеченні максимальної надійності та безпеки, при яких витрати на поточне утримання є мінімальними, зменшенні енергоспоживання, розширенні функцій приводу, таких як автоматичне повернення і плавний зведення стрілки до рівного рейки. Вперше стрілочні переводи з'явилися в Італії в 1873 році. Залежно від призначення і умов з'єднання шляхів розрізняють одиночні, подвійні та перехресні стрілочні переводи.

Одиночні переводи поділяються на звичайні, симетричні та несиметричні. Звичайний стрілочний перевід найбільш поширений. В складі стрілочного переводу входять стрілка, хрестовина з контррейками, з'єднувальна частина, розташована між ними, та перевідні бруси (рис.2.1).

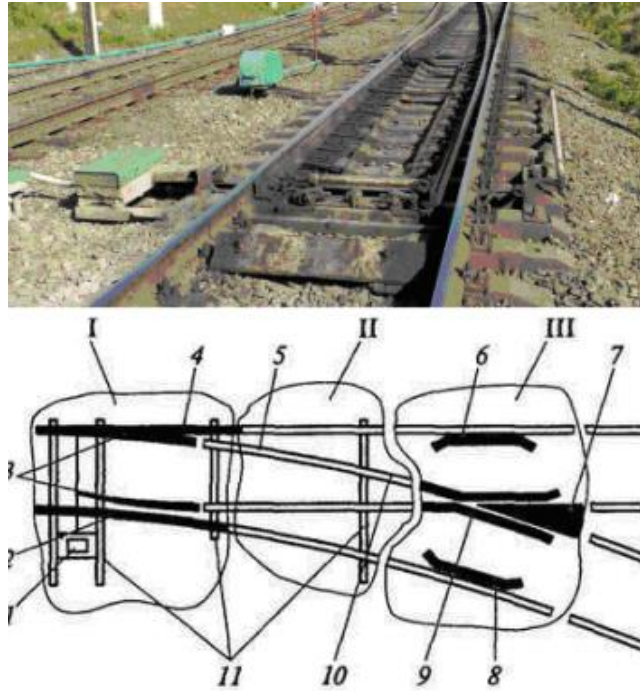


Рисунок 2.1 - Фото та схема звичайного стрілочного переводу:

I - стрілка; II - з'єднувальні шляхи;

III - набір хрестовинної частини; 1 - перевідний

механізм; 2, 4 - рамні рейки; 3 - остряки;

5 - опорна нитка перевідної кривої;

6, 8 - контррейки; 7 - сердечник хрестовини;

9 - муфта; 10 - кінець перевідної кривої;

11 - перевідні бруси.

Один з основних елементів стрілки є стрілочний привід. На залізницях України застосовуються електроприводи серії СП, раніше використовувалися також серії СПВ. На сьогоднішній день уся автоматика "Укрзалізниці" у складі елементної бази засобів СЦБ має приводи марок СП-3 і СП-6, а також модифікації на їх основі (СПГБ-4М, ВСП-150, СП-12У), в яких радикальні зміни не стосувалися основних конструктивних

вузлів, розроблених ще в СРСР у 1972 і 1983 роках. На рис. 2.2 зображено загальний вигляд і креслення стрілочного приводу марки СП-6.

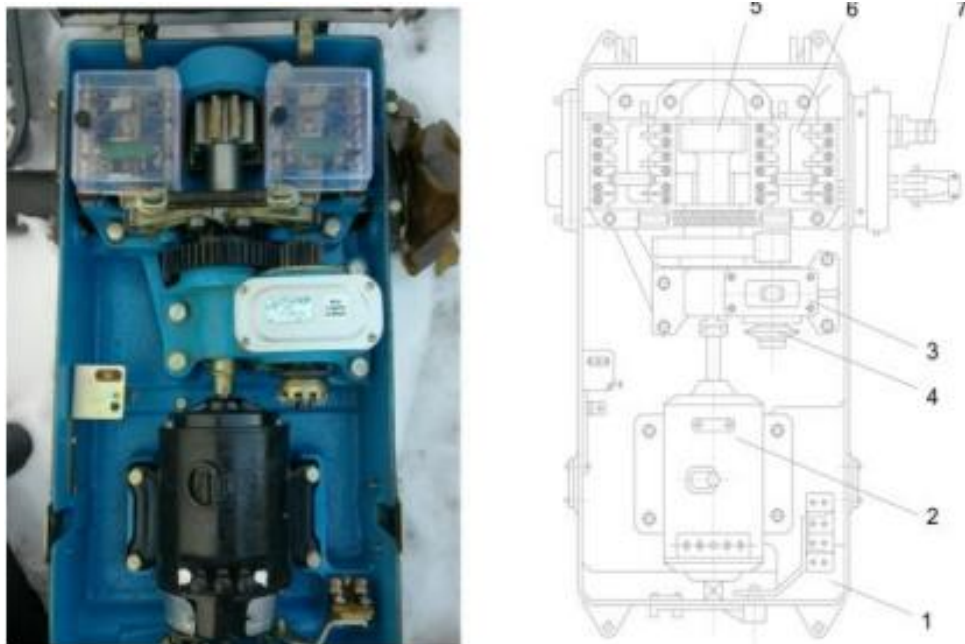


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд і креслення

стрілочного електроприводу СП-6:

1 – корпус; 2 – електродвигун; 3 – редуктор;

4 – фрикціон; 5 – головний вал;

6 – автоперемикач; 7 – контрольні лінійки

Даний електропривід складається з трьох основних блоків: електродвигуна 2, редуктора 4 з фрикціоном 3 та автоперемикача 6, розташованих у корпусі 1.

На раніше розглянутих типах стрілочних переводів в Україні використовуються два види електродвигунів - постійного струму (ДПТ) і змінного (асинхронний (АД)) (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Двигун постійного струму МСП-0,25 (зліва) та асинхронний двигун МСТМ-0,3 У2 (справа).

Незважаючи на використання таких двигунів, вони мають кілька значних недоліків. Енергетична діаграма електропривода типу СП-6 (рис. 2.4) характеризує співвідношення втрат у різних його частинах та корисну потужність при номінальному навантаженні на шибєрі.

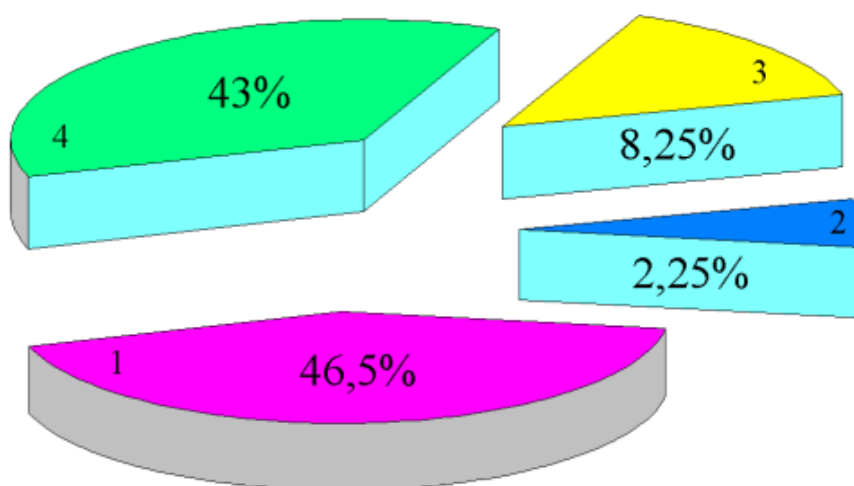


Рисунок 2.4 - Енергетична діаграма електропривода типу СП-6:

1 - втрати у двигуні та редукторі; 2 - втрати у автоперемикачі; 3 - втрати у шибєрній парі; 4 - корисна потужність.

Як показано на діаграмі, корисна потужність існуючих вітчизняних стрілочних електроприводів становить лише 43%. При цьому значна

частина енергії (майже половина від загальної споживаної потужності) витрачається у редукторі та двигуні, останній з яких (постійного струму, асинхронний) має свої недоліки. Незважаючи на це, такі системи в багаторічній практиці роботи продемонстрували себе з позитивного боку, проте на сьогоднішній день вони не в змозі впоратися з новими проблемами, функціями та завданнями, які ставляться в інших країнах світу.

Компанії-виробники стрілочних приводів ведуть пошуки шляхів їх удосконалення у різних напрямках. Деякі працюють над впровадженням дистанційного комп'ютеризованого керування стрілочними переводами та моніторингом їх стану, інші досліджують можливість введення на ринок стрілочних приводів з живленням від сонячних батарей. Також розробляються спеціалізовані конструкції, призначені для застосування на головних та станційних, включаючи сортувальні, коліях. Російські залізниці останнім часом приділяють значну увагу розробці нових систем залізничної автоматики шляхом придбання їх закордоном та адаптації до місцевих умов або створенням власних пристроїв. АО РЖД робить ставку на мікропроцесорні засоби. Впроваджується система МПЦ Ebilock-950 (постачальник ТОВ "БомбардьеТранспортейшн (Сигнал)"). Зараз цією системою обладнано 27 станцій (заплановано будівництво ще 20). Постійно проводяться роботи з розширення функціональних можливостей. Прикладом може слугувати виконання функцій автоматичного блокування за допомогою Ebilock-950 з централізованим розташуванням апаратури, інтегрованої в Ebilock-950, переїздної сигналізації, місцевого керування стрілками.

Компанією "ЕЛМА-Ко" розроблений безконтактний керований електродвигун (далі - ДБУ), призначений для роботи в складі стрілочних електроприводів постійного струму. Технічні характеристики ДБУ

дозволяють замінити двигуни МСП-0,15, МСП-0,25 в стрілочних електроприводах типу СП-6 в усьому діапазоні навантажень. ДБУ складається з двох частин: самої електричної машини та електронного комутатора в поєднаному виконанні як одна одиниця. Електрична машина має статор з обмотками та ротор, на якому розташовані постійні магніти.

На наш погляд, найбільш перспективними сьогодні є перемикальні механізми, вбудовані в шпали, які розраховані на зниження їх вартості та збільшення життєвого циклу на протязі всього терміну служби, як приклад можуть слугувати система Hydrostar (рис. 2.5) або Switch 2000 (рис. 2.6).



Рисунок 2.5 – Система Hydrostar

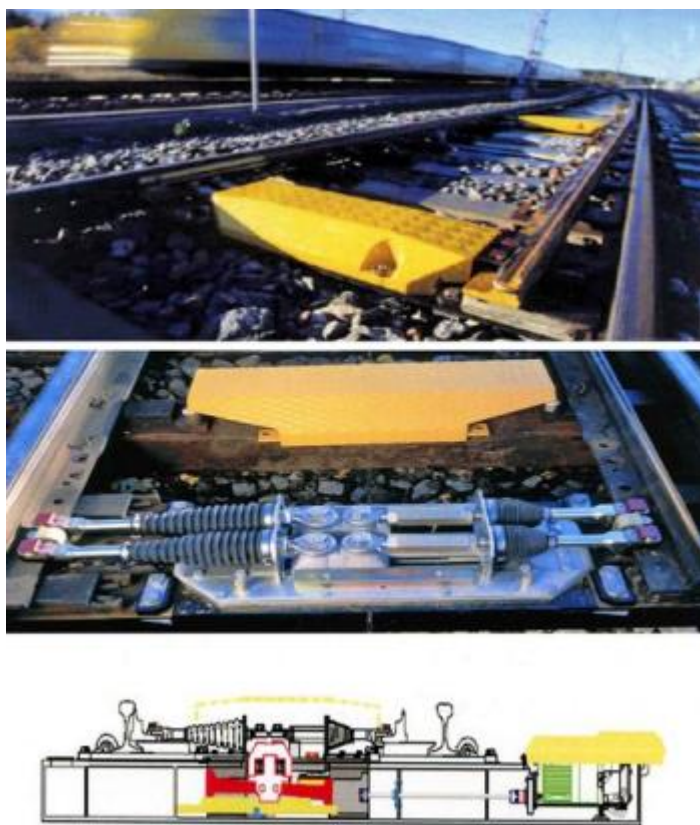


Рисунок 2.6 - Стрілочний привід з частотним регулюванням EB1
Switch 2000

У таких системах раціонально використовувати нові типи електродвигунів - вентильно-реактивні (ВРД) або лінійні (ЛД), представлені відповідно на малюнках 2.7 та 2.8.



Рисунок 2.7 - Зовнішній вигляд вентильно-реактивного двигуна
EMCY-0,25-160 В.

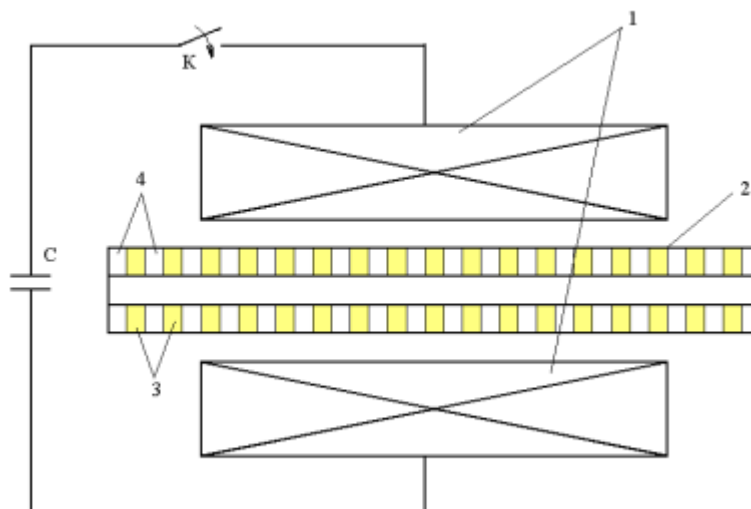


Рисунок 2.8 - Лінійний електромеханічний перетворювач
індукційного типу:

1 - індуктор; 2 - ярі; 3 - мідні диски; 4 - диски з феромагнетиком.

БРД складається з ротора та статора з виразно вираженою двосторонньою зубчастістю. На зубцях статора розташована концентрована

обмотка однойменно-полярного типу. Зубчастий ротор є пасивним, тобто не містить елементів, що створюють магнітне поле (обмотки, магніти). Невід'ємною частиною двигуна є датчик положення ротора, який може використовуватись як датчик положення стрілок. ВРД для стрілочних приводів типу ЕМСУ (мал. 7) розроблено ТОВ "ЕТЗ "ГЕКСАР". Система управління таким двигуном передбачає можливість забезпечення синхронної роботи двох або більше електроприводів, що робить його перспективним для застосування в стрілочних переводах швидкісних доріг. Основні технічні характеристики двигуна ЕМСУ наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Характеристики двигуна ЕМСУ:

Тип	I_H, A	$n_H, \text{об/мин}$	$M_H, \text{Нм}$	U_H, V
ЭМСУ-0,25-160В	2,5	1700	1,47	=160
ЭМСУ-0,25-100В	3,6	1700	1,47	=100
ЭМСУ-0,3-190В	2,1	850	3,43	=190
ЭМСУ-0,55-200В	3,6	3600	1,47	=200
ЭМСУ-0,5-190В	2,9	1370	3,47	~190
ЭМСУ-0,6-190В	2,8	2850	2,37	~190

Принцип дії електромеханічних перетворювачів індукційного типу (рис. 8) базується на взаємодії магнітного поля, що виникає внаслідок змінного періодичного, імпульсного або аперіодичного струму обмотки індуктора, з наведеним струмом в дисках якоря, який здійснює лінійний рух.

Наразі ми спільно з провідним викладачем кафедри "Автоматика" Ростовського національного університету залізничного транспорту та зв'язку, Петрушиним А.Д., ведемо розробку систем стрілочних роботи проводяться з розробки приводів шпального виконання з використанням ВРД і ЛД. Крім того, розвиток мікросхемотехніки надає можливість створення мікропроцесорних систем управління, а також розширення

функціональних можливостей привода, використання безконтактних датчиків нового покоління, застосування електронної преобразувальної техніки та захисту двигуна під час перемикання без використання тертякового зчеплення.

1.3. Огляд методів регулювання координат асинхронного електропривода

Головним елементом системи залізничної автоматики є стрілочний перевід. В даний час більшість стрілок обладнано приводами з постійним струмом, які мають суттєві недоліки, а саме:

- складна конструкція, яка обмежує надійність і потребує проведення багато ремонтних робіт;
- обмежена дистанція управління без подвійного проводу;
- залежність моменту і швидкості якоря від напруги живлення, що створює умови для відпаду остриць на близьких до поста ЕЦ стрілках;
- неуправність процесу перемикання остриць.

Заміна приводів з постійним струмом на асинхронні машини обмежується відсутністю гарантованого змінного струму на малих станціях.

Крім того, потребує вдосконалення фрикційний механізм з ручним регулюванням зусилля приводу.

В даний час використовуються стрілочні електроприводи з постійним та змінним струмом: СП-3, СП-6, СПВ-6 з постійним струмом та СП-8 зі змінним струмом. Їх швидкодія коливається від 2 до 7 секунд.

На сортувальних гірках та у маневрових ділянках станцій, де потрібне прискорене перемикання стрілок, використовуються електроприводи з

постійним струмом: СПГ-3, СПГ-3Г, СПГБ-4 та СПГБ-4Г з швидкодією приблизно 0,5 секунди.

Основними недоліками існуючих електроприводів є:

- для приводів з постійним струмом - висока вартість електродвигуна, потреба в постійному обслуговуванні, низька КПД;
- для приводів змінного струму - низький пусковий момент.

Щоб усунути перераховані вище недоліки, необхідно модернізувати цей механізм. Суть модернізації полягає в тому, що запропоновано замінити неуправній електропривід на асинхронний електропривід з частотним керуванням та електродинамічним гальмуванням, а також застосувати захист асинхронного електродвигуна за струмом. Використання асинхронного електродвигуна замість постійного струму знижує вартість стрілочного переводу та збільшує його надійність. Використання частотного керування дозволяє прискорити початок процесу перемикання стрілок і, відповідно, скоротити час переключення. Електродинамічне гальмування двигуна в кінці процесу переключення дозволить зменшити силу удару остриці об рейс, що в свою чергу зменшує механічний знос стрілочного переводу і збільшує його термін служби. Захист асинхронного двигуна за струмом дозволяє більш ефективно захистити обмотки від перевантажень і також відмовитися від фрикціону, який зараз застосовується для цієї цілі.

Логічна схема модернізованого переводу подана на рисунку 1. Логіка роботи схеми така: при подачі живлення на інвертор відбувається його включення за управлінням від відповідного оптоелемента, що забезпечує гальванічну розрив між потужними колами. У момент включення інвертор отримує живлення від блока опорної напруги "Uоп" та асинхронного

двигуна "Д". Як тільки леза автоперемикача замкнуть групу контактів "а", реле часу динамічного гальмування "t12" блоку логічних елементів "БЛ1" отримає живлення, що надасть відповідний сигнал на логічний вхід "дт" інвертора "Г" після заздалегідь встановленого часу, відповідно, при появі цього сигналу інвертор увімкне динамічне гальмування двигуна. В кінці процесу переключення леза автоперемикача замикає групи контактів "в" і "г" збирають контрольну ланцюг, яка складається з блоку "і", контрольного реле часу реверсу "t11" та блоку "не".

Вона працює наступним чином: як тільки на входи блоку "і" надходять дві логічні одиниці, які відповідають замкненим групам контактів "а" і "в", тобто переведеним острицям, на виході також з'являється логічна одиниця; наявність цього сигналу через інвертуючий блок "не" надає команду інвертору на вимкнення двигуна. Реле часу реверсу в цьому блоку при відсутності одиниці протягом заздалегідь встановленого проміжку часу надає команду на реверс двигуна на вхід "Р" інвертора, тим самим забезпечуючи автоповернення остриць при недопереводі. Блоки "БЛ3" і "БЛ4" є дублюючими та працюють паралельно з основним контрольним блоком.

Висновок до 1 розділу:

Позитивні результати від створення приводів на основі вентильно-індукторного двигуна дають нам підстави зробити прогноз, що такі механізми допоможуть не лише спростити механічну частину приводу та систему керування острицями, але й підвищити його надійність та швидкодію, а лінійний двигун можна використовувати для створення безредукторних стрілочних приводів нового покоління.

При роботі за описаною схемою усуваються небажані та небезпечні ситуації, а саме:

- тривала робота з фрикцією;
- зростання струму в обмотках двигуна при потраплянні стороннього предмета між острицею та рейкою;
- зупинка остриці у середньому положенні, тобто недопереведення;
- удар остриць в кінці переводу.

Використання мікропроцесора дозволяє керувати процесом переводу, що є важливим, наприклад, взимку, коли потрібно прискорювати рух остриці при сильному снігопаді. Спрощується також поточне обслуговування стрілки, оскільки не потрібно ручного налаштування механічної частини.

Використання описаних вище засобів модернізації надало можливість:

- підвищити надійність електропривода;
- знизити енерговитрати;
- скоротити час переводу стрілок;
- збільшити термін служби стрілочного переводу.

2. СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ З АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ.

2.1. Перетворювачі частоти для живлення асинхронного двигуна

Керування асинхронним електродвигуном у частотному режимі до нещодавнього часу було великою проблемою, хоча теорія частотного регулювання була розроблена ще в 1930-х роках. Розвиток частотно-регульованого електроприводу стримувався високою вартістю перетворювачів частоти. З'явлення силових схем з IGBT-транзисторами, розробка високопродуктивних мікропроцесорних систем управління дозволили різним фірмам Європи, США та Японії створити сучасні доступні за вартістю перетворювачі частоти.

Відомо, що регулювання частоти обертання виконавчих механізмів можна здійснювати за допомогою різних пристроїв: механічних варіаторів, гідравлічних муфт, додатково вводимих в статор або ротор резисторів, електромеханічних перетворювачів частоти, статичних перетворювачів частоти. Використання перших чотирьох пристроїв не забезпечує високої якості регулювання швидкості, є неекономічним, потребує великих витрат при монтажі та експлуатації.

Статичні перетворювачі частоти є найбільш вдосконалими пристроями керування асинхронним приводом в сучасний час.

Принцип частотного методу регулювання швидкості асинхронного двигуна полягає в тому, що, змінюючи частоту f_1 живильної напруги, можна згідно з виразом

$$\omega_0 = \frac{2\pi \times f_1}{p} .$$

при не змінній кількості пар полюсів p змінювати кутову швидкість магнітного поля статора. Цей спосіб забезпечує плавне регулювання швидкості в широкому діапазоні, а механічні характеристики мають високу жорсткість.

Регулювання швидкості при цьому не супроводжується збільшенням ковзання асинхронного двигуна, тому втрати потужності при регулюванні незначні. Для отримання високих енергетичних показників асинхронного двигуна - коефіцієнтів потужності, корисної дії, перевантажувальної здатності - необхідно одночасно з частотою змінювати й подану напругу.

2.2. Призначення та класифікація автономних інверторів

Інвертор напруги є найпоширенішою топологією силового перетворювача.

Дворівневий інвертор напруги

Дворівневий інвертор напруги (two-level voltage-source inverter) - це найбільш широко застосовувана топологія перетворювача енергії. Він складається з конденсатора і двох силових напівпровідникових ключів на фазу. Керуючий сигнал для верхнього і нижнього силових ключів пов'язаний і генерує лише два можливих стану вихідної напруги (навантаження з'єднується з позитивною або негативною шиною джерела постійної напруги).

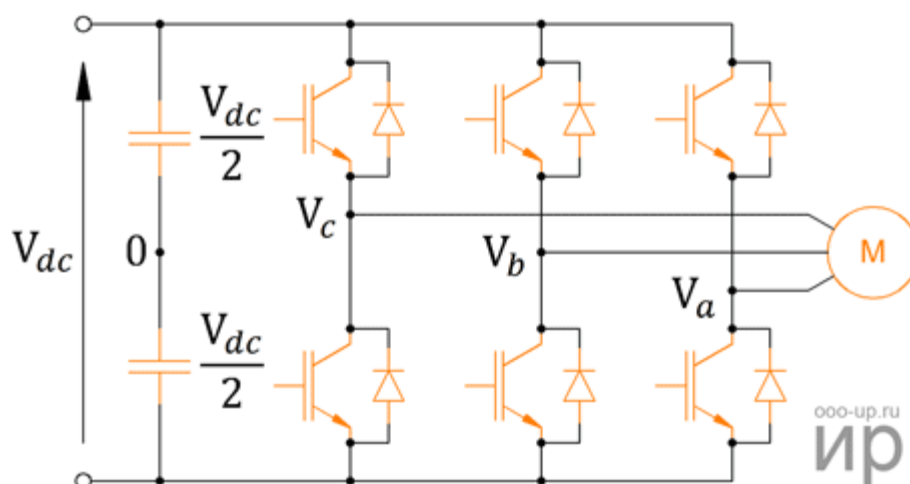


Рисунок 2.2 Схема дворівневого інвертора напруги

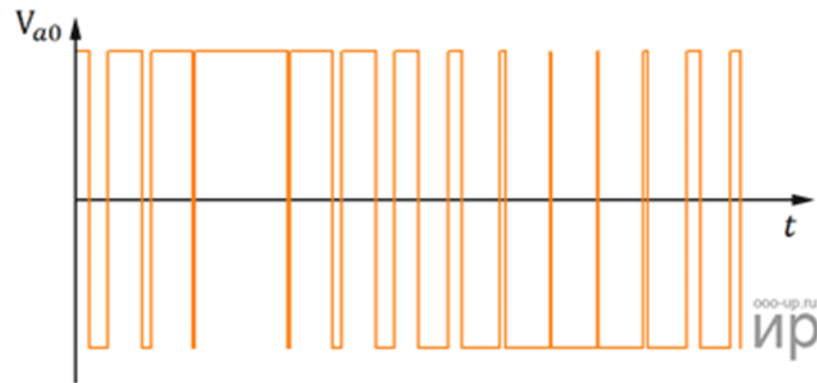


Рисунок 2.3 Фазне напруга дворівневого інвертора напруги

За допомогою методів модуляції можна синтезувати керуючі імпульси для генерації вихідної напруги з бажаними параметрами (формою, частотою, амплітудою). Через наявність високих гармонік у вихідному сигналі, для генерації синусоїдальних струмів вихідний сигнал потребує фільтрації. Однак, оскільки такі преобразователі зазвичай працюють з індуктивними навантаженнями (електродвигуни), додаткові фільтри використовуються лише за потреби.

Максимальна вихідна напруга визначається значенням постійної напруги зв'язку постійного струму. Для ефективного керування потужним навантаженням потрібна висока постійна напруга зв'язку постійного струму, але на практиці ця напруга обмежується максимальною робочою напругою напівпровідників. Наприклад, низьковольтні транзистори IGBT забезпечують вихідну напругу до 690 В. Для обходу цього обмеження по напрузі були розроблені схеми багатоуровневих преобразователів протягом останніх десятиліть. Ці преобразователі складніші з точки зору топології, модуляції та керування, але при цьому вони мають кращі показники щодо потужності, надійності, розмірів, продуктивності та ефективності.

2.3. Трифазні інвертори напруги для живлення АД

Варіанти трьохфазних інверторів

За їх параметрами, характеристиками та призначенням всі види преобразователів можна умовно поділити на кілька груп.

Перш за все, вони можуть бути автономними або залежними. У першому випадку постійний струм перетворюється на змінний, де частота визначається системою керування, а характеристики вихідної напруги тісно пов'язані з параметрами навантаження. Залежні пристрої видають струм, що визначається частотою місцевої мережі, з постійними значеннями. У автономних пристроях можливі плавні зміни напруги від нуля до максимально допустимого значення. Тому такі інвертори найчастіше використовуються в різних схемах.

Як працює трьохфазний інвертор

Силова частина трьохфазного інвертора складається з шести транзисторних ключів, позначених від VT1 до VT6, та шести діодів оберненого струму VD1–VD6. Діоди з'єднані у загальний міст і підключені паралельно до джерела живлення.

Силовa трифазна ланка інверторів може бути побудована різними способами. У випадку постійної структури ланки, подача керуючих сигналів відбувається одночасно до трьох силових транзисторів. Таким чином, її структура залишається незмінною. У випадку використання змінної структури, кількість транзисторів для подачі керуючих сигналів часто менше трьох.

Тривалість перемикань, що виконуються транзисторними ключами, і частота напруги на виході залежать від використаної системи керування. У

інтервалі, що включає один період, перемикання на виході анодної та катодної груп транзисторів може відбуватися від одного до декількох разів.

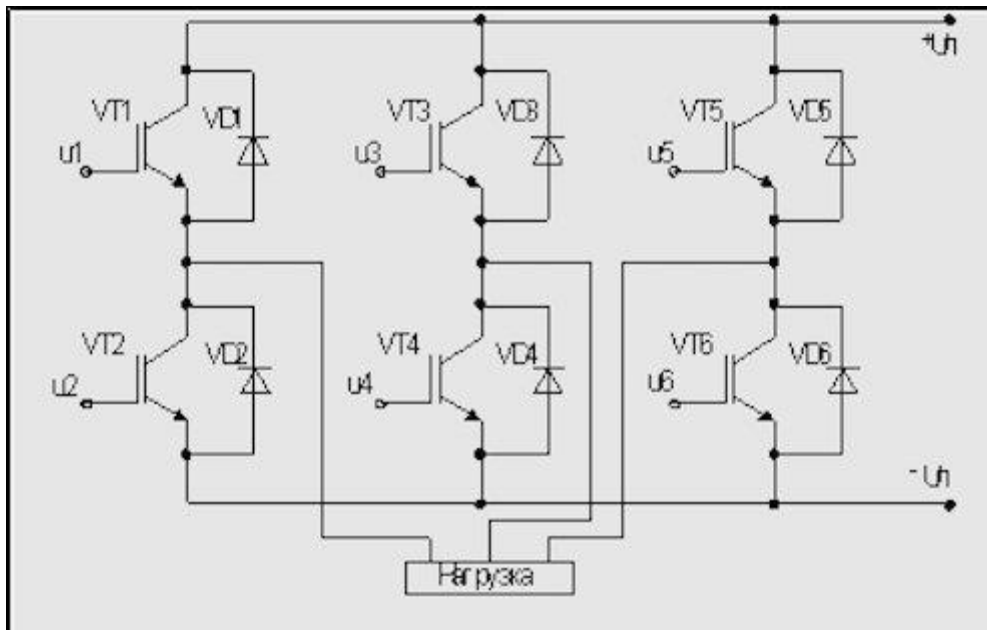


Рисунок 2.3 Трьохфазний автономний інвертор напруги

Конфігурація струму на виході відповідає характеристикам навантаження. Якщо навантаження є активно-індуктивним, то форму струму можна представити у вигляді ламаної лінії, розділеної на чотири частини, розташовані на півперіоду. Ефект від струмового навантаження визначається інтегруванням найбільш характерних ділянок струмової кривої. Потрібна форма навантаження, включаючи синусоїдальну форму, досягається за допомогою множинного включення та відключення керованих вентилів протягом одного періоду.

Регулювання вихідної напруги в інверторі здійснюється за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Сформована модуляція у вигляді прямокутника отримала назву широтно-імпульсного регулювання (ШІР). Таке регулювання вихідної напруги здійснюється за рахунок змінюваної тривалості підключення навантаження до джерела живлення.

Ця схема використовується в момент паузи між імпульсами, коли відбувається вимикання двох однакових силових транзисторів.

Схема підключення

Підключення трьохфазного інвертора як приклад можна розглянути в загальному зв'язку з електродвигуном. На наведеній нижче схемі зображено двигун М, що працює під керуванням ключів V1 – V6. Усі напівпровідники для більш наочного відображення показані як звичайні механічні контакти. Для живлення використовується постійна напруга U_d , що поступає з випрямителя, не позначеного на схемі. Ключі 1, 3, 5 відносяться до верхніх, а три ключі 2, 4, 6 - до нижніх.

Верхні та нижні ключі ніколи не відкриваються одночасно, щоб уникнути короткого замикання. Схема буде працювати нормально, коли нижній ключ відкривається, а верхній в цей час уже знаходиться в закритому стані. Для формування цієї паузи використовуються контролери.

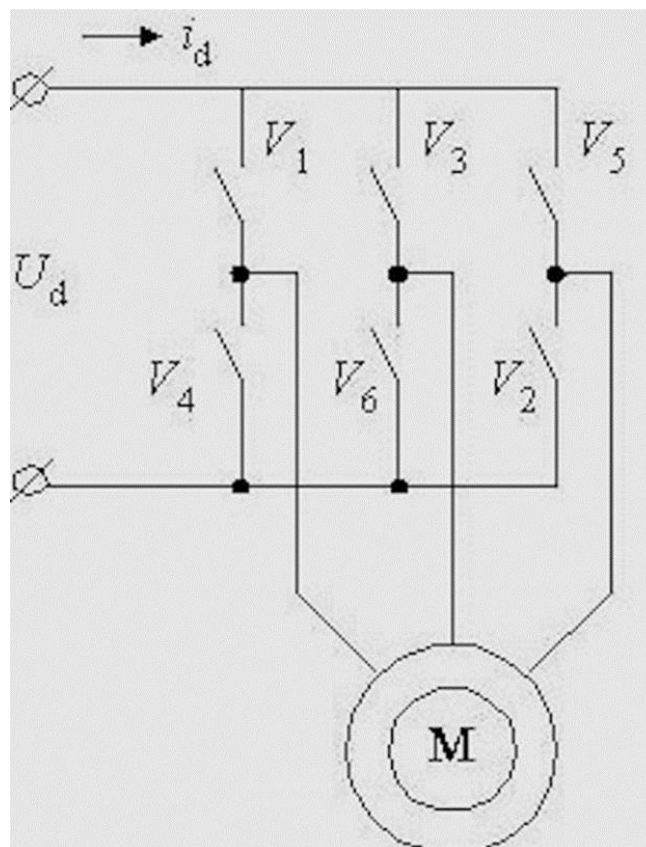


Рисунок 2.4 Схема підключення трьохфазного інвертора

Тривалість паузи повинна гарантувати своєчасне закриття силових транзисторів. Якщо цей часовий інтервал недостатній, верхній і нижній ключі можуть одночасно відкритися на дуже короткий проміжок часу. Це небажано і не повинно ставатися систематично, оскільки вихідні транзистори нагріваються і швидко вийдуть з ладу. Подібна ситуація відома як "сквозні струми".

Існує гальванічне зв'язок між нижніми і верхніми ключами та керуючим пристроєм. Подача сигналу керування здійснюється через резистори безпосередньо до композитного транзистора, що виконує функції драйвера нижнього ключа. У верхніх ключів відсутній гальванічний зв'язок з елементом керування та загальним провідником. Тому для більш ефективного керування до верхнього композитного транзистора, крім драйвера, додатково встановлюється оптрон. Живлення верхніх ключів здійснюється від окремих випрямителів, кожен з яких підключений до власної обмотки трансформатора.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АВТОНОМНОГО ІНВЕРТОРА НАПРУГИ З ШІМ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА НА МОДЕЛІ

3.1. Постановка завдання на моделювання.

Інвертор для живлення асинхронного двигуна має дозволяти плавне регулювати частоту обертання його ротора.

Як було проаналізовано в першому розділі роботи є декілька можливостей регулювання частоти обертання асинхронного двигуна. Основне рівняння частоти обертання асинхронного двигуна має такий вигляд

$$n = \frac{60f}{p} (1 - s).$$

З цього співвідношення випливає, що частоту обертання можна регулювати шляхом:

- зміни ковзання;
- зміни числа пар полюсів статорної обмотки;
- зміною частоти напруги f .

Очевидно, що з практичної точки зору прийнятним є тільки останній спосіб - зміною частоти напруги f .

Цей метод дозволяє плавно регулювати частоту обертання в широкому діапазоні. Механічні характеристики двигуна при цьому досить жорсткі та забезпечують стабільну роботу приводу. У разі підтримки магнітного потоку двигуна незмінним регулювання його частоти обертання провадиться при постійному моменті. Для цього необхідно при зміні

частоти в тому ж напрямку і в тій же кратності змінювати і величину напруги або використовувати інші відомі способи регулювання.

В роботі розглянуто застосування для цієї мети автономного інвертора напруги.

В цьому розділі наведено коротке описання перетворювачів напруги, і розроблена для них модель та наведені результати моделювання.

Для проведення моделювання вибрано пакет моделювання Simulink.Matlab.

3.2. Трифазний автономний інвертор напруги

Інвертори, що генерують трифазну синусоїдальну напругу потрібні для трифазних асинхронних двигунів із регульованою швидкістю обертання, різних електромеханічних систем. Простий трифазний інвертор можна отримати, об'єднавши три однофазних інвертора. Для реалізації такого інвертора потрібні 6 ключів. Отримувані фазні напруги представляють прямокутні імпульси, зміщені один щодо одного на третину періоду.

Трифазна схема інвертора показана на рис. 3.1. У схему трифазного інвертора входять транзистори $VS1-VS6$ і включені паралельно їм зворотні діоди $VD1-VD4$. Навантаження $zA - zC$ підключено до загальної точки з'єднання транзисторів $VS1, VS3, VS5$ анодної та $VS2, VS4, VS6$ катодної груп інвертора. Паралельно до джерела напруги E_d включений конденсатор C_d великої ємності, через який протікають вищі гармоніки вхідного струму. В результаті роботи інвертора на його виході (фази А, В і С) формується трифазна симетрична система напруг u_A, u_B і u_C навантаження. Діаграма керування транзисторами інвертора показано на рис. 3.2 (а, б, в, г, д, е).

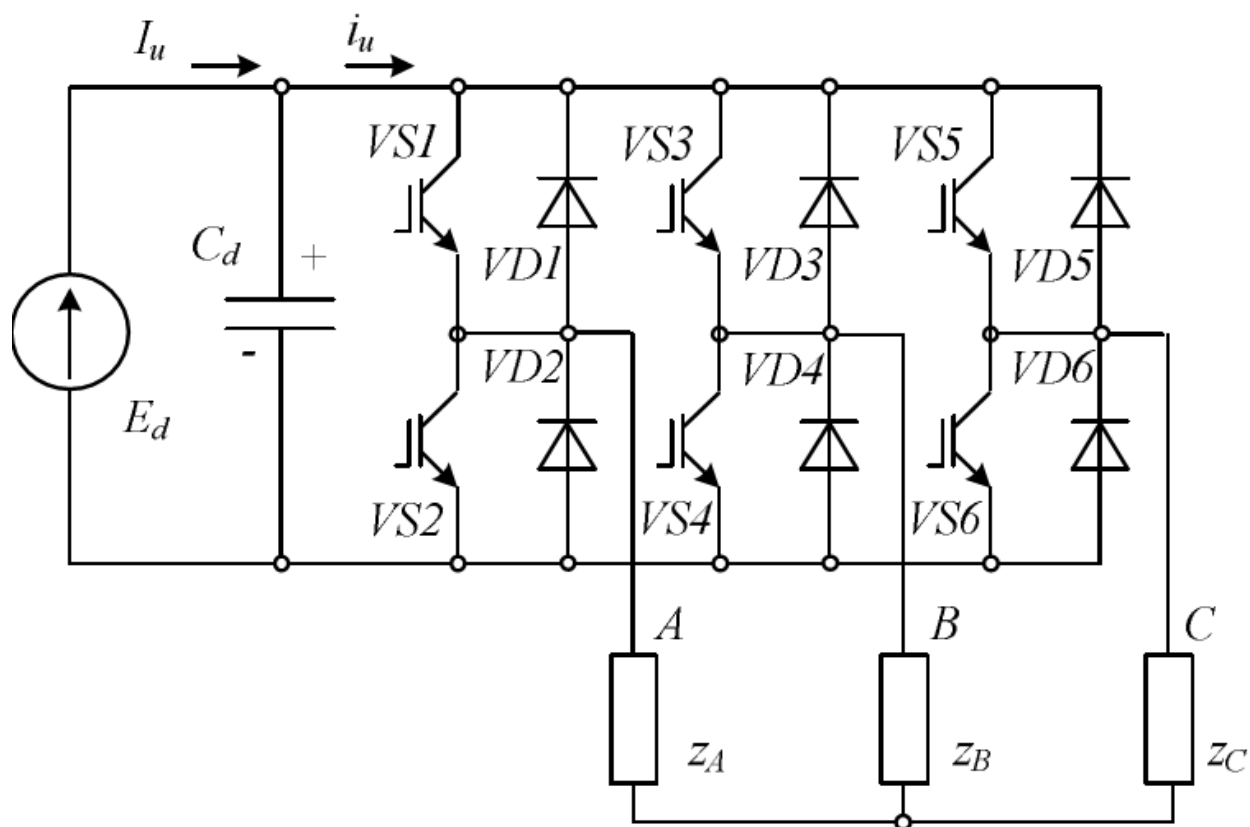


Рис. 3.1. Трифазний автономний інвертор напруги

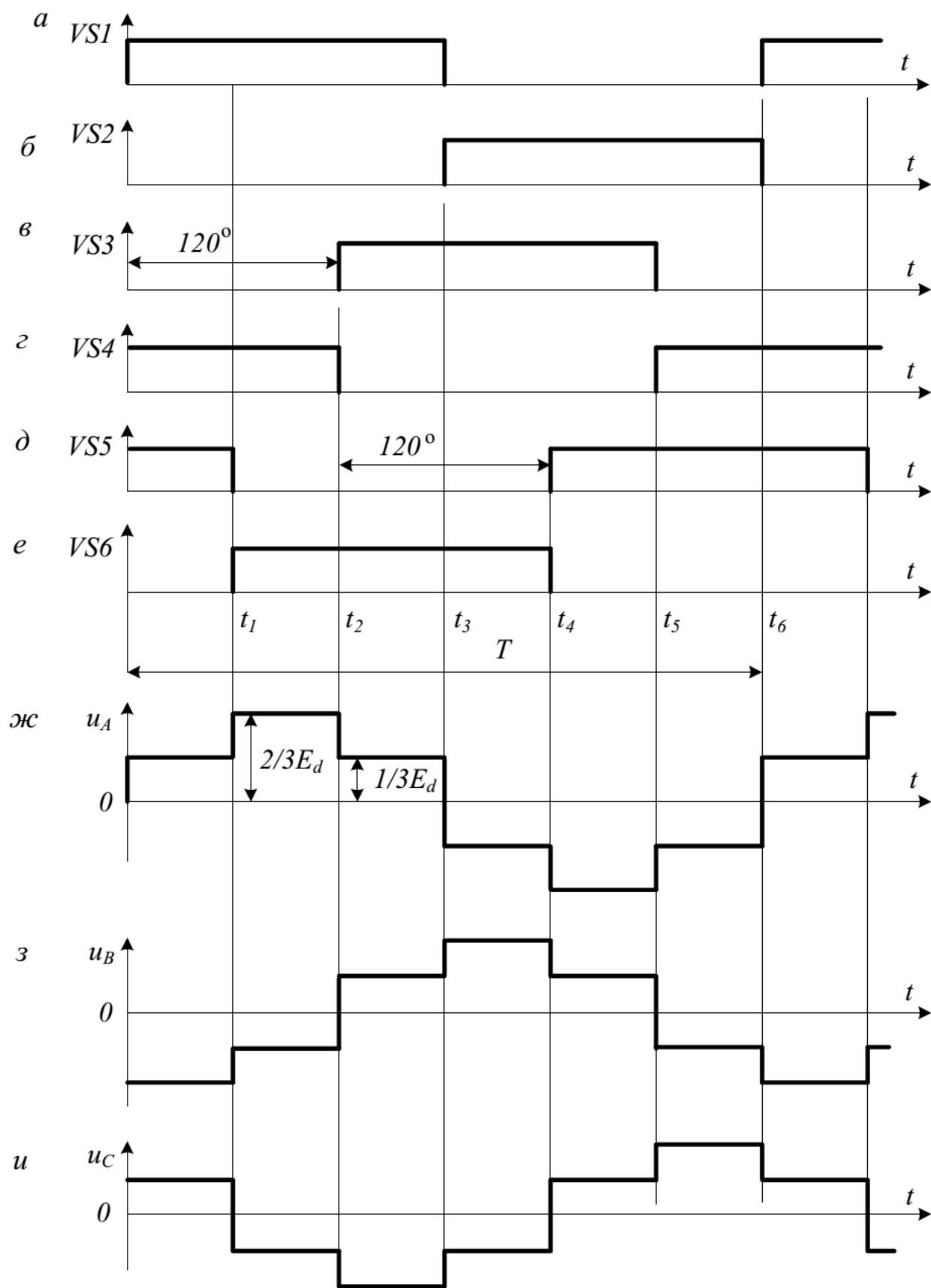


Рис. 3.2. Діаграми роботи трифазного АІН: а, б, в, г, д, е – імпульси керування транзисторами; ж, з, і – діаграми вихідної напруги

3.3. Метод широтно-імпульсної модуляції

Метод широтно-імпульсного модулювання (ШІМ) напруги інвертора розглянемо з прикладу схеми однофазного автономного інвертора напруги (рис. 4.11). На рис. 4.19 наведено форми напруг u_{m1} , u_{m2} та $u_{гпн}$, за допомогою яких відбувається формування імпульсів управління VS1–VS4 транзисторами інвертора, а також форма його вихідної напруги u_n , отримана методом ШІМ.

Широтно-імпульсне модулювання вихідної напруги інвертора здійснимо за синусоїдальним законом. Для цього використовується модулююча функція u_{m1} синусоїдальної форми (Рис. 3.3.)

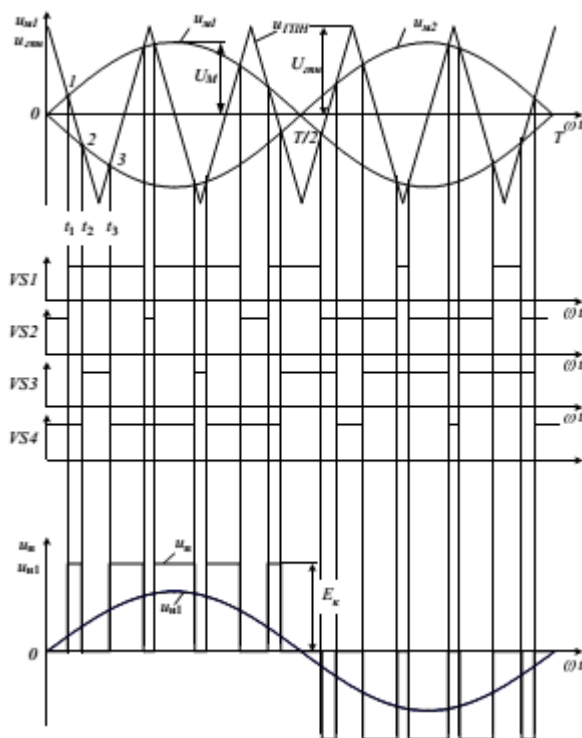


Рис. 3.3. Діаграми, що пояснюють метод ШІМ-модуляції

3.4. Модель автономного інвертора напруги із трифазним асинхронним двигуном

Модель автономного інвертора напруги із трифазним асинхронним двигуном в середовищі Simulink/Matlab наведено на рис. 3.4.

Живлення асинхронного двигуна від 3-фазного інвертора з ШІМ

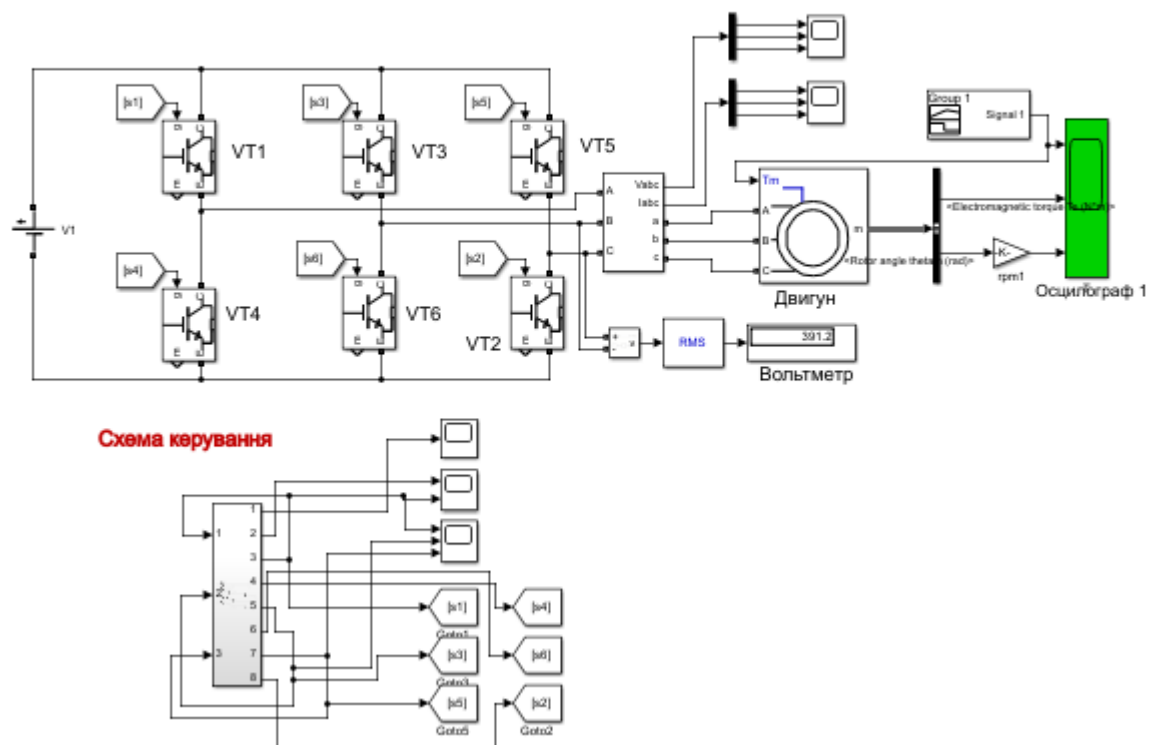


Рис. 3.4. Симулінк-модель автономного інвертора напруги із трифазним асинхронним двигуном

Для моделювання обрано трифазний АД з такими параметрами.

- Номінальна потужність - 18,45 Вт, лінійна напруга 400 В, частота живлячого струму - 50 Гц.

- Активний опір статорної обмотки - 0.5968 Ом; індуктивність - 0.000349 Гн.
- Активний опір ротора - 0.6258 Ом; індуктивність - 0.005473 Гн.
- Взаємна індуктивність - 0.0354 Гн.
- Фактор інерції - 0.05 кг м²; коефіцієнт тертя - 0.005879 Н м;
число пар полюсів – 2.

Механічний момент на валу був заданий довільно у вигляді функції, що збільшується (рис. 3.5).

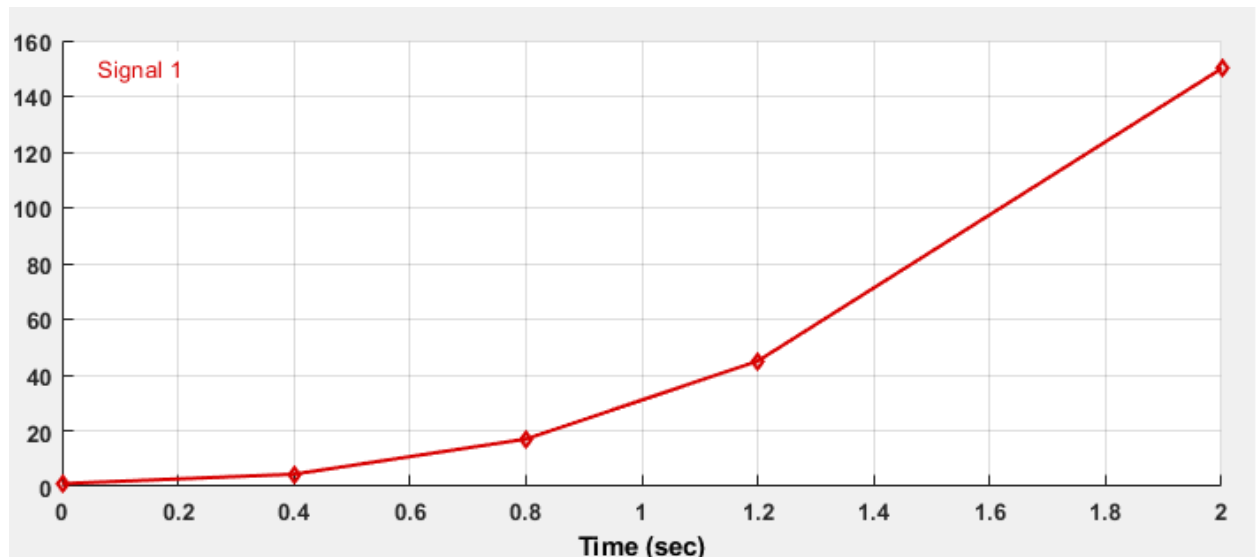


Рис. 3.5. Механічний момент на валу двигуна

Модель складається з АІН на шести IGBT транзисторах. Для управління IGBT транзисторами використовується схема керування, яка задає управляючі імпульси на затворах транзисторів.

Управляючі імпульси, що подають на затвор IGBT транзисторів, формуються пристроєм управління, у вигляді широтно-імпульсних імпульсів, модульованій синусоїдалним сигналом (рис. 3.6).

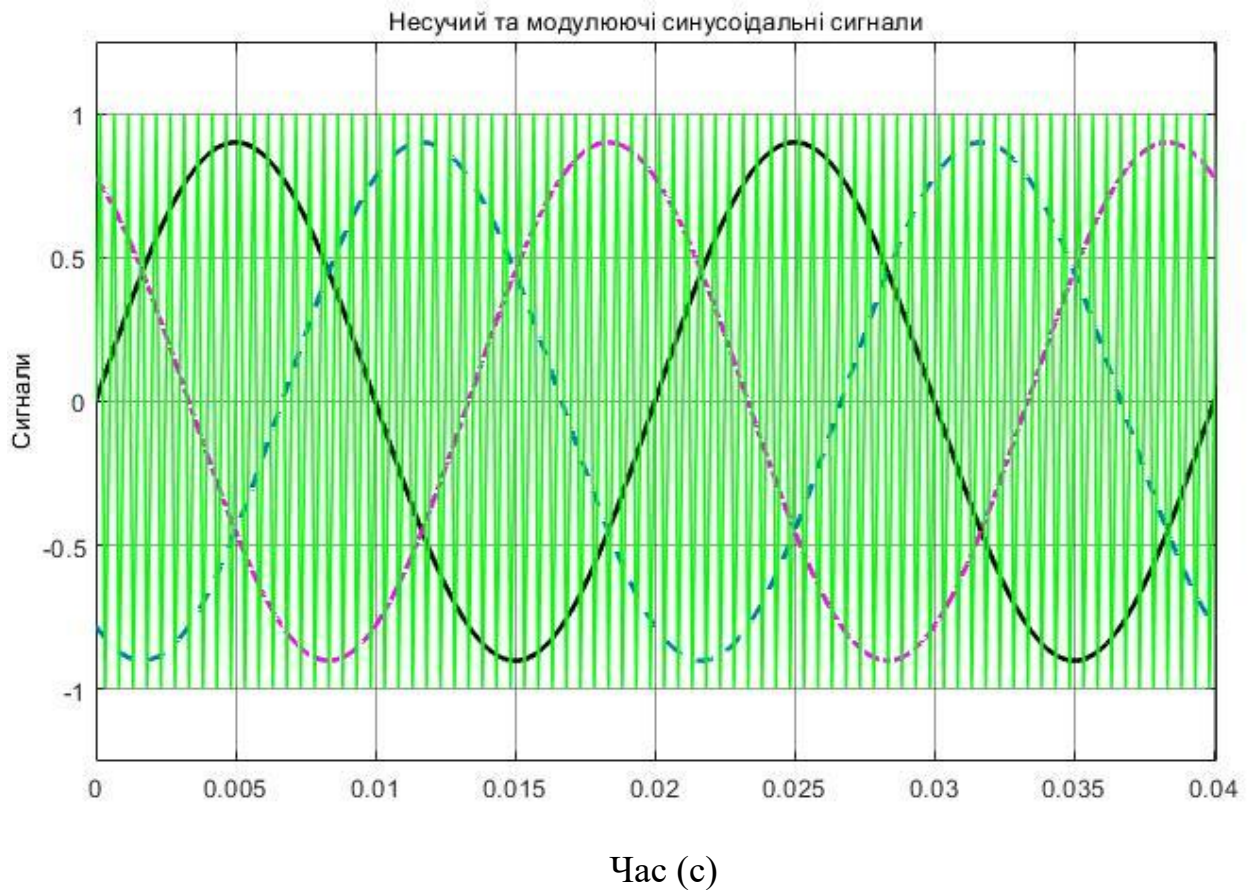


Рис. 3.6. Формування управляючих широтно-імпульсних сигналів

Трифазний струм на виході АІН, що подається на двигун (рис. 3.7), після пускового струму при включенні двигуна спочатку зменшується, а потім спостерігається його збільшення внаслідок збільшення механічного моменту на валу двигуна (рис. 3.5).

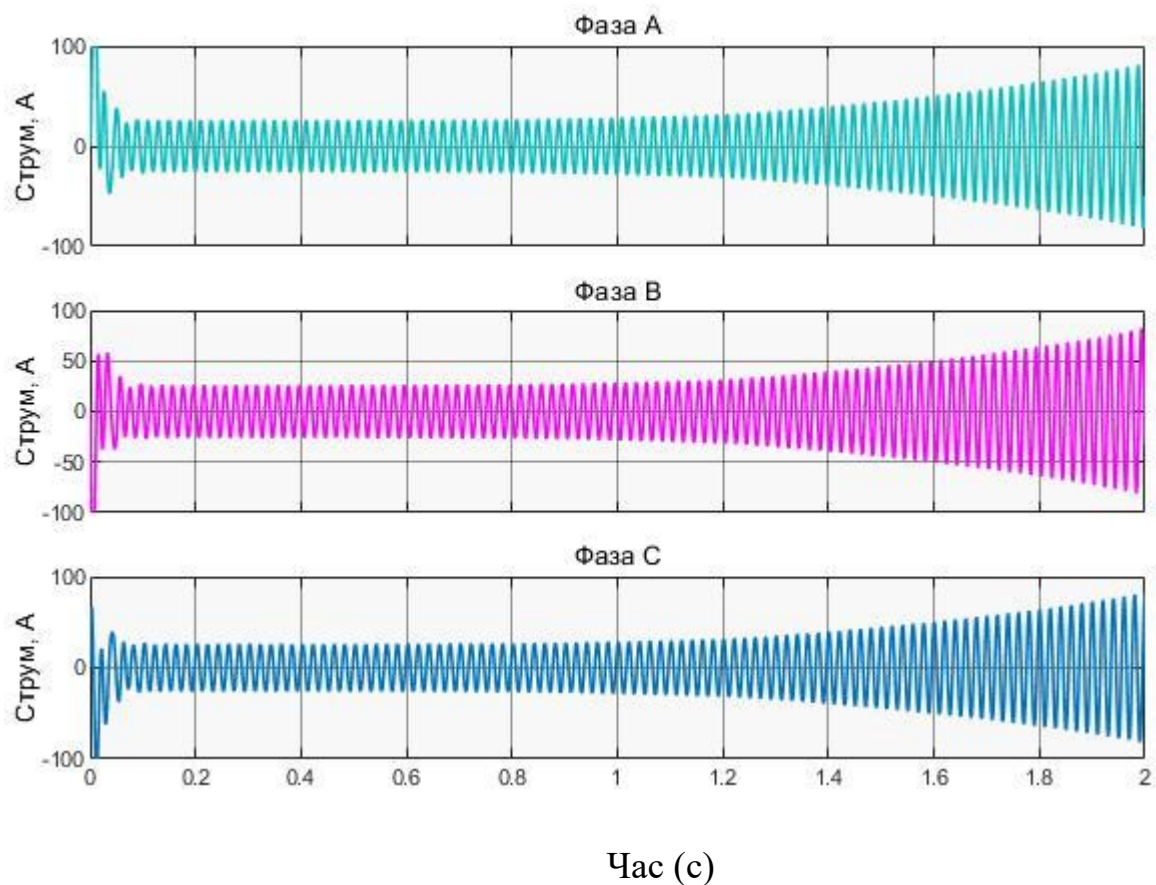


Рис. 3.7. Струм на виході АІН

При збільшенні механічного моменту на валу двигуна збільшується електромагнітний момент, а швидкість обертання валу зменшується від номінальної 1500 об/хв до 1200 об/хв на 2-й секунді після включення напруги (рис. 3.7).

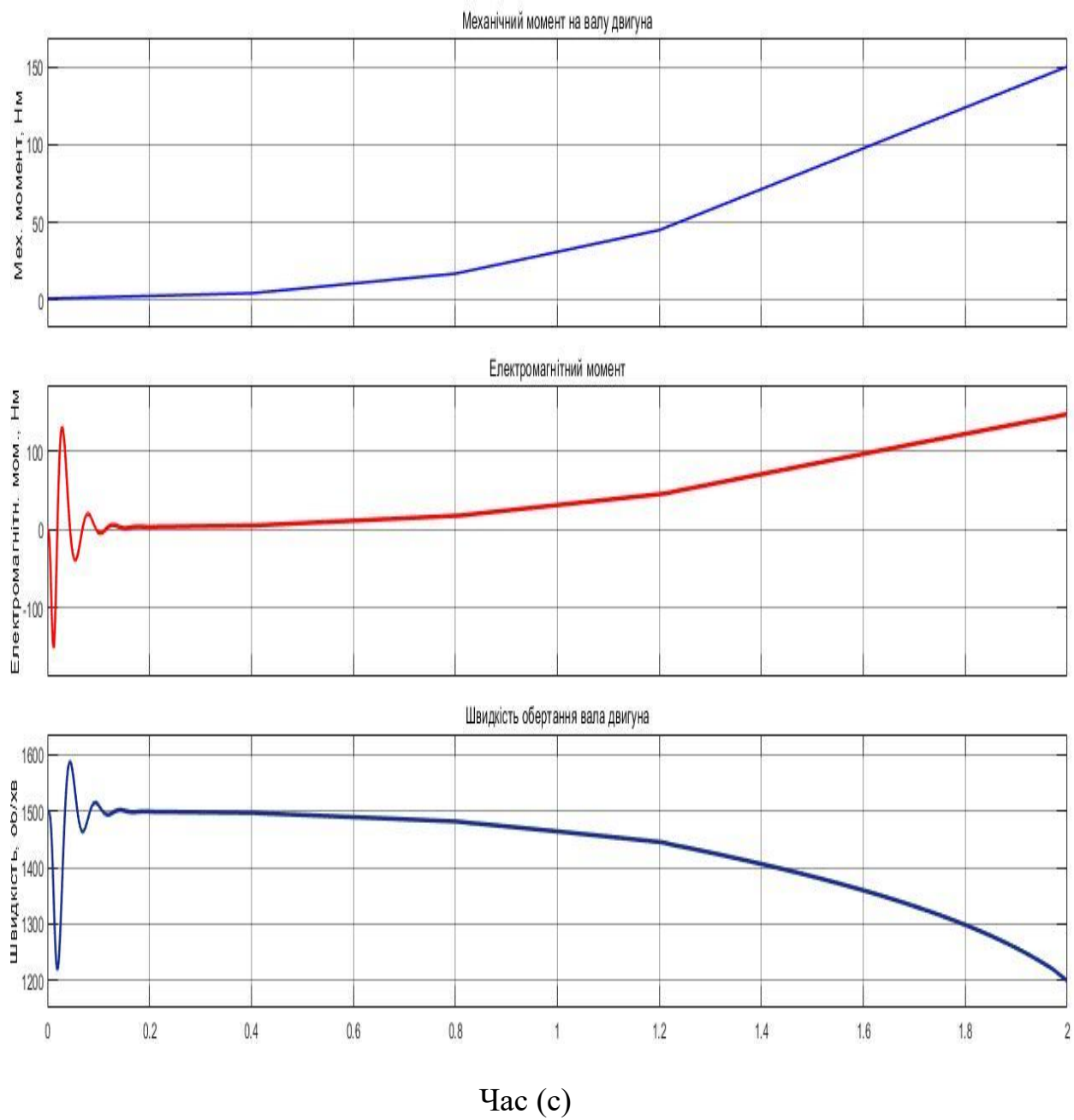


Рис. 3.7. Часові залежності механічного моменту на валу двигуна, електромагнітного моменту і швидкості обертання вала.

3.5. Висновки за розділом.

Розроблено модель автономного інвертора напруги з ШІМ для живлення асинхронного двигуна і досліджено його роботу.

Отримані в результаті моделювання дозволяють проаналізувати струм двигуна, електромагнітний момент і швидкість обертання валу двигуна в залежності від навантаження на валу двигуна.

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. Маловичко В.В. Анализ отказов napольных 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.