

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Комп'ютерні технології і системи
(назва факультету)

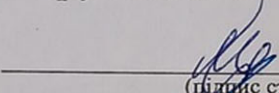
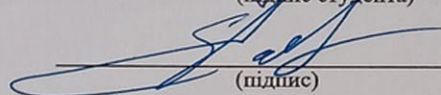
Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
I ступеня
(ступінь вищої освіти)

на тему: Розробка і дослідження інверторів для пристроїв резервного живлення електроприводів автоматичних переїзних шлагбаумів (комплексна)
за освітньою програмою Автоматика та автоматизація на транспорті
зі спеціальності: 151. Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: АТ 20160

Керівник:

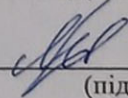

(підпис студента)

(підпис)

/ Ярослав МЕЛЬНИК /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ 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: Development and research of inverters for backup power supply devices
for electric drives of automatic crossing barriers (complex)

according to educational curriculum Automatics and automation in transport

in the Speciality: 151. Automation and computer-integrated technologies

(speciality and its code)

Done by the student of the group: AT 20160 / Yaroslav MELNYK /
(name, surname)

Scientific Supervisor: / Volodymyr HAVRYLIUK /
(position, 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: Автоматика та автоматизація на транспорті

Спеціальність: 151. Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр та 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 Мельнику Ярославу Олександровичу
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Розробка і дослідження інверторів для пристроїв резервного живлення електроприводів автоматичних переїзних шлагбаумів (комплексна)

Керівник роботи: Гаврилук Володимир Ілліч д.ф.-м.н., професор
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від "25" 10 2022р. № 1093

2. Строк подання студентом роботи: 16 . 06 . 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Галузеві нормативні документи, схеми і опис шлагбаумів

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

1.1 Стан проблеми. постановка мети та завдання досліджень

1.2 Розрахунок номінальної потужності та номінального струму електродвигуна автошлагбауму ПАШ-1

1.3 Розробка схеми інвертора для живлення електроприводу шлагбаума

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Стан проблеми. Постановка мети та завдання досліджень	05.05	
2	Розрахунок номінальної потужності та номінального струму електродвигуна автошлагбауму ПАШ-1	15.05	
3	Розробка схеми інвертора для живлення електроприводу шлагбаума	30.05	
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри		
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент

_____ (підпис)

Ярослав МЕЛЬНИК

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Зміст дипломного проекту: 37 сторінок, 16 рисунків, 15 джерел літератури.

Тема роботи - Розробка та дослідження інверторів для пристроїв резервного живлення електроприводів автоматичних переїзних шлагбаумів (комплексна).

Мета роботи - розробити та дослідити схему інвертора, що забезпечує надійне та ефективне живлення електропривода шлагбаума в разі вимкнення основного джерела енергії.

У першому розділі роботи описується актуальність і мета дослідження, а також формулюються основні завдання, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети.

У другому розділі проводиться розрахунок параметрів електродвигуна, використовуваного для приводу автоматичного переїзного шлагбаума ПАШ-1, таких як номінальна потужність, номінальний струм, швидкість обертання і крутний момент.

У третьому розділі представлено розробку схеми інвертора, який забезпечує живлення електропривода шлагбаума від джерела постійного струму, наприклад, від акумуляторної батареї. Також аналізується принцип роботи інвертора та його основні характеристики.

Ключові слова: автошлагбаум, інвертор для живлення електроприводу.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.	8
1.1. Шлагбауми автоматичні переїзні. Загальна характеристика.	8
1.2. Шлагбауми автоматичні переїзні типу ПАШ-1.	9
1.3. Шлагбауми автоматичні переїзні типу ША.	13
1.4. Кінематична схема автошлагбаума типу ПАШ-1.	16
1.5. Висновки за розділом, постановка мети та завдання дослідження.	18
2. РОЗРАХУНОК НОМІНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА НОМІНАЛЬНОГО СТРУМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА АВТОШЛАГБАУМУ ПАШ-1.	20
3. РОЗРОБКА СХЕМИ ІНВЕРТОРА ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ШЛАГБАУМА.	23
3.1. Розробка схеми резервного живлення електроприводу автошлагбаума.	23
3.2. Перетворювач для живлення електроприводу автошлагбаума.	24
3.3. Трифазний інвертор.	27
3.4. Дослідження роботи перетворювача для живлення електроприводу переїзного шлагбаума	32
ВИСНОВКИ	35
ЛІТЕРАТУРА	36

ВСТУП

Спеціальні пристрої, які називаються автоматичними переїзними шлагбаумами, встановлюються на залізничних переїздах для забезпечення безпеки перетину залізничних колій автотранспортом та іншими засобами пересування. Вони захищають пасажирів і водіїв від зіткнення з поїздом під час переїзду через залізницю та інформують їх про наближення до переїзду за допомогою світлових і звукових сигналів. Шлагбауми регулюють рух транспорту, пропускаючи його в певні проміжки часу і закриваючи проїзд в інший час. Автоматичні переїзні шлагбауми обладнані різними електронними пристроями, які забезпечують їхнє функціонування та безпеку.

Однією з основних вимог до автоматичних переїзних шлагбаумів є надійність їхньої роботи за різних умов експлуатації, зокрема в разі відключення основного джерела живлення. Для цього необхідно використовувати пристрої резервного живлення, які забезпечують подачу електроенергії на електроприводи шлагбаумів у разі аварії.

Суттєвим недоліком існуючої схеми є відсутність резервного живлення, що є важливим для віддалених шлагбаумів де можуть виникати тимчасові проблеми з електропостачанням.

Розробка конвертора напруги для живлення електрошлагбаумів дозволяє позбутися двох відмічених проблем, а саме, перетворити змінний однофазний струм у трифазний, а також забезпечити резервне живлення автошлагбаумів. Розвиток елементної бази силової електроніки привів до незначних цін на перетворювачі невеликої потужності, а сучасні акумулятори, що можуть експлуатуватися довгий час практично без обслуговування, дозволяє розробити резервне живлення.

1 СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Шлагбауми автоматичні переїзні. Загальна характеристика

Автоматичні переїзні шлагбауми - це спеціальні пристрої, які встановлюються на залізничних переїздах з метою безпечного перетину залізничних колій автомобілями та іншими транспортними засобами. Ці шлагбауми забезпечують безпеку пасажирів та водіїв, що перетинають залізничний переїзд, і допомагають уникнути небезпеки зіткнення з поїздом.

Шлагбауми встановлюються для того, щоб контролювати рух транспорту, дозволяючи пропускати його через певний проміжок часу, а потім блокуючи проїзд. Шлагбауми також забезпечують сигнальну та світлову інформацію, що попереджує водіїв про наближення до переїзду, дозволяючи їм зменшити швидкість та припинити рух.

Сучасні автоматичні переїзні шлагбауми оснащені різноманітними електронними пристроями, які забезпечують їх роботу та безпеку. Ці пристрої можуть включати системи автоматичного управління рухом, системи контролю доступу, системи відеоспостереження та інші.

Загалом, автоматичні переїзні шлагбауми - це важливий елемент інфраструктури дорожнього руху, який допомагає забезпечити безпеку на дорозі та покращити регулювання транспортного потоку.

Основними компонентами автоматичного переїзного шлагбауму є: світлофор, стрілочний механізм, контролер, блок живлення, блок управління та інші елементи. Ці компоненти працюють разом, щоб забезпечити безпечний перехід транспортних засобів через залізничний переїзд.

Однією з важливих переваг автоматичних переїзних шлагбаумів є їх надійність та точність. Вони можуть працювати в різних умовах, включаючи погану погоду та високий рівень трафіку, забезпечуючи безпеку для пасажирів та водіїв.

Для забезпечення безпеки та ефективності роботи автоматичних переїзних шлагбаумів є необхідність регулярного технічного обслуговування та ремонту. Це може включати перевірку та заміну елементів, які зношуються, а також встановлення нових елементів для підвищення ефективності та безпеки.

Окрім технічних показників, автоматичні переїзні шлагбауми мають значний вплив на зниження кількості нещасних випадків на залізничних переїздах.

Варто відзначити, що автоматичні переїзні шлагбауми мають свої недоліки. Один з них полягає у високій вартості встановлення та обслуговування. Крім того, у разі відключення живлення чи пошкодження елементів може виникнути небезпека.

З огляду на постійне зростання кількості транспорту та швидкість залізничного руху, забезпечення безпеки на залізничних переїздах стає все більш актуальним завданням. Саме тому, важливо регулярно проводити огляд та модернізацію автоматичних переїзних шлагбаумів, щоб забезпечити їх оптимальне функціонування та високий рівень надійності.

1.2 Шлагбауми автоматичні переїзні типу ПАШ-1

З 1995 року виготовляються автошлагбауми наступних типів: ПАШ 1-4 з довжиною загороджувального бруса 4 м, ПАШ1-6 з довжиною загороджувального бруса 6 м, і ПАШ1-8 з довжиною загороджувального бруса 8 м.

Шлагбаум встановлюється на окремий фундамент з правого і лівого боку залізничного переїзду і управляється в автоматичному режимі або з поста керування переїздом. При установці на існуючий фундамент (при заміні шлагбаума на новий) необхідно використовувати перехідну раму.

Шлагбаум складається з електроприводу, закріпленого на бетонному фундаменті, загороджувального бруса довжиною 4, 6 або 8 м з противагою.

Силовий механізм являє собою електродвигун і двоступінчастий редуктор. Перший ступінь редуктора - черв'ячний однозахідний самогальмівний механізм.

Другий ступінь - циліндрична прямозуба передача з вбудованою електромагнітною муфтою в зубчастому колесі.

Електродвигун служить для створення обертового моменту, необхідного для зміни положення загороджувального бруса.

Черв'ячний редуктор призначений для створення необхідної частоти обертання головного валу і замикання загороджувального бруса в крайніх положеннях.

Корпус являє собою зварювально-згинальну конструкцію з листового сталевого прокату. Корпус має спеціальний вивід для кабелю управління, який обробляється на клемник. Кришка відкривається зверху і являє собою зварену конструкцію. У кришці приварена клямка для замку і закріплений ущільнювач.

Курбельний вимикач складається з контактних ножів, які встановлені на одній осі з курбельною заслонкою і, повертаючись разом з нею, розривають електричний контакт між губками. Курбельна рукоятка вставляється в тригранний вихідний кінець вала редуктора і дозволяє здійснювати ручне переведення.

Загороджувальний брус призначений для фізичного огороження проїжджої частини дороги шляхом її поперечного перекриття і має рівномірно рознесені по довжині червоні світлоповертачі.

Для плавного опускання загороджувального бруса в конструкції шлагбаума передбачений гідравлічний гаситель клапанного типу та датчики кінцевих положень. По конструкції шлагбаума гідрогаситель включається в роботу за 25° до закінчення перевodu загороджувального бруса, а на підйом загороджувальний брус працює зі зниженим опором в кінці перевodu (за 15° до зупинки).

Шлагбаум забезпечений спеціальним пристроєм, що фіксує положення загороджувального бруса в піднятому положенні.

У шлагбаумах ПАШ 1 - 4, ПАШ 1 - 6 і ПАШ 1 - 8 застосовуються електродвигуни типу АІР 56 В4Б з напругою живлення змінним струмом 220 В, 50 Гц, 220/380 В; 0,18 кВт; 1350 об/хв, виконання 1М3681, які випускаються за

технічними умовами ТУ 16-521.674-86; електромагнітна муфта, з напругою живлення постійним струмом (12 ± 1) В.

За окремим замовленням випускаються шлагбауми також з електродвигуном постійного струму 24 В або трифазного струму 220 В; напругою живлення котушки електромагнітної муфти 24 В постійного струму.

Шлагбауми ПАШ1 мають наступні технічні характеристики:

Довжина загороджувального бруса (далі ЗБ)	4 м; 6 м	
Маса: ЗБ	не більше 35 кг	
електроприводу	не більше 100 кг	
Кут підйому ЗБ	не більше 90°	
	не менше 80°	
Час опускання ЗБ	10 ± 2 с	
Час підйому ЗБ	не більше 12 с	
Напруга живлення електродвигуна	~ 220 В ($\pm 10\%$); - 24 В ($\pm 10\%$);	
Номінальна потужність електродвигуна	180 Вт;	180 Вт;
Номінальний струм	1,17 А;	4,7 А;
Номінальний момент	не менше 170 Нм	
Напруга ланцюгів керування контролю і сигналізації	12 ± 1 В	
Висота встановлення ПАШ 1 за віссю обертання ЗБ над поверхнею проїжджої частини	від 1 до 1,25 м	

Електрична принципова схема електроприводу шлагбаума ПАШ1 наведена на рис. 1.1, де: М1- електродвигун типу АИР 56В4Б43; QS1; QS2 - колодки блок-контакту; SQ1, SQ2 - перемикачі МП 110744031А; ХІ - болт заземлення; XS1, XS2 - розетка двополюсна РД1-1, га0.364.010ТУ; ХТ1 - колодка клемна; YА1 - муфта електромагнітна.

Внутрішній електричний монтаж виконується проводом МГШВ-0,50. Опір ізоляції між струмоведучими частинами шлагбаума і корпусом в нормальних кліматичних умовах повинний бути не менш 20 МОм.

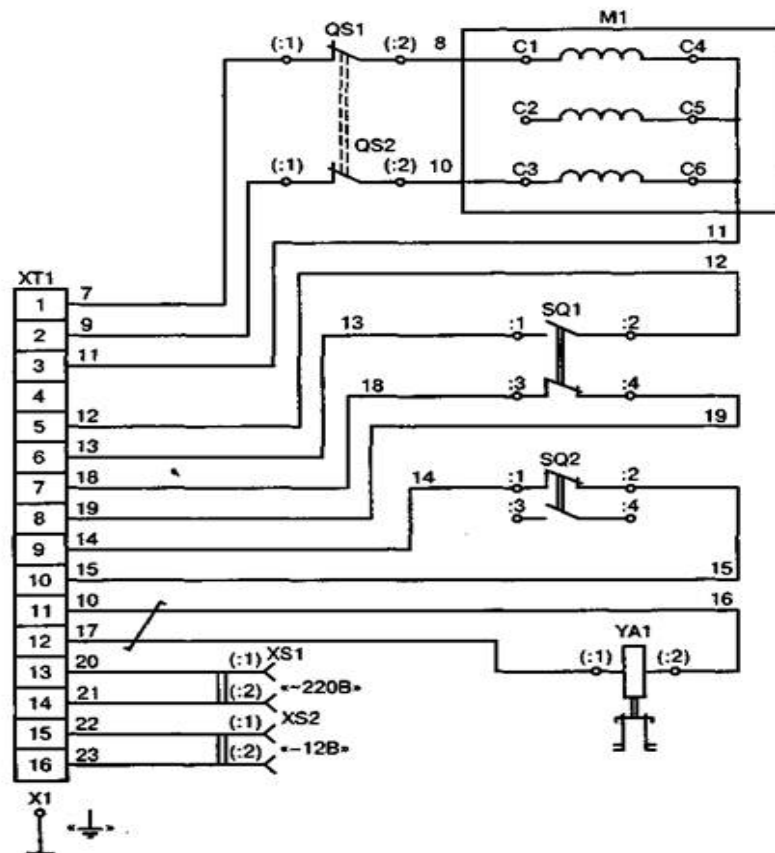


Рисунок 1.1 - Електрична схема електропривода автошлагбаума ПАШ-1

Балансування загороджувального бруса здійснюється переміщенням в пазах кронштейнів противаг. Гідравлічний гаситель при балансуванні від'єднується. Після балансування противаги закріплюються двома болтами, корончатою гайкою і шплінтом.

Електрична міцність ізоляції струмоведучих частин шлагбаума по відношенню до корпусу повинна витримувати протягом однієї хвилини випробувальну напругу 1500 В змінного струму частотою 50 Гц.

Положення загороджувального бруса регулюється упором гідрогасителя: горизонтальне положення загороджувального бруса - важіль в упорі з гідрогасителем, регулювання горизонту здійснюється закручування вилки в гідрогаситель.

Перед введенням в експлуатацію і два рази на рік проводиться заміна масла в редукторі в залежності від температури навколишнього повітря, осьового Л і З по ДОСТ 610-72. Для заміни масла необхідно відвернути пробку (внизу) в корпусі електроприводу, відвернути пробку (нижню) в корпусі редуктора і злити масло, пробку звернути; через бічну пробку черв'ячного редуктора залити в редуктор масло, норма заливки - 80 мл.

Один раз на рік проводиться заміна рідини ТОСОЛ-А65 в гідрогасителі наступним чином: від'єднати гідрогаситель від системи важелів, вийнявши шплінт і вісь; зняти гідрогаситель; зняти верхню кришку гідрогасителя (відвернувши 4 болта М8), тримаючи його вертикально, злити тосол. Закривши кришку, при нижньому положенні штока через пробку залити в гідрогаситель тосол, норма заливки - 200 мл.

Перед експлуатацією шлагбаум необхідно підключити до контуру заземлення за допомогою болта заземлення, розташованого на корпусі електроприводу шлагбаума.

У процесі експлуатації шлагбаума перед початком робіт з його перевірки та огляду необхідно перевести загороджувальний брус в горизонтальне положення і згорнути його в горизонтальній площині для пропуску автотранспорту, виключити можливість переведення загороджувального бруса по команді з поста або автоматики, шляхом виключення курбельного вимикача, повернувши заслінку вниз до упору. Після закінчення робіт загороджувальний брус повернути у вихідне положення.

1.3 Шлагбауми автоматичні переїзні типу ША

Шлагбауми переїзні автоматичні ША-8N, ША-8S, ША-6N, ША-6S, ША4N і ША-4S випускаються з 1999 року Армавірським підприємством і є модернізованим варіантом шлагбаумів ША-8, ША-6 і ША-4, що раніше випускалися Дніпропетровським заводом.

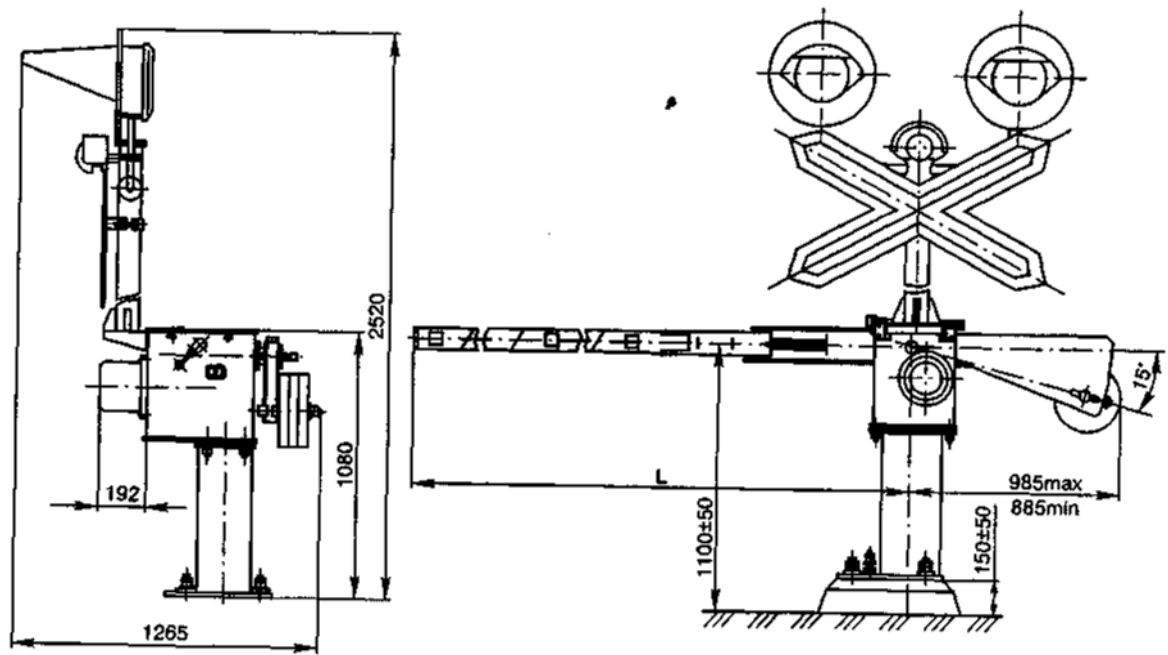


Рисунок 1.2 - Шлагбауми переїзні ША-8N, ША-8S, ША-6N, ША-6S, ША-4N, ША-4S

Шлагбауми переїзні автоматичні в залежності від типу електродвигуна змінного «N» або постійного «S» струму, довжини загороджувального бруса (ЗБ) випускаються в шести виконаннях.

Шлагбауми застосовуються в системах пристроїв огороження переїздів на станціях, перегонах, під'їзних коліях залізниць загального користування та промислового залізничного транспорту.

Шлагбауми комплектуються сигнальною головкою, призначеною для подачі світлового та звукового сигналів, що попереджає автотранспорт і пішоходів про наближення поїзда до переїзду. Подача звукового сигналу здійснюється дзвінком постійного струму типу ЗПТ-24 на 12 В.

Крутний момент на валу загороджувального бруса має бути в межах від 500 до 750 Нм.

Струм, споживаний електродвигуном змінного струму, має бути не більшим за 5,2 А за напруги на клеммах (220 В).

Струм, споживаний електродвигуном постійного струму, має бути не більшим за 12,5 А за напруги на клеммах ($24 \pm 1,2$ В).

Струм, споживаний електромагнітною муфтою, має бути не більше 2,0 А за напруги на клеммах (12 В).

Електричний опір між заземлювальним болтом, встановленим на корпусі шлагбаума, і корпусом у нормальних кліматичних умовах не повинен перевищувати 0,1 Ом.

Електрична міцність ізоляції між з'єднаними разом струмоведучими частинами і корпусом шлагбаума повинна витримувати без пробою і явищ розрядного характеру від джерела потужністю не менше 0,5 кВА випробувальну напругу змінного струму частотою 50 Гц протягом однієї хвилини:

- У нормальних кліматичних умовах - 500 В для ланцюгів напругою до 24 В і 1500 В для ланцюгів напругою більше 60 В;

- При впливі верхньої межі вологості за умовами експлуатації - 300 В для кіл напругою до 24 В і 900 В для кіл напругою більше 60 В.

Опір ізоляції між усіма сполученими разом струмоведучими частинами і корпусом шлагбаума має бути:

- За нормальних кліматичних умов - не менше 100 МОм;
- Під час впливу нижнього значення робочої температури -60°C - не менше 25 МОм;

- За відносної вологості повітря $(93\pm 3)\%$ за температури $(25\pm 10)^{\circ}\text{C}$ - не менше 25 МОм.

Шлагбауми випускаються з довжиною загороджувального бруса 4, 6 і 8 м.

Висота встановлення загороджувального бруса від поверхні проїжджої частини дороги при закритому положенні шлагбаума - 1-1,25 м.

Загороджувальний брус шлагбаума у відкритому положенні має перебувати під кутом $80-85^{\circ}$ від горизонталі.

Час переведення загороджувального бруса шлагбаума в загороджувальне положення під дією гравітаційних сил має бути не більше 12 с.

Час переведення загороджувального бруса шлагбаума у відкрите положення за допомогою електропривода має бути не більше 12 с.

Загороджувальний брус шлагбаума в загороджувальному положенні повинен перебувати в горизонтальному положенні. Допускається відхилення загороджувального бруса від горизонтального положення до 5° у той або інший бік.

Запобіжний пристрій, призначений для унеможливлення поломки загороджувального бруса під час наїзду на нього транспорту в загороджувальному положенні, повинен спрацювати за зусилля, прикладеного на кінці загороджувального бруса, що не менше:

- для загороджувального бруса завдовжки 4 м - 14 кг;
- для загороджувального бруса довжиною 6 м - 24 кг;
- для загороджувального бруса довжиною 8 м - 28 кг.

З метою безпеки шлагбаум забезпечений курбельною заслінкою, що забезпечує неможливість подавання живлення на електродвигун за відкритої кришки електроприводу, а також фіксувальним пристроєм, що забезпечує фіксацію бруса у відкритому положенні в разі підняття його вручну.

Шлагбаум забезпечує переведення загороджувального бруса в закритий стан у разі повної втрати електроживлення.

Кожен шлагбаум на заводі піддається обкатці на стенді: 100 циклів підняття й опускання бруса з частотою два цикли на хвилину.

Шлагбауми мають такі показники надійності:

- середнє напрацювання на відмову - $1,5 \cdot 10^5$ циклів;
- ресурс при номінальному моменті на валу загороджувального бруса - не менше $1 \cdot 10^6$ циклів;
- середній термін служби - 20 років.

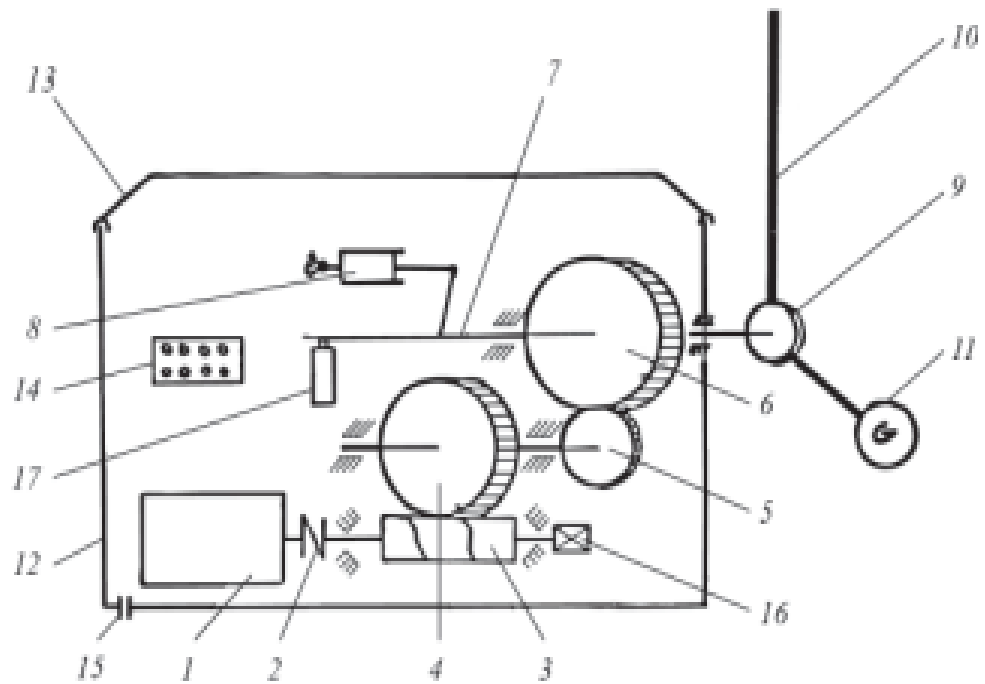
1.4 Кінематична схема автошлагбаума типу ПАШ-1

Кінематична схема автошлагбаума типу ПАШ-1 показана на малюнку 1.3.

Принцип роботи:

Під час вступу поїзда на ділянку наближення до переїзду вмикається дзвінок і світлофорна миготлива сигналізація.

Після закінчення часу, необхідного для звільнення переїзду від транспорту, схемою керування вимикається живлення електромагнітної муфти, головний вал відгальмовується, і під дією незбалансованості ЗБ головний вал повертається, а ЗБ опускається в горизонтальне положення.



1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – черв'ячний редуктор; 4 – черв'ячне колесо; 5 – шестерня циліндричного редуктора; 6 – колесо електромагнітної муфти; 7 – вал зубчатого колеса; 8 – гідрогаситель; 9 – вихідний фланець; 10 – загороджувальний брус; 11 – протизавага; 12 – корпус; 13 – кришка; 14 – клемна колодка; 15 – ввід кабелю; 16 – пристрій ручного переводу; 17 – автоперемикач

Рисунок 1.3 - Кінематична схема автошлагбаума типу ПАШ-1

В аварійному режимі передбачена можливість опускання ЗБ вручну, за допомогою курбельної рукоятки.

У разі відхилення ЗБ від вертикального положення на кут 10-15° для гасіння кінетичної енергії ЗБ відбувається ввімкнення гідрогасителя.

Амортизаційний пристрій забезпечує плавну зупинку ЗБ без хитаючи в кінці переведення

Для гасіння кінетичної енергії і демпфірування крайніх положень ЗБ у шлагбаумі передбачено гідрогаситель, механічна характеристика якого дає змогу автоматично підтримувати рівномірну швидкість опускання загороджувального бруса.

Після проходження поїзда за межі переїзду в парному або непарному напрямку, на електромагнітну муфту та електродвигун подається електроживлення, обертаючись, електродвигун піднімає ЗБ у вертикальне положення.

Обертання головного валу і вимкнення електроживлення електродвигуна відбудеться, коли ЗБ набуде вертикального положення, водночас електромагнітна муфта перебуває під струмом (напругою) і утримує ЗБ у цьому положенні.

У момент повернення ЗБ у вертикальне положення під час вимкнення електродвигуна вимикаються світлові та звукові сигнали.

1.5 Висновки за розділом, постановка мети та завдання дослідження

Як видно з проведеного літературного огляду найбільш поширеними на залізницях України є шлагбауми типу ПАШ-1 у яких застосовуються електродвигуни типу АІР 56 В4Б з напругою живлення змінним струмом 220 В, 50 Гц, 220/380 В; 0,18 кВт; 1350 об/хв з електромагнітною муфтою з напругою живлення постійним струмом (12 ± 1) В. За окремим замовленням випускаються шлагбауми також з електродвигуном постійного струму 24 В або трифазного струму 220 В; з напругою живлення котушки електромагнітної муфти 24 В постійного струму.

Струм електродвигуна змінного струму при напрузі на клеммах 220 В $\pm 5\%$, не більше, 2,5 А, струм електродвигуна постійного струму при напрузі на клеммах $(24 \pm 1,2)$ В, не більше, 5,2 А. Струм електромагнітної муфти при напрузі на клеммах 12 В, $1,33 \pm 0,1$ А, а при напрузі на клеммах 24 В, $0,65 \pm 0,1$ А.

Автошлагбауми на переїздах без чергового на ділянках з автоблокуванням живляться від однофазної мережі змінного струму 220 В, 50 Гц. При цьому

трифазний двигун підключається до однофазної мережі за допомогою конденсатора. Таке включення є неефективним і зменшує коефіцієнт потужності.

Суттєвим недоліком існуючої схеми є відсутність резервного живлення, що є важливим для віддалених шлагбаумів де можуть виникати тимчасові проблеми з електропостачанням. Також такі ситуації виникали на залізницях внаслідок військових дій.

З урахуванням того, що залізничні переїзди є місцем підвищеної небезпеки, вирішення цих завдань є важливим для практики.

Розробка конвертора напруги для живлення електрошлагбаумів дозволяє позбутися двох відмічених проблем, а саме, перетворити змінний однофазний струм у трифазний, а також забезпечити резервне живлення автошлагбаумів. Розвиток елементної бази силової електроніки привів до незначних цін на перетворювачі невеликої потужності, а сучасні акумулятори, що можуть експлуатуватися довгий час практично без обслуговування, дозволяє розробити резервне живлення.

Проблема, що розглядається є комплексною. В даній роботі розглянуто тільки один елемент пристрою живлення трифазного асинхронного електроприводу від однофазної мережі промислової частоти з можливістю резервного живлення.

Таким чином, метою даної роботи є розробка і дослідження пристрою живлення трифазного асинхронного електроприводу автоматичних переїзних шлагбаумів від однофазної мережі промислової.

2 РОЗРАХУНОК НОМІНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА НОМІНАЛЬНОГО СТРУМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА АВТОШЛАГБАУМУ ПАШ-1

Вихідні дані для розрахунку:

Кінематична схема	ПАШ-1
Час переведення t, с	10
Номинальне/максимальне зусилля (моменту) переведення, FН, Н (Нм)	175/550
Кут підйому загороджувального бруса, град.	90
Тип електродвигуна	Змінний трифазний

Розрахунок проведемо для електродвигуна АІР 56В4Б змінного струму на напругу 220В, потужністю 0,18 кВт, 1350 обертів за хвилину.

Визначимо кількість обертів головного вала за одну операцію:

$$N_{\text{з.в.}} = \frac{\alpha_{\text{з.в.}}}{360} = \frac{90}{360} = 0,25 \text{ обертів}$$

Визначимо частоту обертання головного валу:

$$n_{\text{з.в.}} = \frac{N_{\text{з.в.}}}{t} = \frac{0,25}{10} = 0,025 \text{ об./сек.} = 1,5 \text{ об./хв.}$$

Визначимо передавальне число редуктора:

$$i_{\text{ред}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{з.в.}}} = \frac{1350}{1,5} = 900$$

Автошлагбаум ПАШ-1 має двоступеневий редуктор. Передавальне число черв'ячного редуктора - 90.

Визначимо передавальне число циліндричної прямозубої передачі:

$$i_{\text{цп}} = \frac{\sum i}{\sum i_{\text{цп}}} = \frac{900}{90} = 10$$

Уточнене значення редуктора:

$$\sum i_{\text{ред}} = i_{\text{цп}} \cdot i_{\text{цп}} = 90 \cdot 10 = 900$$

Визначимо фактичний час підняття бруса:

$$t_{\text{под.ф.}} = \frac{\alpha_{\text{з.в.}} \cdot \Sigma i \cdot 60}{n_{\text{дв}} \cdot 360} = \frac{90 \cdot 900 \cdot 60}{1350 \cdot 360} = 10 \text{с}$$

Визначимо потужність на головному валу:

$$P_{\text{з.в.}} = \frac{M_{\text{з.в.}} \cdot n_{\text{з.в.}}}{9,55} = \frac{175 \cdot 1,5}{9,55} = 27,5 \text{ Вт}$$

Знайдемо додаткові втрати потужності електропривода. Ці втрати становлять 2% від корисної потужності на головному валу:

$$DP_{\text{дод}} = 0,55 \text{ Вт}$$

З урахуванням цих втрат P_4 складе:

$$P_4 = 0,55 + 27,5 = 28 \text{ Вт}$$

Визначимо втрати потужності в редукторі:

Так як $\eta_{\text{ред}} = \eta_{\text{цп}}^n \cdot n_{\text{чп}}^n$, де

$\eta_{\text{цп}}^n$ – ККД циліндрично-зубчастої передачі;

$\eta_{\text{чп}}^n$ – ККД черв'ячної передачі;

n - кількість пар редукторів.

$$\eta_{\text{ред}} = 0,84^1 \cdot 0,9^1 = 0,75$$

Визначимо потужність, передану на вхід редуктора з формули:

$$\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}$$

$$P_{\text{ред}} = \frac{P_4}{\eta_{\text{ред}}} = \frac{28}{0,75} = 37,3 \text{ Вт}$$

Визначимо втрати потужності в редукторі:

$$DP_{\text{ред}} = P_3 - P_4 = 37,3 - 28 = 9,3 \text{ Вт}$$

Визначимо втрати потужності в підшипниках (кочення):

$$DP_{\text{п}} = P_2 - P_3 = 41,9 - 37,3 = 4,6 \text{ Вт}$$

Корисна потужність на валу електродвигуна:

$$P_2 = \frac{P_{\text{ред}}}{\eta_{\text{п}}} = \frac{37,3}{0,89} = 41,9 \text{ Вт},$$

де $\eta_{\text{п}}$ - ККД підшипникових опор

$$\eta_{\text{п}} = \eta_{\text{пк}}^6 = 0,98^6 = 0,89$$

$h_{пк} = 0,98$ - ККД опор підшипників кочення.

Визначимо потужність, споживану електродвигуном із мережі:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_{двигат}} = \frac{41,9}{0,66} = 63,5 \text{ Вт}$$

Визначимо втрати потужності в електродвигуні:

$$\Delta P_d = P_1 - P_2 = 63,5 - 41,9 = 21,6 \text{ Вт}$$

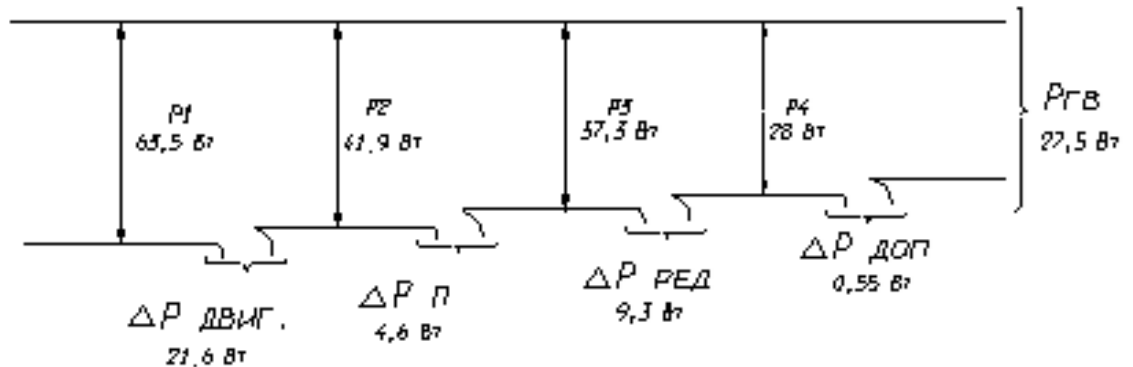


Рисунок 2.1 - Енергетична діаграма споживаної потужності з мережі P1 з урахуванням різних втрат

Визначимо ККД електроприводу і номінальний струм електродвигуна:

$$\eta_{ЭП} = \frac{P_{г.в.}}{P_1} = \frac{27,5}{63,5} = 0,43$$

Потужність, споживана трифазним електродвигуном змінного струму, що працює від однофазної мережі:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

Звідки номінальний струм електродвигуна:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \phi} = \frac{180}{220 \cdot 0,308} = 2,65 \text{ А}$$

3 РОЗРОБКА СХЕМИ ІНВЕРТОРА ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ШЛАГБАУМА.

3.1 Розробка схеми резервного живлення електроприводу автошлагбаума

Резервне живлення електроприводу автошлагбаума має на меті забезпечити неперервне живлення в разі відмови основного джерела електроенергії. Найпростіша у виконанні резервна схема живлення може бути побудована на основі акумуляторної батареї та інвертора. Основні етапи розробки такої схеми наведені нижче:

1. Визначення вимог до резервного живлення: Запровадження резервного живлення передбачає аналіз потужності, напруги та часу автономної роботи, необхідної для нормального функціонування електроприводу шлагбаума. Вимоги до резервного живлення повинні враховувати величину струму, необхідного для живлення приводу, а також тривалість автономної роботи, яку необхідно забезпечити.

2. Вибір акумуляторної батареї: Для забезпечення резервного живлення необхідно вибрати акумуляторну батарею, яка відповідає вимогам до потужності та напруги електроприводу шлагбаума. Варто врахувати ємність батареї, її розмір та вагу, а також можливість підтримки необхідної напруги протягом тривалого часу.

3. Вибір інвертора: Інвертор є ключовим компонентом схеми резервного живлення. Він виконує функцію перетворення постійного струму (від акумуляторної батареї) у змінний струм, необхідний для живлення електроприводу шлагбаума. Вибір інвертора повинен здійснюватись з урахуванням його потужності, ефективності, стабільності в роботі та сумісності з акумуляторною батареєю.

4. Побудова схеми підключення: Після вибору акумуляторної батареї та інвертора необхідно розробити схему підключення, яка забезпечить належну роботу резервного живлення. Схема повинна включати елементи для захисту від перевантаження, короткого замикання та інших можливих неполадок.

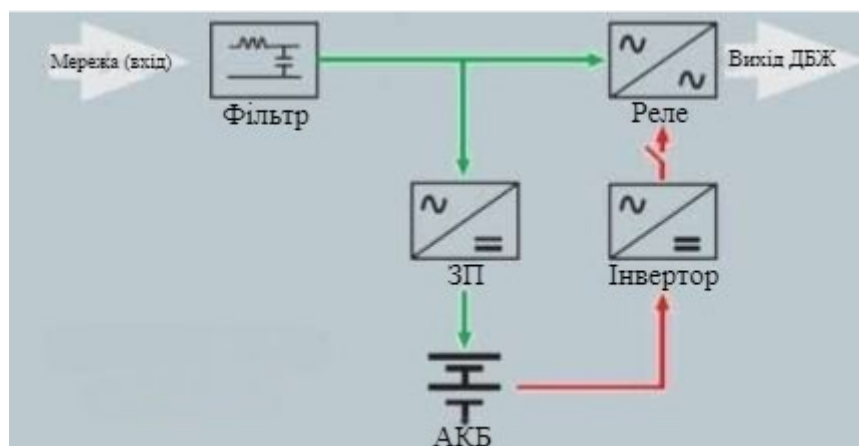


Рисунок 3.1 - Найпростіша схема резервного живлення

Найпростіша у виконанні резервна схема харчування передбачає наявність перемикаючого реле і пасивної фільтрації для придушення перешкод.

Для перетворення змінного струму в постійний в зарядному пристрої використовують випрямляч. А зворотна трансформація відбувається за допомогою інвертора.

У безперебійниках для перемикання ланцюга з мережі на акумулятор, як правило, встановлюють звичайні електромеханічні реле. Якщо ця деталь якісна, то її ресурсу вистачає на весь час функціонування ДБЖ. Але найчастіше, при поломці блоку проблема криється саме в цьому елементі конструкції.

3.2 Перетворювач для живлення електроприводу автошлагбаума

Перетворювачі частоти призначені для регулювання частоти обертання і моменту на валу асинхронного або синхронного електродвигуна. Перетворювач частоти - це прилад, призначений для перетворення змінного струму (напруги) однієї частоти (зазвичай частоти живильної мережі) у змінний струм (напругу) іншої частоти. Вихідна частота в сучасних інверторах може бути як нижчою, так і вищою за частоту мережі живлення.

Схему перетворювача однофазної напруги в трифазну з регулюванням частоти наведено на малюнку. Він складається з силової та керівної частин. Силова частина перетворювача складається з однофазного випрямляча на чотирьох діодах, фільтра та інвертора на транзисторах IGBT, що працюють у

режимі електронних ключів. Схема керування виконується на цифрових мікроконтролерах і забезпечує керування силовими електронними ключами, а також розв'язання великої кількості допоміжних завдань (захист, контроль, діагностика). Частотні інвертори мають структуру з явно вираженим блоком постійного струму (випрямляч + фільтр), що проілюстровано на малюнках 3.2 і 3.3.

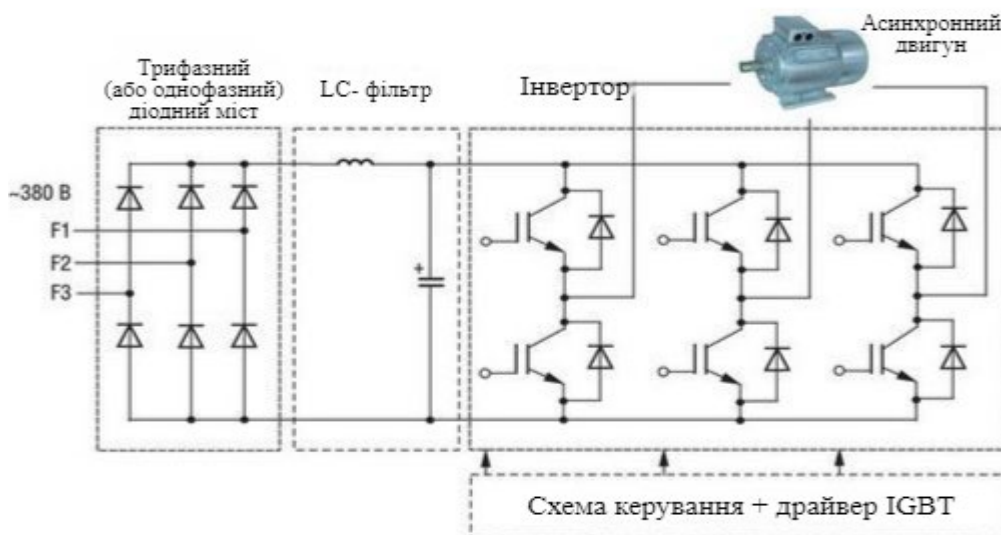


Рисунок 3.2 - Структурна схема частотних перетворювачів із ланкою постійного струму

У силовій частині перетворювача використовується однофазний випрямляч на чотирьох діодах, який перетворює змінний струм на постійний струм. Це дозволяє отримати стабільне постійне напругу живлення. Далі, через фільтр, який складається з індуктивності та ємності, здійснюється згладження постійного струму, що дозволяє знизити рівень спрацьовування інвертора на високих частотах.

Керівна частина перетворювача виконується на цифрових мікроконтролерах. Вона забезпечує керування силовими електронними ключами (транзисторами IGBT) і розв'язує різноманітні завдання, пов'язані з безпекою, контролем та діагностикою системи. Це включає в себе захист від перевантажень, короткого замикання, відсутності фази тощо. Керівна частина також відповідає за

налагодження параметрів інвертора, таких як частота комутації, напруга та струм вихідного сигналу.

Важливо зазначити, що частотні інвертори можуть забезпечувати як зниження, так і підвищення частоти вихідного сигналу порівняно з частотою живильної мережі. Це дає можливість регулювати частоту обертання і моменту на валу електроприводу автошлагбаума, що є важливим для його оптимальної роботи та дотримання вимог різних умов експлуатації.

Перетворювачі частоти на транзисторах IGBT порівняно з тиристорними за однакової вихідної потужності вирізняються меншими габаритами, зниженою масою та підвищеною надійністю завдяки модульному виконанню електронних ключів і кращому відведенню тепла з поверхні силового модуля. Вони мають повніший захист від кидків струму і від перенапруги, що істотно знижує ймовірність пошкоджень і відмови електроприводу.

Більш детально принцип роботи частотного інвертора показано на малюнку 3.3.

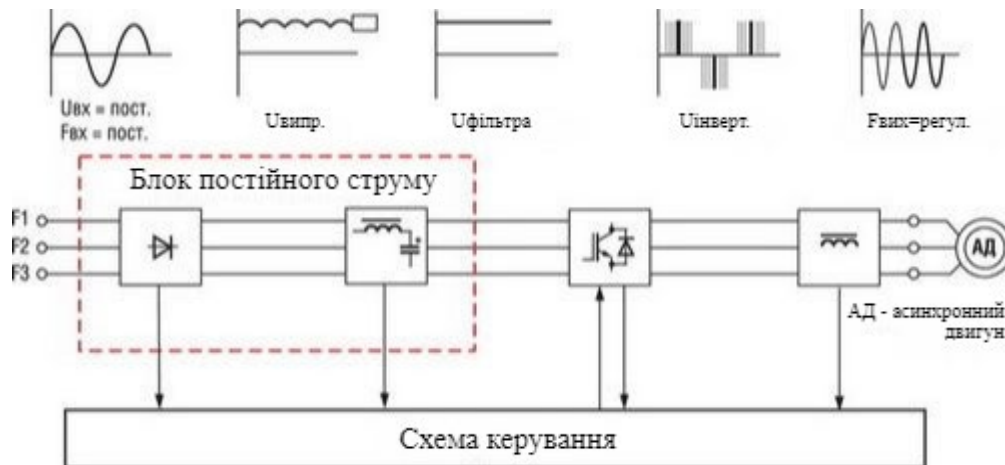


Рисунок 3.3 - Тимчасові діаграми роботи частотного перетворювача

У верхній частині малюнка 3.3 наведено графіки напруг на виході кожного каскаду перетворювача.

Напруга живильної мережі з постійною частотою й амплітудою ($U_{вх} = \text{пост.}$; $F_{вх} = \text{пост.}$) надходить на трифазний або однофазний випрямляч. Випрямляч і фільтр входять до складу блоку постійного струму, основне призначення якого - отримати на виході постійну напругу з малими пульсаціями, яку використовують

для живлення перетворювача частоти. Інвертор перетворює постійну напругу в трифазну напругу зі змінною частотою та змінною амплітудою. Схема керування формує сигнали для комутації обмоток електродвигуна в потрібні моменти часу. Імпульси комутації кожної обмотки в межах періоду модулюються за синусоїдальним законом. Максимальну ширину імпульси мають у середині напівперіоду. До початку і до кінця напівперіоду ширина імпульсів зменшується.

Таким чином, схема керування формує широтно-імпульсну модуляцію (ШІМ) напруги, яка подається на обмотки електродвигуна. У деяких випадках до виходів перетворювача частоти під'єднують фільтр, але в частотних інверторах на транзисторах IGBT необхідність у вихідному фільтрі практично відсутня. На виході інвертора формується трифазна напруга змінної частоти й амплітуди ($F_{\text{вих}} = \text{регулюв.}$; $U_{\text{вих}} = \text{регулюв.}$), яка і задає потрібну частоту обертання і необхідний момент на валу двигуна.

Отже, схема перетворювача для живлення електроприводу автошлагбаума включає силову частину з випрямлячем і фільтром, а також керівну частину, що забезпечує керування силовими ключами і розв'язання допоміжних завдань. Ця схема дозволяє забезпечити необхідне живлення для електроприводу шлагбаума з можливістю регулювання частоти обертання і моменту для досягнення оптимальної роботи системи.

3.3 Трифазний інвертор

У схему трифазного АІН (рис. 3.4) входять транзистори VS1-VS6 і включені паралельно їм зворотні діоди VD1-VD4. Навантаження $z_A - z_C$ під'єднане до спільної точки з'єднання транзисторів VS1, VS3, VS5 анодної і VS2, VS4, VS6 катодної груп інвертора. Паралельно джерелу напруги E_d увімкнено конденсатор C_d великої ємності, через який протікають вищі гармоніки вхідного струму. У результаті роботи інвертора на його виході (фази А, В і С) формується трифазна симетрична система трифазної напруг u_A , u_B і u_C навантаження. Діаграму керування транзисторами інвертора показано на рис. 3.6, а, б, в, г, д, е. Імпульси

керування транзисторами анодної і катодної груп зміщені відносно один одного на третину періоду T роботи інвертора (120 ел. град), водночас керування транзисторами однієї фази зводиться до попереминого ввімкнення (вимкнення) транзисторів анодної і катодної групи фази інвертора.

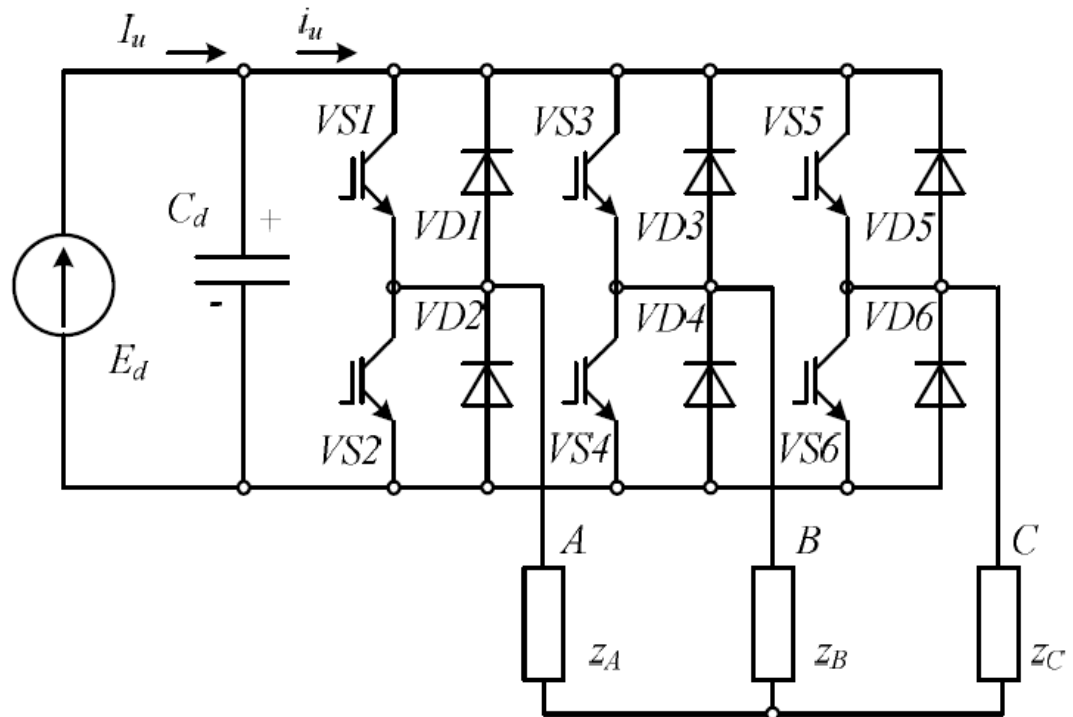


Рисунок 3.4 - Схема трифазного інвертора напруги

Розглянемо роботу інвертора на окремих інтервалах часу, зазначених на рис. 3.6. На першому інтервалі ($0 - t_1$) у ввімкненому стані (рис. 3.6 а, г, д) перебувають транзистори $VS1$, $VS4$, і $VS5$. Цьому інтервалу відповідають миттєва схема заміщення інвертора, показана на рис. 3.5. Транзистори $VS1$ і $VS5$ під'єднують опори фаз Z_A і Z_C до "плюса" вхідного джерела, через відкритий транзистор $VS4$. Фаза В навантаження з'єднана з "мінусовою" шиною E_d . Напруга джерела E_d розподіляється пропорційно величинам опорів $Z_A - Z_C$ ланцюга навантаження. Якщо прийняти однаковими опори навантаження фаз інвертора, то загальний опір паралельно ввімкнених фаз Z_A і Z_C буде вдвічі меншим за опір Z_B фази В. У зв'язку з цим до Z_B прикладається вдвічі більша частина напруги E_d порівняно з фазами А і С, тобто $u_A = u_C = 1/3 E_d$, а $u_B = -2/3 E_d$. Знаки напруг навантаження визначаються полярністю виводу джерела, з якими

в цей час вони з'єднані. Оскільки, відповідно до рис. 3.5, б, на інтервалі $0 - t_1$ фази z_A і z_C під'єднані до "плюса" E_d , напруга на них становить: $u_A = u_C > 0$, фаза В пов'язана з "мінусом" E_d , тому $u_B < 0$. Цьому відповідають величини і полярність напруг $u_A - u_C$, показані на рис. 3.6, ж, з, і.

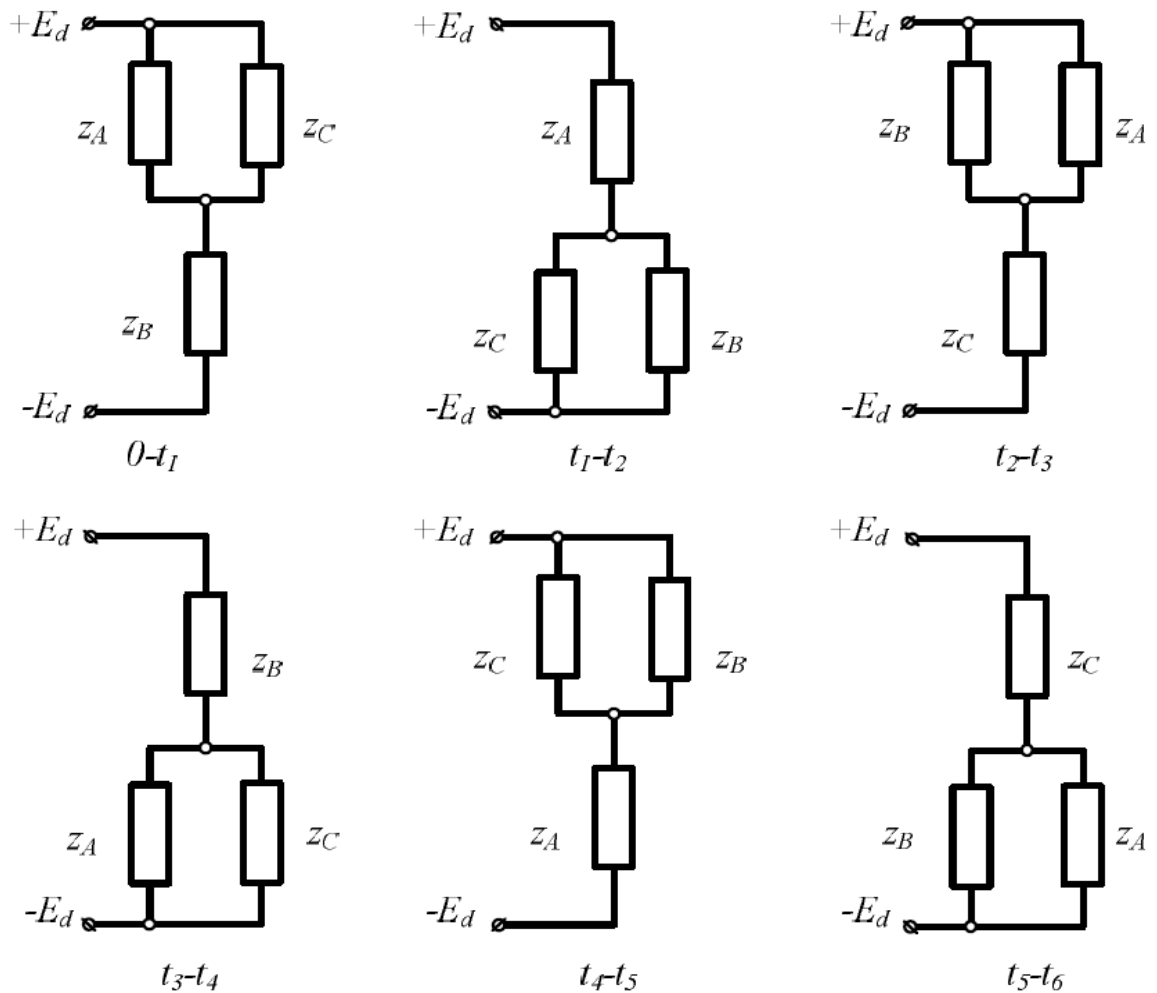


Рисунок 3.5 - Схеми заміщення

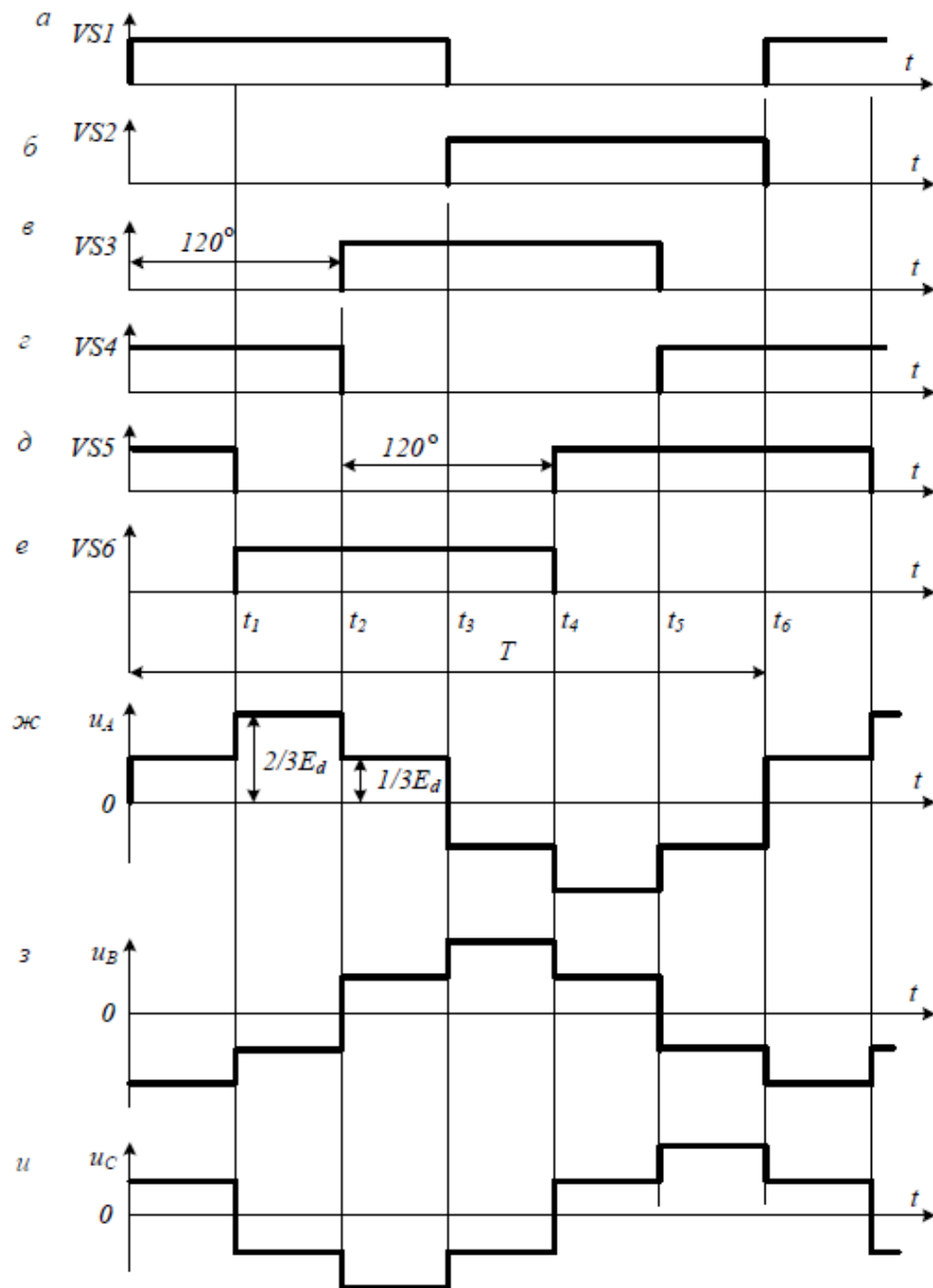


Рисунок 3.6 - Діаграми роботи трифазного АІН: а, б, в, г, г, д, е – імпульси керування транзисторами; ж, з, і - діаграми вихідних напруг

На другому інтервалі ($t_1 - t_2$) увімкнені вентиля VS1, VS4 і VS6 утворюють конфігурацію ланцюга навантаження, показану на рис. 3.5. У цьому разі $u_A = 2/3 E_d$, а $u_B = u_C = -1/3 E_d$. Подальша зміна схеми інвертора відбувається відповідно до діаграми керування рис. 3.6, а-е. У результаті на виході інвертора отримують трифазну симетричну систему змінної напруги з частотою $f = 1/T$, яка

визначається періодом T відкриття (закриття) транзисторів. За активно-індуктивного навантаження форми струмів навантаження i_A - i_C близькі до синусоїдальної.

Трифазне навантаження інвертора напруги може бути з'єднане як за схемою "зірка" (рис. 3.4), так і "трикутник". При цьому для з'єднання "зірка" не потрібна наявність середньої (нульової) точки у джерела живлення для з'єднання з "нулем" навантаження. У разі з'єднання навантаження в "трикутник" до його фаз прикладається лінійна напруга з виходу А, В і С інвертора. Діаграми лінійної напруги навантаження можна отримати, використовуючи криві фазних напруг u_A - u_C . Так міжфазну (лінійну) напругу між фазами А і В u_{AB} отримують у результаті віднімання ординат кривих фазних напруг u_A і u_B . Наприклад, на першому інтервалі $0 - t_1$:

$$u_{AB} = u_A - u_B = 1/3 E_d - (-2/3 E_d) = E_d.$$

У результаті побудов отримано лінійні напруги навантаження u_{AB} , u_{BC} і u_{CA} , показані на рис. 3.7.

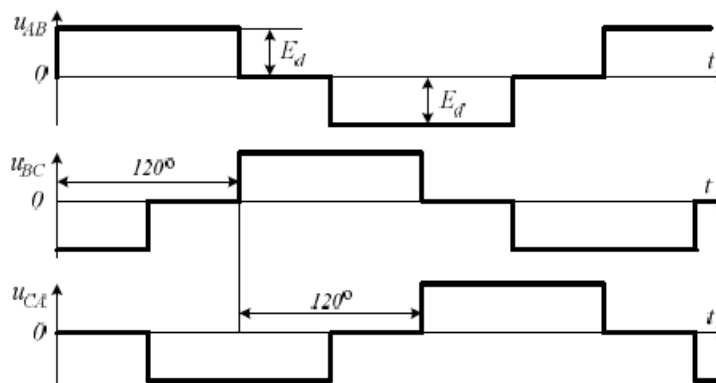


Рисунок 3.7 - Лінійні напруги на виході інвертора

З аналізу рис. 3.7 випливає, що амплітуди лінійних напруг зросли до величини напруги вхідного джерела E_d , але водночас у формі кривої з'явилися ділянки з нульовою лінійною напругою, які погіршують її форму. У зв'язку з цим становить інтерес дослідження гармонійного складу напруги навантаження за різних схем її з'єднання. У результаті моделювання роботи схеми інвертора за допомогою пакета DL отримано спектр напруги навантаження в разі її з'єднання

"зіркою" і "трикутником". У розрахунку величина напруги вхідного джерела інвертора прийнята $E_d = 100$ В. Результати моделювання наведено на рис. 3.8.

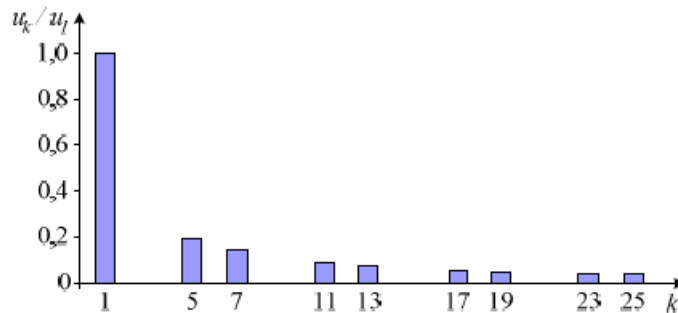


Рисунок 3.8 - Гармонійний склад вихідної напруги інвертора

З аналізу рис. 3.8 випливає, що спектр напруг u_k в обох випадках складається з непарних гармонік, у яких відсутні гармоніки, кратні трьом (3, 9, 15 тощо). У разі з'єднання "трикутником" амплітуда першої гармонійної складової напруги $u_1 = 1,1E_d$ у 1,74 раза більша за значення $u_1 = 0,63E_d$ у разі з'єднання фаз навантаження "зіркою", однак у другому випадку форма напруги більш наближена до синусоїдальної форми. Водночас встановлено (рис. 3.8), що частка вищих гармонік відносно першої гармонійної складової напруги для з'єднання "зірка" і "трикутник" однакові. Таким чином, схема з'єднання навантаження не впливає на склад вищих гармонійних складових напруги.

3.4 Дослідження роботи перетворювача для живлення електроприводу переїзного шлагбаума

Відповідно до поставленої мети та завдань в роботі необхідно було розробити схему пристрою, що дозволяє живити асинхронний двигун змінного струму від однофазної мережі з напругою 220 В 50 Гц. Така розробка дозволить замінити існуючу схему живлення трифазного двигуна від однофазної мережі, що використовують конденсатор для зсуву фаз для живлення фази "С". Існуюча система живлення є неефективною.

Використання такого пристрою дозволяє також організувати резервне живлення шлагбаума у випадку аварійного відключення електроенергії.

З урахуванням того, що залізничні переїзди є місцем підвищеної небезпеки, вирішення цих завдань є важливим для практики.

За результатами аналітичного огляду зроблено висновок, що для живлення асинхронного двигуна можна скористатися класичною схемою у складі однофазного випрямляча змінного струму і трифазного інвертора з прямокутною формою вихідної напруги (рис. 3.4), який містить більш просту схему керування транзисторами.

Розроблена модель у пакеті MatLab/Simulink приведена на рис. 5.

Живлення асинхронного двигуна від 3-фазного інвертора

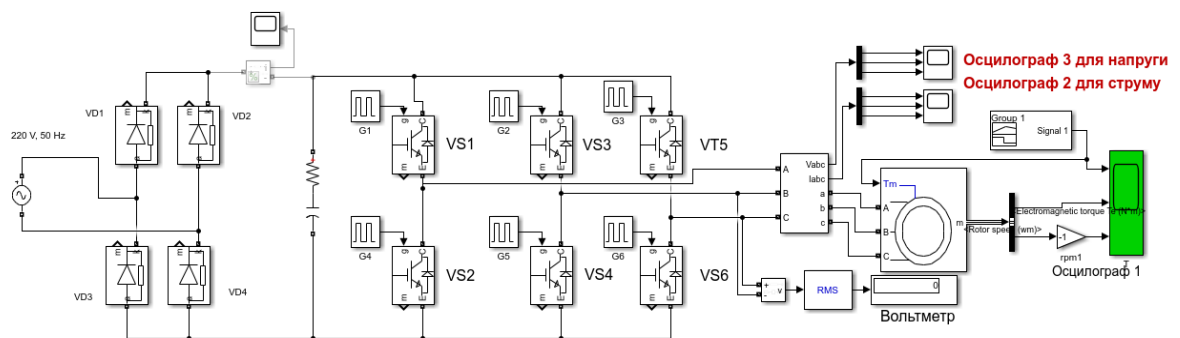


Рисунок 3.9 - Модель перетворювача для живлення електроприводу переїзного шлагбаума

Схема випрямляча – мостова, на діодах VD1-VD4. Інвертор на IGBT транзисторах VS1-VS6. Управляючі імпульси на транзистори подаються від генераторів. Вихідна напруга 220 В, 50 Гц. Двигун - AIP 56B4Б змінного струму на напругу 220В, потужністю 0,18 кВт, 1350 обертів за хвилину. Згідно проведених розрахунків, номінальний струм двигуна – 2,65 А.

Параметри двигуна в моделі задані таблицею (рис. 3.10)

Asynchronous Machine (mask) (link)	
Implements a three-phase asynchronous machine (wound rotor, squirrel cage or double squirrel cage) modeled in a selectable dq reference frame (rotor, stator, or synchronous). Stator and rotor windings are connected in wye to an internal neutral point.	
Configuration	Parameters
Load Flow	
Nominal power, voltage (line-line), and frequency [Pn(VA), Vn(Vrms), fn(Hz)]:	[1.80e+02 220 50]
Stator resistance and inductance [Rs(ohm) Ls(H)]:	[0.5968 0.1495]
Rotor resistance and inductance [Rr'(ohm) Lr'(H)]:	[0.6258 0.05473*5]
Mutual inductance Lm (H):	0.0354
Inertia, friction factor, pole pairs [J(kg.m^2) F(N.m.s) p()]:	[0.5 0.000879 2]
Initial conditions	
[slip, th(deg), ia, ib, ic(A), pha, phb, phc(deg)]:	
[0 0 0 0 0 0 0]	

Рисунок 3.10 - Параметри двигуна

Осцилограми трифазної напруги на обмотках асинхронного двигуна і струму в обмотках наведені на рис. 3.11, 3.12.

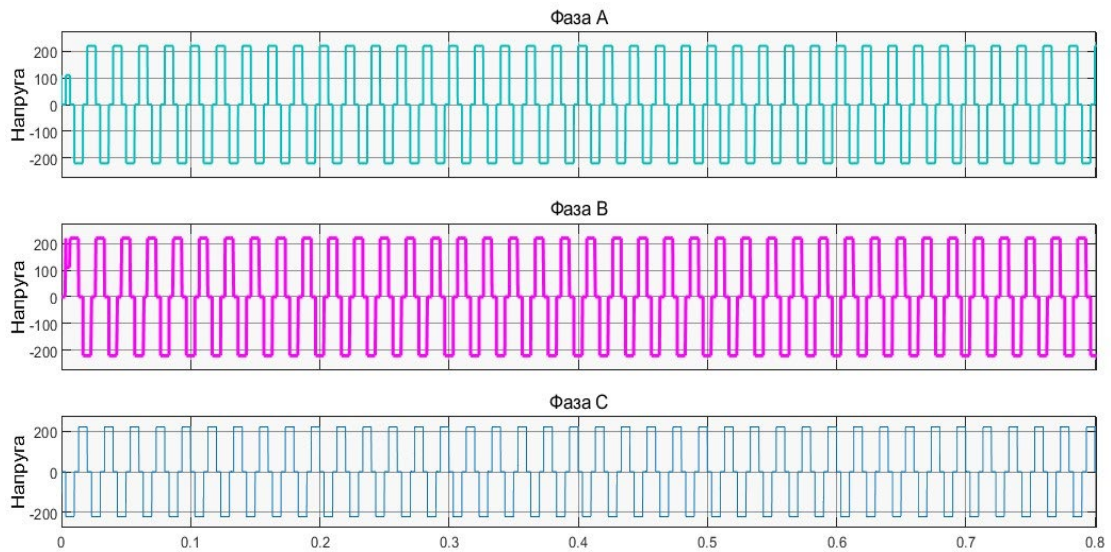


Рисунок 3.11 - Осцилограми трифазної напруги на обмотках асинхронного двигуна.

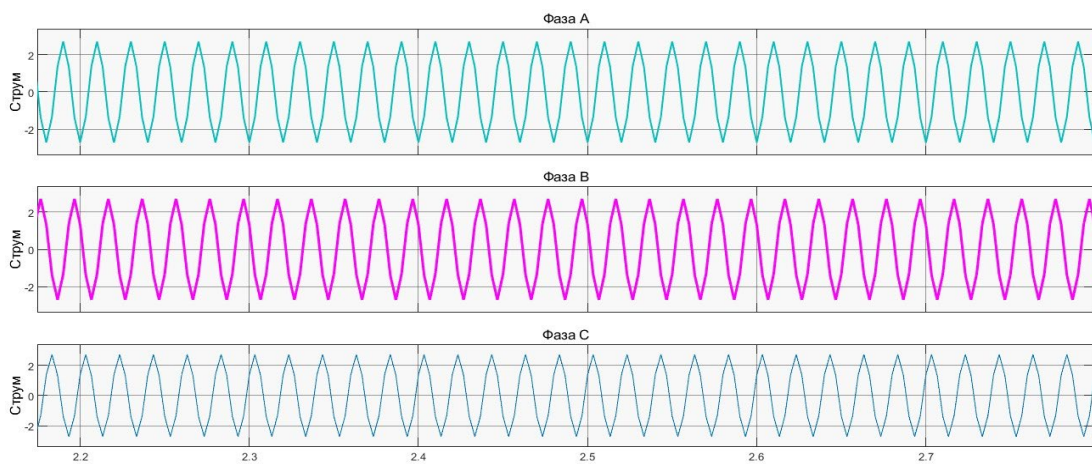


Рисунок 3.12 - Осцилограми струму в обмотках асинхронного двигуна.

З результатів моделювання видно, що напруга на обмотках асинхронного двигуна змінюється ступенево у відповідності з управляючими імпульсами на транзисторах. Амплітудне значення напруги – 220 В. Амплітудне значення струму – 2.5 А. Отримане при моделюванні значення струму відповідає номінальному струму, отриманому при розрахунках.

ВИСНОВКИ

1. Найбільш поширеними на залізницях України є шлагбауми типу ПАШ-1 у яких застосовуються електродвигуни типу АИР 56 В4Б з напругою живлення змінним струмом 220 В, 50 Гц, 220/380 В; 0,18 кВт; 1350 об/хв з електромагнітною муфтою з напругою живлення постійним струмом (12 ± 1) В.
2. Автошлагбауми на переїздах без чергового на ділянках з автоблокуванням живляться від однофазної мережі змінного струму 220 В, 50 Гц. При цьому трифазний двигун підключається до однофазної мережі за допомогою конденсатора. Таке включення є неефективним і зменшує коефіцієнт потужності.
3. Суттєвим недоліком існуючої схеми є відсутність резервного живлення, що є важливим для віддалених шлагбаумів де можуть виникати тимчасові проблеми з електропостачанням. Також такі ситуації виникали на залізницях внаслідок військових дій.
4. У відповідності з поставленою метою в роботі розроблено і досліджено на моделі роботу конвертора напруги для живлення переїзних шлагбаумів що дозволяє позбутися двох проблем, а саме, перетворити змінний однофазний струм у трифазний, а також забезпечити резервне живлення автошлагбаумів.
5. Проблема, що розглядається є комплексною. В даній роботі розглянуто тільки один елемент пристрою живлення трифазного асинхронного електроприводу від однофазної мережі промислової частоти з можливістю резервного живлення. Схема, що реалізує резервне живлення шлагбаума розглядається у іншій дипломній роботі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Возняк О. М , Гаврилюк В. І. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах. Монографія / За заг. ред. В. І. Гаврилюка; Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2019. 283 с. ISSN 978-966-8471-89-6.
2. Правила технічної експлуатації залізниць України: наказ № 258 від 25.07.2006, зареєстр. в Мін-ві Юстиції України від 25.10.2006 р. від № 1143/13017 . – Мінпаливенерго України, 2006.
3. ЦШ - 0042: Пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. Наказ № 347-ЦЗ від 26.04.2006. – Міністерство транспорту: Київ – 2006.
4. ЦШ - 0060: Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Наказ № 090-ЦЗ від 07.10.2009. – Міністерство транспорту: Київ – 2009.
5. ЦШ - 0095: Інструкція з улаштування та експлуатації переїздів. Технологія обслуговування. Наказ № 469 від 12.07.2002. – Міністерство транспорту: Київ – 2002. –
6. Блок безперебійного живлення: призначення та специфіка роботи побутового ДБЖ [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://teplolife.com.ua/blok-bezperebijnogo-zhivlennya-priznachennya-ta-spetsifika-roboti-pobutovogo-dbzh/>
7. Havryliuk V. I. Improving the positioning accuracy of train on the approach section to the railway crossing / V. I. Havryliuk, O. M. Voznyak, V. V. Meleshko // Наука та про-грес транспорту. – 2016. – № 1 (61). – С. 9–18. (doi: 10.15802/stp2016/ Перелік фа-хових видань, Index Copernicus, РИНЦ).
8. Патент UA №93602 МПК В61L 29/00 Спосіб запобігання загрозі безпеки руху у межах залізничного переїзду / Возняк О. М., Гаврилюк В. І.; заявник Возняк О. М. – u2014 04253; заяв. 22.04.2014, опублік. 10.10.2014 Бюл. №19.

9. Гаврилюк В. І. Підвищення безпеки пристроїв переїзної сигналізації з інтелектуальною обробкою контрольованих параметрів. / В. І. Гаврилюк, О. М. Возняк // Безпека руху і наукові засади експертних досліджень транспортних пригод та ін-женерних споруд: Тези Міжнародної науково-практичної конференції імені засновника судової залізнично-транспортної експертизи, доктора технічних наук Сокола Едуарда Миколайовича (Львів 09–11 вересня 2015 р.). Дніпропетровськ: ДІТ, 2015. – С. 38–39.
10. Гаврилюк В. И. Повышение безопасности движения на железнодорожных переездах путем организации дополнительного контроля параметров движения поезда / В. И. Гаврилюк, Д. А. Василишин, В. В. Мелешко, О. М. Возняк // Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании: Тезисы IX Международной научно-практической конференции (Днепропетровск, 16–17 декабря 2015 г.). – Дніпропетровськ: ДИИТ, 2015. – С. 18.
11. Гаврилюк В. И. Повышение безопасности движения поездов на железнодорожных переездах / В. И. Гаврилюк, О. М. Возняк // Безпека та електромагнітна сумісність на залізничному транспорті: тези VII Міжнар. науково-практичної конф., 16–19 лютого 2016 р., с. Розлуч. – Дніпропетровськ: ДІТ, 2016. – С. 21.
12. Vladimir Havryliuk. Level crossing activation time prediction in dependence on the train real speed Archives Transport System Telematics, 2018.
13. Havryliuk V. Determining a Train Location at Level Crossing Approach Section by Track Circuit Input Impedance Processing Using ANN //IEEE EUROCON 2021-19th International Conference on Smart Technologies. – IEEE, 2021. – С. 554-559.
14. V. Havryliuk, "Model of Propagation of Traction Current Harmonics from Trains to a Track Circuit Receiver." 2021 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC). IEEE, 2021, pp. 1-4.
15. V. Havryliuk, "Fault Detecting of Turnouts Using DWT and ANN," 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2021, pp. 1-6