

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

О.Ю. Колларов

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ”

2018 р.

Дипломна робота

магістра

(освітній ступінь)

на тему Підвищення ефективності та надійності роботи апаратури
автоматизації конвеєрних ліній

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕМОм-17

(шифр групи)

напряму підготовки (спеціальності) 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Грищенко О. Е.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник зав. кафедри електричної інженерії ФКІТАЕР ДВНЗ ДонНТУ,
канд.техн.наук, доцент Колларов О.Ю.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент:

в.о. зав. кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту
ДВНЗ ДонНТУ, к.т.н., доц. Чашко М. В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Студент

(підпис)

Покровськ – 2018 р.

АНОТАЦІЯ

Грищенко О. Е. Підвищення ефективності та надійності роботи апаратури автоматизації конвеєрних ліній / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2018.

Робота присвячена актуальній темі удосконалення системи керування та автоматизації конвеєрних ліній. Досвід експлуатації існуючої технологічної схеми керування та автоматизації конвеєрних ліній показує недостатню ефективність їх роботи та необхідність удосконалення цієї системи.

Об'єкт дослідження і проектування є енергоємне виробництво з наявними конвеєрними лініями, призначеними для транспортування продукції даного підприємства.

Мета роботи підвищити надійність системи керування та автоматизації конвеєрних ліній.

Задачі, що вирішуються в ході виконання роботи:

1. Вибір оптимальної системи керування конвеєрною лінією.
2. Підвищення надійності роботи датчиків, що встановлюються на конвеєрну лінію.

Розрахунково-пояснювальна записка до магістерської роботи містить 107 сторінок, 27 рисунків, 8 таблиць, 19 джерел.

ТЕХНОЛОГІЯ, МЕХАНІЗАЦІЯ, ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ,
КОНВЕЄР, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, ТИРИСТОР, ЧАСТОТА,
БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	8
1 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ	9
1.1 Аналіз існуючого положення щодо пуску конвеєрних ліній	9
1.2 Аналіз можливості тиристорного регулювання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором в приводах стрічкових конвеєрів	10
1.3 Аналіз роботи перетворювача частоти з інвертором струму	12
1.4 Аналіз роботи перетворювача частоти з інвертором напруги	15
2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЧАСТОТНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ	18
2.1 Типи систем частотного керування двигунами змінного струму	18
2.2 Групові приводи з асинхронними двигунами	21
2.3 Індивідуальний привід з асинхронним короткозамкненим двигуном	26
2.4 Система «перетворювач частоти з інвертором струму – асинхронний двигун»	29
2.5 Висновки отримані в процесі вибору перетворювача частоти	32
3 РОЗРОБКА СХЕМИ ТИРИСТОРНОГО ПУСКАЧА	37
3.1 Розробка принципової схеми і алгоритму роботи пускача	37
3.2 Складання конструкції пускача	47
3.3 Забезпечення вибухо- та іскробезпеки	49
3.4 Монтаж і експлуатація тиристорних модулів	50
3.5 Електропостачання конвеєрного електроприводу	51
3.6 Доставка, монтаж та обслуговування апаратури автоматизації	54

4 БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАТЯЖНИХ ПРИСТРОЇВ КОНВЕЄРІВ	62
4.1 Улаштування і робота натяжної секції стрічкового конвеєра	62
4.2 Розрахунок натяжного пристрою стрічкового конвеєра	64
4.3 Багатокритеріальний аналіз натяжних пристроїв	73
4.4 Аналіз електромеханічних систем пуску стрічкових конвеєрів	76
4.5 Усунення впливу гальваноефекту в датчику рівня на апаратуру контролю сипучих матеріалів	81
5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ	85
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	90

ВСТУП

Сумарна довжина окремих конвеєрних ліній деяких енергоємних підприємств досягає 20 км. Постійно ускладнюється конфігурація транспортних магістралей, жорсткішими стають і вимоги до безпеки експлуатації конвеєрів, що викликає розширення номенклатури датчиків та апаратів, які контролюють стан конвеєра.

Існуюча апаратура автоматизації не забезпечує оперативного керування конвеєрним транспортом. До того ж вона не відповідає вимогам у частині виявлення несанкціонованих дій персоналу та контролю стану стрічки.

Конвеєрний транспорт – найпродуктивніший та перспективний в умовах підприємств енергомеханічного профілю. Тому підвищення його ефективності, вибір та реалізація раціональних режимів його роботи дуже актуальні.

В даній роботі пропонуються заходи по удосконаленню системи керування та автоматизації конвеєрних ліній, що покращують роботу конвеєрних ліній та безпеку обслуговуючого персоналу.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ

1.1 Аналіз існуючого положення щодо пуску конвеєрних ліній

Конвеєрний транспорт – найпродуктивніший та перспективний в умовах підприємств енергоємних підприємств. Тому підвищення його ефективності, вибір та реалізація раціональних режимів його роботи дуже актуальні.

Для конвеєра найбільш важким є пусковий режим: створюються великі динамічні моменти, що викликають коливання і пробуксовки конвеєрної стрічки, коливання в натяжних пристроях і накиди навантаження на редуктори і приводні двигуни. Вихід з ладу дорогої (40–70% загальної вартості конвеєра) стрічки відбувається, як правило, у процесі пусків, насамперед у місцях з'єднання (швів). Виключити або звести до мінімуму це явище можливо при плавному пуску конвеєрів, що на даний час на підприємствах забезпечується тільки приводними пристроями (гідромуфтами, індукційними регуляторами і т.д.) у сполученні з приводними електродвигунами.

В електроприводі потужних конвеєрних ліній на підприємствах використовуються електродвигуни з фазним ротором, причому для їх пуску застосовуються рідинні реостати ВЖР-315, що включаються в ланцюг ротора за допомогою станції керування. Рідинні реостати, що застосовуються для пуску вимагають постійного обслуговування, мають складну конструкцію пускового приводу, велику ціну, великі габарити, та важкість обслуговування.

Для вирішення проблем які зазначені вище я пропоную застосовувати привод який керується за допомогою тиристорів.

1.2 Аналіз можливості тиристорного регулювання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором в приводах стрічкових конвеєрів

Одним з економічних методів регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна (АД) є частотне регулювання, тобто зміна частоти напруги живлення двигуна. Для цього потрібно використати джерело напруги з регульованою частотою.

Сучасний частотно-регульований електропривод для конвеєрів з асинхронними короткозамкненими двигунами побудований на базі керованих статичних перетворювачів частоти. Вид перетворювача частоти залежить від типу двигуна, потрібних характеристик та параметрів системи приводу.

При частотному керуванні двигунами змінного струму в системах електроприводів висувають певні вимоги до перетворювачів частоти.

1. Можливість регулювати частоту змінного струму при відповідному регулюванні напруги на виході перетворювача. Діапазон частот перетворювача визначається заданим діапазоном регулювання швидкості електропривода

2. Можливість двостороннього обміну енергією між мережею живлення і двигуном.

3. Забезпечення якісної форми напруги на виході, мінімальної встановленої потужності силових елементів схеми, високого ККД, надійності, простоти обслуговування.

В існуючих системах частотного керування двигунами змінного струму застосовують два типи перетворювачів частоти: з безпосереднім перетворенням частоти напруги живлення двигуна (БПЧ) і з проміжним контуром постійного струму, з подальшим інвертуванням в змінну за частотою напругу живлення двигуна.

Проаналізуємо типи перетворювачів частоти.

Безпосередній перетворювач частоти БПЧ (циклоконвертор) є вентильною системою, комутованою мережею змінного струму, яка перетворює напругу мережі U_1 і з частотою f_1 і в напругу U_2 частоти f_2 , причому напругу U_2 і частоту f_2 на виході перетворювача можна регулювати незалежно в межах від нуля до максимального значення, обмеженого величинами U_1 і f_1 .

У безпосередніх перетворювачах частоти здійснюється однократне перетворення частоти. Водночас вони мають низький коефіцієнт потужності, великий відсоток вищих гармонік у вихідній напрузі, складну систему керування і обмежену величину вихідної частоти.

Перетворювач частоти з проміжним контуром постійного струму є складеною з вентильних комплектів системою, яка перетворює напругу мережі U_1 з частотою f_1 в регульовану напругу U_2 регульованої частоти f_2 . Частота мережі f_1 не має впливу на обмеження регулювання вихідної частоти f_2 . Такий перетворювач має проміжний контур постійного струму і переважно складається з керованого або некерованого випрямляча, фільтра, інвертора напруги або струму.

У схемі проміжного контуру постійного струму, як джерела напруги, до виходу системи живлення паралельно під'єднується конденсатор великої ємності, а як джерела струму - до виходу системи живлення послідовно під'єднується дросель великої індуктивності. Інвертор, що живиться від джерела напруги, називається інвертором напруги ІН і визначає структуру і тип *перетворювача частоти з інвертором напруги* ПЧІН. Інвертор з живленням від джерела струму називається інвертором струму ІС і визначає структуру і тип *перетворювача частоти з інвертором струму* ПЧІС.

Інвертори напруги ІН і струму ІС відрізняються як будовою, так і властивостями. При живленні резисторно-індуктивного споживача від інвертора напруги ставиться зворотний випрямляч, що дає можливість струму протікати в навантаженні зі зсувом за фазою відносно напруги.

У перетворювачі частоти з проміжним контуром постійного струму можна отримати напругу будь-якої потрібної частоти і амплітуди, але двократне перетворення енергії знижує ККД та підвищує масогабаритні показники.

Перетворювачі частоти з інвертором напруги ПЧІН і ПЧІС допускають двосторонню передачу енергії: від мережі до споживача і навпаки.

Проаналізувавши типи перетворювачів частоти для подальшого розгляду обираємо перетворювач частоти з інвертором напруги ПЧІН і ПЧІС тому, що:

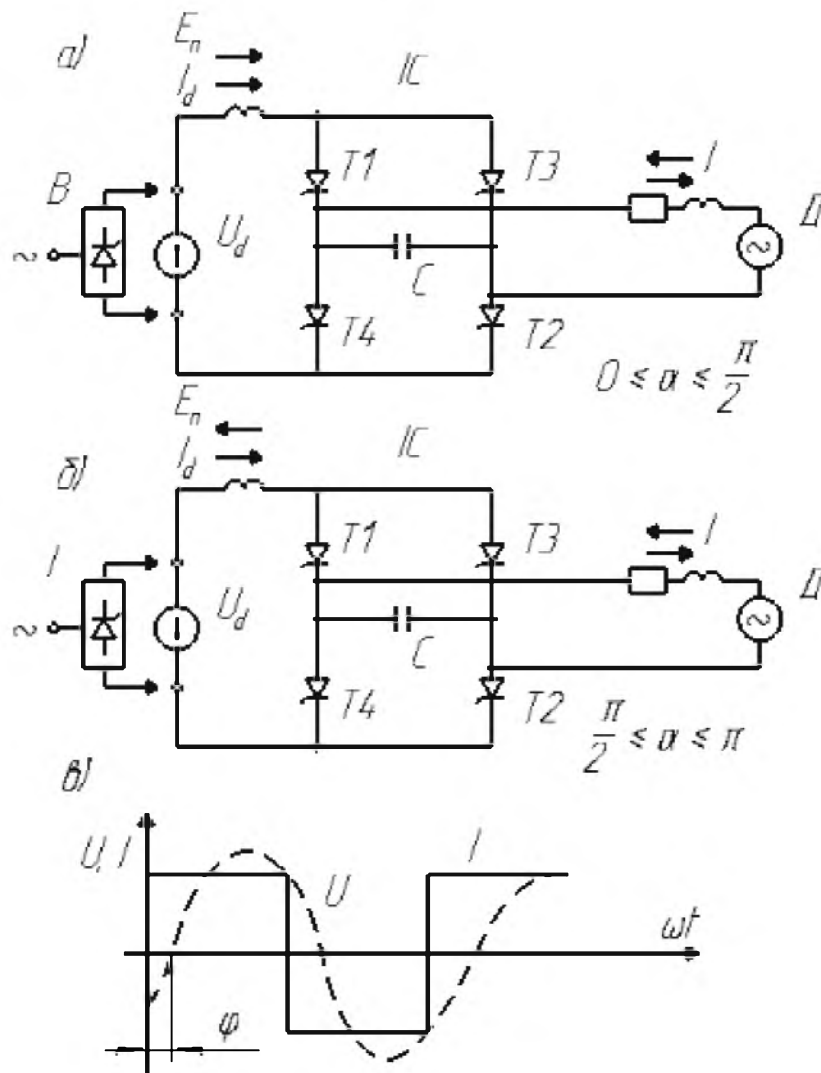
- на відмінок від БПЧ частота мережі f_1 не має впливу на обмеження регулювання вихідної частоти f_2 ;
- має більш високий ККД;
- допускають двосторонню передачу енергії: від мережі до споживача і навпаки;
- в ньому майже відсутні гармоніки у вихідній напрузі;
- має просту систему керування.

1.3 Аналіз роботи перетворювача частоти з інвертором струму

На рис. 1.1 зображено схему однофазного перетворювача частоти з інвертором струму (ПЧІС) для живлення двигуна змінного струму Д. Джерелом живлення інвертора може бути акумуляторна батарея (автономне джерело) U_d або промислова мережа змінного струму. В останньому випадку система живиться від перетворювача з комутацією від мережі.

Якщо двигун Д споживає енергію, то напрям протікання струму $I_{\text{и}}$ і енергії E , збігаються (рис. 1.1 а), причому перетворювач працює як

випрямляч. При роботі двигуна в генераторному режимі енергія E_n передається до джерела живлення через перетворювач, який працює в режимі інвертора, у цьому разі напрям протікання струму I_d не змінюється.



а – режим двигуна; б – режим генератора; в – графік напруги та струму на виході

Рисунок 1.1 – Однофазний перетворювач ПЧІС

Інвертор ІС з внутрішньою комутацією складається з чотирьох тиристорів Т1 – Т4, з'єднаних за мостовою схемою. Джерелом енергії, потрібної для комутації тиристорів, в однофазному інверторі є конденсатор С, під'єднаний паралельно до затискачів двигуна. Ємність конденсатора С вибирається такою, щоби на всьому діапазоні зміни частоти реактивна

емнісна потужність була більша від реактивної індуктивної потужності двигуна.

В інверторі струму ІС вихідний струм I має прямокутну форму (рис. 1.1 в). Графік напруги залежить від характеру навантаження. Зважаючи на те, що реактивна потужність двигуна є скомпенсована, можна вважати графік вихідної напруги U інвертора синусоїдним. Крива напруги відстає відносно кривої струму на кут φ . Інвертор струму ІС надійно працює при $\varphi > \omega_2 t_p$, де t_p є час рекомбінації тиристора.

Перетворювач частоти з проміжним контуром постійного струму і інвертором струму ПЧІС є простішим і дешевшим, ніж перетворювач частоти з інвертором напруги ПЧІН.

Недоліком перетворювача з інвертором струму є те, що реактивна потужність комутуючих конденсаторів є більша, ніж в інверторах напруги ІН.

Від трифазних інверторів струму ІС живляться трифазні асинхронні двигуни.

Виділяють два способи керування тиристорами перетворювача частоти, під'єданого до синхронної машини. Перший спосіб – зовнішнє керування, при якому незалежно від синхронної машини діє джерело сигналів заданої частоти. У цьому разі машина веде себе як при живленні від мережі змінного струму. Недоліком такого способу є те, що при змінах моменту навантаження або частоти напруги живлення виникають важкогасимі коливання кута навантаження θ , що властиво для синхронної машини.

Другий спосіб – внутрішнє керування – полягає в тому, що керування тиристорами перетворювача синхронізується з напругою ротора синхронної машини або з кутом положення ротора цієї машини. У випадку керування, синхронізованого з напругою ротора, кут випередження керування вентилями β (або кут запізнення регулювання вентилів α) приймається постійним. При пуску двигуна (напруга ротора дорівнює

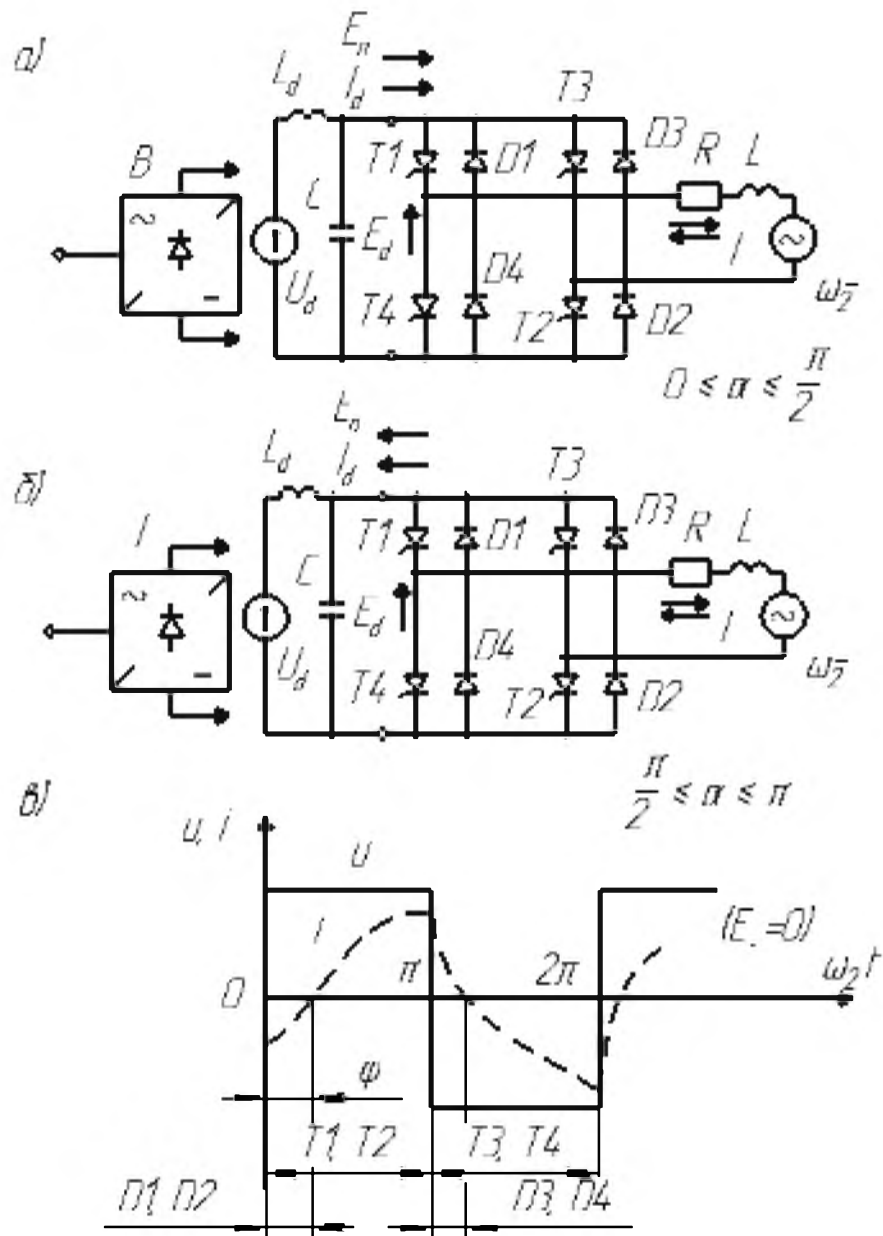
нулю) потрібно подати сигнал про положення ротора до пристроїв керування тиристорами перетворювача частоти, під'єданого до синхронного двигуна. Давач положення ротора з'єднується з валом синхронного двигуна. У цьому разі значення кута α_p приймається постійним.

1.4 Аналіз роботи перетворювача частоти з інвертором напруги

На рис. 1.2 показано схему перетворювача частоти з однофазним інвертором напруги (ІН) для живлення асинхронного двигуна змінного струму М. Джерелом живлення промислова мережа змінного струму через випрямляч В з комутацією від мережі.

Якщо двигун споживає енергію (режим двигуна), то напрям перетоку енергії E_n і струму I_d показано на рис. 1.2 а. Для випадку генераторного режиму двигуна напрям розподілу енергії показано на рис. 1.2 б. У пристроях малої потужності енергія, яка віддається через двигун, може акумулюватися в конденсаторі С. У перетворювачах великої потужності потрібно встановлювати додатковий перетворювач з комутацією від мережі і вмикати його в режимі інвертора.

Інвертор ІН з внутрішньою комутацією складається з чотирьох тиристорів 1Т – 4Т зі схемою примусової комутації та чотирьох зворотних діодів D1 – D4, з'єднаних у міст. Напруга на виході інвертора має прямокутну форму (рис. 1.2 в). Форма струму залежить від навантаження. Якщо навантаження є резисторно-індуктивне, струм стає zdeформованим, а крива струму відстає від кривої напруги на кут φ .



а – режим двигуна; б – режим генератора; в – графік напруги та струму на виході

Рисунок 1.2 – Перетворювач частоти ПЧІН

Якщо напруга на споживачі регулюється випрямлячем В, то одночасно відкриваються тиристори 1Т і 2Т, а за ними тиристори 3Т і 4Т. Якщо ж регулюється напруга інвертором ІН, то відкривання і закриття тиристорів є незалежним.

Зворотні діоди D1 - D4 служать для передачі енергії від споживача до джерела живлення. Це має істотне значення для коефіцієнта потужності

споживача (який не дорівнює одиниці) і для генераторного режиму двигуна. На рис. 2.5, в показано інтервали кутів, в яких проводять зворотні діоди, якщо коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ є індуктивним. Ці діоди проводять завжди, коли напрям струму є протилежним до напрямку вихідної напруги інвертора. Тому інвертор напруги дає можливість для двостороннього протікання як енергії, так і струму.

Трифазний інвертор напруги можна отримати, з'єднавши три однофазні інвертори. Керування ними здійснюється сигналами, зсунутими у фазі на кут $2\pi/3$, а їх вихідні напруги об'єднуються за допомогою трифазного трансформатора або безпосередньо на обмотках двигуна.

2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЧАСТОТНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ

2.1 Типи систем частотного керування двигунами змінного струму

Системи частотного керування двигунами змінного струму можна розділити на два типи: системи зовнішнього і внутрішнього керування.

У системах зовнішнього керування (рис. 2.1 а) регулювання частоти f_c перетворювача ПЧ, який живить статор двигуна змінного струму Д здійснюється автономно через зовнішній пристрій системи керування СК, без залучення параметрів самого двигуна.

У системах внутрішнього (векторного) керування (рис. 2.1 б) регулювання частоти f_c перетворювача ПЧ здійснюється через подачу на пристрій системи керування СК вимірюваних параметрів самого двигуна Д а саме: кутової швидкості двигуна ω_d , кута повороту вала γ_p , просторового вектора напруги статора U_c або вектора потоку статора ψ_c .

Якщо при частотному керуванні двигуном змінного струму оперувати в колах керування не з реальними змінними двигуна, а з перетвореними до координатних осей, орієнтованих за полем двигуна (система координат X, Y), то можна окремо керувати магнітним потоком і моментом двигуна, маючи справу не зі змінними синусоїдними величинами, а з постійними перетвореними їхніми значеннями. Це дозволяє будувати систему керування двигуном змінного струму аналогічно як для двигуна постійного струму. Основою побудови таких систем векторного керування є інформація про стан просторового вектора потокозчеплення в повітряному проміжку та його модуля, виміряти який можна, наприклад, давачем Холла.

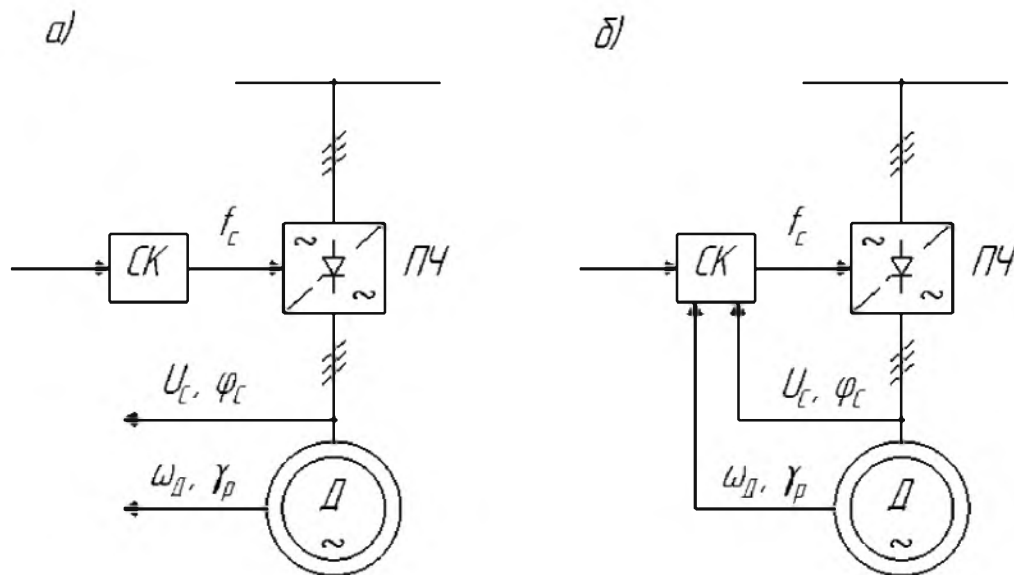
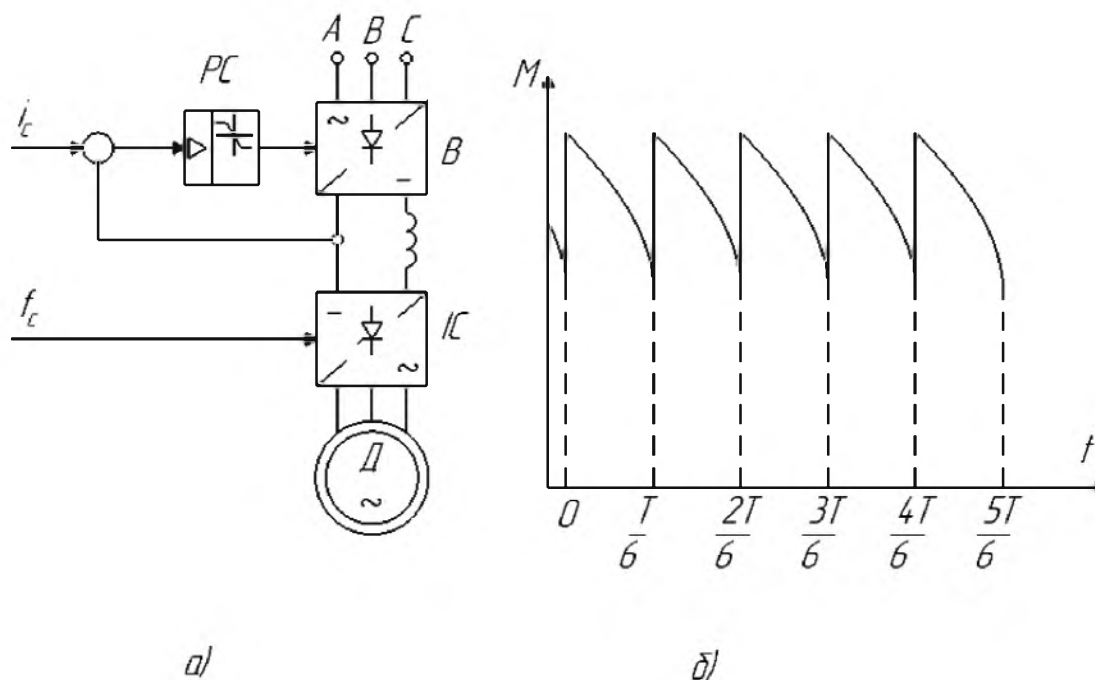


Рисунок 2.1 – Типи систем частотного керування двигунами

Широкого застосування набув спосіб керування АД при якому на всьому діапазоні регулювання швидкості і зміни навантаження підтримується постійним модуль вектора потокозчеплення ротора. При такому регулюванні забезпечується постійна перевантажувальна здатність АД високі енергетичні показники і висока швидкодія. Високу швидкодію отримують завдяки тому, що основний потік двигуна залишається постійним. Замкнені системи, що забезпечують стабільність потоку, можна створити на основі безпосереднього вимірювання потоку датчиком Холла або обчислення за відомими значеннями напруги, струму і частоти. Можливі також розімкнені системи, в яких можна посередньо задавати постійність потоку.

У разі живлення від перетворювача частоти з інвертором струму ПЧІС (рис. 2.2 а) форма струму живлення двигуна є прямокутною, що при практично синусоїдному розподілі індукції в повітряному проміжку створює коливання моменту (рис. 2.2 б), які при малих швидкостях зумовлюють крокове обертання ротора. Це обмежує діапазон регулювання швидкості знизу. Діапазон можна розширити, якщо застосувати відповідну модуляцію струму для малих значень кутових швидкостей обертання

двигуна.



а – з перетворювачем ПЧІС; б – графік моменту

Рисунок 2.2 – Схема частотного керування

У системах зовнішнього частотного керування двигуни змінного струму проявляють певні негативні властивості: схильність до довготривалих коливань, або стопоріння асинхронного двигуна. Тому електроприводи з системами зовнішнього керування застосовують там, де не вимагаються швидкі зміни моменту на валу двигуна. Однак здебільшого під час експлуатації індивідуальних приводів потрібна швидка реакція системи регулювання на ударні зміни моменту навантаження або також швидка зміна напрямку дії моменту на валу машини для реверсу вала ротора. У таких випадках використовуються, як правило, частотні перетворювачі з регулюванням струму статора, доповнені відповідною схемою внутрішнього керування частотою f_c .

Внутрішнє частотне керування здійснюється за таким принципом: забезпечується синхронізація імпульсів, що керують перетворювачем, з графіком зміни обертового потоку двигуна. Таку синхронізацію реалізують по-різному, залежно які величини безпосередньо вимірюють в двигуні і які

вимоги до динаміки і статички приводу. Однак система внутрішнього керування з перетворювачем частоти відіграє роль, подібну до колектора машини постійного струму, тобто перемикає струм якоря до відповідних обмоток під полюсами двигуна, орієнтуючи вектор струму якоря відносно вектора потоку.

Внутрішнє керування частотою живлення надає двигунам змінного струму властивості, подібні до двигунів постійного струму незалежного збудження. Це вимагає іншого підходу до аналізу чи синтезу системи внутрішнього керування.

На практиці системи зовнішнього керування застосовуються для групових електроприводів, а системи внутрішнього керування - в індивідуальних приводах, в яких двигун змінного струму має бути захищений від стопоріння (к.з. АД) під час ударного прикладання моменту навантаження.

2.2 Групові приводи з асинхронними двигунами

При використанні лінії конвеєрів виникає питання синхронного обертання їх приводів при відсутності механічного зв'язку між ними.

В електроприводах названих механізмів часто використовують двигуни змінного струму. Система керування ними забезпечує обертання групи двигунів з однаковою кутовою швидкістю за допомогою частотного способу керування. Для цього переважно застосовують систему «перетворювач частоти – асинхронний двигун» ПЧ-АД з перетворювачем типу ПЧІН, з регульованою напругою проміжного випрямляч. На рис. 2.3 показана схема частотного керування асинхронними двигунами АД з формуванням певної функціональної залежності між напругою і частотою. Значення заданої частоти f_3 визначає робочу частоту f_c інвертора напруги

ІН з примусовою комутацією, і, отже, – значення кутової швидкості обертання двигунів АД. Залежно від потрібної точності задавання кутової швидкості задавач частоти може бути аналоговий або цифровий. У наведеній схемі застосований аналоговий задавач.

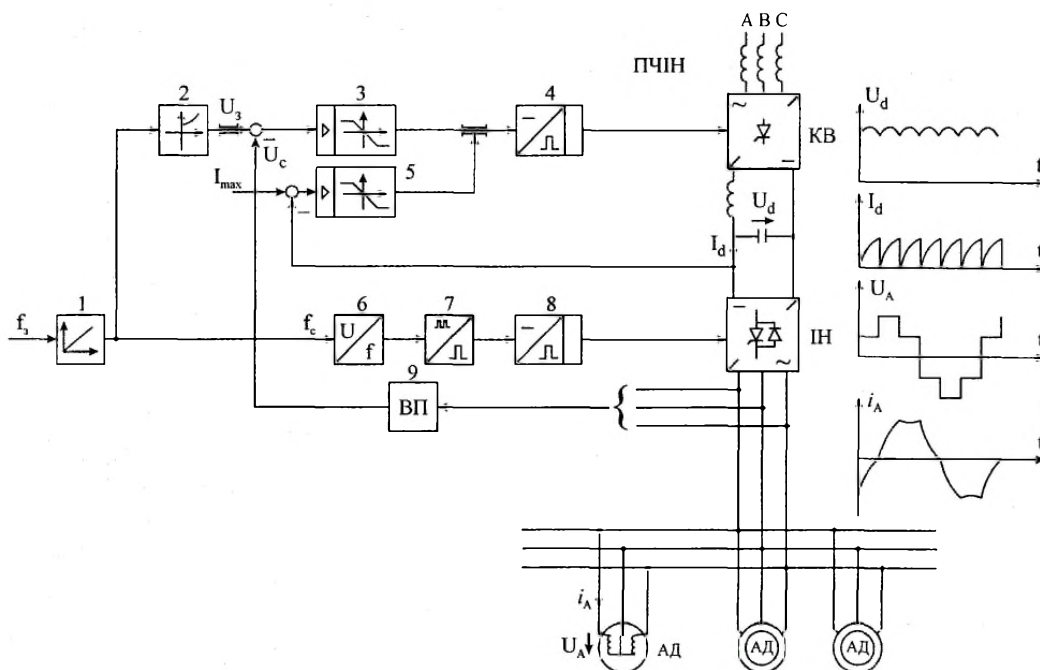


Рисунок 2.3 – Система частотного керування груповим приводом від ПЧІН

Значення заданої частоти f_3 подається на вхід перетворювача напруга-частота 6, який генерує імпульси прямокутної форми. Останні розподіляються електронним комутатором 7 і після підсилення пристроєм 8 СІФК, подаються на відповідні групи тиристорів інвертора ІН, який працює з примусовою комутацією. Для регулювання і стабілізації напруги служить регулятор 3, що порівнює задане значення напруги статора U_3 з дійсною величиною U_c , заміряною вимірювальним пристроєм 9. Вихід регулятора 3 з'єднаний зі входом пристрою 4 СІФК тиристорами, що дає змогу регулювати випрямлену напругу U_d на виході керованого випрямляча КВ, а значить напругу, прикладену до статорів двигунів АД. Двигуни і перетворювач частоти ПЧІН захищені від перевантажень діями

як регулятора напруги В, так і регулятора струму 5, який обмежує кут відкривання керованого випростуваного КВ у момент перевантаження. Величина заданої напруги U_z формується в функції значення частоти f_c за допомогою функціонального перетворювача 2, який реалізує співвідношення між напругою і частотою з метою забезпечити постійний потік асинхронних двигунів. Динамічні властивості системи під час перехідного процесу визначені характеристикою інтегратора в пристрої задавача інтенсивності 1.

На рисунку також зображені графіки напруг і струмів в перетворювачі (U_d , I_d) і в двигуні (U_d , i_A) для усталеного режиму роботи. Механічні характеристики асинхронних двигунів аналогічні показаним на рис. 3.

При частотах на виході ПЧІН до 200 Гц в групових приводах також застосовують перетворювачі з нерегульованою напругою проміжного випрямляча U_d і інверторами напруги з широтно-імпульсною модуляцією ІН-ШІМ. У такому разі вигідно жити зі спільної шини постійної напруги U_d кілька секцій групових приводів з частотно-керованими асинхронними двигунами (рис. 2.4). Застосування такого способу має істотні переваги порівняно з попереднім:

- система є економічною, з огляду використання у ній некерованого проміжного випрямляча;
- кращий коефіцієнт потужності;
- розподіл енергії між окремими перетворювачами здійснюється на шинах постійної напруги; окремі приводи можуть працювати в генераторному режимі, коли вся система працює в режимі двигуна;
- можливість стабілізації напруги на шині проміжного контуру, яка є нерегульованою, при пониженні напруги в мережі.

Ця схема регулювання відрізняється від схеми на рис. 2.3 тим, що регулювання як частоти, так і напруги живлення асинхронних двигунів здійснюється інверторами Ш-ШІМ.

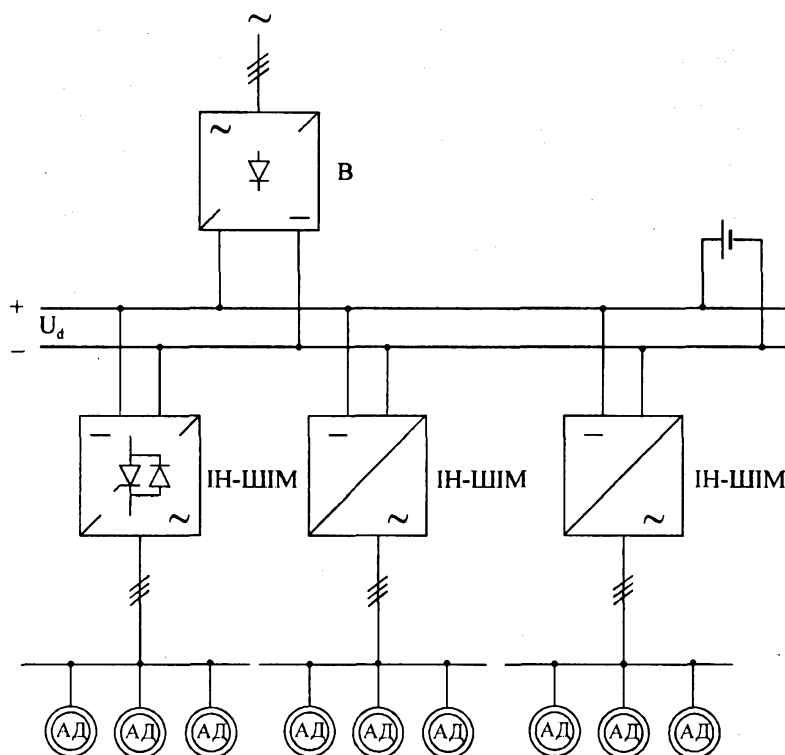


Рисунок 2.4 – Схема частотно-керованого групового приводу зі спільною шиною постійної напруги

В інших розробках систем групових приводів застосовуються рівно ж перетворювачі частоти з інвертором струму ПЧІС (рис. 2.5). Як і в попередньому випадку, окремі секції з приводними двигунами АД живляться від спільної шини постійної напруги U_d , джерелом якої є некерований випрямляч В.

Для регулювання струму I_c в проміжному контурі використано тиристорний періодичний комутатор ТПК. У системі регулювання основним є регулятор напруги 3, завдяки якому можна керувати роботою комутатора ТПК, тим самим керувати двигунами за функціональною залежністю «напруга-частота» в колі статора. Регулятор 3 порівнює задане значення напруги статора U_3 з дійсним значенням U_c , знятим з датчика напруги 9. На виході регулятора 3 формується значення заданого струму статора I_3 , яке порівнюється з дійсним його значенням I_c .

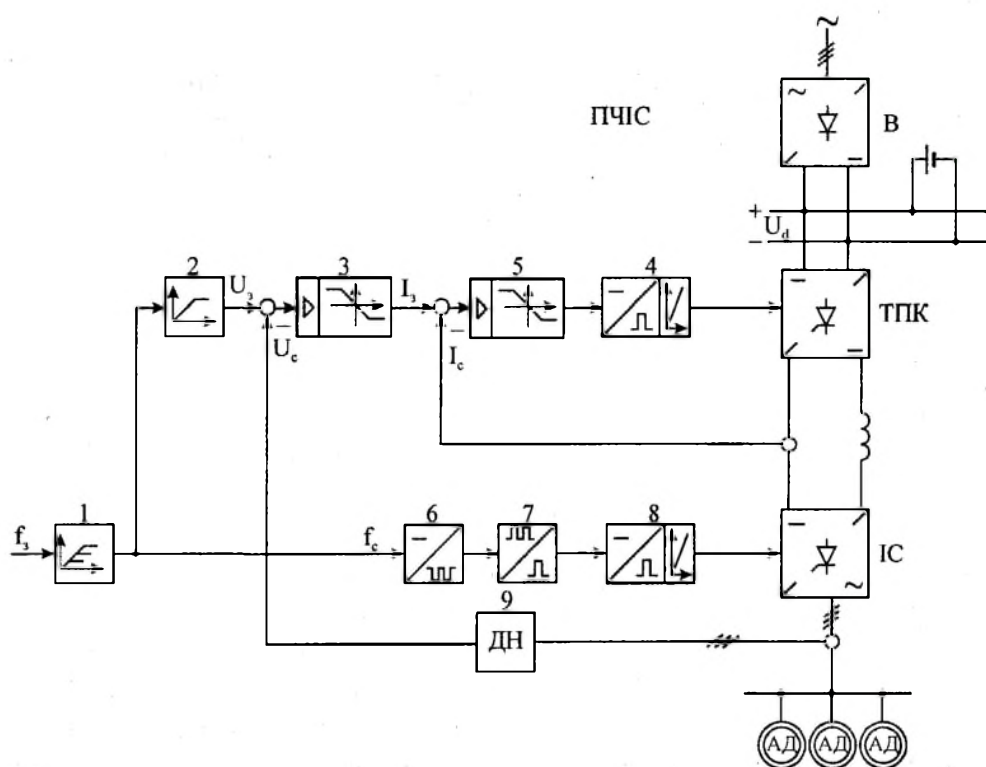


Рисунок 2.5 – Система частотного керування груповим приводом від ПЧІС

Різницю між цими струмами відпрацьовує регулятор струму 5, вихід якого з'єднаний зі входом пристрою 4 СІФК тиристорами, що дає змогу регулювати струм на виході комутатора ТПК. Значення заданої напруги U_3 формується в функції значення частоти f_c за допомогою функціонального перетворювача 2, який реалізує потрібне співвідношення між напругою і частотою. Значення заданої частоти f_3 подається на вхід генератора імпульсів прямокутної форми 6. Останні розподіляються електронним комутатором 7 і після підсилення пристроєм 8 СІФК, подаються на відповідні групи тиристорів інвертора ІС. Незважаючи на те, що інвертор ІС живиться від джерела струму, статичні характеристики двигунів АД такі ж, як при керуванні від джерела з регульованою напругою. Динамічні властивості системи під час перехідного процесу визначаються характеристикою задавача інтенсивності 1.

Переваги такої системи:

- мала вартість перетворювача (інвертор струму з відсікаючими діодами вимагає шість тиристорів і шість діодів);
- відсутність миттєвих динамічних перевантажень і захист від короткого замикання;
- відсутня потреба застосування швидкодіючих тиристорів. Недоліки:
- прямокутна форма струму в двигуні, у зв'язку з чим момент на валі стає пульсуючим (переважно при малих швидкостях для частот $f_c < 5$ Гц), що зменшує діапазон плавного регулювання швидкості і надійність роботи двигуна;
- порівняно низька частота (150-200 Гц) на виході перетворювача.

2.3 Індивідуальний привід з асинхронним короткозамкненим двигуном

У системах зовнішнього керування індивідуальними приводами асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором застосовують частіше, ніж синхронні двигуни. Вони простіші, дешевші, мають широкий діапазон номінальних потужностей і швидкостей. Регульовальні властивості таких двигунів у системах зовнішнього керування реалізуються складніше, такі системи є дорожчі від подібних систем зі синхронними двигунами.

В індивідуальних приводах з асинхронними короткозамкненими двигунами для механізмів, що не вимагають значних прискорень, тобто швидкої зміни кутової швидкості обертання двигуна, і в яких немає ударного накиду навантаження, застосовують прості системи зовнішнього керування з регулюванням напруги живлення статора асинхронного двигуна вони ідеально підходять для конвеєрного приводу.

На рис. 2.6 а–г показані способи регулювання напруги статора асинхронного двигуна АД залежно від типу застосованого перетворювача частоти ПЧ. У схемі рис. 2.6 а застосовано частотний перетворювач ПЧІН, з регулюванням значення напруги в проміжному контурі U_d (відповідно і напруги U_c). Регулюють значення напруги статора U_c за допомогою регулятора напруги РН, а струм I_c , з обмеженням його до максимального значення $I_{\max}$, - регулятором струму РС. У схемі передбачено окремий вхід для зміни частоти f_c напруги живлення двигуна. Діапазон зміни частоти f_c визначається схемою комутації інвертора напруги ІН.

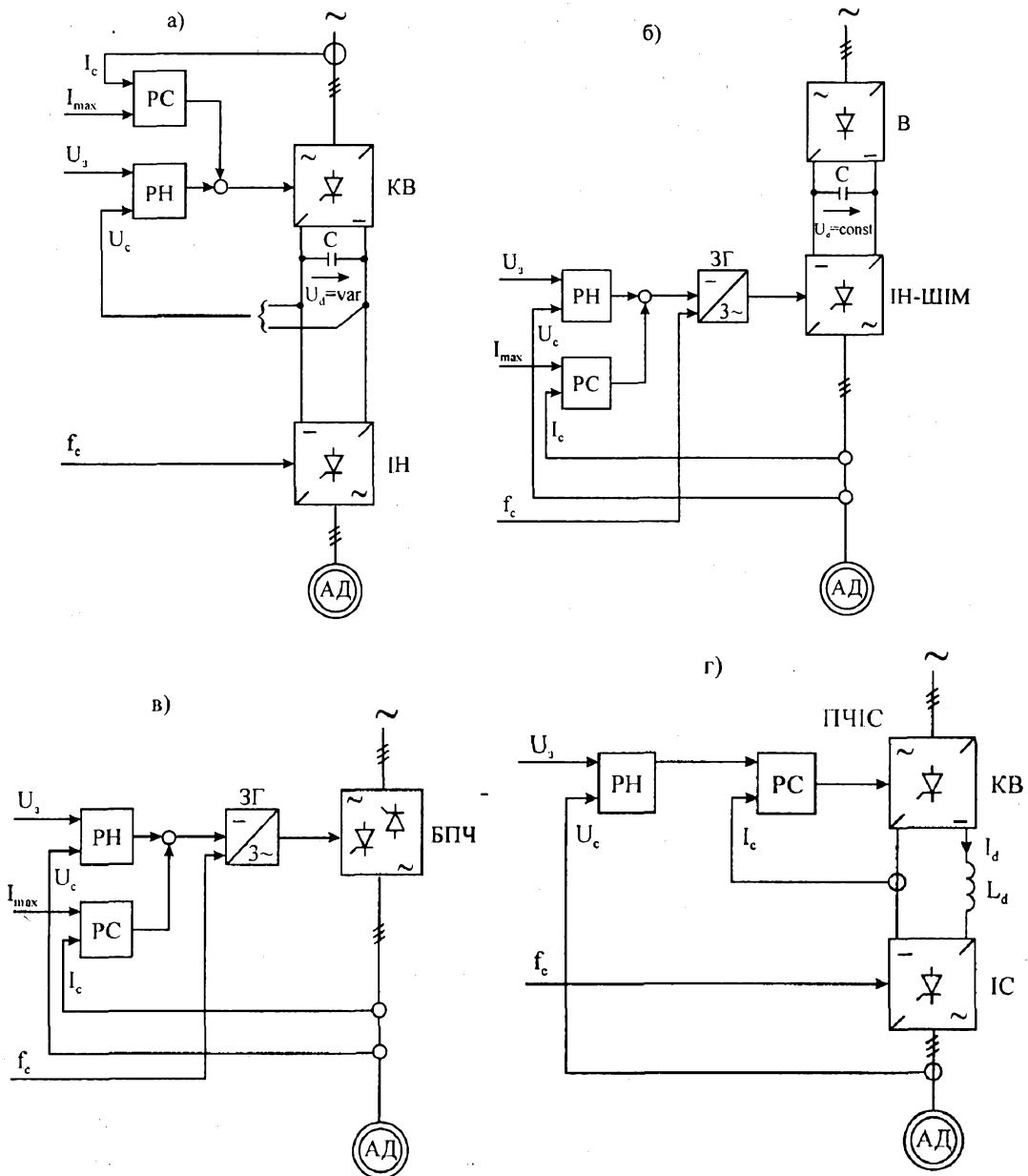


Рисунок 2.6 – Схеми ПЧ-АДз регулюванням напруги статора

На рис. 2.6 б в частотному перетворювачі застосовано інвертор напруги з широтно-імпульсною модуляцією ІН-ШІМ. У схемі встановлено регулятори напруги РН і струму РС (з обмеженням значення струму до $I_{\max}$). Однак регулюють частоту f_c в цій схемі через трифазний задаючий генератор ЗГ, з одночасним регулюванням напруги статора U_c та формуванням заданої залежності «напруга-частота».

У схемі рис. 2.6 в двигун живиться від безпосереднього перетворювача частоти БПЧ і регулюється напруга U_c (регулятор РН), з обмеженням значення струму статора до $I_{\max}$ (регулятор РС). Регулюють частоту U_c напруги живлення двигуна через трифазний задаючий генератор ЗГ, як і в схемі рис. 2.6 б.

На рис. 2.6 г застосовано частотний перетворювач ПЧІС з інвертором струму ІС, де контур регулювання струму I_c підпорядкований контуру регулювання напруги статора U_c . Така структура системи керування з відповідними зворотними зв'язками дає можливість регулювати напругу статора навіть у перетворювачі з інвертором струму ІС. У цій схемі є окремий вхід для регулювання частоти f_c напруги живлення двигуна. Діапазон зміни частоти f_c визначається схемою комутації інвертора струму ІС.

Потрібно звернути увагу на те, що використання висловлювання «перетворювач з регулюванням напруги статора» означає регулювання напруги живлення статора асинхронного двигуна незалежно від типу інвертора: чи то напруги (ІН), чи то струму (ІС).

Узагальнена функціональна схема системи частотного керування з регулюванням напруги статора зображена на рис. 2.7. Структура такої системи керування тотожна структурі системи керування груповим приводом з рис. 2.7. Значення заданої частоти f_3 напруги живлення статора пропорційне значенню швидкості обертання двигуна ω_d і визначає, після інтегратора 1, відповідне їй значення частоти f_c , а після функціонального перетворювача 2 – потрібне значення напруги U_c . Функціональний

і швидкість обертання двигуна пропорційні частоті квантування f_c інвертора. Робота в режимі двигуна або генератора досягається зміною напрямку напруги проміжного контуру U_d при збереженні напрямку постійного струму I_d . Це дає можливість здійснити рекуперативне гальмування в мережу без застосування зворотного випрямляча.

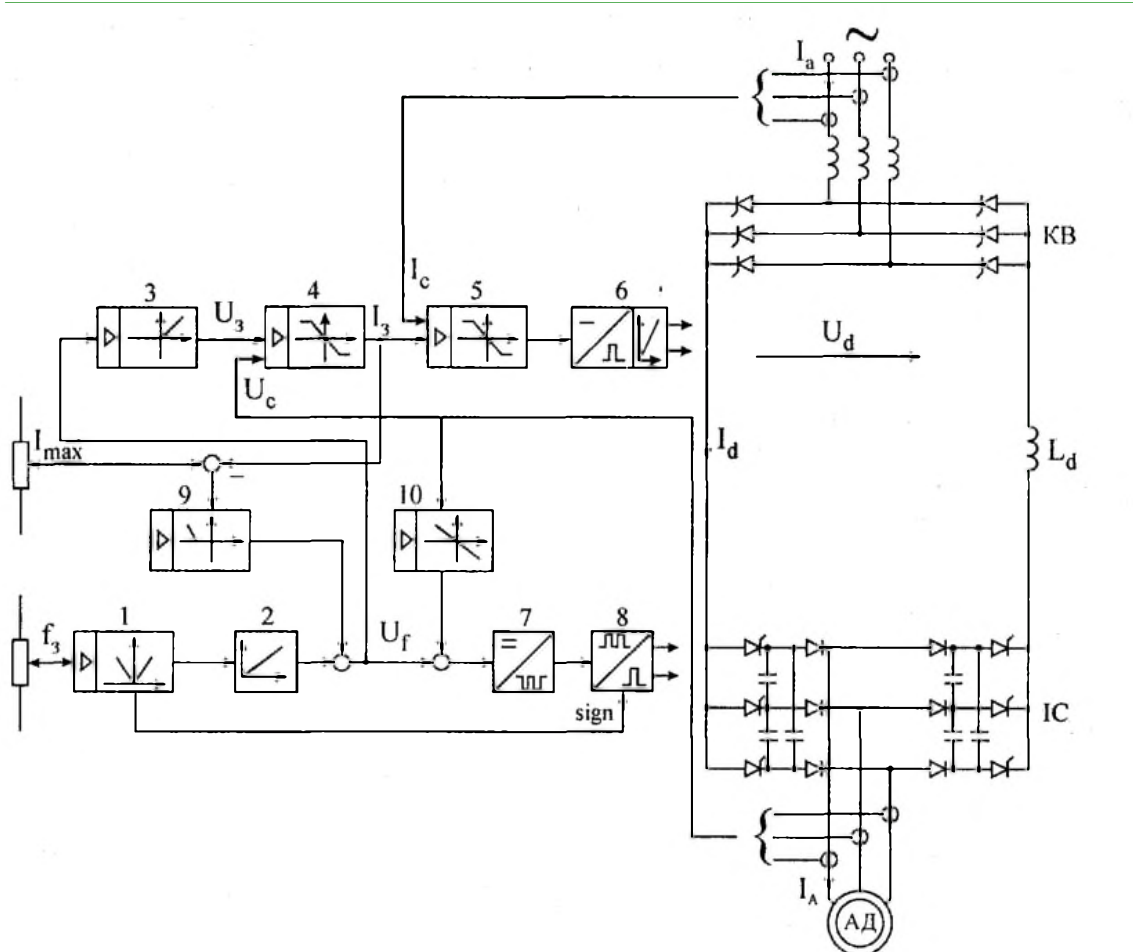


Рисунок 2.8 – Система перетворювач частоти з інвертором струму – асинхронний двигун

Пристрій 1 формує амплітуду і полярність заданої напруги U_f , яка визначає напрям обертання поля. Ця напруга після інтегратора 2, через перетворювач напруга-частота 7 та розподільник імпульсів 8 керує частотою квантування f_c інвертора струму IC. Одночасно напруга U_f через функціональний генератор 3 формує напругу статора двигуна U_c так, що потік двигуна залишається постійним. Регулятор напруги 4 порівнює значення заданої U_3 і виміряної амплітуди напруги U_c і задає через

підпорядкований регулятор струму 5, пристрій відкривання тиристорів 6 (СІФК) і керований випрямляч КВ струм двигуна I_A . При цьому напруга статора встановлюється на заданому рівні. Струм I_s вимірюється з боку мережі живлення.

Для частот $f_c < 3$ Гц, за яких точно виміряти напругу статора важко, регулювання напруги статора блокується, і обертання двигуна може відбуватися відповідно до виставленого струму статора для потрібного моменту. Залежно від знака сигналу заданого напрямку обертання поля на виході пристрою 1, кільцевий лічильник 8 формує систему трифазних сигналів, яким відповідає обертання магнітного поля за чи проти годинникової стрілки, що дає можливість реверсувати двигун. При перевантаженнях, коли значення заданого струму статора I_z досягне допустимого значення I_{max} , регулятор перевантаження 9 зменшить (або в режимі генератора збільшить) частоту статора f_c і тим самим швидкість обертання вала двигуна; двигун вийде на новий усталений режим. Це означає, що стопоріння двигуна при перевантаженнях в такій системі виключене. Струм I_{max} виставляється з умови допущення короткочасного (до 20 с) перевантаження перетворювача частоти в межах 1,05–1,2 від номінального струму $I_{дн}$. Зміна швидкості обертання двигуна при зміні навантаження в наведених межах зміни номінального струму компенсується зміною частоти, що реалізує блок компенсатора ковзання 2.

Механічні характеристики такого приводу показані на рис. 2.9. У зв'язку з прямокутною формою струму в статорі, крім струму основної гармоніки, протікають струми вищих гармонік, які спричиняють додаткові втрати в двигуні. Тому допустимий момент навантаження двигуна повинен бути обмежений. Для стандартних двигунів вимагається зменшення моменту при номінальному навантаженні на 5-15 %. Зі зменшенням швидкості обертання двигуна з самовентиляцією інтенсивність охолодження падає. До рівня 30 % від номінальної швидкості інтенсивність охолодження є ще достатньою, тому що зі зменшенням

частоти статора зменшуються втрати в залізі. Краще працює двигун з вентиляторною характеристикою навантаження.

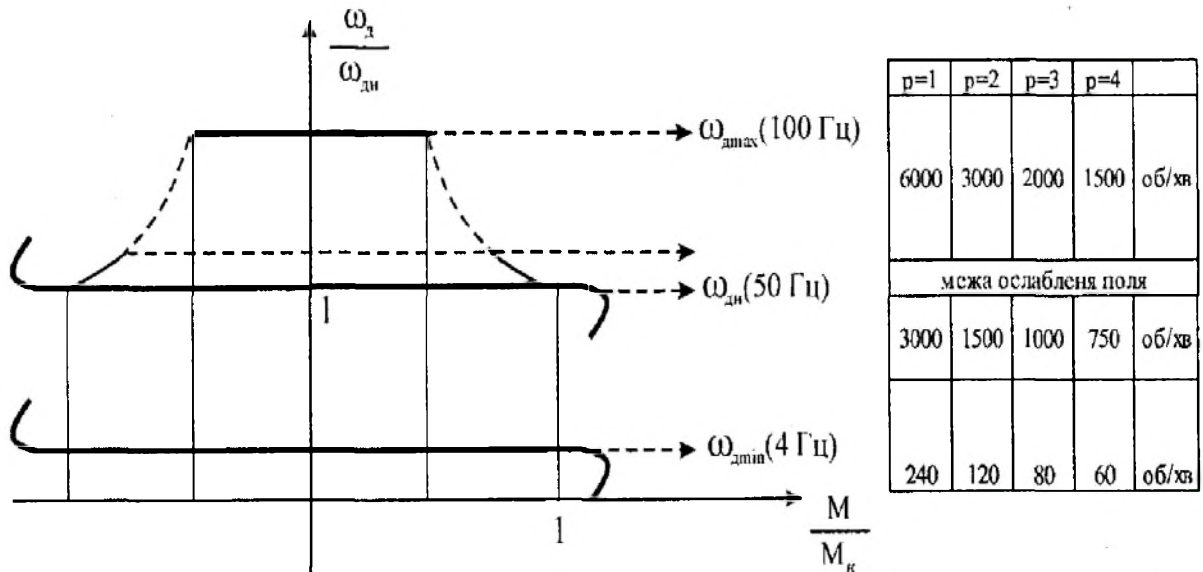


Рисунок 2.9 – Механічні характеристики АД

2.5 Висновки отримані в процесі вибору перетворювача частоти

Для індивідуальних приводів з регулюванням напруги статора асинхронного двигуна тип перетворювача частоти визначають такі технічні параметри, як потужність, діапазон регулювання швидкості та умови живлення. На практиці широко застосовують як перетворювачі частоти з інвертором напруги, так і з інвертором струму.

Застосування частотно-керованих приводів з перетворювачами частоти з інвертором струму ПЧІС зумовлено такими їх перевагами:

- можливість генераторного режиму без застосування зворотного випрямляча;
- відсутність тимчасових динамічних перевантажень і захист від стопоріння;
- відсутність потреби застосування швидкодіючих тиристорів.

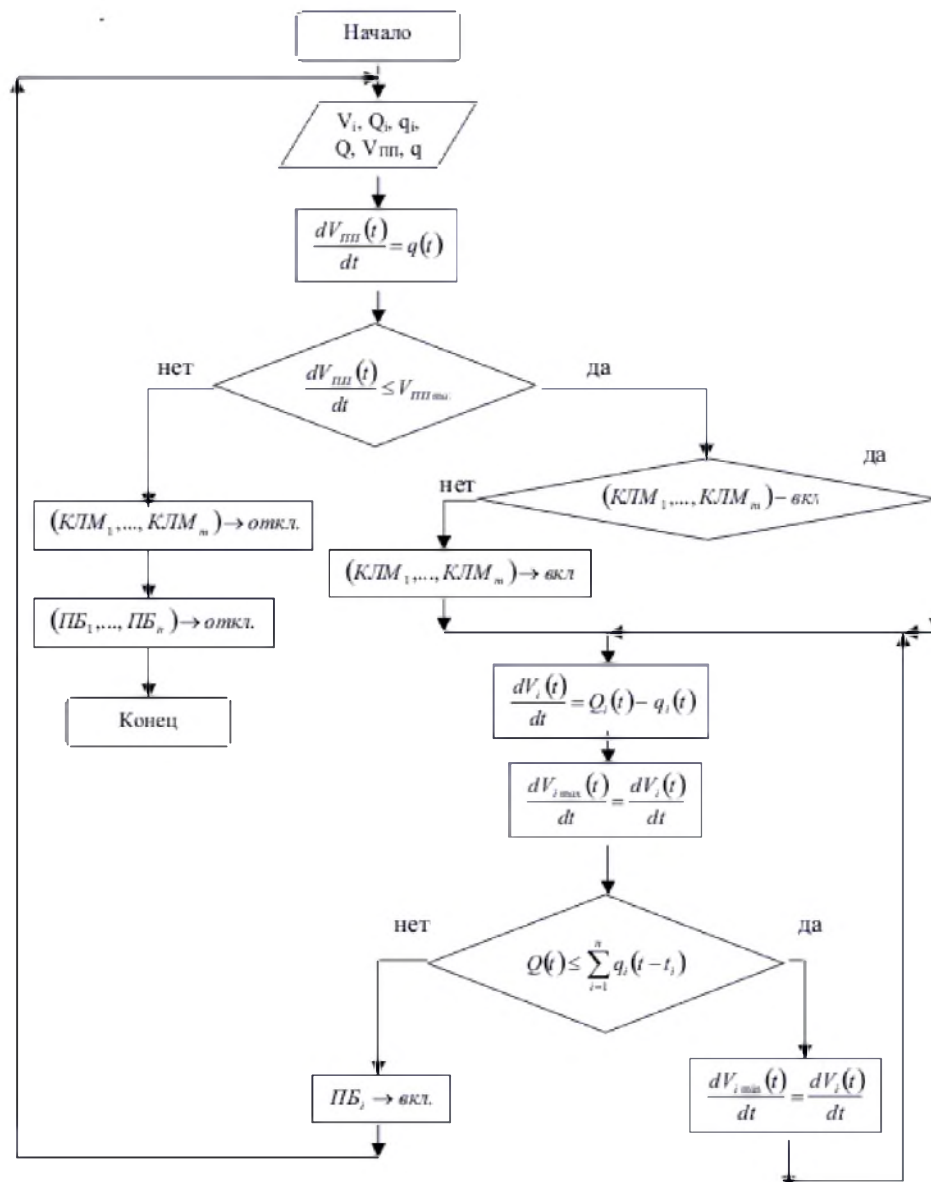


Рисунок 2.10 – Блок-схема алгоритму оцінки стану завантаженості лінії й формування керуючих впливів

Перетворювачі частоти з інверторами напруги ПЧІН мають свої переваги (порівняно з ПЧІС):

- краща форма струму, який для транзисторних перетворювачів з ШІМ або перетворювачів з тиристорами, що закриваються струмом затвору (GTO), наближений до синусоїдного;
- рушійний момент двигуна практично постійний, без низькочастотних пульсацій, що спричиняє рівномірне обертання ротора в діапазоні низьких частот.

Частотні системи з інверторами напруги з регулюванням напруги U_c можуть працювати в системах зовнішнього керування частотою f_c . Їх застосовують у групових приводах зі синхронними чи реактивними двигунами, а також у простих індивідуальних приводах з асинхронними двигунами, де не вимагаються покращені динамічні властивості і відсутні ударні моменти навантаження.

Частотні системи з інверторами струму, з регулюванням струму статора I_c при зовнішньому керуванні частотою f_c . У зв'язку з поганими динамічними властивостями і статичною нестабільністю, не мають практичного застосування.

Застосування асинхронних приводів з зовнішнім керуванням в гірничій промисловості, а саме для керування конвеєрним приводом, є найбільш раціонально та ефективно.

Відповідно до наведеного критерію й вимог розроблена структурна схема системи автоматизації конвеєрного транспорту із завантаженням з бункерів, що наведений на рис. 2.11. На рис. 2.11 умовно позначені:

ПЦУ – підсистема централізованого управління – це функціональне ядро, що визначає й забезпечує цільову спрямованість керування;

ЛПР – особа, що приймає рішення при керуванні;

ПСИ – підсистема системної інтеграції реалізує процеси передачі інформації між іншими підсистемами системи автоматизованого диспетчерського керування;

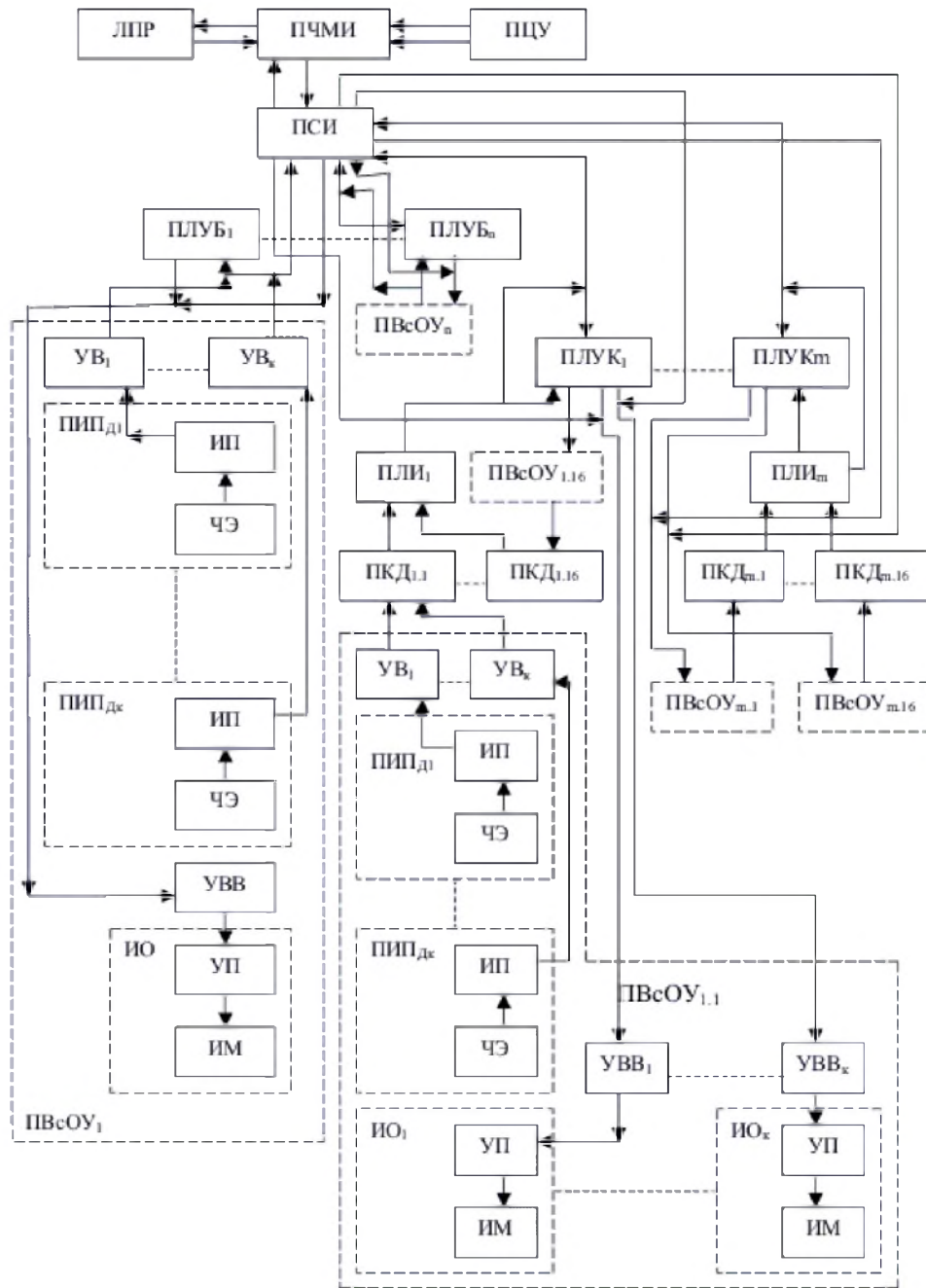


Рисунок 2.11 – Структурна схема системи автоматизації

ПЧМИ – підсистема людино-машинного інтерфейсу, що забезпечує взаємодію ЛПР із системою автоматизації в рамках виконання таких умов як наявність інформації про об'єкт керування, наявність засобів відображення цієї інформації, можливість однозначної реалізації керуючого впливу, наявність зворотного зв'язку, що змінює в моделі відображення інформацію про реакцію об'єкта управління на ці впливи;

ПЛУБ – підсистема локального управління окремим бункером;

ПВсОУ – підсистема взаємодії з об'єктом керування забезпечує інтерфейс зв'язку з об'єктом керування;

УВ – пристрій введення (перетворення й узгодження сигналів датчиків вимірюваних величин у системний сигнал – у цифрову форму);

ПИПД – первинні вимірювальні перетворювачі технологічних параметрів датчиків;

ПИПД – первинні вимірювальні перетворювачі технологічних параметрів датчиків;

ЧЭ – чутливий елемент первинного вимірювального перетворювача;

УВВ – пристрій виводу (узгодження сигналу виконавчого органа й підсистем системи автоматизації);

ИО – виконавчий орган здійснює перетворення електричної енергії в механічну;

УП – підсилювач-перетворювач;

ИМ – виконавчий механізм – електродвигуни електроприводів конвеєра й живильника бункера;

ПЛУК – підсистема локального керування окремим конвеєром;

ПЛИ – підсистема локальної інтеграції;

ПКД – підсистема контролю датчиків.

3 РОЗРОБКА СХЕМИ ТИРИСТОРНОГО ПУСКАЧА

3.1 Розробка принципової схеми і алгоритму роботи пускача

Структурна схема тиристорного пускача приведена на рис. 3.1. Схема складається з силової частини, систем управління і захисту.

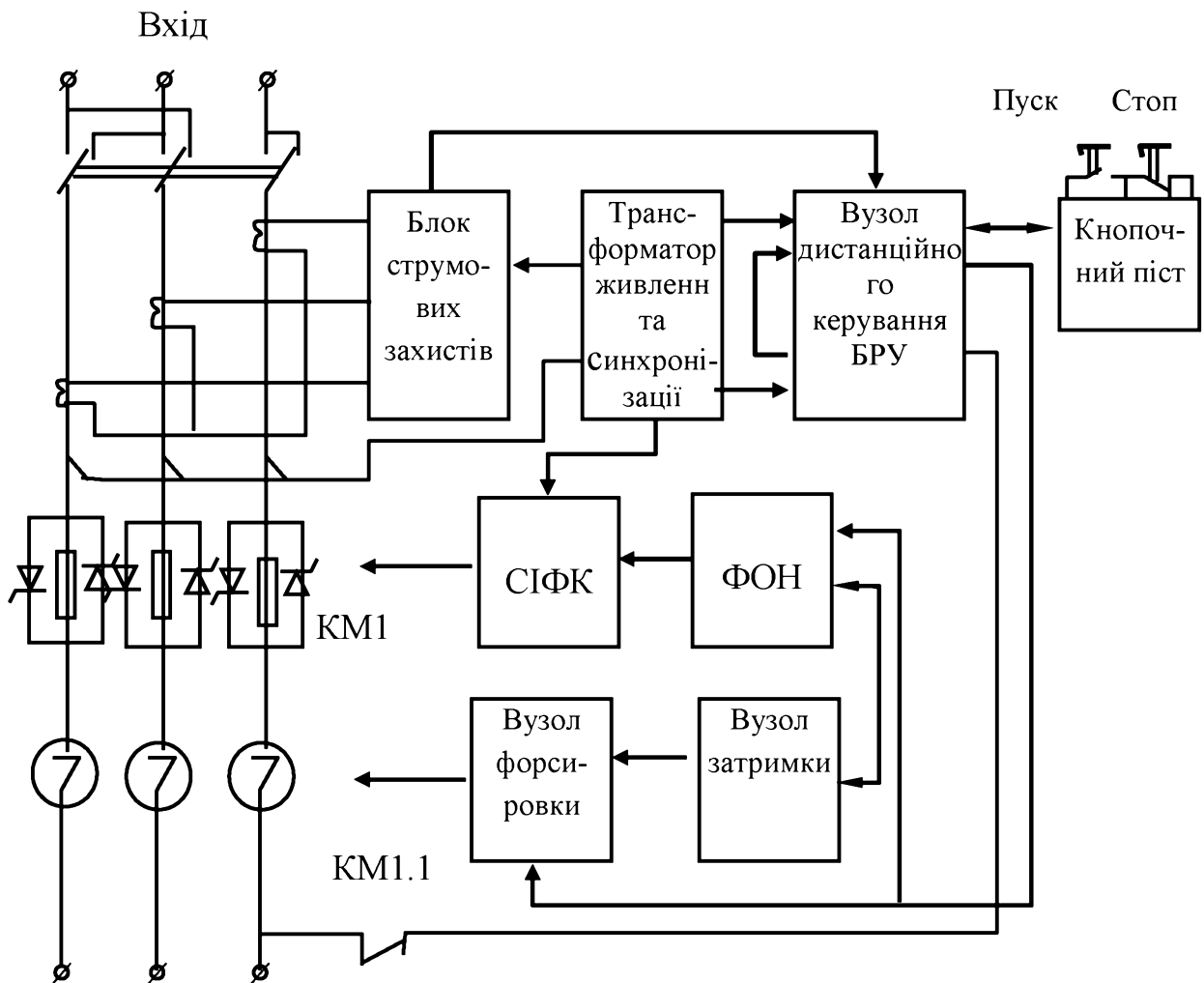


Рисунок 3.1 – Структурна схема тиристорного пускача

До складу силової частини входить: роз'єднувач, силовий тиристорний комутатор, вакуумний контактор. Роз'єднувач служить для подачі напруги на схему пускача і зняття цієї напруги при проведенні регламентних робіт, а також для зміни порядку чергування фаз напруги при

реверсі електродвигуна, що підводиться. Тиристорний регулювальник виконує функцію плавного збільшення живильного напруження від фіксованої зниженої величини до номінальної.

Для забезпечення функціонування дільничного апарату захисту від витоків паралельно тиристорним парам комутаторів включені опору номіналом 1 кОм. Для забезпечення механічного розриву ланцюга навантаження від живильної мережі служить вакуумний контактор КМ1. З метою забезпечення функціонування захисту від струменевих перевантажень застосований блок струменевих захистів з трьома трансформаторами струму на вході. Первинні ланцюги вказаних трансформаторів включені в фази пускача між роз'єднувачем і тиристорним комутатором.

Оскільки в момент комутації силових контактів контактора КМ1 в мережі виникає значна перенапруга, узгодження роботи тиристорного комутатора і контактора полягає в наступному: в початковому стані обидва ці вузли відключені. При надходженні команди на включення тиристорного пускача першим включається контактор КМ1, а потім в дію вступає тиристорний комутатор. При знятті команди дозволу включення пускача першим відключається тиристорний комутатор, а потім контактор КМ1. Ці міркування є основою для схемного рішення вузла автоматизації пускача, в який входить формувач опорної напруги і вузол затримки. Вхідним по відношенню до даних вузлів є вузол дистанційного управління ВДУ, об'єктом формувача опорної напруги ФОН є система імпульсно-фазовий управління СІФК тиристорами, а вузла затримки - вузол форсировки включення контактора. До складу пускача входить трансформатор живлення і синхронізації. Його призначення – електроживлення всіх елементів пристроїв управління і блоку струменевих захистів, а також формування що синхронізують з частотою мережі напружень для забезпечення працездатності СІФК. Виносний кнопочний пост функціонально пов'язаний з вузлом ДУ. Блок струменевих захистів при

наявності аварійного стану мережі формує заборонний сигнал, що подається на ВДУ. Крім цього до складу пускача входить блокувальне реле витоку БРУ, яке контролює стан ізоляції кабелю, що відходить і не допускає включення пускача при зниженні цього опору нижче заданого рівня.

Вимоги, що пред'являються до пристрою, що проектується:

- дистанційне включення електроприводу;
- забезпечення плавного наростання вихідної напруги пускача по заданій програмі і в заданому діапазоні;
- тривалість наростання напруги до 2 с;
- діапазон напружень від 0,5 до 1 від номінального;
- забезпечення дистанційного відключення електроприводу;
- бездугова комутація силових контактних з'єднань.

Схема системи імпульсно-фазового керування тиристорами СІФК приведена на рис. 3.2, а діаграма напружень СІФК, що пояснює принцип формування імпульсів управління на рис. 3.3.

Пристрій, що пропонується працює таким чином: інтегратор 1 формує пилоподібна напруга U_1 тривалістю π рад., синхронізоване з початком напівхвилі однієї з напруг мережі. Воно подається на статичний вхід першого компаратора 2. На інвертуючий вхід першого компаратора подається керуюча напруга U_3 з виходу формувача 3 керуючої напруги. На інтервалах перевищення пилоподібної напруги U_1 значення керуючої напруги U_3 формуються прямокутні імпульси U_2 . Їх передні фронти U_5 виділяють за допомогою диференціюючого ланцюга 4 і діода 5. Останній перешкоджає проходженню через нього імпульсів, співпадаючих із задніми фронтами прямокутних імпульсів U_2 . При відсутності на виведенні 3О на дозвіл роботи тиристорного регулювальника напруги (U_{30}) на виході четвертого елемента І6 встановлений логічний «0», що визначає логічну «1» на виході елемента ІЛИ-НЕ9 і третього елемента ІЛИ7, яка

перешкоджає запуску інтегратора 11. На його виході встановлений логічний «0», що визначає наявність логічного «0» на виході другого компаратора 10 і на третьому вході третього елемента ІЛИ7. Логічна «1» на виході елемента ІЛИ-НЕ9 визначає наявність логічного «0» на виході інвертора 15, п'ятого елемента І16 і другому вході елемента ІЛИ-НЕ9.

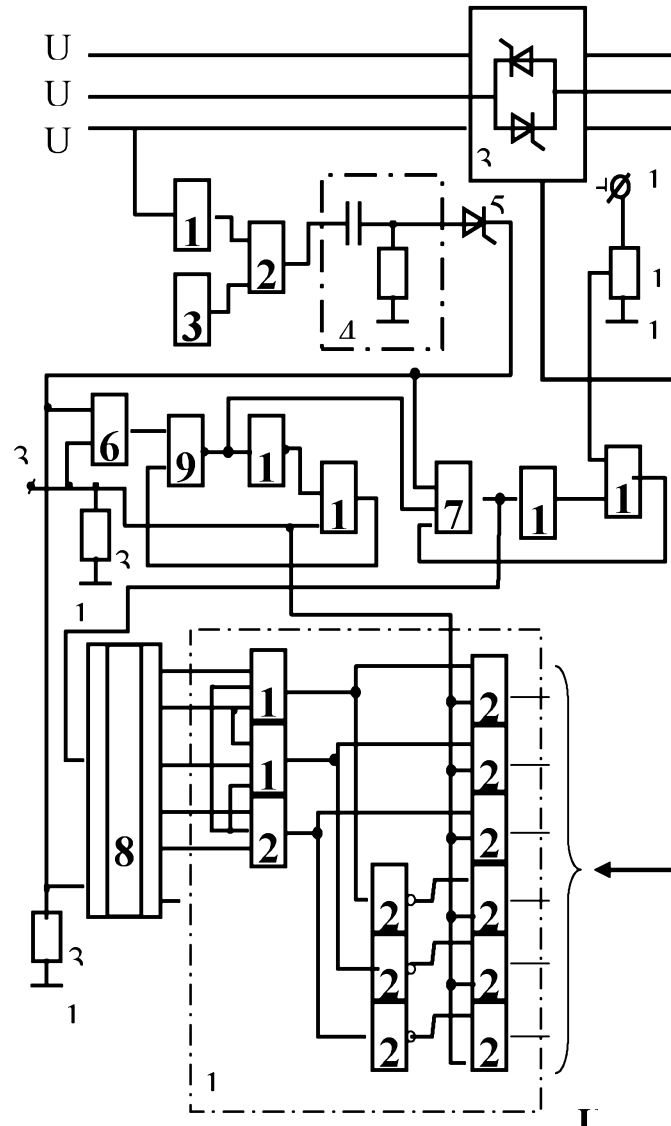


Рисунок 3.2 – Схема системи імпульсно-фазового керування тиристорами

При наявності сигналу U_{30} в момент появи імпульсу U_5 на виходах п'ятого елемента 16, інвертора 15 і І16 з'являється логічна «1». На виході елемента ІЛИ-НЕ9 встановлюється логічний «0». Електричний ланцюг, що складається з елементів ІЛИ-НЕ9, інвертора 15 і п'ятого елемента І16, самоблокується.

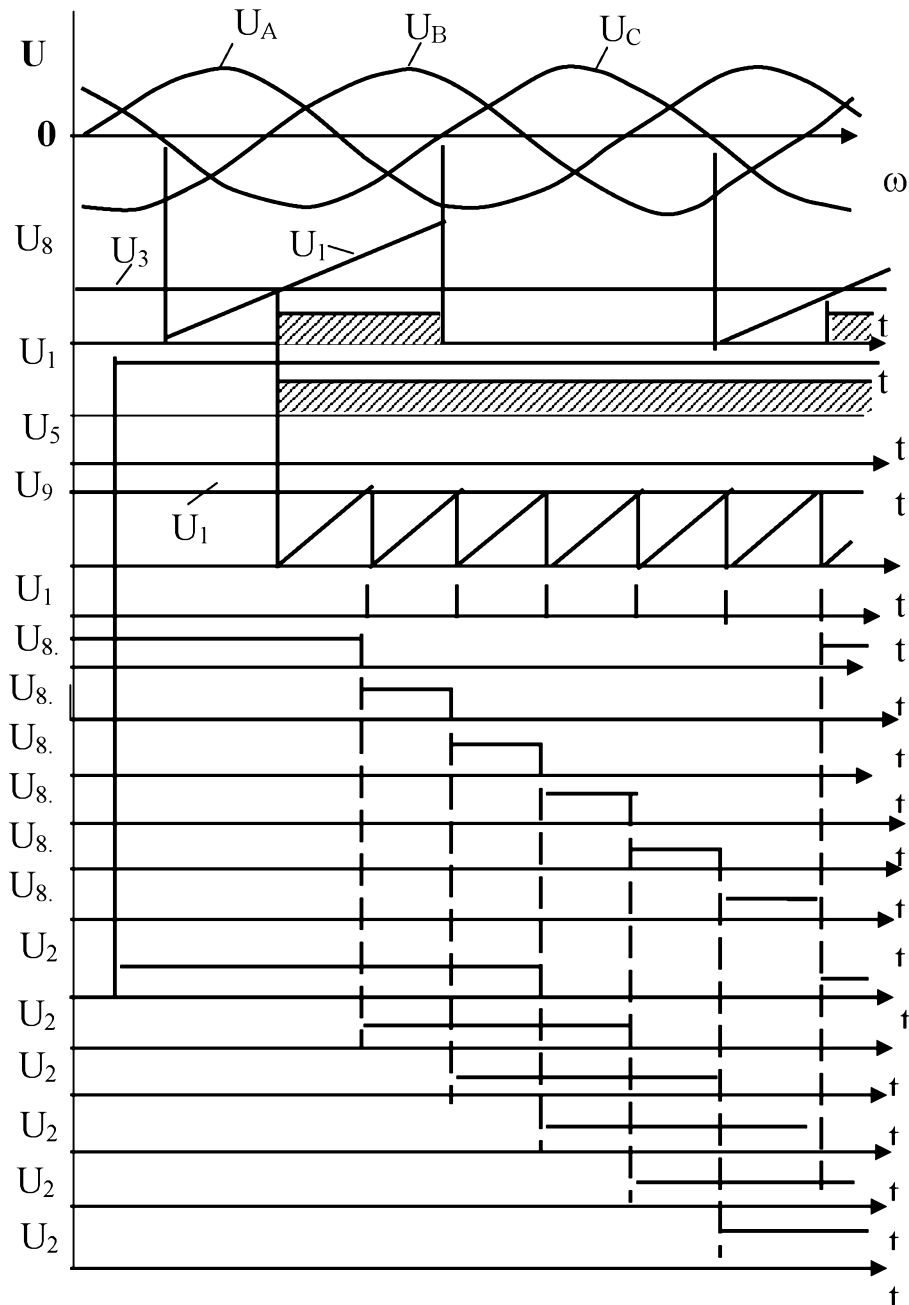


Рисунок 3.3 – Діаграма напруг СІФК, що пояснює принцип формування імпульсів управління

Логічний «0» на виході елемента ИЛИ-НЕ9 дозволяє включення в роботу (запуск) інтегратора 11. Другий компаратор 10 формує імпульси U_{10} в моменти рівності пилообразної напруги U_{11} і постійної напруги U_{12} , що знімається з виходу потенціометра 12. Рівень напруги U_{12} встановлений таким, що імпульси U_{10} формуються через кожні $\pi/3$ рад. Ці імпульси, поступаючи на третій вхід третього елемента ИЛИ7 «скидають» інтегратор 11 і компаратор 10.

У початковому стані на першому виході розподільника 8 встановлена «1», на інших – логічні «0». Кожний з імпульсів U_{10} , будучи поданим через третій елемент ІЛИ7 на тактуючий вхід розподільника 8 проводить по чергово перенесення логічної «1» на подальші виходи розподільника 8, а імпульс U_5 , поступаючи на R-вхід скидання розподільника 8, повертає його в початковий стан.

Таким чином, при незмінному значенні керуючої напруги U_3 на кожному з виходів розподільника 8 в процесі його роботи формуються по чергово імпульси $U_{8.1} - U_{8.6}$ тривалістю $\pi/3$ рад. У цьому випадку імпульс U_5 співпадає з одним з імпульсів U_{10} . Процес зміни кута відімкнення тиристорів регулювальника напруги зумовлений зміною напруги управління U_3 . При цьому буде змінюватися і момент формування імпульсу U_5 . У процесі зменшення напруги U_3 інтервал між сусідніми імпульсами U_5 буде меншим 2π рад. При збільшенні напруження U_3 інтервал між сусідніми імпульсами U_5 виявиться більшим, ніж 2π рад. У першому випадку розподільник 8 буде переведений в початковий стан раніше, ніж через 2π рад. І знов почне формувати імпульси через $\pi/3$ рад., оскільки імпульс U_5 одночасно «скине» інтегратор 11 і компаратор 10. У другому випадку тривалість імпульсу $U_{8.6}$ буде перевищувати $\pi/3$ рад., оскільки розподільник 8 буде переведений в початковий стан імпульсів U_5 пізніше, ніж через 3π рад. Починаючи з моменту переходу в початковий стан, розподільник 8 почне формувати імпульси через $\pi/3$ рад.

Імпульси $U_{8.1} - U_{8.5}$ шляхом логічного складання за допомогою елементів ІЛИ18-20 утворять на їх виходах елементів І21-23 прямокутні імпульси U_{21} , U_{22} , U_{23} тривалістю в π рад, при умові $U_3 = \text{const}$ і сталій роботі пристрою. При включенні пристрою передній фронт напруги U_{30} може не співпадати з імпульсом U_5 і тривалість імпульсу U_{21} перевищить значення $\pi/3$ рад. Однак це не приведе до збою роботи тиристорного регулювальника напруги, оскільки частина імпульсу U_{21} буде доводитися

на негативну анодну напругу відповідного тиристорного регулювальника напруги і не включить його. На інші тиристори в цей час керуючі імпульси з виходу вузла 17 обмеження тривалості не будуть подані зовсім. Це тим більше не приведе до передчасного включення тиристора, до ланцюга управління якого буде підведений імпульс U_{21} . На інтервалах між імпульсами U_{21} , U_{22} , U_{23} інверторами 24-26 і елементами И27-29 будемо сформовані імпульси управління відповідно U_{27} , U_{28} , U_{29} тривалістю $\pi/3$ рад. При $U_3 = \text{const}$ імпульси управління U_{21} , U_{22} , U_{23} , U_{27} , U_{28} , U_{29} мають фазовий зсув відносно відповідного попереднього і подальшого імпульсу управління, рівний $\pi/3$ рад. При $U_3 = \text{VAR}$ буде мати місце відповідне синхронне зміщення імпульсів управління $U_{21}-U_{23}$, $U_{27}-U_{29}$ по фазі.

Резистор 32 однозначно визначає нульовий рівень сигналу на вході скидання розподільника 8 при відсутності імпульсу U_5 , тобто забезпечує працездатність розподільника 8. Резистор 33 однозначно визначає нульовий рівень сигналу на других входах елементів 16, 16, 21-23, 27-29 при відсутності сигналу U_{30} . Цим забезпечуються нульові рівні на виходах елементів 16, 16, 21-23, 27-29 в початковому стані і синхронізації включення пристрою при подачі напруження U_{30} з переднім фронтом імпульсу U_5 . Елемент И16 забезпечує розблокову електричного ланцюга, утвореного елементами ИЛИ-НЕ9, інвертором 15, елементом И16, при зникненні дозволяючої напруги U_{30} і переклад цього ланцюга в початковий стан. Цим забезпечується можливість повторного включення пристрою синхронно з імпульсом U_5 при повторній подачі дозволяючої напруги U_{30} .

Таким чином, забезпечення більш високої симетрії вихідного трифазного напруження, спрощення самого пристрою і його настройки, а отже, здешевлення і підвищення надійності пристрою зумовлюються заміною багатоканальної системи настройки на одноканальну шляхом виключення з складу пристрою чотирьох компараторів, чотирьох підстроєчних резисторів, крім того, підвищення симетрії вихідної напруги зменшує нагрів і підвищує термін служби асинхронних електродвигунів.

Вузол дистанційного управління будується по оптронній схемі, яка виявляє факти натиснення на кнопки «Пуск» і «Стоп» виносного кнопкового поста, підключення якого здійснюється по трипровідній схемі.

Принцип дії вузла дистанційного управління полягає в наступному: в початковому стані кнопка «Пуск» розімкнена, кнопка «Стоп» замкнена. У цьому випадку світить світодіод VD2 оптрона V2 і відкриває транзистор VT2. На виході інвертора D1.1. встановлюється логічна одиниця. Вона дозволяє проходження одиничного сигналу через елементи «И» D2.1. і D4.3. При відсутності одиниці на виході Блоку струменевих захистів (БСЗ), на виході інвертора D1.3. також встановлюється одиниця аналогічного призначення. При натисненні на кнопку «Пуск» спрацьовує оптрон V1 і встановлює одиницю на виході інвертора D1.2. У цьому випадку з'являється одиниця на виході інвертора D2.2, яка приводить до появи одиниці $U_{вих}$ на виході інвертора D3.4, з метою запам'ятовування цього сигналу служать елементи D4.3, D4.4, D3.3. Таким чином при відпущенні кнопки «Пуск» на виході вузла дистанційного управління зберігається одиниця. Вона зникає при натисненні на ВКП кнопки «Стоп», а також при зникненні напруги в схемі, зокрема при спрацюванні блокувального реле витоку БРУ, і при появі одиниці на виході блоку струменевих захистів БСЗ. При спрацюванні блокувального реле витоку БРУ його контакт включає в роботу світлодіод VD3.

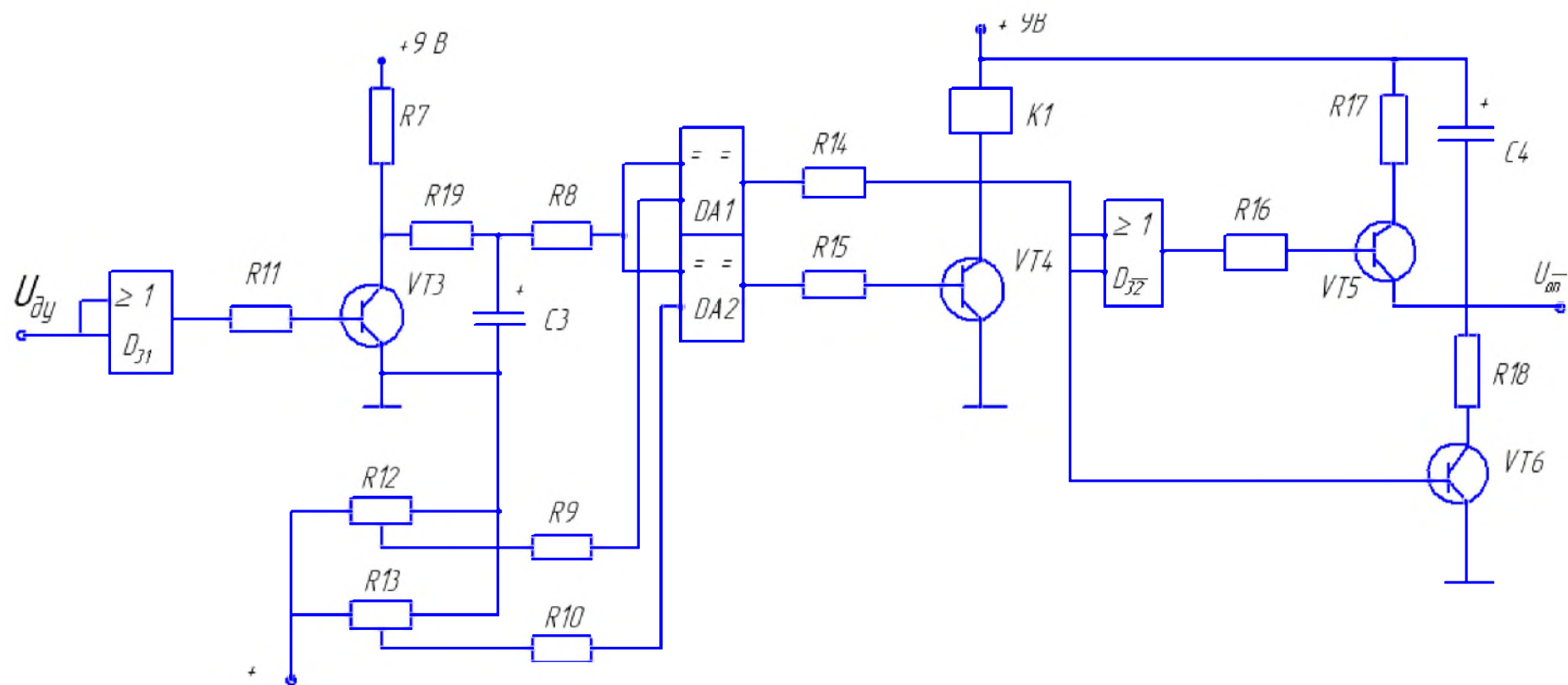
Вузол дистанційного управління має в складі своєї схеми ланцюга, що виходять за межі тиристорного пускача, корпус якого виконаний у вибухобезпечній виконанні. Тому в даній схемі передбачена іскрозахист, виконай шляхом розділення оптронами схеми на дві частини. Та частина схеми, яка містить ланцюги виносного кнопкового поста, є іскробезпечний, так як обмотка трансформатора VT1, живильна випрямний міст VCI, намотана високоомним проводом.

Схема формувача опорної напруги з вузлом затримки представлена на рис. 3.4. Схема працює таким чином: при появі сигналу на виході вузла

дистанційного управління на виході інвертора 03.1 встановлюється логічний «0». Цей логічний «0» закриває транзистор VT3 і починає заряд конденсатора С3. По мірі заряду напруги на статичних входах компараторів DA1, DA2 збільшується по експоненті. Потенціометрами R12, R13 устанавлюються пороги спрацювання цих компараторів. При цьому поріг спрацювання DA2 нижче, ніж DA1, тому на початку логічна одиниця з'являється на виході DA2, а потім на виході DA1.

При появі одиниці на виході DA2 транзистором VT4 включається реле K1, воно подає команду на блок форсировки про включення контактора. При появі одиниці на виході DA1 відкривається транзистор VT6 і дозволяє заряд конденсатора С4. У цьому випадку VT5 закритий. По мірі заряду конденсатора С4 опорне напруження на резисторі R18 знижується до нуля.

Цим забезпечується плавне зниження до нуля кутів відімкнення тіристорів, що формуються СІФК, тобто плавне збільшення до номінального вихідної напруги пускача. При зникненні вихідного напруження вузла дистанційного управління транзистор VT3 відмикається і закорочує через себе конденсатор С3. Конденсатор С3 розряджується через резистор R19 і знижує до нуля напруження на статичних входах компараторів BA1, BA2. Першим обнуляється вихід DA1, а потім DA2. При цьому закривається транзистор VT6 і забороняється заряд конденсатора С4. Транзистором VT5 забезпечується плавний розряд конденсатора через R17, тобто плавне зниження вихідного напруження пускача до нуля. Логічний «0» на виході DA2 закриває транзистор VT4 і, відключаючи реле K1, відключає контактор. Дані про елементи схеми записуємо до таблиці 3.1.



$U_{\text{ду}}$ – вихідна напруга вузла дистанційного управління

Рисунок 3.4 – Схема формувача опорної напруги з вузлом затримки

Таблиця 3.1 – Перелік елементів вузла дистанційного управління

Позиційна позначка	Найменування	Кількість
	Конденсатори К50-6 100.0×16	
C3,C4	К50-6 100x16	2
	Резистори СПЗ ГОСТ 11077-71	
R12, R13	СПЗ-38В-47кОм±20%	2
	Резистори МЛТ ГОСТ 7113-77	
R7, R18	МЛТ-05-4,7 кОм±10%	2
R8-R10	МЛТ-05-30.0 кОм± 10%	3
R11,R14-R16	МЛТ-05-3.0 кОм±10%	4
R17,R19	МЛТ-05-2.0 кОм ± 10%	2
VT3-VT6	Транзистор КТ315ИЖК3.365200	4
K1	Реле РЗС55А ГОСТ 16121-79	1
D3	Інтегральна мікросхема К561ЛЕ5	1
DA1,DA2	Компаратор КР140УД708	2

3.2 Складання конструкції пускача

У конструктивному плані пускач являє собою вибухонепроникну оболонку, (рис. 3.5), що складається з корпусу 1, швидковідкриваємої кришки 2, кришки відділення роз'єднувача з системою охолодження силового тиристорного комутатора (СТК) 3, кришок відділення введення і виводів 4, кабельного введення 5. Корпус розділений на відділення комутаційного апарату, що обслуговується, 6, відділення блокувального роз'єднувача і СТК 7, відділення введення 8 і відділення виводів 9. За основу взятий корпус автоматичного вмикача типу АВ-400ДО. У відділенні комутаційного апарату (пускача) розташовані: виїмна панель 10

з вузлом форсировки, вакуумним трифазним контактором серії КТ1237 і блоками захистів 11, трансформатор живлення і синхронізації 12, СІФК 14, БДК 15, панель ламп сигналізації і запобіжників 16, кнопки 17 типу КЕ031. На бічних поверхнях корпусу розташована рукоятка приводу роз'єднувача 18, яка зблокована зі швидковідкриваємою кришкою і стоповою кнопкою 19, кнопки взводу блоку струменевих захистів 20 и перевірки БРК.

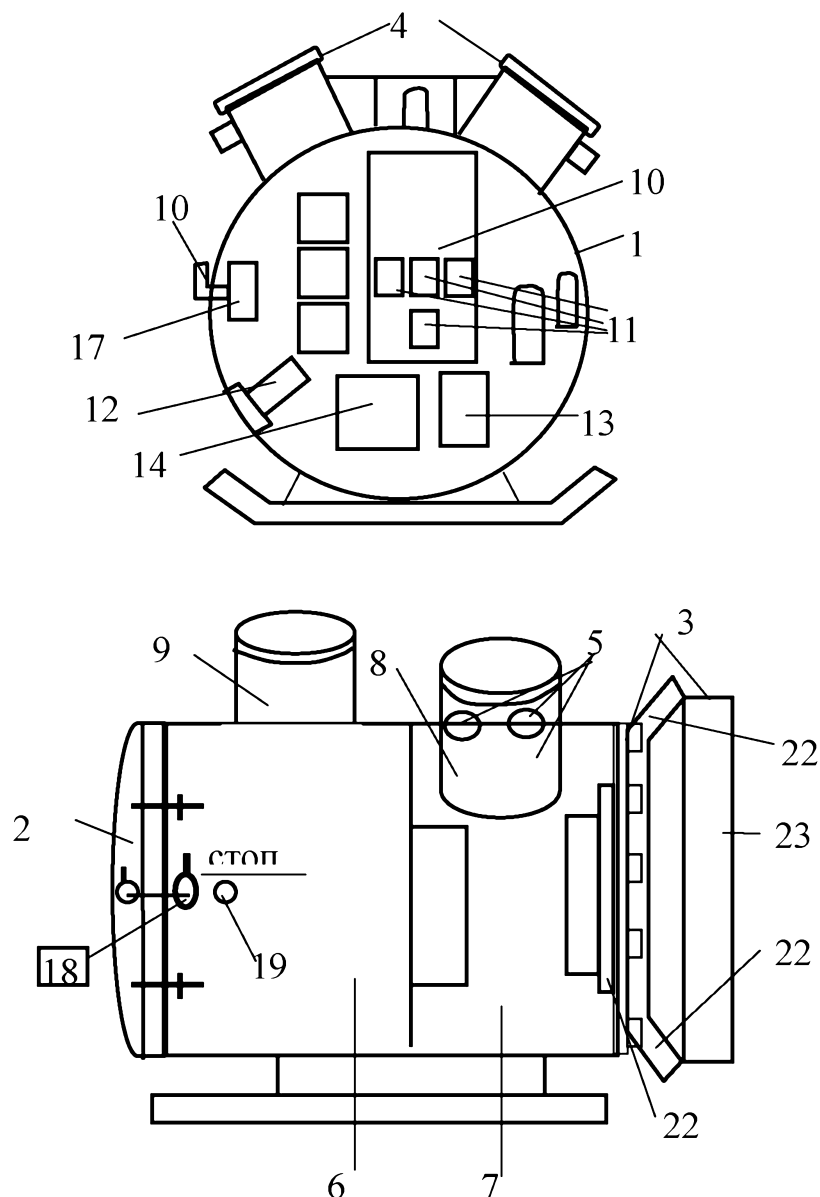


Рисунок 3.5 – Ескіз конструктивного компанування схеми пускача

Відділення введення призначене для введення і приєднання до роз'єднувача силових і контрольних кабелів.

Відділення введення і виводів закривається кришками з болтовим кріпленням. Стики кришок з відділеннями ущільнені гумовими шнурами.

У відділенні роз'єднувача розміщені три трансформатори струму, роз'єднувач і СТК. Силовий тиристорний комутатор розміщується безпосередньо на сталевій плиті 21, прикріпленій до задньої кришки з внутрішньої сторони. До зовнішньої сторони останньої підводяться порожнисті трубки 22, що з'єднують кришку з радіатором 23. У радіаторі під дією природної конвекції по трубках циркулює охолоджуюча рідина (вода), омиваючи задню кришку пускача. Плита необхідна як накопичувач тепла, а також в зв'язку з необхідністю ідеально гладкої поверхні між силовим тиристорним модулем і корпусом пускача. В якості ізоляційного матеріалу застосовані пластини з окислу барію, що мають на ряду з високими ізоляційними властивостями високу теплопровідність. Силова схема зібрана за допомогою гнучких шин і прохідних шпильок.

3.3 Забезпечення вибухо- та іскробезпеки

Вибухозахищеність пускача забезпечується:

- розташування елементів, які в процесі експлуатації можуть запалити повітряну суміш, яка містить метан, або вугільний пил, у вибухонепроникненій оболонці;
- ущільненням гнучкого і броньованого кабелів за допомогою гумових кілець, а також установкою в невикористане кабельне введення вибухонепроникнених заглушок;
- проведенням гідравлічних випробувань вибухонепроникненого корпусу, кришки та інших елементів, виконаних зварюванням;
- наявністю попереджувальних написів «Відкривати, відключивши від мережі», «Відкривати, відключивши роз'єднувач».

Іскробезпека електричних ланцюгів забезпечується параметрами елементів і конструктивними рішеннями електричної схеми елементів.

3.4 Монтаж і експлуатація тиристорних модулів

Для роботи модулі повинні встановлюватися на охолоджувачі, що забезпечують оптимальний тепловий режим. Як охолоджувачі можуть бути використані шасі, станини установок, металеві пластини і т.п. В даному дипломному проекті приймаємо кріплення модулів безпосереднє на задню стінку вибухонепроникної оболонки. Монтаж модулів МТТ-250 здійснюється за допомогою чотирьох гвинтів М5. Момент гвинтів (5 ± 1) , Нм. Допуск плоскостности контактної поверхні охолоджувача повинен бути не більше за 0,03 мм, а шорсткість - не більше за 1,6 мкм. При приєднанні струмоведучих шин до модулів момент болтів, що крутить повинен бути від 2,5 до 5 Нм. Приєднання керуючого виведення повинно проводитися пайкою або штекерними роз'ємами. Допускається встановлювати декілька модулів, без додаткових ізолюючих прокладок, на один охолоджувач.

У електричній схемі установки із застосуванням модулів повинен бути передбачена швидкодіючий захист від недопустимих перевантажень, коротких замкнень і комутаційних перенапруг. При експлуатації модулі потрібно періодично (не рідше за один раз в рік) очищати від пилу і інших забруднень. Після закінчення часу наробки використання модулів допускається в межах ресурсу при умові відповідності їх параметрів нормам технічних умов.

3.5 Електропостачання конвеєрного електроприводу

Конвейерний транспорт шахти представлений скребковими і ленточними конвейерами. К основним вимогам, пред'являемым к електроприводам конвейерів належать: забезпечення високої надійності, простоти експлуатації, достаточного моменту в процесі пуску і в установившійся режимі. При цьому не вимагається глибоко і продовжити регулювати швидкість в процесі експлуатації конвейера. Цим вимогам задовольняють асинхронні двигачі. Практично всі скребкові і більшість ленточних конвейерів оснащуються асинхронними двигачами з короткозамкнутим ротором, і тільки деякі типи магістральних конвейерів підвищеної продуктивності (2ЛУ120Б; 2ЛУ120В; 2ЛБ120; 3Л100У; 3Л100; 3ЛЛ1000; 3 ЛН1000 і т.п.) оснащуються асинхронними двигачами з фазним ротором і реостатною системою регульованого пуску.

Таблиця 3.2 – Характеристика електродвигуна приводу

Конвеєр	Двигун	Кількість, шт	Напруга, В	Сумарна потужність, кВт	Струм, А		ККД, %	cos φ
					I _{ном} , А	I _{пуск} , А		
2Л100У	ВР280S4	2	1140	270	81	486	95	0,85

Розрахункову потужність пересувної трансформаторної підстанції знайдемо як

$$S_{\delta} = \frac{\sum P_i}{\cos \phi} = \frac{270}{0,85} = 317 \text{ кВт};$$

Виходячи з розрахунку приймаємо пересувну трансформаторну підстанцію типу КТПВ-400-6/1,2.

Таблиця 3.3 – Параметри кабелів за припустимим струмом навантаження

Номер ділянки	Значення тривалого струму навантаження, А	Довжина кабелю, м	Тип прийнятого кабелю	Значення допустимого струму, А
1	2×81	20	ВЭВБШв 3×50+1×16	177
2	2×81	6	ВЭВБШв 3×50+1×16	177
3	2×81	50	ВЭВБШв 3×50+1×16	177
Всі разом		76		

Струм двофазного КЗ становитиме

$$I_{k.\varphi(76)}^{(2)} = I_{k.\varphi(60)}^{(2)} - \frac{I_{k.\varphi(60)}^{(2)} - I_{k.\varphi(80)}^{(2)}}{20} (80 - 76) = 4653 - \frac{4653 - 4471}{20} \cdot 4 = 4617 \text{ А};$$

Перевірка кабелів за термічною стійкістю здійснюється з метою забезпечення пожежобезпеки кабелів при трьохфазних струмах короткого замкнення. Щоб кабель задовольняв умовам термічної стійкості, повинна виконуватися умова

$$I_{np} \geq I_{k.з.}^{(3)},$$

де I_{np} – граничний струм, на який розраховується кабель, $I_{i\delta} = 10,5 \text{ кА}$.

Значення трифазного струму к.з. визначимо за залежністю

$$I_{k.\varphi.\min}^{(3)} = 1,6 \cdot I_{k.\varphi.\min}^{(2)} = 1,6 \cdot 4617 = 7387 \text{ А}.$$

Виходячи з розрахунків оберемо автоматичний вимикач АВ320ДО2, з комутаційною здатністю 10 кА, та пусковий пристрій ПВИ-320.

Струмова уставка оберемо з умови

$$I_y \geq I_{i \text{ i } \delta}$$

Для обраних умов фактичний струм уставки складе 1000 А. При цьому коефіцієнт чутливості захисту визначимо з умови

$$\frac{I_{k.з.min}^{(2)}}{I_y} \geq K_q$$

де $\hat{E}_\div$ – коефіцієнт чутливості. $\hat{E}_\div = 1,5$.

$$\frac{4617}{1000} = 4,6 \geq 1,5$$

Виходячи з цього можна стверджувати, що схема електропостачання (рис. 3.6) буде працювати в нормальному режимі, а електропривод мати відповідний захист.

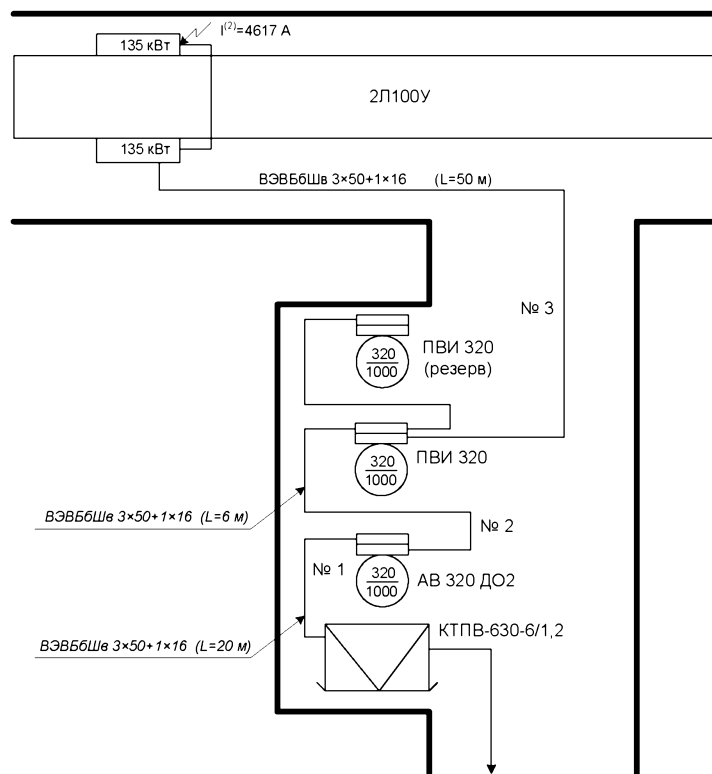


Рисунок 3.6 – Схема електропостачання конвеєра 2Л100У

3.6 Доставка, монтаж та обслуговування апаратури автоматизації

Доставка апаратури та окремих складових апаратури автоматизації конвеєрних ліній виконується згідно «Технічного паспорта доставки допоміжних матеріалів на транспортну дільницю». Крупні блоки, корпуси, бухти кабелю, тощо доставляються на дільницю або до найближчого місця розвантаження, закріпленими на спеціальних платформах. Дрібні деталі слюсарі-монтажниками (ремонтниками) отримують при видачі наряду на роботи та доставляють вручну.

Монтаж виконується згідно Паспорту монтажу даного виду обладнання слюсарями не нижче 4 розряду. Налагодження виконують відповідні шахтні служби або найняті за договором працівники налагоджувальних служб регіону чи шахтного об'єднання.

Обслуговування та поточний ремонт виконують електрослюсарі відповідної транспортної дільниці або дільниці автоматизації шахти. При обслуговуванні слід дотримуватися наступних правил та вимог.

Схема комплексів АУК.1М передбачає застосування будь-якої системи силового живлення електродвигунів конвеєрів (радіальної, магістральної, змішаної).

Живлення іскробезпечних ланцюгів блоків керування здійснюється з пульта по двох провідниках, сумарний опір яких повинно бути не більш 20 Ом. Вони можуть бути виконані як голими проводами, так і жилами кабелю. Як третій провід для ланцюгів сигналізації може бути використаний загальношахтний контур «земля».

Якщо по гірничо-геологічних умовах або через важливість конвеєрної лінії (по ній транспортується значна частина добового видобутку) неможлива або недоцільна прокладка ланцюгів керування голими проводами, то вони прокладаються кабелями.

У цьому випадку для прокладки ланцюгів керування може бути застосований контрольний кабель марки КНРБ або КВРБ (або інші контрольні кабелі, дозволені до застосування в шахтах), у якому використовується дві жили.

Для забезпечення мінімального опору ланцюгів керування допускається рівнобіжне з'єднання невикористаних і робітників жив кабелю.

Зовнішній діаметр кабелю повинний бути не більш 24 мм.

Для ланцюгів аварійного відключення конвеєра прокладається другий кабель – телефонний марки ТАШС 12 або ТАШС 14, що з'єднує кабель – торсові вимикачі, що підключаються до блоків керування. З умов надійності ТАШС 14 переважають.

Монтаж комплексу виробляється у відповідності зі схемою зовнішніх з'єднань.

При прокладці ланцюгів керування у кабелі для екстреного припинення пуску й аварійної зупинки використовуються кабель-тросові вимикачі, розташовані по довжині конвеєра з боку проходу людей через 50 – 70 метрів і з'єднані між собою і блоком керування за допомогою додаткового телефонного кабелю. Жили телефонного кабелю (через кабель-тросові вимикачі і кінцевий діод) замикають ланцюг живлення реле ДОЛЯ блоку керування, а кабель одночасно служить як тяговий орган, за допомогою якого здійснюється вплив на вимикач.

Кінцевий діод, розташований в останньому вимикачі, забезпечує самоконтроль ланцюгів аварійного відключення при обриві або короткому замиканні в жилах телефонного кабелю.

При прокладці ланцюгів керування конвеєра голими проводами ланцюга аварійного відключення конвеєра виконуються додатковою парою голих проводів розташованих з боку проходу людей.

При прокладці ланцюгів керування і ланцюгів аварійної зупинки голими проводами повинні виконуватися наступні умови:

1) у залежності від довжини конвеєрної лінії підбирається матеріал і діаметр проводів з умови, щоб

2) при 10 конвеєрах у лінії сумарний опір проводів керування 1, 2 не перевищувало 20 Ом. Вибір голих проводів виробляється

3) проводу аварійного відключення кожного конвеєра підвішуються на спеціальних дротоутримувачах на висоті не більш 1,5 - 1,8 м з боку проходу людей. Наприкінці пари проводів кожного конвеєра підключається кінцевий діод;

4) проводу керування 1, 2 підвішуються також на дротоутримувачах, закріплених до бічної стінки вироблення з протилежної сторони від проходу людей, або над конвеєром під покрівлею вироблення.

Допускається прокладка голих проводів ланцюгів керування і ланцюги аварійної зупинки спільно з боку проходу людей. При цьому проводу керування 1, 2 повинні розташовуватися вище ланцюгів аварійної зупинки, а останні – на висоті не більш 1,5 – 1,8 м. Відстань між проводами керування й аварійної зупинки, а також між згаданими проводами і силовими кабелями повинне бути не менш 0,2 м;

5) при вертикальному кріпленні дротоутримувачів до бічної стінки вироблення розташування проводів повинне виконуватися в наступному порядку: верхній провід – 1, нижній провід – 2;

6) при горизонтальному кріпленні дротоутримувачів до покрівлі вироблення над конвеєром провід, ближній до проходу людей, - 2, далекий від проходу – 1;

7) відстань між дротоутримувачем установлюється по місцю в залежності від матеріалу і стану кріпи.

Максимальна відстань меду двома дротоутримувачами бажано мати не більш 5 – 10 м.

Зведення по монтажі датчиків КСЛ-2 і вимикачів КТВ-2 утримуються в паспортах цих виробів.

Датчики швидкості в залежності від типу конвеєрів приймаються наступні:

Для скребкових конвеєрів застосовується магнітоіндуктивний датчик ДМ – 2.

Датчик ДМ-2 монтується на першому від приводної голівки нижньому рештаке.

Для кріплення датчика в середині рештака вирізує круглий отвір по діаметрі кришки датчика і два отвори під кріпильні болти. Розміри отворів під установку і кріплення приведені в паспорті датчика ДМ-2.

Для стрічкових конвеєрів застосовується датчик УПДС.

Він кріпиться в приводної голівки конвеєра так, щоб гумовий ролик стикався зі стрічкою конвеєра по її чистій не робочій стороні.

Електродний датчик виготовляється на шахті з відрізка гнучкого неекранованого кабелю ШРБ 5*6 або ГРШ 3*4 + 1*4, що не має ушкоджень в оболонці. Порядок його виготовлення наступний:

1) виготовляється відрізок гнучкого кабелю довжиною, рівної відстані від місця установки блоку керування до крапки контролю рівня матеріалу, що транспортується, але не більш 50м, заготовлюється відрізок труби для вантажу довжиною 100...200 мм із внутрішнім діаметром 26-30 мм;

2) на одному кінці кабелю виробляється розмітка геометричних розмірів відповідно до креслення і визначається розташування контактної частини, нижнього жимка, вантажу, ізоляційної частини верхнього жимка - охоронного кільця;

3) з кінцевої частини кабелю знімається гумова оболонка й ізоляція з жил кабелю;

4) у місці розташування верхнього жимка виробляється поздовжній розріз довжиною 50-70мм в оболонці кабелю; через нього назовні частково витягається одна з жил кабелю і надкушується в нижній частині надрізу, інша частина жили з кабелю висмикується знизу, з боку контактної частини;

5) витягнута назовні через розріз жила кабелю очищається від ізоляції, визначається її розташування на протилежному (вступному) кінці кабелю і маркірується цифрою 18 для наступного її приєднання в блоці керування до затиску 18 (охоронне кільце);

6) щоб уникнути проникнення вологи усередину кабелю поздовжній розріз виконується гідроізолюючою масою або покривається декількома шарами поліхлорвінілової ізоляції;

7) витягнута через розріз жила кабелю зажимається під верхнім жимком, що буде виконувати функцію охоронного кільця;

8) на нижню контактну частину датчика надівається труба (вантаж) і фіксується нижнім жимком;

9) жили контактної частини кабелю очищаються від ізоляції;

10) на вступному кінці кабелю контактні жили поєднуються в одну крапку, що маркірується цифрою 20 і потім підключається в блоці керування до затиску 20 ,забезпечуючи виконання функції електрода гнучкого датчика;

11) вступна частина кабелю ущільнюється за допомогою кабельного введення і підключається до відповідних затисків лівої камери введення блоку керування.

У тих випадках, коли до фіксації і стабілізації положення електрода не пред'являються тверді вимоги, наприклад, значні габарити прийомного пристрою місця завантаження й ін. Нижній жимок і труба (вантаж) можуть не встановлюватися.

Охоронне кільце (верхній жимок) може бути виготовлене також з мідного дроту діаметром 1,5 – 3мм у виді бандажа довжиною не менш 80 мм.

Для забезпечення надійного замикання ланцюга іскробезпечного струму з електрода через матеріал, що транспортується, на «землю» у внутрішній частині ємності місця, що акумулює, перевантаження або розвантаження (бункера, жолоба, тічки й інше) встановлюється металева

пластина, що підключається до місцевого заземлителя. Функцію контактної пластини можуть виконувати елементи металоконструкції бортів направляючого лотка або тічки.

Цілість електродного датчика не контролюється. Тому, з метою підвищення надійності контролю заштибовки допускається установка додаткового електрода, що підключається паралельно першому.

Прибор-показчик кріпиться в безпосередній близькості від пульта, і всі операції здійснюються кнопками пульта.

Якщо прибор-показчик разом зі слухавкою і кнопковою посадою встановлюються в місці, зручному для оператора конвеєрної лінії, у деякому віддаленні від пульта, всі операції керування сигналізації і телефонного зв'язку здійснюються з винесеного кнопкового посту.

При дистанційному керуванні полями пульта обов'язкове виконання наступних умов:

діоди Д22 і Д23 з пульта керування повинні бути відключені і перенесені в кнопку посаду;

сумарний опір проводів 1.2 усієї лінії і відрізка кабелю, що з'єднує прибор-показчик з пультом (між затискачами 18, 11) не повинне перевищувати 20 Ом при 10 конвеєрах у лінії.

Дистанційне керування конвеєрною лінією доцільно, коли оператор конвеєрної лінії сполучає функції оператора механізмів навантажувального пункту. У цьому випадку кнопкова посада керування пультом розташовується поблизу кнопок керування навантажувальним пунктом, а прибор-показчик – поблизу оператора в місці, зручному для спостереження доступу до слухавки.

Застосування дистанційного керування пультом рекомендується також при керуванні розгалуженою конвеєрною лінією, кожне відгалуження якої розглядається як самостійна нерозгалужена лінія. У цьому випадку кнопкові посади і прибори-показники конвеєрних ліній центрального

напрямку і кожного відгалуження групуються на загальному щиті в одному місці, зручному для оператора конвеєрної лінії.

У кожної кнопкової посади і прибору-показчика містяться написи, що відповідають назві керованої конвеєрної лінії або вироблення в якій вони розташовані.

Для візуального визначення відгалуження, з якого надходить звуковий сигнал, до пульта кожного відгалуження підключається лампа на напругу живлення 36 В. Лампа підключається до затисків 13, 14 пульта керування і загоряється одночасно з надходженням звукового сигналу з конвеєрної лінії відповідного відгалуження. Ланцюг живлення лампи – искроопасная.

Пульт і блоки керування підвішуються на кріпленні вироблень, кожен блок поблизу пускача, яким він керує.

Всі апарати повинні встановлюватися так, щоб був вільний доступ для відкривання бічних кришок, зручний підхід до кнопок керування і сигналізації.

На останньому блоці керування встановлюється блок кінцевого реле БКР.

Для установки і монтажу блоку БКР необхідно зробити наступне:

на правому відділенні введень блоку керування останнього конвеєра зняти бічну кришку і відгвинтити гайку одного з кабельних уведень;

відгвинтити гайку блоку БКР і

надягти ущільнювальне кільце, узятє з вступного отвору;

вставити у водний отвір блок БКР таким чином, щоб скоба, що фіксує від повороту блок БКР, потрапила усередину скоби блоку керування, привареної на патрубку;

усередині відділення введень загвинтити і затягти гайку, що кріпить блок БКР;

підключати кінці блоку БКР на відповідні однойменні номери прохідних затисків блоку керування, закрити бічну кришку блоку керування.

Тумблер В4 встановлюється в блоках керування при керуванні скребковим конвеєром у положення «С», стрічковим – «Л». Крім того, типом конвеєра визначається підключення датчика швидкості до наступних затисків:

При стрічковому конвеєрі датчик підключається до затисків 9, 10; при скребковому конвеєрі – до затисків 8, 10, а висновок від резистора R60 відключається від затиску 10 і підключається до затиску 8.

Якщо лінія складається зі скребкових конвеєрів, то в блоках керування тумблер В2 установлюється у включене положення.

При цьому забезпечується відключення всієї конвеєрної лінії після аварійного відключення будь-якого конвеєра.

Для забезпечення чутності попереджувального сигналу по всій довжині конвеєрної лінії або конвеєра (у випадку його великої довжини), додатково встановлюють блок сигналізації БС-1.

Живлення до блоку БС-1 підключається або від найближчого джерела силового живлення 660 або 380 В, або від мережі висвітлення вироблення – 127 В.

Підключення БС-1 від силового живлення є кращим.

Для забезпечення блокування, що виключає можливість пуску конвеєра без попереджувального сигналу, що розмикає контакт реле блокування живлення РБП блоку БС-1 (затиски 1, 4) підключається до ланцюгів аварійного відключення конвеєра (телефонний кабель, що з'єднує вимикачі КТВ-2, або голі проводи, підключені до затисків 3, 6 блоки керування). При цьому перемичка в блоці БС-1 між затисками 2 – 4 повинна бути обов'язково вилучена. Анулювання перемички 2 – 4 потрібно для поділу іскробезпечних ланцюгів сигналізації від ланцюгів аварійної зупинки і строго обов'язково. Реле РБП при відсутності живлення на сигналізаторах від блоку БС-1 знаходиться у відключеному стані, контакт його в цьому випадку замикає накоротко ланцюга аварійного відключення конвеєра, що відповідає забороні роботи і пуску конвеєра.

4 БАГАТОКРЕТЕРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАТЯЖНИХ ПРИСТРОЇВ КОНВЕЄРІВ

4.1 Улаштування і робота натяжної секції стрічкового конвеєра

Секція натяжна (рис. 4.1) встановлюється у хвостовій частині конвеєра й призначена для вибору слабини в стрічці після її навішування й створення попереднього натягу, а також для підтримки необхідного робочого натягу під час роботи конвеєра.

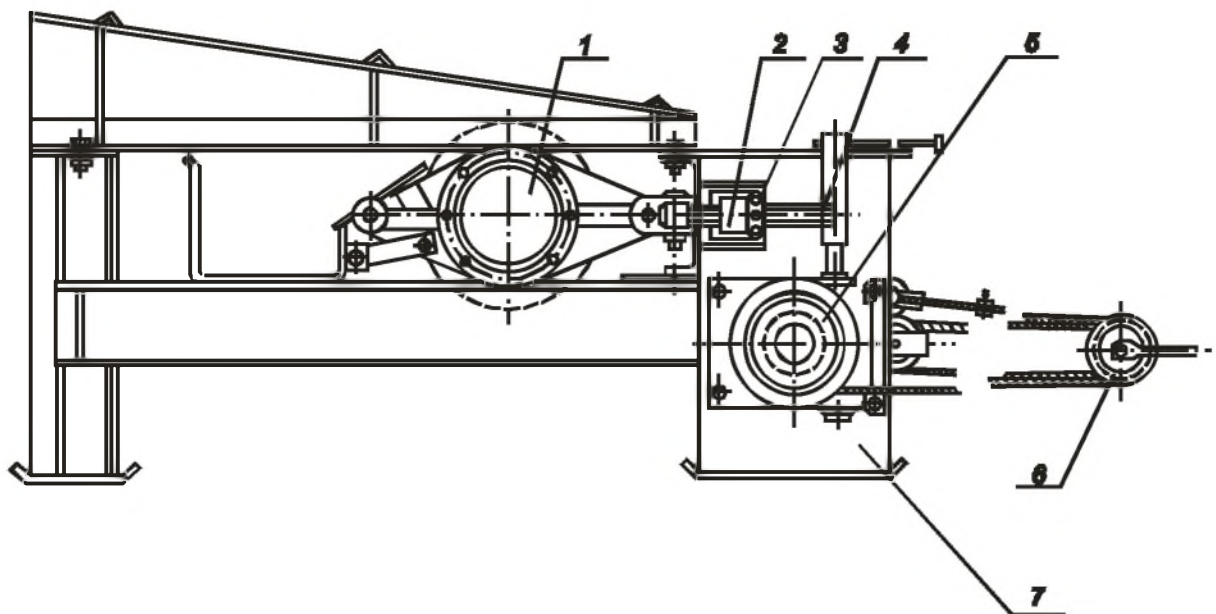


Рисунок 4.1 – Конструкція натяжної секції (позначення у тексті)

Секція натягу складається з натяжного барабана 1, важелів 2, гайок 3, що переміщаються вздовж тяг 4. Ручні черв'ячні лебідки 5 слугують для натягу стрічки за допомогою двох канатів, одні кінці яких закріплені на барабанах лебідок, а інші, обвиваючи блоки підвісок 6, закріплені на рамі 7. Підвіски 6 пов'язані з упорними стійками, які закріплені між ґрунтом і кривою виробки. Центрування стрічки на барабані 1 здійснюється шляхом переміщення гайок 3 вздовж тяг 4.

З метою попередження обслуговуючого персоналу від випадкового влучення під стрічку, що набігає на барабан візка й пристрою натяжного

по всій довжині (із двох сторін) секції натягу рекомендується виготовити огородження із сітки. Огородження встановлюється в натяжного пристрою. Листи перекриття, покладені зверху на прогони, охороняють секцію натягу від заштибовки у випадку просипання вугілля з верхньої гілки стрічки.

Гідродатчик призначено для створення необхідного тиску в гідросистемі. Він складається з кожуха 1, блоку в зборі 2, скоби в зборі 3, штока 4, гайки 5, циліндра 6, і осі 7. Блок гідродатчика обертається на двох підшипниках 307 ДСТ 8338-75. Для захисту підшипників блоку від влучення пилу й бруду використані гумові манжети 1-50x70-3 ДСТ 8752-70. Для ущільнення штока від витікання масла використані манжети 50x70 ДСТ 6969-54. Підшипникова порожнина блоку під час зборки заповнена солідолом «С» ДСТ 4366-64.

Барабан натяжний (рис. 4.2) складається з барабана 1, корпусів підшипників 2, кришок 3, стяжки 4, кришок 5, підшипників 6, манжет 7, опори ножа 9.

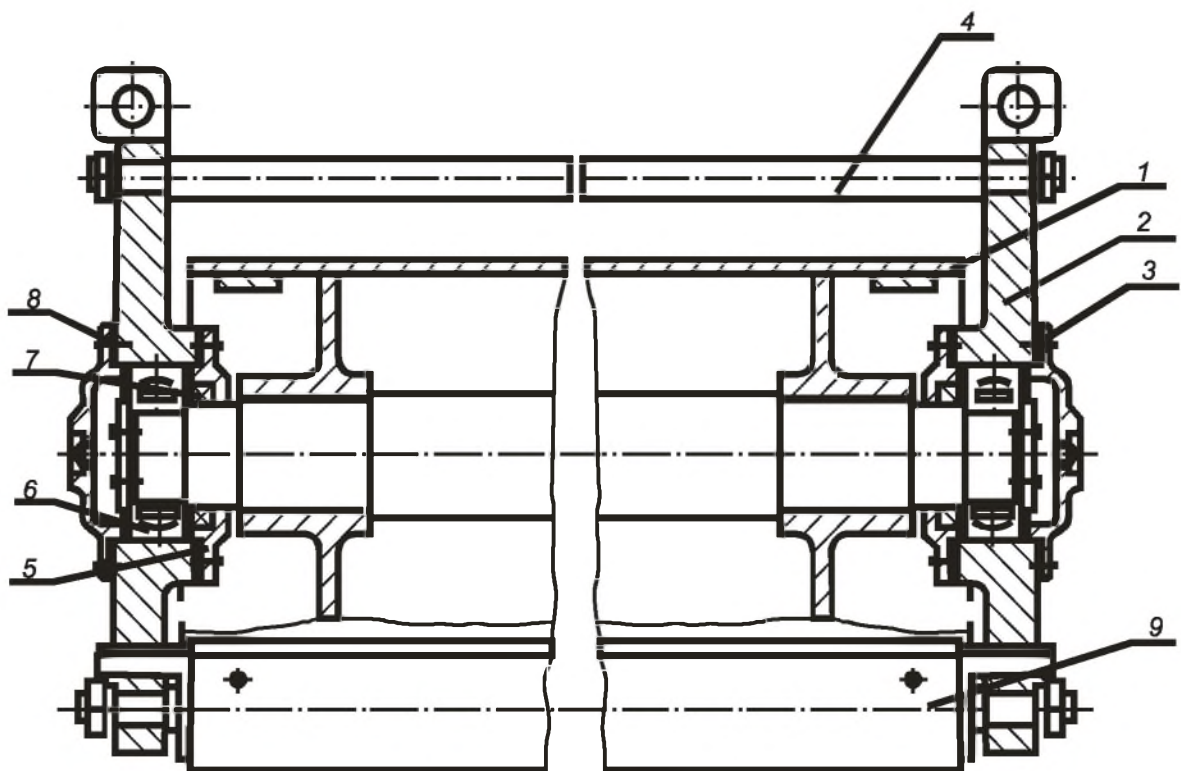


Рисунок 4.2 – Конструкція натяжного барабану

Корпуси підшипників з'єднані між собою стяжкою 4 і опорою ножа 9, які не дають можливості перекошуватися підшипникам 3616 ДСТ 5721-75 при центруванні стрічки на барабані. Підшипники захищені від потрапляння бруду й пилу гумовими манжетами 12-90x120-1 ДСТ 8752-79. Заповнення солідолом «С» ДСТ 4366-76 підшипникових камер здійснюється під час зборки. Під час роботи поповнення змащувальними матеріалами варто робити через прес-маслянки, установлені в кришках.

4.2 Розрахунок натяжного пристрою стрічкового конвеєра

Здійснюємо розрахунки для побудови графіка застосовності стрічкового конвеєра.

Припустима довжина конвеєра по потужності приводної станції:

$$L' = \frac{1000 \cdot N \cdot \eta}{K_i \cdot g \cdot V \cdot [(q_A + 2 \cdot q_E + q_D' + q_D'') \cdot \cos \beta \cdot W' \cdot k \pm q_P \cdot \sin \beta]};$$

де N – сумарна потужність двигунів приводної станції конвеєра, $N = 45$ кВт,

η – ККД приводу $\eta = 0,85 - 0,9$,

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²,

V – швидкість руху стрічки, $V = 2$ м/с,

q_G , q_L – погонна маса частин роlikоопор, що обертаються, на навантаженій і порожній гілках відповідно, кг/м,

β – кут установки конвеєра у виробці, $\beta = -10^\circ \div +10^\circ$.

W' – загальний коефіцієнт опору руху стрічки, $W' = 0,033$,

k – коефіцієнт, що враховує опір на кінцевих барабанах у завантажувальному пристрої, $k = 1,18$.

Для похилих конвеєрів, з урахуванням кута нахилу $\beta > 4^\circ$, двигуни яких на вантажній гілці працюють у генераторному режимі, припустима довжина конвеєра по потужності приводної станції визначається за формулою:

$$L' = \frac{1000 \cdot N}{K_i \cdot g \cdot V \cdot \eta \cdot [q_{\tilde{A}} \cdot \sin \beta - (q_{\tilde{A}} + 2 \cdot q_{\tilde{E}} + q_P' + q_P'') \cdot \cos \beta \cdot W' \cdot k]},$$

$$q_{\tilde{A}} = \frac{Q}{3,6 \cdot V} = \frac{420}{3,6 \cdot 2} = 58,3 \text{ кг/м},$$

де Q – продуктивність конвеєра, $Q = 420$ т/ч.

$$q_{\tilde{E}} = m \cdot b = 12,3 \cdot 0,8 = 9,4 \text{ кг/м},$$

де m – маса квадратного метра стрічки, $m = 12,3$ кг/м²;

b – ширина стрічки, $b = 0,8$ м.

$$q_P' = \frac{M}{l_P'} = \frac{8,5}{1,4} = 6,1 \text{ кг/м},$$

$$q_P'' = \frac{M}{l_P''} = \frac{8,5}{2,8} = 3 \text{ кг/м},$$

де l_P' , l_P'' – крок установки роlikоопор на робочій і порожній галузях конвеєра відповідно, $l_P' = 1,4$ м, $l_P'' = 2,8$ м;

M – маса частин роlikоопор, що обертаються, $M = 8,5$ кг.

$$L' = \frac{1000 \cdot 45 \cdot 0,85}{1,15 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 0,85 \cdot [5,83 \cdot \sin \beta - (5,83 + 2 \cdot 9,84 + 6,1 + 3) \cdot 1,18 + 58,3 \cdot \sin \beta]},$$

$$L' = \frac{1000 \cdot 45}{1,15 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 0,85 \cdot [5,83 \cdot \sin \beta - (5,83 + 2 \cdot 9,84 + 6,1 + 3) \cdot \cos \beta \cdot 0,033 \cdot 1,18]}$$

Таблиця 4.1 – Припустима довжина конвеєра по потужності приводної станції

β	Кут установки конвеєра, град										
	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10
L	345	494	864	2518	1247	500	313	228	179	148	126

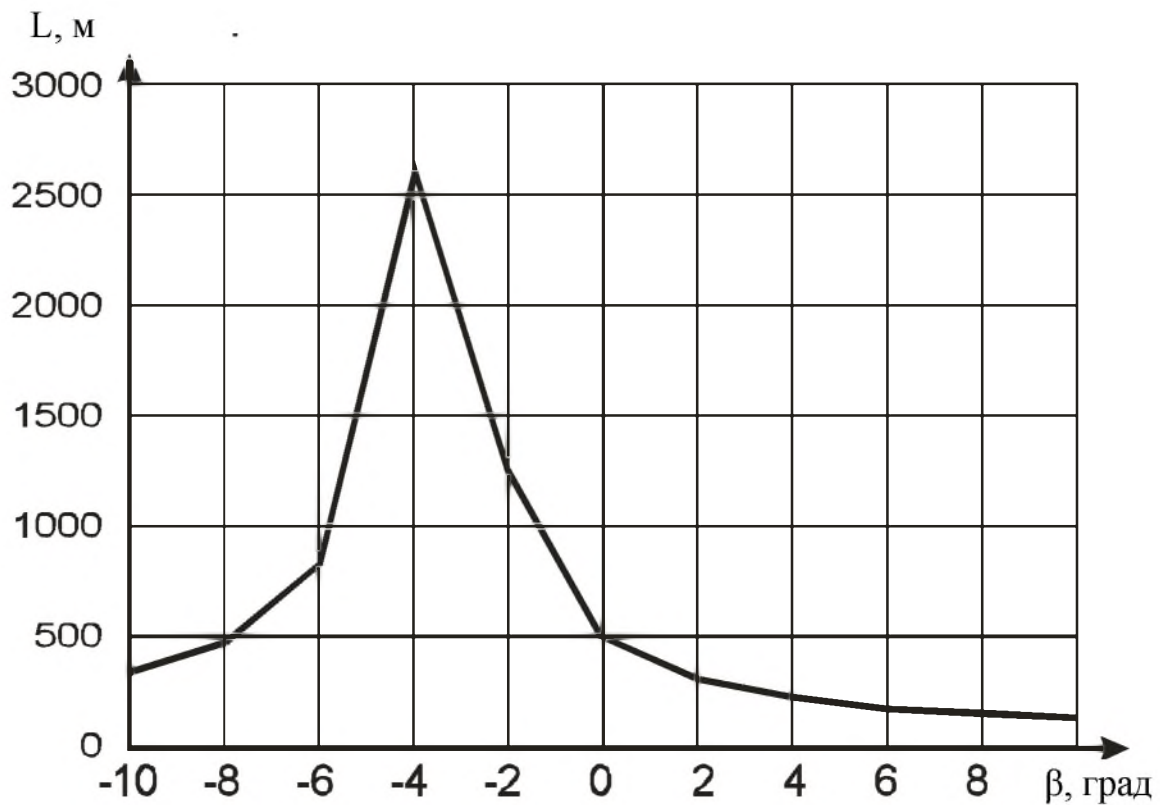


Рисунок 4.3 – Припустима довжина конвеєра по потужності приводної станції

Припустима довжина уклонного конвеєра по міцності стрічки дорівнює:

$$L' = \frac{S_p \cdot (e^{\mu \alpha} - 1)}{K_M \cdot m \cdot K_A \cdot e^{\mu \alpha} \cdot g \cdot [(q_A + 2 \cdot q_E + q_P^I + q_P^{II}) \cdot \cos \beta \cdot W' \cdot k + q_A \cdot \sin \beta]},$$

де K_B – коефіцієнт безпеки від ковзання на приводному барабані,
 $K_B = 1,2 \div 1,3$

μ – коефіцієнт зсуву стрічки із приводних барабанів, $\mu = 0,2$,

α – кут охопту приводних барабанів, $\alpha = 440^\circ = 7,68$ рад,

S_P – розривне зусилля стрічки ЗТК-80:

$$S_P = B_1 \cdot K_Z = 4 \cdot 980 \cdot 80 = 313600 \text{ Н},$$

i – число прокладок, $i = 4$,

K_Z – розривне зусилля 1 каната прокладки стрічки, $K_Z = 980 \text{ Н/см}$;

m – запас міцності стрічки, $m = 8,5$.

Припустима довжина стрічки конвеєра за міцністю стрічки для похилого конвеєра ($\beta > 4^\circ$) при установці привода вниз у розвантажувальному барабані визначається за формулою:

$$L_A'' = \frac{(e^{\mu \cdot \alpha} - 1) \cdot \frac{S_P}{m}}{K_M \cdot K_A \cdot e^{\mu \cdot \alpha} \cdot g \cdot [q_A \cdot \sin \beta - (q_A + 2 \cdot q_B + q_P + q_P'') \cdot \cos \beta \cdot W' \cdot k + (e^{\mu \cdot \alpha} - 1) \cdot [q_B + q_P''] \cdot \cos \beta + q_A \cdot \sin \beta]}$$

$$L'' = \frac{313600 \cdot (e^{0,2 \cdot 7,68} - 1)}{1,15 \cdot 9,81 \cdot e^{0,2 \cdot 7,68} \cdot 1,2 \cdot [58,3 \cdot \sin \beta - (58,3 + 2 \cdot 9,84 + 6,1 + 3) \cdot \cos \beta \cdot 0,033 \cdot 1,18 + 5,83 \cdot \sin \beta]}$$

$$L_A'' = \frac{(e^{0,2 \cdot 7,68} - 1) \cdot \frac{313600}{8,5}}{1,15 \cdot 9,81 \cdot e^{0,2 \cdot 7,68} \cdot 1,2 \cdot [58,3 \cdot \sin \beta - (58,3 + 2 \cdot 9,84 + 6,1 + 3) \cdot \cos \beta \cdot 0,033 \cdot 1,18 + (e^{0,2 \cdot 7,68} - 1) \cdot [9,84 + 3] \cdot \cos \beta + 5,83 \cdot \sin \beta]}$$

Таблиця 4.2 – Припустима довжина конвеєра за міцністю стрічки

β	Кут установки конвеєра, град										
	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10
L	265	361	585	3171	1570	629	394	287	226	186	158

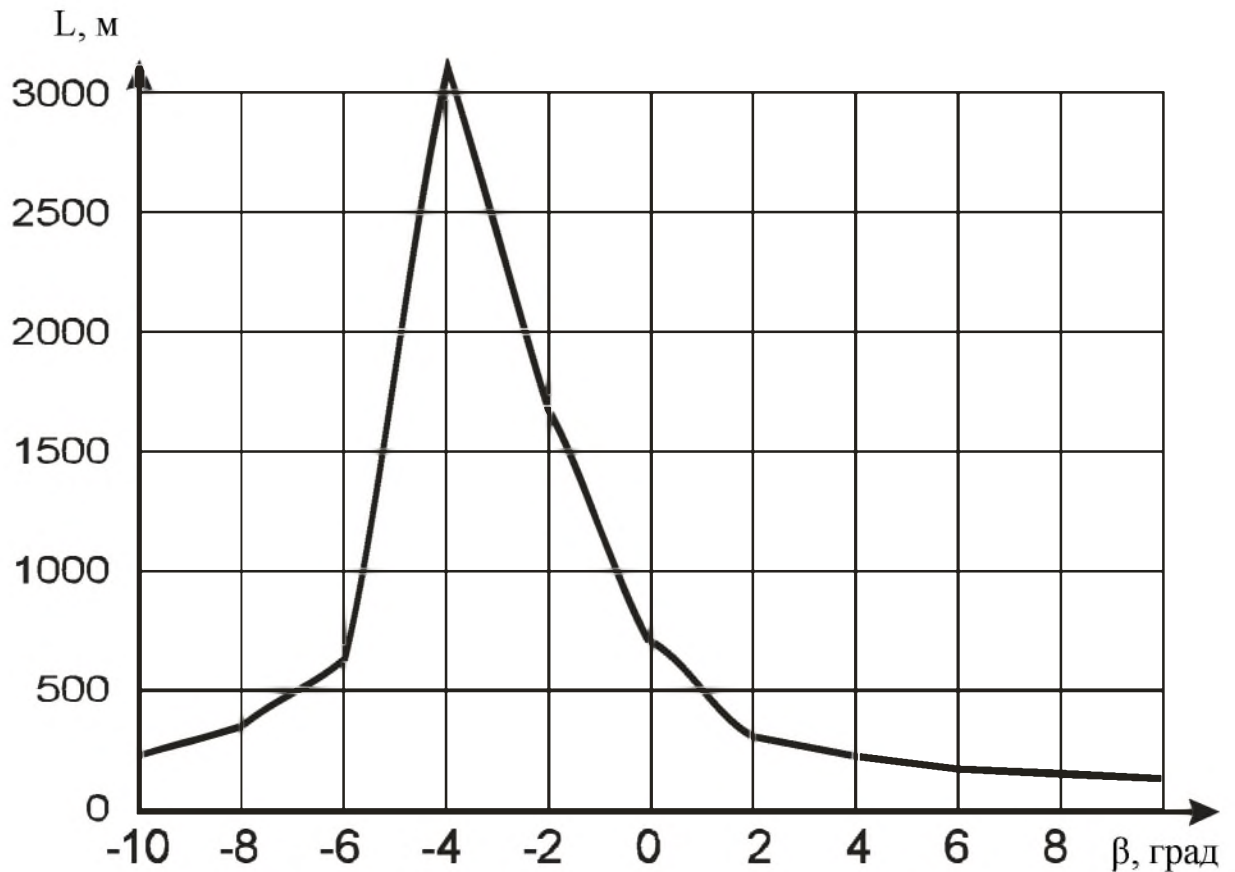


Рисунок 4.4 – Припустима довжина конвеєра по міцності стрічки

В якості натяжного пристрою для конвеєра приймаємо двоканатний поліспаст з електролебідкою.

Максимальне зусилля в канаті натяжного пристрою знаходимо за формулою:

$$S_{\max} = \frac{2 \cdot S_{\text{НА}}}{i} = \frac{2 \cdot 5646}{2} = 5646 \text{ Н},$$

де i – кратність поліспаста, $i = 2$.

Вибір стрічки здійснюємо за розривним зусиллям канату $P_{\text{розр}}$ і досвіду експлуатації. За ДСТ 3069-80 приймаємо сталевий канат $d_k = 5,9$ мм.

Розрахунок міцності канату:

$$n_D = \frac{P_{\partial\dot{\alpha}\zeta\partial}}{S_{\max}} \geq [n] = 1,5$$

$$n_D = \frac{16950}{5646} = 3 \geq 1,5$$

Визначення діаметра барабана натяжної лебідки:

$$d_6 = (16 \dots 20) \cdot d_H = (16 \dots 20) \cdot 5,9 = 94,4 \dots 118 \text{ мм.}$$

Величина ходу каретки натяжного пристрою дорівнює:

$$\Delta l_H = \Delta l_{\text{упр}} + \Delta l_M + 4 \cdot l_{\text{ст}},$$

де $\Delta l_{\text{упр}}$ – хід каретки для компенсації розтягання стрічки на робочій гілці.

$$\Delta l_{\text{упр}} = \frac{\Delta l_{mp}}{2} = \frac{20,75}{2} = 10,4 \text{ м,}$$

$$l_{\partial\partial} = \frac{\varepsilon \cdot L}{100 \cdot \frac{S_D}{100}} \cdot \frac{S_1 + 2 \cdot S_2 + S_4}{2} = \frac{3 \cdot 1000}{100 \cdot \frac{313600}{100}} \cdot \frac{5646 + 2 \cdot 8575 + 20592}{2} = 20,75 \text{ м,}$$

де L – довжина стрічки,

ε – відносне подовження стрічки при навантаженні (10% від S_P),

Δl_M – хід каретки, що забезпечує можливість монтажних робіт,

$$\Delta l_M = 3 \text{ м}$$

$$l_{\tilde{\alpha}\partial} = (l \cdot i + 100 + \frac{1}{3} \beta) \cdot 10^{-3} = (250 \cdot 4 + 100 + \frac{1}{3} \cdot 800) \cdot 10^{-3} = 1,4 \text{ м,}$$

де i – число прокладок, $i = 4$.

$$\Delta l_n = 10,4 + 3 + 4 \cdot 1,4 = 19 \text{ м.}$$

Для конвеєрів типу Л довжина канату натяжного пристрою визначається за формулою:

$$l_{\text{кан}} = \Delta l_n \cdot i = 19 \cdot 2 = 38 \text{ м.}$$

Число витків в одному шарі при намотці на барабан визначається за формулою:

$$n = \frac{l_b \cdot \gamma}{S},$$

де l_b – довжина барабана, $l_b = 250 \text{ мм}$,

γ – коефіцієнт нерівномірності укладання канату, $\gamma = 0,9$,

S – крок навивки.

$$S = d_k + (1 \dots 2) = 5,9 + 1 = 6,9 \text{ мм,}$$

$$n = \frac{400 \cdot 0,9}{6,9} = 52,2,$$

приймаємо $n = 53$.

Число шарів навивки канату на барабан натяжного пристрою можна визначити шляхом розв'язання рівняння:

$$Z^2 + Z \cdot \frac{d_a}{d_i} - \frac{l_{\text{кан}}}{\pi \cdot d_i \cdot n} = 0,$$

де Z – число шарів навивки.

$$Z^2 + Z \cdot \frac{114}{5,9} - \frac{38}{3,14 \cdot 0,0059 \cdot 53} = 0,$$

$$Z \cdot \frac{-19,3 + \sqrt{19,3^2 + 4 + 38,7}}{2} = 1,8.$$

Приймаємо $Z = 2$.

Висота барабана натяжного пристрою:

$$h_6 = [Z + 3] \cdot d_H = (2 + 3) \cdot 5,9 = 29,5 \text{ мм}$$

Момент на барабані при одному шарі навивки канату:

$$M_{A1} = S_{\max} \cdot \frac{d_{\dot{a}}}{2} = 5646 \cdot \frac{0,114}{2} = 321,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент на барабані при двох шарах навивки канату:

$$M_{A2} = S_{\max} \cdot \frac{d_{\dot{a}} + (2 \cdot Z - 1) \cdot d_{\dot{e}}}{2} = 5646 \cdot \frac{0,114 + (2 \cdot 2 - 1) \cdot 0,0056}{2} = 371,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Вибір редуктора здійснюється за розрахунковою формулою:

$$M_P = M_{B2} \cdot K_{\text{реж}},$$

де $K_{\text{реж}}$ – коефіцієнт, який враховує режим роботи:

$$K_{\text{реж}} = K_{\text{нв}} \cdot K_c \cdot K_{\text{рев}} = 0,5 \cdot 0,7 \cdot 1,2 = 0,42,$$

де $K_{\text{нв}}$ – коефіцієнт тривалості включення, $K_{\text{нв}} = 0,5$,

k_c – тривалість роботи,

$k_{рев}$ – коефіцієнт, який враховує можливість реверса, $k_{рев} = 1,2$.

$$M_p = 371,8 \cdot 0,42 = 156,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приймаємо черв'ячний редуктор типу ЧЦ200:

$$H_{TB} = 159 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad \eta = 0,62; \quad n_6 = 1500 \text{ об/хв}.$$

Частота обертання барабана натяжного пристрою:

$$n_{\dot{a}} = \frac{n_{\dot{a}\dot{a}}}{u} = \frac{1470}{80} = 18,3 \text{ хв}^{-1}$$

Розрахунок потужності приводного пристрою:

$$N_{\dot{a}\dot{a}.o} = \frac{\hat{e}_i \cdot M_{A2} \cdot n_{\dot{a}}}{9565} = \frac{1,5 \cdot 371,8 \cdot 18,3}{9565} = 1,06 \text{ кВт}.$$

В якості приводного двигуна натяжного пристрою приймаємо двигун серії ВР із синхронною частотою обертання $n_c = 1500$ про/хв.

За умовою експлуатації швидкість руху каретки натяжного пристрою повинна бути в межах $V_k = 0,08 - 0,12$ м/с.

Швидкість каретки при одношаровій навивці:

$$V_{\dot{E}1} = \frac{\pi \cdot (d_{\dot{a}} + d_{\dot{e}}) \cdot n_{\dot{a}}}{60} = \frac{3,14 \cdot (0,114 + 0,0059) \cdot 18,3}{60} = 0,1 \text{ м/с}.$$

Швидкість каретки при двошаровій навивці:

$$V_{\hat{E}1} = \frac{\pi \cdot (d_{\hat{a}} + (2 \cdot Z - 1) \cdot d_{\hat{e}}) \cdot n_{\hat{a}}}{60} = \frac{3,14 \cdot (0,114 + (2 \cdot 2 - 1) \cdot 0,0059) \cdot 18,3}{60} = 0,12 \text{ м/с.}$$

Отримані значення зводимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунків натяжного пристрою

d_k , мм	d_b , мм	Δl_k , м	Редуктор	Двигун	V_k , м/с
5,9	114	19	Ч-Ч-125-80	ВР80ВЧ	0,12

4.3 Багатокритеріальний аналіз натяжних пристроїв

Основними параметрами, що характеризують натяжні пристрої, є:

- робочий хід каретки натяжного пристрою або натяжного барабана;
- зусилля натягу стрічки, що створюється натяжним пристроєм.

Для порівняння візьмемо кілька об'єктів, якими є натяжні пристрої стрічкових конвеєрів різної довжини. Параметри цих конвеєрів зведемо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Параметри конвеєрів різної довжини

Найменування параметра	Довжина конвеєра, м		
	100	250	500
Хід каретки (візка) натяжного пристрою або натяжного барабана	3-5	9-12	до 20
Зусилля натягу стрічки, створюване натяжним пристроєм, кН	13	18	30
Вага пристрою, кг	810	1200	1500

Слід врахувати, що при порівнянні натяжних пристроїв конвеєрів різної довжини, ми порівнюємо різні схеми натяжних пристроїв.

Визначимо перелік всіх критеріїв оцінки альтернативних засобів, що зіставляють, і сформуємо ці критерії в групи.

Далі встановимо фактичні розмірні величини критеріїв k_i по каталожним і довідковим матеріалам.

Потім визначимо пріоритети, установимо вагомість кожної групи критеріїв G_i .

Вагомість групи критеріїв установлюється експертним методом, при цьому:

$$\sum_{j=1}^n G_j = 1$$

Установимо вагомість кожного критерію оцінки засобу. Вагомість критерію встановлюється експертним методом і в рамках однієї групи критеріїв:

$$\sum_{i=1}^n g_i = 1$$

Потім здійснюємо розрахунок уточненої вагомості кожного критерію, оцінки засобу – виконуємо відповідно до формули:

$$G_i = G_j \cdot g_i,$$

Далі встановлюємо раціональні величини кожного критерію оцінки k_i порівнюваних засобів. Цей крок також здійснюється за допомогою експертного методу.

Наступним етапом є визначення нормалізації – перетворення одного монокритерію в інший. Ця операція може здійснюватися різними прийомами, ми скористаємося формулою:

$$k_i^O = \left(1 - \frac{|k_i^P - k_i|}{k_i^P} \right),$$

де $\frac{|k_i^P - k_i|}{k_i^P}$ – відносне абсолютне відхилення альтернативного фактичного значення від раціонального критерію.

Далі визначаємо узагальнюючі суперкритерії ефективності. Ця операція багатокритеріальної оптимізації названа звертанням.

Визначаємо узагальнюючі суперкритерії ефективності засобів:

$$SK = \sum_{i=1}^m k_i^O G_i = \sum_{i=1}^m \left(1 - \frac{|k_i^P - k_i|}{k_i^P} \right) \cdot G_i,$$

Результати порівняльного аналізу зводимо до таблиці 4.5.

У якості оптимального вибирається варіант, якому відповідає найбільша величина з отриманих суперкритеріїв ефективності.

Для визначення оптимального натяжного пристрою необхідно розрахувати суперкритерій для кожного з варіантів.

Таблиця 4.5 – Порівняльний аналіз значень суперкритерію

Варіант	Значення суперкритерію, SK
I варіант	2,58
II варіант	2,53
III варіант	2,64

Отже оптимальним варіантом натяжного пристрою є натяжний пристрій III варіанта – стрічкового конвеєра 1Л80У з натяжним пристроєм із блоками поліспаста.

Узагальнюючі суперкритерії наочно представимо в полярній системі координат у вигляді ординарних профілів значень. У системі координат

кількість осей дорівнює кількості критеріїв порівнюваних варіантів схем транспорту. Кути між осями пропорційні уточненим вагомостям критеріїв. Величини нормалізованих критеріїв відкладають у масштабі на відповідних осях.

З'єднавши отримані точки на осях одержимо замкнуту лінію – ординальний профіль значень цього альтернативного варіанту. Площі усередині замкнутої лінії відповідають величині узагальнюючого суперкритерію альтернативи.

4.4 Аналіз електромеханічних систем пуску стрічкових конвеєрів

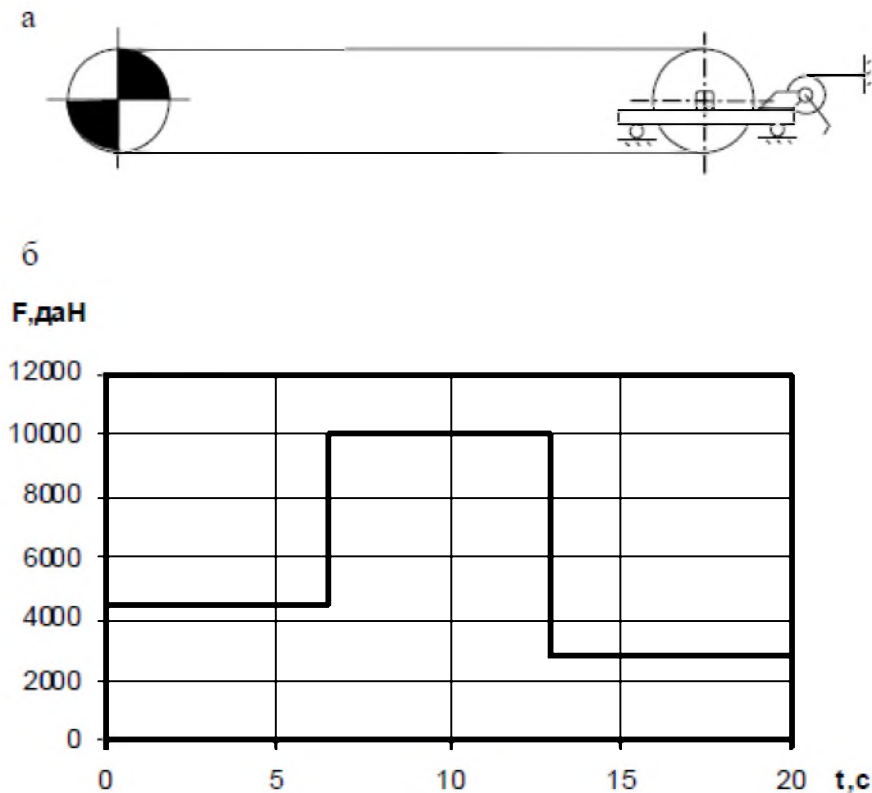
Експлуатація конвеєрного транспорту на вугільних шахтах дозволяє використовувати технологічні схеми з безперервним вантажопотоком від вибою до приствольного двору й вимагає менших, ніж інші види транспорту, витрат на обслуговування. Керування стрічковими конвеєрами в найпростішому випадку полягає в пуску й зупинці електродвигунів, що приводять у дію тяговий орган. Забезпечення максимальної ефективності роботи конвеєрного транспорту пов'язано, однак, з рішенням ряду складних проблем. Одна з них плавний запуск стрічкових конвеєрів. Особливо ця проблема актуальна для довгих стрічкових конвеєрів. Зв'язано це з тим, що при пуску, через велику довжину, хвостова частина стрічки відстає від головної. При відсутності матеріалу на стрічці ця обставина не приводить до ускладнень, але при пуску з повним навантаженням гірничої маси, що транспортується, може просипатися. Навантаження до стрічки прикладається у вигляді удару через вибір зазорів між приводним барабаном і електродвигуном, що знижує термін служби передач і інших елементів. У стрічці виникають пружні хвилі, що приводять до хвильового процесу, при якому натяг стрічки коливається щодо сталого значення. При

цьому тривалість коливань тим більше, чим більше прискорення при пуску. Такий характер перехідного процесу може викликати підвищене зношування стрічки, а в деяких випадках її порив. Термін служби кошовної (40-70% загальної вартості конвеєра) стрічки можна збільшити за рахунок плавного запуску конвеєрів. Рішення цієї проблеми важливо для гірничої промисловості, оскільки вугільні шахти не мають достатніх коштів для систематичної заміни зношених конвеєрних стрічок новими. Використання старих стрічок призводить до частих поривів у місцях стиків, особливо при пусках навантажених конвеєрів. У результаті збільшується час простою устаткування й витрат на ремонтне обслуговування.

При пуску стрічкових конвеєрів для попередження часткової або повної пробуксовки необхідно створити попередній натяг по контуру стрічки. Певне значення натягу необхідно підтримувати й при роботі стрічкового конвеєра. У цей час ці завдання вирішують за допомогою натяжних станцій, які діляться на нерегульовані (жорсткі), регульовані (автоматичні) і комбіновані (напіваавтоматичні).

У жорстких натяжних станціях (рис. 1а) при працюючому конвеєрі натяжний барабан не переміщається. Стрічка натягається періодично, за мірою ослаблення. Недоліками цих станцій є: ослаблення натягу стрічки в процесі роботи через її пружні й залишкові деформації, що може викликати просковзування стрічки по приводному барабану; скорочення терміну служби стрічки через завищений натяг. Такі станції вимагають постійного контролю натягу стрічки обслуговуючим персоналом.

В автоматичних станціях (рис. 2а) довжина контуру стрічки змінюється на ходу. Недоліки цих станцій: складність, значні розміри конструкцій, чутливість до забруднення, необхідність додаткового допоміжного привода.



а – розрахункова схема; б – раціональна пускова характеристика

Рисунок 4.5 – Визначення раціональної пускової характеристики стрічкового конвеєра з жорстким натяжним пристроєм

Завданням регулювання натягу автоматичними станціями може бути:

- 1) підтримка встановленого постійного натягу стрічки;
- 2) підтримка двох постійних значень натягу (підвищеного при пуску й нормального при сталому режимі).

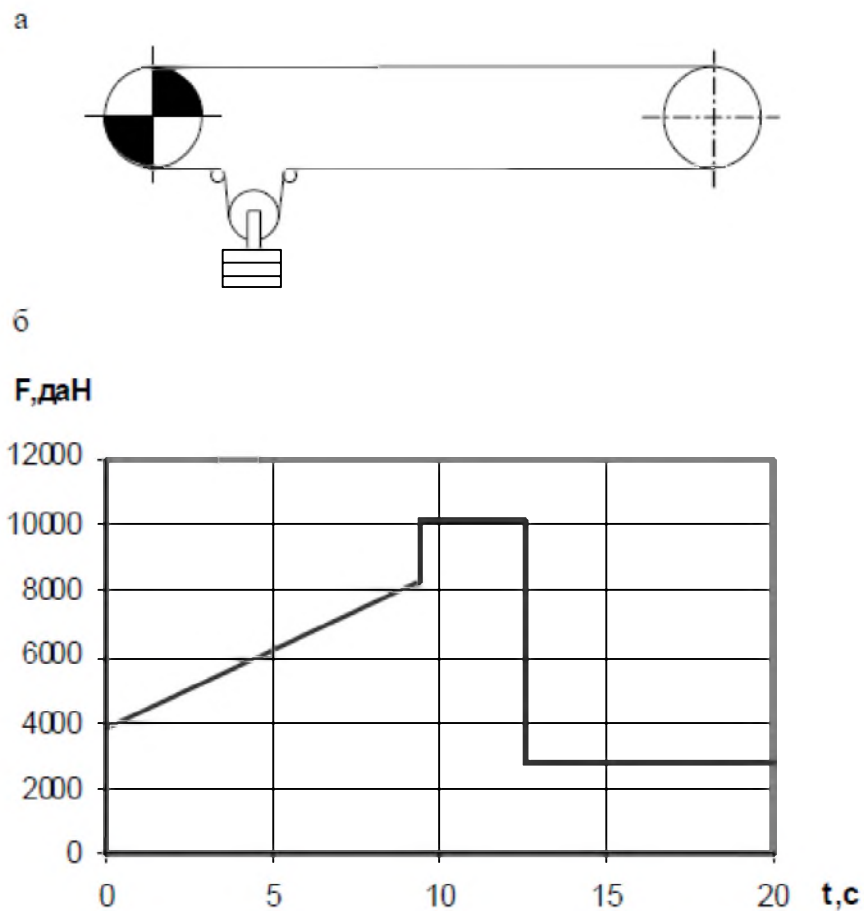
Напівавтоматична станція працює в період пуску як жорстка – натяжний барабан перед пуском конвеєра відтягується й у період пуску залишається на місці. Після закінчення пуску станція працює як автоматична.

На практиці в основному застосовуються жорсткі й автоматичні натяжні станції. Для цих станцій була запропонована методика визначення раціональних пускових характеристик стрічкового конвеєра. На (рис. 1б) наведена отримана за даною методикою раціональна пускова характеристика конвеєра з жорстким натяжним пристроєм, а на (рис. 2б) –

раціональна пускова характеристика конвеєра з автоматичним натяжним пристроєм.

Як приклад був прийнятий стрічковий конвеєр 1Л80У. Процес пуску розділений на два періоди: перший – до моменту рушання стрічки (час $t_{тр}$); другий – розгін її до номінальної швидкості (час t_p). При цьому пусковий момент у період рушання приймається меншим, ніж у період розгону. Таким чином, у початковий період пуску можна істотно знизити пружні коливання в стрічці конвеєра.

Для конвеєра з жорстким натяжним пристроєм раціональний період рушання $t_{тр}$ відповідно до розрахунку склав 6,5 с, стільки ж склав і період розгону ($t_p = 6,5$ с). Для конвеєра з автоматичним натяжним пристроєм ці параметри склали відповідно 9,5 і 3 с.



а – розрахункова схема; б – раціональна пускова характеристика

Рисунок 4.6 – Визначення раціональної пускової характеристики стрічкового конвеєра з автоматичним натяжним пристроєм

Отримані пускові характеристики дозволяють установити раціональні періоди пуску (час t_n) конвеєра з різними типами натяжних пристроїв. Для конвеєра з жорстким натяжним пристроєм раціональний період пуску дорівнює 13 с, а для конвеєра з автоматичним натяжним пристроєм - 12,5 с.

Існуючі пристрої плавного пуску побудовані на базі тиристорних регуляторів напруги. Однак вони не забезпечують оптимальних умов плавного пуску стрічкових конвеєрів (величину заданого прискорення й ступінь нагрівання обмотки статора й стрижнів ротора). Перспективним напрямком є розробка пускачів плавного запуску на базі тиристорного регулятора частоти. Такі пускачі здатні збільшити надійність електроприводів і забезпечити безпеку їх застосування у вибухонебезпечних умовах, а також створити оптимальні умови плавного пуску стрічкових конвеєрів. Вони можуть бути встановлені як на працюючих конвеєрах, так і включені в схеми тільки проектуваних. Частотно-керовані пускачі можуть бути використані для асинхронних двигунів з підвищеним пусковим моментом і для стандартних асинхронних двигунів.

У порівнянні з фазовим частотний пуск асинхронних двигунів має наступні переваги:

- можливість регулювання пускового струму в межах від 2 до 5 разів вище номінального струму;
- обмеження падіння живлячої напруги й зниження піків струму при запуску;
- одержання моментних характеристик, що забезпечують оптимальні умови плавного пуску;
- висока надійність і довговічність, а також відсутність необхідності в поточному обслуговуванні при експлуатації.

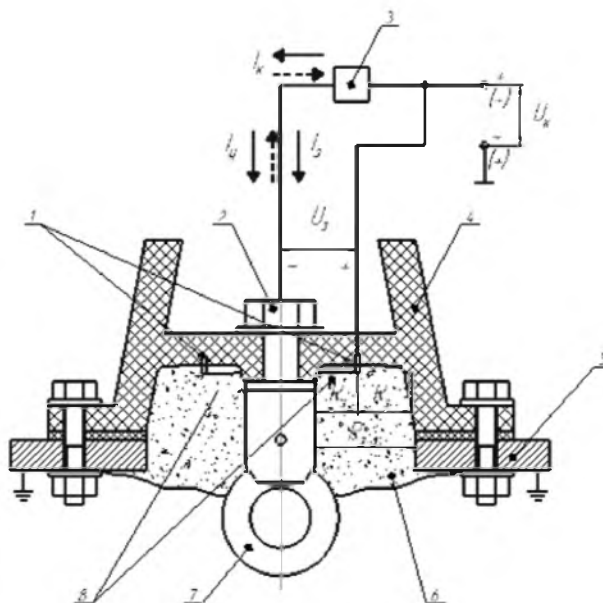
4.5 Усунення впливу гальваноефекту в датчику рівня на апаратуру контролю сипучих матеріалів

У вугільній промисловості для контролю рівня гірської маси в бункерах, у місцях пересипання її з конвеєра на конвеєр широке поширення одержала апаратура, дія якої засноване на контролі омичного опору матеріалу. Виготовляє її Дніпропетровський завод шахтної автоматики. На даному принципі побудовані реле контролю рівня серії ИКС (искробезопасный контроль опору, рос.), КСИ – модернізація ИКС (Донгипроуглемаш), потім РКУ, УКУ (Гипроуглеавтоматизация).

Незмінним для всіх етапів і модифікацій реле залишався електродний датчик ДУ, нижня поверхня якого була оснащена рим-гайкою для підвішування електрода й охоронним кільцем, що охоплює рим-гайку, для забезпечення захисту від витоків струму контрольної напруги з електрода на «землю». У всіх типів і модифікацій реле негативний полюс джерела контрольної напруги заземлювався, позитивний підводився до електрода датчика і через чуттєвий орган реле приєднувався до охоронного кільця (рис. 4.7).

Відсутність різниці потенціалів між електродом і охоронним кільцем виключає виникнення струму між ними.

Захист ефективний, оскільки дозволяє зберігати працездатність реле при опорах витоку багаторазово менших, чим контрольований опір гірської маси. Незважаючи на наявність захисту від витоків струму, відмовлення (досить часті) спостерігалися при роботі реле в режимі високої чутливості.



1 – охоронні кільця; 2 – болт; 3 – чуттєвий орган; 4 – датчик рівня;

5 – опора; 6 – пил; 7 – рим-гайка; 8 – зона гальваноефекту

Рисунок 4.7 – Схема проведення експерименту по визначенню впливу витоків струму і гальваноефекта на роботу реле контролю рівня КСИ

У результаті досліджень установлено, що крім витоків струму контрольної напруги з електрода на «землю» через вологий пил істотний вплив на роботу здійснює гальваноефект, що виникає між охоронним кільцем і римом-гайкою електрода. При цьому роль «електроліту» виконує вологий вугільний пил, що знаходиться між ними, (шахтна вода, як відомо, має лужний або кислотний характер).

Оцинкована рим-гайка і луджене охоронне кільце виробляють ЕРС із потенціалом (–) на рим-гайці і (+) на охоронному кільці. При такому розподілі потенціалів ЕРС гальваноефекту і позитивному потенціалі контрольної напруги U_k , що підводиться до електрода через чутливий орган, струм ЕРС гальваноефекту I_e і струми витoku I_v сумуються. Їхня сума може перевищити струм спрацьовування реле. Якби ці струми були зустрічної спрямованості, то мала би місце їхня різниця, що діє значення якої зводилось до нуля. При цьому надійність функціонування реле

контролю рівня значно б підвищилася. Отже, необхідно змінити полярність контрольної напруги, що підводиться до датчика, або полярність ЕРС гальваноефекту U_e за рахунок підбору металів контактуючих поверхонь рим-гайки та охоронного кільця.

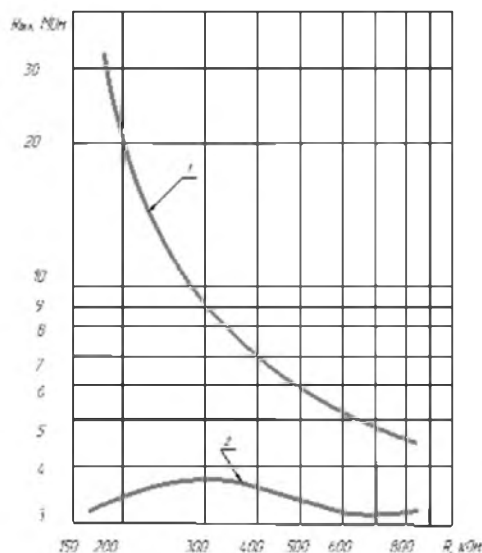


Рисунок 4.8 – Вхідні характеристики реле контролю рівня КСИ при порозі чутливості 3 МОм

Експериментальна перевірка вироблялася на реле КСИ при наявності на електроді обох полярностей контрольної напруги (для порівняння даних), при різних порогах чутливості реле і різних опорах струмопровідного пилу між охоронним кільцем і «землею» R_z , охоронним кільцем і електродом R_z і електродом і «землею» R_{ez} . В експерименті луджене кільце замінене мідним, як стійким до корозії і високим потенціалом, що володіє більш, того же знака.

Дані вимірів при настроюванні реле КСИ на поріг чутливості 3 МОм приведені на рис. 4.8. Крива 1 представляє вхідну характеристику реле у випадку, коли крапки витоку і ЕРС гальваноефекту додаються. При опорі витоку між електродами і «землею» 200 кОм реле включилося $R_{вкл}$, коли опір між електродом і гірською масою було 20 МОм. а помилкове включення відбудеться при зниженні опору витоку до 150 кОм. Крива 2, що представляє вхідну характеристику при зустрічній спрямованості

струмів витоку і ЕРС, показує, що при опорі витоку між електродом і «землею» 200 кОм чутливість реле практично не змінилася, а при зниженні опору менш 200 кОм спостерігається навіть «загрублення» реле.

Таким чином, спрямоване використання фактора ЕРС гольваноефекту забезпечує підвищення надійності функціонування апаратури контролю рівня і чутливості реле без застосування додаткових заходів по обслуговуванню.

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

Для оцінки економічного ефекту застосування нового кріплення будемо користуватися такими даними. Було встановлено, що при виході з ладу або неправильній експлуатації датчиків автоматики які використовуються на стрічкових конвеєрах ймовірна шкода однієї відмови роботи датчика, що може привести до виходу з ладу конвеєра становить 0,0001% вартості конвеєра.

Вище було доведено, що датчики які встановлені на конвеєрах з канатним ставом за старою технологією не працювали зовсім. Працездатність датчиків, які встановлені на новому кріпленні дорівнює 100%. Затрати на виготовлення та монтаж нового кріплення такі ж самі як і для виготовлення та монтаж старого, тому для спрощення розрахунків їх враховувати не будемо.

Беручи до уваги, що в наслідок геологічних умов, особливостях ведення гірничих робіт за даними диспетчера зупинка конвеєра через спрацювання датчиків КСЛ та КТВ, які встановлені на аналогічному конвеєрі з жорстким ставом складає 1 раз за добу. Тоді маємо такий економічний ефект:

$$E_2 = 0,0001 \cdot A_k \cdot N_{рд} \cdot N_{спр}$$

де A_k – вартість розрахункового конвеєра, грн;

$N_{рд}$ – кількість робочих днів;

$N_{спр}$ – кількість разів спрацювання датчиків

$$E_2 = 0,0001 \cdot 1222720 \cdot 360 = 44017,92 \text{ грн.}$$

Для усунення впливу гальваноефекту в датчику рівня на апаратуру контролю сипучих матеріалів не потрібно ні яких додаткових матеріалів, обладнання та додаткових робочих сил. Всі роботи виконуються слюсарем ремонтником в першу ремонтну зміну під час планового огляду обладнання.

По даним диспетчера зупинка конвеєра через хибне спрацювання датчиків контролю рівня складає 0,25 раз на добу. Після усунення гальваноефекту цей показник має знизитись до 0,15 раз.

Для встановлення економічного ефекту скористаємось наступною формулою:

$$E_3 = 0,0001 \cdot A_k \cdot N_{рд} \cdot N_{спр},$$

де A_k – вартість розрахункового конвеєра, грн;

$N_{рд}$ – кількість робочих днів;

$N_{спр}$ – кількість разів спрацювання датчиків по причині гальваноефекту.

$$E_3 = 0,0001 \cdot 1222720 \cdot 0,1 \cdot 360 = 6401,7 \text{ грн}$$

Сумарний економічний ефект від заходів по удосконаленню системи керування та автоматизації конвеєрних ліній розраховуємо за наступною формулою:

$$E_{заг} = E_1 + E_2 + E_3$$

де E_1 – економічний ефект від використання приводу керуємого тиристорами;

E_2 – економічний ефект від використання універсального кріплення;

E_3 – економічний ефект від усунення побічної дії гальваноефекту;

$$E_{заг} = 59196,53 + 44017,92 + 6401,7 = 109616,2 \text{ грн.}$$

Таким чином, виходячи з виконаних розрахунків, річний економічний ефект від реалізації заходів по удосконаленню системи керування та автоматизації конвеєрних ліній складе близько 110 тис. гривень по одній дільниці.

ВИСНОВКИ

У роботі були розглянуті питання удосконалення системи автоматизації конвеєрного транспорту для чого був проведений аналіз об'єкта автоматизації.

Для поліпшення протікання перехідних процесів в асинхронному двигуні з короткозамкненим ротором і зняття динамічних навантажень з електропривода загалом, була запропонована заміна магнітного пускача, що традиційно застосовується, на тиристорний, що використовується в якості головного комутуючого пристрою тиристорних модулів.

Була розроблена структурна схема тиристорного пускача, принципова схема вузла автоматизації, який відпрацьовує алгоритм роботи пускача, а також схема дистанційного керування пускачем, побудованої по оптронній схемі. Крім того, були розглянуті питання з конструктивної компоновки пускача.

Здійснено дослідження можливості застосування тиристорів для керування приводами конвеєрів з асинхронними двигунами. Обґрунтована можливість регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна конвеєрного приводу за допомогою зміни частоти напруги живлення. Запропоновано цікаве вирішення актуальної проблеми пов'язаної з пуском важко завантажених похилих конвеєрів за рахунок заміни дорогих рідинних реостатів ВЖР-315 на більш дешеві та ефективні тиристорні блоки з перетворювачами частоти, що дозволяють за рахунок плавного пуску уникнути пробуксовки конвеєрної стрічки та її розрив в наслідок великих динамічних навантажень в момент пуску конвеєра.

Було запропоновано універсальне кріплення для датчиків автоматики КСЛ та КТВ, яке забезпечує їх надійне кріплення та безвідмовну роботу на канатному ставі конвеєрів, та запобігає їх передчасний вихід з ладу за рахунок надійної фіксації. Було запропоноване креслення цього кріплення.

Враховуючи простоту його конструкції та дешевизну виготовлення це кріплення може виготовлятися силою самого підприємства без застосування сторонньої допомоги та залучення додаткових коштів.

Здійснена багатокритеріальна оптимізація натяжних пристроїв, у результаті якої був виявлено найбільш раціональний натяжний пристрій і визначений режим його роботи.

Була розв'язана проблема нестабільної роботи датчиків рівня контролю сипучих матеріалів через вплив на їх роботу гальваноефекту – запропоновано метод усунення впливу гальваноефекту без залучення додаткових коштів. Була надана схема вирішення цього питання. Потроєні вихідні характеристики реле контролю рівня.

Проведений економічний аналіз запропонованих заходів показує, що здійснення заходів по удосконаленню системи керування та автоматизації конвеєрних ліній не є збитковим, а економічний ефект складе близько 110 тис. грн./рік. Строк окупності запропонованих заходів складе 9 місяців.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт: Справочник / В.Ф.Антонов, Ш.Ш.Ахмедов, С.А. Волотковский и др. Под общей ред. В.В.Дегтярева, В.И.Серова, Г.Ю Цепелинского – М.: Недра, 1988. – 727 с.
2. Машины и оборудование для угольных шахт: Справочник. / Под ред В.Н.Хорина – 4-е изд, перераб. и доп. – М.: Недра, 1987, 424 с.
3. Малашкина В.А., Малеев В.Б. Ремонт и эксплуатация стационарного оборудования шахт: Справочник рабочего. – М.: Недра, 1990. – 329 с.
4. Электрификация стационарных установок шахт: Справочное пособ. / С.А.Волотковский, Д.К.Крюков, Ю.Т.Разумный и др. Под общей ред. Г.Г.Пивняка – М.: 1990. – 399 с.
5. Справочник механика угольной шахты / А.И. Пархоменко, В.И.Остапенко, И.М.Митько и др. М.: Недра, 1985. – 448 с.
6. Солод В.И., Зайков В.И., Первов К.М., Горные машины и автоматизированные комплексы: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1981. – 503 с.
7. Дзюбан В.С., Риман Я.С., Маслий А.К. Справочник энергетика угольной шахты. М.: Недра, 1983. – 542 с.
8. Васючков Ю.Ф. Горное дело: Учеб. для техникумов. – М.: Недра, 1990. – 512 с.
9. Килячков А.П., Брайцев А.В. Горное дело: Учеб. для техникумов. – М.: Недра, 1989. – 422 с.
10. Справочник по взрывозащищённому электрооборудованию / А.И.Пархоменко, В.С.Дзюбан, И.Г.Ширнин, А.К.Маслий; Под общей ред. Д-ра техн. Наук А.И.Пархомен-ко. – К.: Тэхніка, 1990. – 200 с.

11. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт: Справочник / В.Ф.Антонов, Ш.Ш.Ахмедов, С.А.Волотковский и др. Под общей ред. В.В.Дегтярева, В.И.Серова, Г.Ю.Цепелинского – М.: Недра, 1988. – 727 с.
12. Рудничная вентиляция: Справочник / Н.Ф.Гращенко, А.Э.Петросян, М.А.Фролов и др.; Под ред. К.З.Ушакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988, – 440 с.
13. Малашкина В.А., Малеев В.Б. Ремонт и эксплуатация стационарного оборудования шахт: Справочник рабочего. – М.: Недра, 1990. – 329 с.
14. Колосюк В.П. Техника безопасности при эксплуатации рудничных электроустановок. – М.: Недра, 1987. – 407 с.
15. Шахтный транспорт. / Будишевский В.А., Мухопад Н.Д., Сулима А.А., Кислун В.А. – Донецк.: тип. «Новый мир», 1997. – 349 с.
16. Татаренко А.М., Максецкий И.П. Рудничный транспорт: Учеб. для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 318 с.
17. Конвейеры: Справочник / Р.А.Волков, А.Н.Гнутов, В.К.Дьячков и др. Под общ. ред. Ю.А.Пертена. Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1984. – 367 с.
18. Техническое обслуживание и ремонт горно-шахтного оборудования / А.Н.Коваль, А.М.Горлин, В.И.Чекавский и др. – М.: Недра, 1987. – 344 с. (Б-ка электромеханика шахты).
19. Плахтина О.Г., Мазепа С.С. Частотно-керовані асинхронні та синхронні електроприводи – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2002. – 228 с.