

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Електротехнічний факультет
Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

(рівень вищої освіти)

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

На тему: «Модернізація системи керування електроприводом головної
вентиляційної установки шахти «Північна – Вентиляційна» в умовах
ПАТ «КЗРК»»

КНУ.МР.141.24.776-03

Виконав студент II курсу, групи ЕПА-23м /ГИВЕЛЬ Анатолій/
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
«Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

(шифр і назва спеціальності, освітньо-професійної програми)

Керівник:

к.т.н., доцент

_____ /Юрій ОСАДЧУК/

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

_____ /Юрій ОСАДЧУК/

Завідувач кафедри,

д.т.н., професор

_____ /Олег СІНЧУК/

Гарант ОПП:

к.т.н., доцент

_____ /Юрій ОСАДЧУК/

Кривий Ріг
2024 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: магістр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ГИВЕЛЬ Анатолій Павлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Модернізація системи керування електроприводом головної
вентиляційної установки шахти «Північна – Вентиляційна» в умовах ПАТ
«КЗРК»

- Термін подання студентом роботи: 09 грудня 2024 р.
- Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є модернізація системи керування електроприводом головної вентиляційної установки шахти «Північна – Вентиляційна» в умовах ПАТ «КЗРК»
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I. Характеристика головної вентиляційної установки; II. Статичні режими електроприводу головної вентиляційної установки; III. Система керування електроприводом головної вентиляційної установки; IV. Автоматизація електроприводу головної вентиляційної установки; V. Енергетичні характеристики електроприводу головної вентиляційної установки.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) I. Загальний вид головної вентиляційної установки; II. Статичні характеристики; III. Система керування електроприводом головної вентиляційної установки; IV. Модель електроприводу головної вентиляційної установки; V. Дослідження динамічних характеристик; VI. Дослідження динамічних характеристик.

- Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Осадчук Ю.Г.		
II	Осадчук Ю.Г.		
III	Осадчук Ю.Г.		

7. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Основні відомості про гірничо-видобувні підприємства	10.09.24
2	Завдання електроприводу та системи керування	12.10.24
3	Силові елементи електроприводу	17.10.24
4	Статичні характеристики	19.10.24
5	Система керування електроприводом	24.10.24
6	Динамічні характеристики	26.10.24
7	Алгоритми роботи система керування	28.11.24
8	Автоматизація електроприводу головної вентиляційної установки	30.11.24
9	Енергетичні характеристики електроприводу	04.12.24
10	Поліпшення енергетичних характеристик	07.12.24

Дата видання завдання 02.09.2024 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Гивель А.П.
(ПІБ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Осадчук Ю.Г.
(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра на тему:
«Модернізація системи керування електроприводом головної вентиляційної
установки шахти «Північна – Вентиляційна» в умовах ПАТ «КЗРК»
КНУ.МР.141.24.776-03

Об'єкт досліджень: системи керування електроприводом головної
вентиляційної установки.

В роботі була досліджена система керування електроприводом
головної вентиляційної установки шахти «Північна – Вентиляційна» в
умовах ПАТ «КЗРК». Визначено параметри вентиляційної системи шахти
«Північна – Вентиляційна». Для структури ПАТ «КЗРК» зазначено
важливість такої системи.

У роботі було синтезовано алгоритм роботи системи керування
електроприводом головної вентиляційної установки шахти «Північна –
Вентиляційна», як найбільш енергоємного об'єкту.

Головним чинником розробленої системи є забезпечення заданих
параметрів вентиляційної системи, для відповідності технологічних вимог
щодо виробничого процесу.

Також розглянуто методи регулювання продуктивності вентиляційної
установки. Зазначено, що найбільш ефективним є регулювання зміною
частоти обертання вентилятора за допомогою частотного електроприводу.

У роботі також розраховано параметри системи електроприводу
головної вентиляційної установки, побудовані статичні характеристики
технологічної установки.

На основі складеної моделі електроприводу, досліджено
характеристики електроприводу головної вентиляційної установки у
динамічних режимах. Результати моделювання відповідають технічним
параметрам вентиляційної установки.

ГОЛОВНА ВЕНТИЛЯЦІЙНА УСТАНОВКА, ЕЛЕКТРОПРИВОД, СИСТЕМА
КЕРУВАННЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, РЕГУЛЮВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ

Зміст

Вступ.....	7
1. Характеристика головної вентиляційної установки.....	14
1.1. Основні відомості про гірничо-видобувні підприємства.	14
1.2. Завдання системи електроприводу.....	20
1.3. Завдання системи керування електроприводом головної вентиляційної установки.	22
2. Статичні характеристики електроприводу головної вентиляційної установки.....	25
2.1. Силкові елементи електроприводу головної вентиляційної установки..	25
2.2. Схема заміщення електроприводу головної вентиляційної установки.	28
3. Система керування електроприводом головної вентиляційної установки.	40
3.1. Вибір структури системи керування електроприводом головної вентиляційної установки.	40
3.2. Синтез системи керування електроприводом головної вентиляційної установки	45
3.3. Автоматизація системи електроприводу головної вентиляційної установки.	49
3.4. Динамічні характеристики системи електроприводу головної вентиляційної установки.	51
3.5. Алгоритми роботи системи керування електроприводом головної вентиляційної установки.	55
4. Автоматизація електроприводу головної вентиляційної установки.	57
4.1. Мікропроцесорна система автоматизації електроприводу головної вентиляційної установки.	57
4.2. Вибір елементів мікропроцесорної система автоматизації електроприводу головної вентиляційної установки.....	60
5. Енергетичні характеристики електроприводу головної вентиляційної установки.....	63
5.1. Розрахунок енергетичних характеристик електроприводу головної вентиляційної установки.	63

5.2. Поліпшення енергетичних характеристик електроприводу головної вентиляційної установки.	66
5.3. Розрахунок економічних показників електроприводу головної вентиляційної установки.	68
5.4. Економічні показники електроприводу головної вентиляційної установки	72
5.5. Заходи підвищення енергетичних характеристик електроприводу головної вентиляційної установки	73
Висновки	75

Вступ

Гірничо-видобувна галузь промисловості є дуже важливою для функціонування економіки України.

Від її стабільного розвитку залежить можливість створення нових робочих місць та сплата видатків.

Тому розробки, що пов'язані з економічно обґрунтованими розрахунками щодо поліпшення стану обладнання що використовується для видобутку корисних копалин є завжди актуальними.

З огляду рівнів енергоспоживання промисловим обладнанням електричної енергії, шахти є дуже енергоємними споживачами.

Цей факт змушує приділяти особливу увагу ефективності енергоспоживання потужними електричними установками шахтного обладнання електричної енергії.

Регулювання рівнів енергоспоживання необхідно здійснювати у автоматичному режимі, оскільки процес енергоспоживання є швидкоплинним та потребує постійного моніторингу та контролю його параметрів.

В умовах сучасного гірничо-видобувного підприємства для видобутку корисних копалин використовується чимала кількість високотехнологічного обладнання.

За потребами у виробничому процесі його можна розділити на технологічні лінії.

Такий розподіл дозволяє сконцентрувати увагу на певній технологічній ланці щодо узгодження роботи її обладнання.

Кожна з технологічних ліній є важливою для можливості функціонування гірничо-видобувного підприємства у цілому.

Для умов функціонування обладнання при видобутку корисних копалин підземним методом можна зазначити такий розподіл виробництва:

- основне виробництво, яке налічує різноманітне устаткування щодо можливостей видобутку а також транспортування видобутих корисних копалин;

- допоміжне виробництво, яке налічує різноманітне обладнання що не використовується у безпосередньому видобутку або транспортуванні видобутих корисних копалин, а використовується з метою створення належних умов щодо функціонування основного обладнання або обслуговуючого його персоналу.

До основного виробничого обладнання можна віднести бурові машини, конвеєрне устаткування, а також скіпові підйомні установки.

Щодо допоміжного виробничого обладнання, то слід віднести устаткування підйомних машин, вентиляційних та водовідливних установок.

Особливостями енергоспоживання гірничо-видобувних підприємств є той факт що рівень електроспоживання обладнання, що задіяне у допоміжному виробничому процесі є набагато вищим за рівень електроспоживання основного виробничого обладнання.

Особливо цей факт можна спостерігати на прикладі функціонування шахтного обладнання.

Тому з питання енергоспоживання в умовах шахти важливу увагу слід надавати процесам що проходять при експлуатації потужного допоміжного виробничого устаткування.

Обладнання головних вентиляційних установок є найпотужнішим споживачем електричної енергії у сучасній структурі шахти.

Головні вентиляційні установки оснащені різноманітним обладнанням, яке забезпечує можливість їх функціонування.

До такого обладнання можна віднести системи автоматизації та контролю за роботою вентиляційного обладнання, а також безпосередньо електричні приводи вентиляторів.

Електричний привод вентиляційної установки зазвичай виконується у нерегульованому виконанні.

У якості провідних електричних двигунів використовуються потужні синхронні або асинхронні машини.

Це потужні енергетичні споживачі, тому від енергетичної ефективності споживання ними електричної енергії залежить ефективність роботи головної вентиляційної установки шахти.

Слід зазначити, що потреба у потоці повітря протягом доби є нерівномірною, тому виходячи з технологічних потреб та з огляду впровадження енергоощадливого споживання електричної енергії, слід запроваджувати можливість регулювання продуктивності вентиляційної установки.

Методи що використовуються на сучасних вентиляційних установках шахти є економічно не ефективними, оскільки використовують застарілі принципи регулювання продуктивністю головної вентиляційної установки шахти.

Енергетичні служби шахт для можливості регулювання продуктивності головних вентиляційних установок зазвичай використовують почергове відключення або ввімкнення вентиляційних установок, що не є ефективним з огляду надійності та безаварійності їх роботи, оскільки при частих ввімкнених потужних електричних машин, якими є провідні електричні двигуни вентиляторів спостерігаються значні електричні перевантаження, що супроводжуються значними пусковими струмами, які у свою чергу впливають на виникнення значень моменту, що перевищує допустимі, у наслідок чого виникають механічні несправності у вигляді люфтів та механічного зносу підшипників.

Також на шахтах для можливості регулювання продуктивності головних вентиляційних установок використовують дроселювання, тобто зміну пропускнуої здатності трубопроводу, але цей метод є доволі не ефективним як з приводу економічного обґрунтування, так і з боку надійності роботи обладнання, тому використовується як елемент аварійного або екстреного виконання операцій щодо усунення можливих несправностей.

Таким чином обладнання головних вентиляційних установок потребує суттєвої модернізації щодо можливості впровадження методів регулювання продуктивності вентиляційних установок.

Дієвим та економічно обґрунтованими методом регулювання продуктивності вентиляційних установок є зміна частоти обертання робочих лопатей у процесі експлуатації вентиляційної установки.

Цей процес можна відтворити при зміні частоти обертання валу провідного електричного двигуна.

Отже, впровадження систем регульованого електроприводу на вентиляційних установках є важливим завданням щодо впровадження енергетично ефективного управління ними.

У якості провідних електричних двигунів головних шахтних вентиляційних установок використовуються синхронні електричні машини.

Слід зазначити, що регулювання частоти обертання синхронної машини у звичайних схемах їх включення до мережі є неможливим.

Тому для здійснення зміни частоти обертання синхронної електричної машини використовують спеціальне обладнання.

Розвиток та сучасна номенклатура напівпровідникової техніки дозволяє використовувати потужні перетворювальні установки для здійснення регулювання характеристик синхронного електроприводу.

Для можливості функціонування таких складних систем вони мають бути забезпечені надійними засобами керування.

Системи керування електроприводом розробляються з використання сучасної мікропроцесорної техніки.

Для забезпечення ефективного функціонування електроприводу вентиляційної установки розробляють спеціальні алгоритми для системи керування які забезпечують його роботу в усіх можливих режимах.

Тому з огляду енергетичної ефективності є важливим забезпечення мікропроцесорною системою керування електроприводом вентиляційної установки регулювання його параметрів у всьому діапазоні зміни частоти обертання лопатей.

Тому при модернізації обладнання електроприводу вентиляційної установки особливу увагу приділяють розробці та налагодженню роботи мікропроцесорної системи керування.

Мікропроцесорна система керування вентиляційною установкою здійснює пуск та регулювання частоти обертання електроприводу у залежності від параметрів налаштування контурів керування.

Від правильності налаштування контурів струму та частоти обертання залежатиме ефективність роботи синхронного електроприводу вентиляційної установки.

Тому для здійснення автоматичного керування синхронним електроприводом вентиляційної установки використовують замкнені за технологічним параметром системи керування.

Це забезпечує автоматичне, а головне ефективне регулювання продуктивністю обладнання головної вентиляційної установки.

Слід зазначити що наявність мікропроцесорного блоку керування у структурі електроприводу дозволяє включити останній у загальну систему управління головною вентиляційною установкою шахти.

Що дозволяє окрім технологічного параметру здійснювати контроль та регулювання процесом енергоспоживання усього обладнання що використовується у структурі головної шахтної вентиляційної установки.

Таке застосування дозволяє здійснювати не тільки ефективне регулювання енергоспоживанням, але і підтримувати енергетичний баланс устаткування.

Тобто приймати рішення щодо споживання або генерації надлишку реактивної потужності.

Такий процес можливий без встановлення додаткового обладнання, оскільки у якості приводних двигунів для вентиляторів вентиляційної установки використовуються синхронні електричні машини.

Тому з огляду можливості керування споживанням або генерацією реактивної потужності розглядають можливість встановлення автоматичної системи регулювання струму збудження синхронної машини.

Усі зазначені процеси щодо ефективності впровадження системи мікропроцесорного керування в умовах системи регульованого синхронного електроприводу вентиляційної установки мають бути перевірені у динамічних режимах роботи.

Розв'язок рівнянь перехідних процесів у синхронному електроприводі відбувається при дотриманні цілого ряду припущень, що доволі суттєво впливає на достовірність отриманих результатів.

Тому при розв'язку подібних рівнянь слід застосовувати спеціальні обчислювальні програми, що дозволяють уникнути надмірного спрощення поставленого завдання.

Одним з таких завдань є врахування інерційності ротору синхронної машини при здійсненні процесів пуску або гальмування.

Таку особливість можна враховувати за допомогою представлення ротору синхронної машини у вигляді багатомасової структури.

Таке представлення суттєво впливатиме на час розв'язку перехідних процесів та складність вирішення системи диференціальних рівнянь що їх описують.

Завдяки наявності мікропроцесорної системи управління такий розв'язок не представляє значних ускладнень.

Отже, модернізація обладнання вентиляційної установки, щодо встановлення системи регульованого синхронного електроприводу з мікропроцесорною системою керування дозволить не тільки здійснювати ефективне регулювання продуктивністю вентиляційної установки, але й забезпечить надійну та безпечну експлуатацію її обладнання із запровадженням алгоритмів ефективного енергоспоживання.

1. Характеристика головної вентиляційної установки.

1.1. Основні відомості про гірничо-видобувні підприємства.

Гірничо-видобувні компанії оснащені великим потужним обладнанням яке використовується для забезпечення можливостей видобутку корисних копалин.

Шахти є типовими представниками гірничо-видобувних компаній з типовими набором обладнання яке використовується.

Характерним для основних технологічних ліній у шахтах є значна встановлена потужність обладнання.

Системи вентиляції та провітрювання білястовпових та віддалених виробок є важливими складовими для забезпечення видобутку корисних копалин а також потужними споживачами електричної енергії.

Режими роботи такого обладнання є неперервними, але спостерігається тенденція щодо зміни продуктивності під час роботи подібних агрегатів.

Особливостями енергоспоживання гірничо-видобувних підприємств є той факт що рівень електроспоживання обладнання, що задіяне у допоміжному виробничому процесі є набагато вищим за рівень електроспоживання основного виробничого обладнання.

Особливо цей факт можна спостерігати на прикладі функціонування шахтного обладнання.

Тому з питання енергоспоживання в умовах шахти важливу увагу слід надавати процесам що проходять при експлуатації потужного допоміжного виробничого устаткування.

Обладнання головних вентиляційних установок є найпотужнішим споживачем електричної енергії у сучасній структурі шахти.

Головні вентиляційні установки оснащені різноманітним обладнанням, яке забезпечує можливість їх функціонування.

До такого обладнання можна віднести системи автоматизації та контролю за роботою вентиляційного обладнанням, а також безпосередньо електричні приводи вентиляторів.

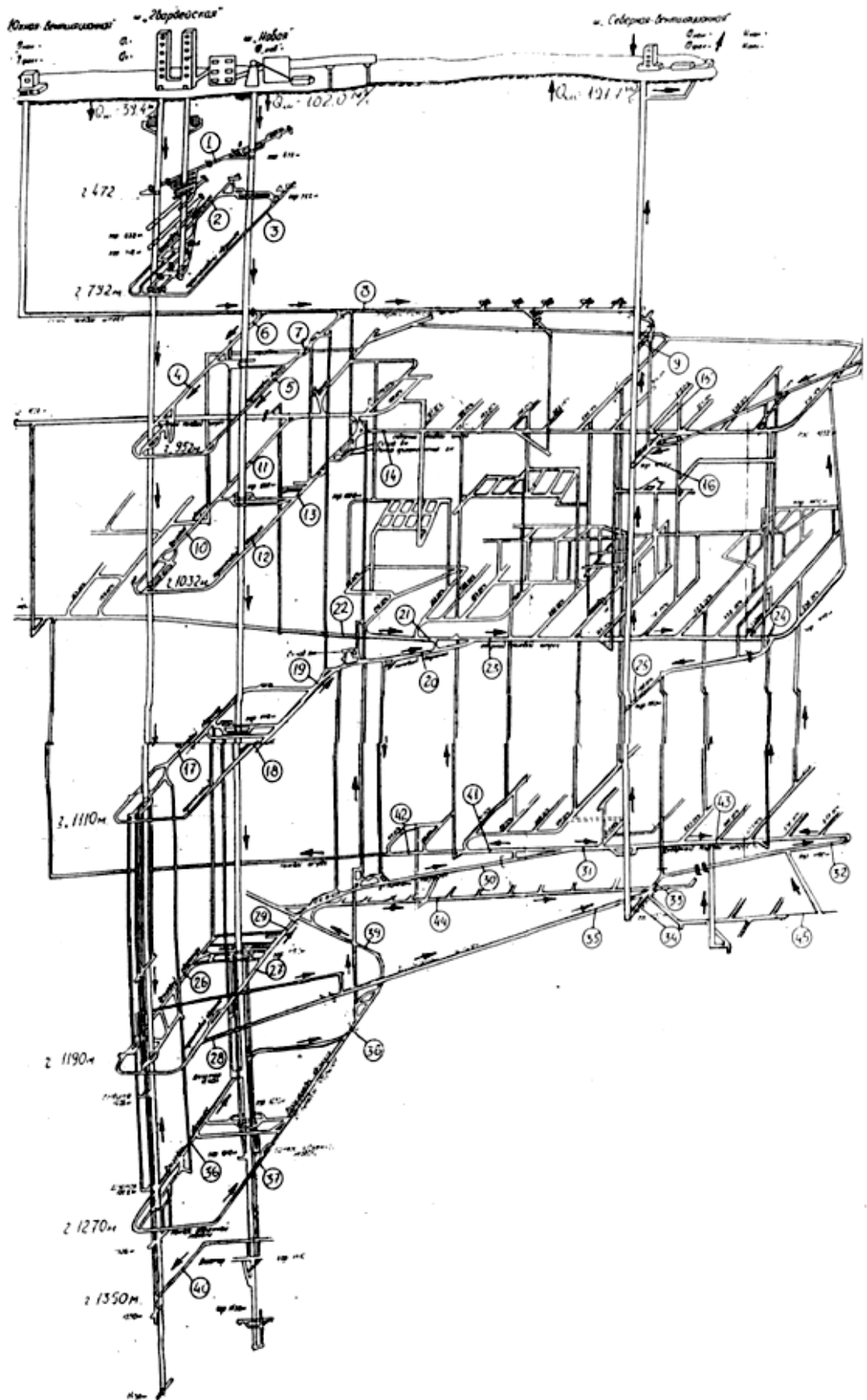


Рис. 1.1 Структурна схема

Таблиця 1.1 Показники головної вентиляційної установки

№ з/п	Показник	Од. виміру	Значення
1	2	3	4
1. Нормальний режим провітрювання			
1.1.	Продуктивність вентилятора	м ³ /с	242,2
1.2.	Депресія	кГ/м	247,4
1.3.	Сумарна теплова (природна) тяга	кГ/м	12,6
1.4.	Еквівалентний отв. вент. напрямку	м ²	5,3
1.5.	Сумарні витоки ГВУ	м ³ /с	20,9
1.6.	Потужність, що витрачається	кВт	1048,8
	в.т.ч. на корисно використ. повітря	кВт	958,3
	в.т.ч. на витоки (підсос) повітря	кВт	90,5
1.7.	ККД статичний		0,60
	ККД повний		0,55
2. Реверсний режим			
2.1.	Час на реверсування	хв.	7
2.2.	Продуктивність	м ³ /с	240,9
2.3.	Депресія	кГ/м	182,6
2.4.	Сумарні витоки ГВУ	м ³ /с	48,1

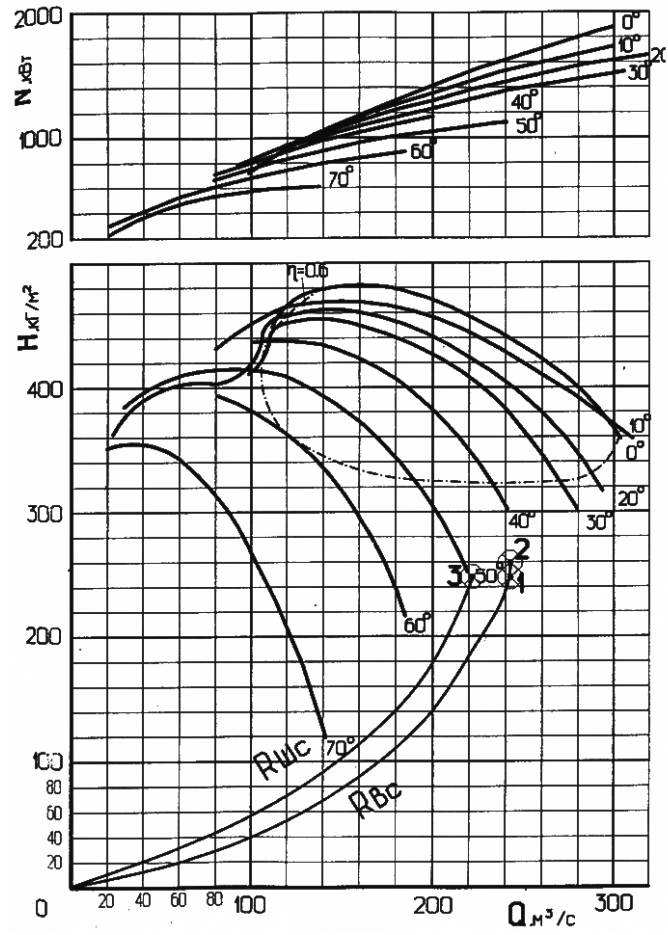


Рис. 1.2. Аеродинамічні характеристики головної вентиляційної установки

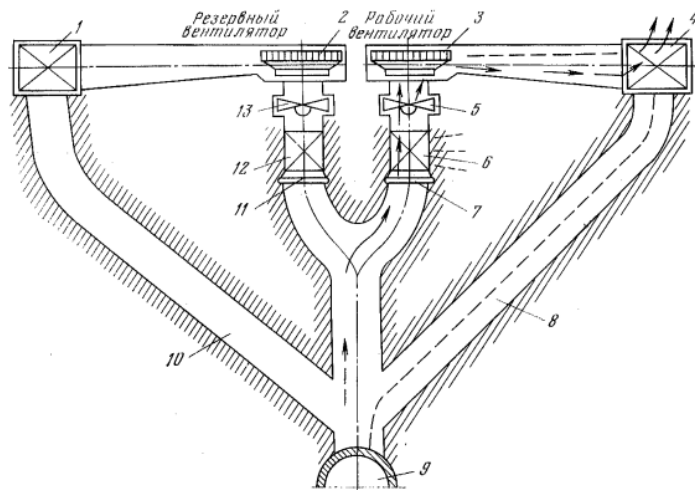


Рис. 1.3. Схема реверсу головної вентиляційної установки

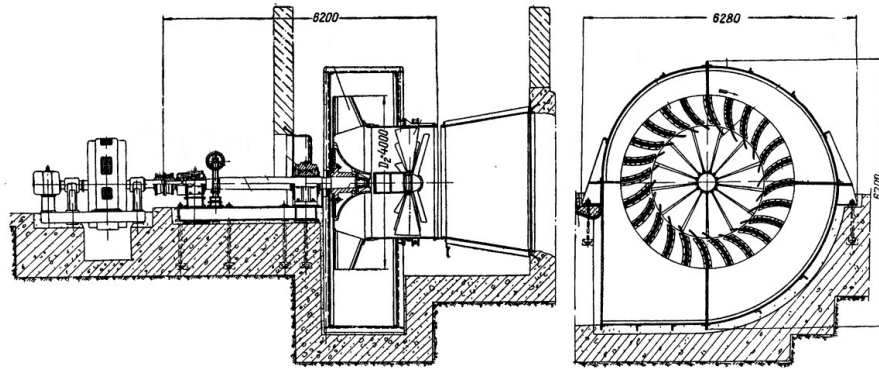


Рис. 1.4. Головна вентиляційна установка

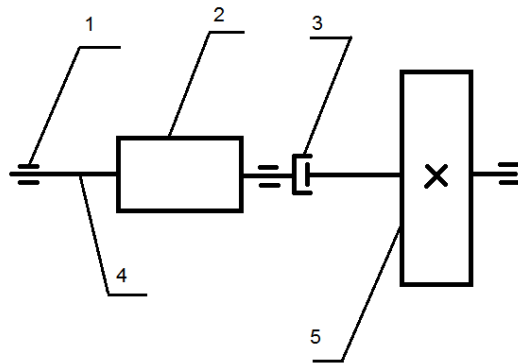


Рис. 1.5. Кінематична схема головної вентиляційної установки

1. підшипники;
2. двигун;
3. з'єднувальна муфта;
4. приводний вал;
5. крутне колесо.

1.2 Завдання системи електроприводу.

Найважливішим фактором, що впливає на роботу вентиляційних установок є безпечність умов праці для працівників.

Забезпечити належні умови праці при роботі можливо завдяки постійному надходженню достатньої кількості повітря.

Але потреба у зазначеній кількості протягом робочої зміни є нерівномірною.

А отже виникає потреба у можливості зміни продуктивності вентиляційних установок протягом періоду їх роботи.

Електричний привод вентиляційної установки зазвичай виконується у нерегульованому виконанні.

У якості провідних електричних двигунів використовуються потужні синхронні або асинхронні машини.

Це потужні енергетичні споживачі, тому від енергетичної ефективності споживання ними електричної енергії залежить ефективність роботи головної вентиляційної установки шахти.

Слід зазначити, що потреба у потоці повітря протягом доби є нерівномірною, тому виходячи з технологічних потреб та з огляду впровадження енергоощадливого споживання електричної енергії, слід запроваджувати можливість регулювання продуктивності вентиляційної установки.

Методи що використовуються на сучасних вентиляційних установках шахти є економічно не ефективними, оскільки використовують застарілі принципи регулювання продуктивністю головної вентиляційної установки шахти.

Енергетичні служби шахт для можливості регулювання продуктивності головних вентиляційних установок зазвичай використовують почергове відключення або ввімкнення вентиляційних установок, що не є ефективним з огляду надійності та безаварійності їх роботи, оскільки при частих ввімкнених потужних електричних машин, якими є провідні електричні двигуни вентиляторів спостерігаються значні електричні перевантаження, що супроводжуються значними пусковими струмами, які у свою чергу впливають на виникнення значень моменту, що перевищує допустимі, у наслідок чого виникають механічні несправності у вигляді люфтів та механічного зносу підшипників.

Також на шахтах для можливості регулювання продуктивності головних вентиляційних установок використовують дроселювання, тобто зміну пропускну здатності трубопроводу, але цей метод є доволі не ефективним як з приводу економічного обґрунтування, так і з боку надійності роботи обладнання, тому використовується як елемент аварійного або екстреного виконання операцій щодо усунення можливих несправностей.

Таким чином обладнання головних вентиляційних установок потребує суттєвої модернізації щодо можливості впровадження методів регулювання продуктивності вентиляційних установок.

Дієвим та економічно обґрунтованими методом регулювання продуктивності вентиляційних установок є зміна частоти обертання робочих лопатей у процесі експлуатації вентиляційної установки.

Цей процес можна відтворити при зміні частоти обертання валу провідного електричного двигуна.

Отже, впровадження систем регульованого електроприводу на вентиляційних установках є важливим завданням щодо впровадження енергетично ефективного управління ними.

1.3. Завдання системи керування електроприводом головної вентиляційної установки.

Визначення оптимальної за забезпеченням технологічних параметрів роботи системи регульованого електроприводу залежить від вибору виконавчих механізмів забезпечення працездатності подібних структур.

Зазвичай такі структури обираються за необхідністю ступеню регулювання параметрів електроприводу.

Найбільш ефективними структурами регулювання параметрів вентиляційних станової є ті що забезпечують зміну продуктивності у процесі експлуатації.

У якості провідних електричних двигунів головних шахтних вентиляційних установок використовуються синхронні електричні машини.

Слід зазначити, що регулювання частоти обертання синхронної машини у звичайних схемах їх включення до мережі є неможливим.

Тому для здійснення зміни частоти обертання синхронної електричної машини використовують спеціальне обладнання.

Розвиток та сучасна номенклатура напівпровідникової техніки дозволяє використовувати потужні перетворювальні установки для здійснення регулювання характеристик синхронного електроприводу.

Для можливості функціонування таких складних систем вони мають бути забезпечені надійними засобами керування.

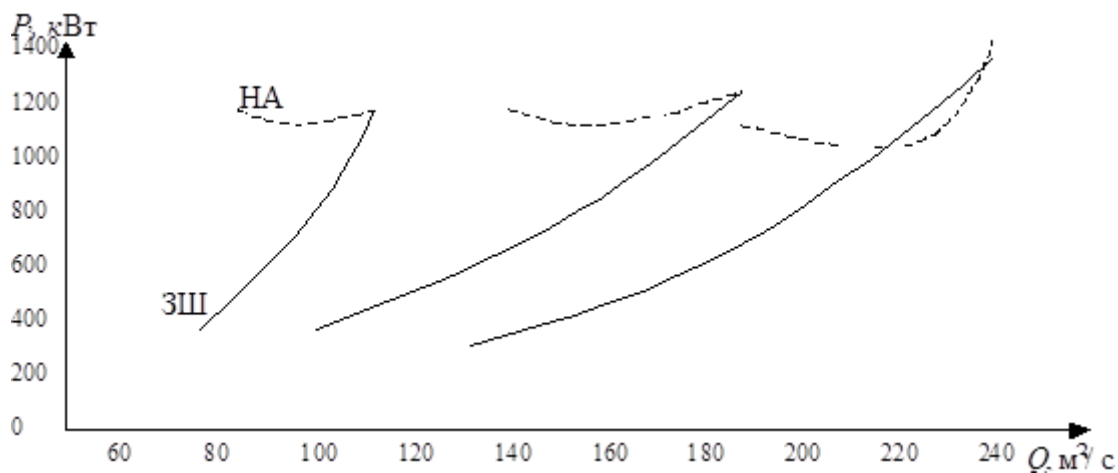


Рис.1.6.Графік потужності головної вентиляційної установки

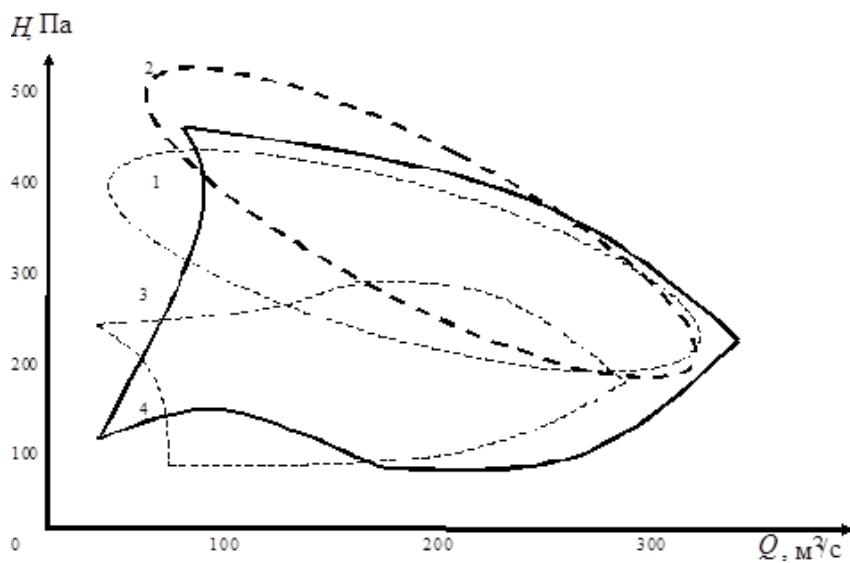


Рис. 1.7. Области роботи головної вентиляційної установки:

1 – дроселювання, 2 – направляючі апарати, 3 – муфта ковзання, 4 – реостати, 5 – каскадні схемами

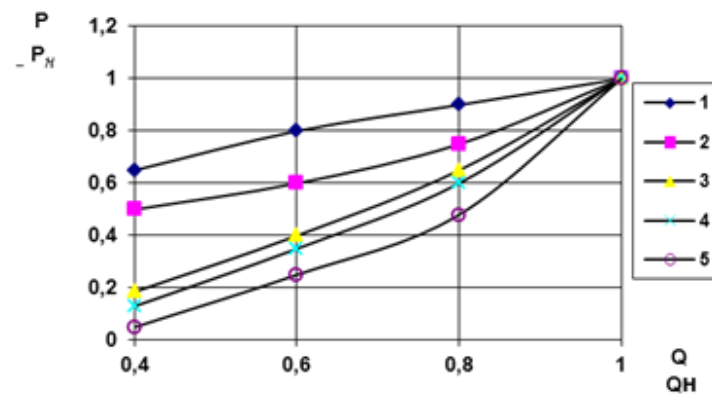


Рис. 1.8. Економічне регулювання головної вентиляційної установки:
 1 – дроселювання, 2 – направляючі апарати, 3 – муфта ковзання, 4 – реостати, 5 – каскадні схемами

2. Статичні характеристики електроприводу головної вентиляційної установки.

2.1. Силкові елементи електроприводу головної вентиляційної установки.

Розглянемо системи статичного перетворення параметрів мережі живлення для забезпечення потреб регульованого електроприводу.

Такі структури є надійними та водночас ефективними складовими систем регулювання.

Розрахуємо силовий перетворювач.

$$\begin{aligned} U_{\text{нп}} &\geq U_{\text{нде}} , \\ I_{\text{нп}} &\geq I_{\text{нде}} , \\ f_{\text{нп}} &\geq f_{\text{нде}} \quad (2.3) . \end{aligned}$$

Таблиця 2.1 Технічна характеристика двигуна головної вентиляційної установки

№п/п	Показник	Значення
1	2	3
1	Номінальна напруга, В	6 000
2	Номінальна потужність, кВт	1600
3	Струм збудження, А	185
4	Коефіцієнт потужності	0,8
5	Коефіцієнт корисної дії	0,95
6	Момент інерції двигуна, кг·м ²	2775

Таблиця 2.2 Технічна характеристика головної вентиляційної установки

№п/п	Показник	Значення
1	2	3
1	Номинальна вхідна, вихідна напруга, В	6 000
2	Номинальна потужність, кВт	2 000
3	Частота живильної мережі, Гц	50
4	Регулювання частоти на виході	1:10
5	Коефіцієнт корисної дії	0,97

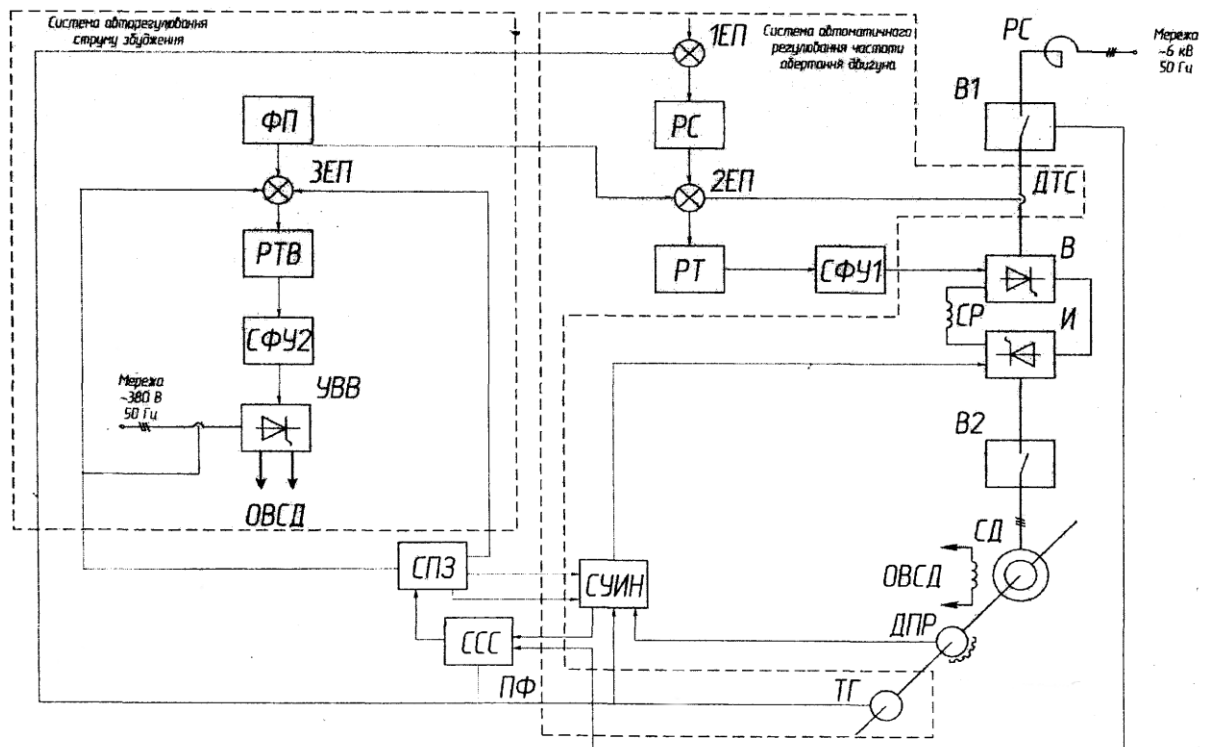


Рис. 2.1. Функціональна схема електроприводу головної вентиляційної установки

На рисунку:

В – випрямляч;

І – інвертор;

Д – двигун;

ДП – датчик положення;

ТГ – тахогенератор;

СУІН – система управління інвертором;

СФУ-1, СФУ-2 – системи фазового керування;

ДС – датчик струму;

ДЗ – датчик збудження;

УВ – випрямляч;

СП – система пуску;

СЕ – системи електропостачання;

1Е...3Е – елементи зрівняння;

У – підсилювачі;

РС – струмообмеження.

2.2. Схема заміщення електроприводу головної вентиляційної установки.

Розрахуємо параметри системи керування з врахуванням складових у контурах системи електроприводу.

Для більш детального розгляду процесів слід скласти схему заміщення електроприводу.

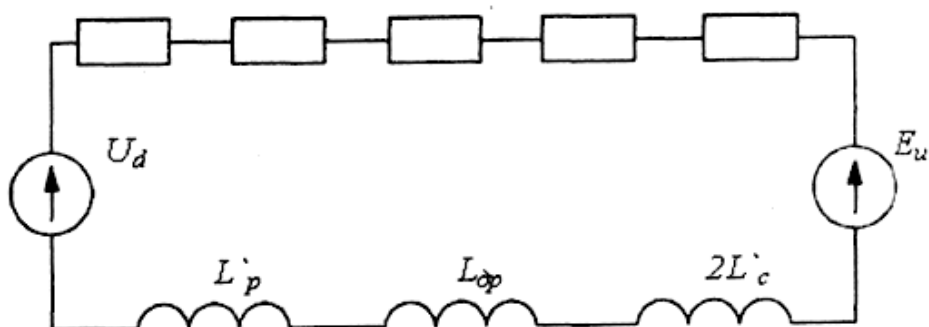


Рис. 2.2. Схема заміщення електроприводу головної вентиляційної установки

U_d – випрямляч;

E_u – інвертор.

Індуктивність:

$$X_{сгл} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_H \cdot \lambda_i} \quad (2.4),$$

Тоді маємо:

$$X_{сгл} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 181 \cdot 5.5} = 3.18 \text{ Ом}$$

Отже:

$$X'_{cл} = \frac{X_{cл}}{K_{cл}^2} = \frac{3.481}{1.35^2} = 1.9 \text{ Ом}$$

Остаточно маємо:

$$L_c = \frac{X'_{cл}}{2\pi f_1} = \frac{1.9}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.006 \text{ Гн}$$

Активний:

$$R'_c = \frac{R_c}{K_{cл}^2} = \frac{0.212}{1.35^2} = 0.115 \text{ Ом}$$

А отже, індуктивність:

$$X_p = \frac{X_p}{K_{cл}^2} = \frac{0.56}{1.35^2} = 0.307 \text{ Ом}$$

Або відносна складова:

$$L'_п = \frac{X_p}{2\pi f_п} = \frac{0.307}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 9.8 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}$$

Активна складова:

$$R_c = \frac{R_p}{K_{\text{сх}}^2} = \frac{0.01}{1.35^2} = 0.0055 \text{ Ом}$$

Врахуємо комутацію:

$$R_{\gamma} = \frac{mX}{2\pi}$$

Тоді:

$$R_{\gamma} = \frac{mX_p}{2\pi} = \frac{6 \cdot 0.307}{2 \cdot 3.14} = 0.293 \text{ Ом};$$

$$R_{\gamma u} = \frac{mX_c}{2\pi} = \frac{6 \cdot 1.9}{2 \cdot 3.14} = 1.815 \text{ Ом}$$

Загальний вираз:

$$R_D = 2R'_{\gamma\beta} + R_{\gamma\beta} + R_{\text{яр}} + R'_{\gamma u} + 2R'_c \quad (2.6).$$

Загальний вираз індуктивності:

$$L_D = 2L'_p + L_{\text{яр}} + 2L'_c \quad (2.7),$$

Отже:

$$R_0 = 2 \cdot 0.0055 + 0.293 + 0.02 + 1.815 + 2 \cdot 0.115 = 2.369 \text{ Ом} ,$$

$$L_0 = 2 \cdot 9.8 \cdot 10^{-4} + 0.1 + 2 \cdot 0.006 = 0.114 \text{ Гн} .$$

За ЕРС:

$$K_K = \frac{U_{дн}}{\omega_{fl}} \quad (2.8);$$

$$K_M = \frac{M_H}{I_{дн}} \quad (2.9),$$

де $U_{дн}, I_{дн}$ - номінальна напруга і струм:

$$U_{дн} = U_H \cdot K_{сх} = 6000 \cdot 1.35 = 8100 \text{ В} ,$$

$$I_{дн} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} I_H = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot 192 = 222 \text{ А} ;$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi n_{fl}}{60} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 300}{60} = 31.4 \frac{\text{рад}}{\text{с}} ,$$

$$M_H = \frac{P_c}{\omega_{fl}} = \frac{1600 \cdot 10^3}{31.4} = 50955 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Представимо показники статичних ланок:

$$K_E = \frac{8100}{31.4} = 257.96 \text{ В} \cdot \frac{\text{с}}{\text{рад}} ;$$

$$K_M = \frac{50955}{222} = 229.5 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А}} .$$

Врахуємо інерційну складову:

$$J_2 = J_{\text{дв}} + J'_{\text{мех}} = 2775 + 2630 = 5405 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 ,$$

Представимо вирази динамічних ланок.

$$T_{\alpha} = \frac{L_0}{R_0} = \frac{0.114}{2.369} = 0.048 \text{ с} .$$

Також маємо:

$$T_M = J_2 \frac{R_0}{K_E \cdot K_M} = 5405 \frac{2.369}{257.96 \cdot 229.5} = 0.216 \text{ с} .$$

Для двигуна:

$$\psi = \beta \frac{\gamma}{2} \quad (2.10),$$

де β – кути керування;

γ – кути комутації.

Для перетворювача:

$$K_c = \cos\beta_u = \frac{\cos\beta + \cos(\beta + \gamma)}{2} \quad (2.11);$$

Загальний вираз:

$$\cos\beta^*_u = \cos\beta + I_d \frac{\sqrt{2X_\gamma}}{2\sqrt{3E_\gamma}} = \cos\beta + \frac{IX_\gamma}{2I_\gamma} \quad (2.12),$$

$$U_u^2 = E_r^2 \cdot v^2 + v^2 IX_{sd} - 2\sqrt{E^2 \cdot v^2} - \frac{U_d^2}{K_B} \cdot vIX_{sd} \quad (2.13);$$

$$\cos\beta^*_u = \cos\beta + I \frac{X_d v}{2U_u} \quad (2.14);$$

$$\cos\beta^* = \frac{U_d}{U_u K_b} \quad (2.15);$$

Складемо розрахункове рівняння для контуру струму:

$$I_d = K_c \cdot \frac{\cos\beta^*_u U_H - vE \cos\beta}{vK_{\gamma u}} \quad (2.16).$$

Отримаємо:

$$I_d = \frac{2\pi}{m} \cdot \frac{E_d \cdot \cos\beta}{X_d} \cdot \frac{n_0 - n}{v + \rho} \quad (2.17),$$

де

$$U_0 = \frac{U_b K_b \cdot \cos \alpha}{E K_u \cdot \cos \beta} \quad (2.18),$$

$$E_d = E \cdot K_u ;$$

$$\rho = \frac{R_0}{R_{\gamma u}} = \frac{2.369}{1.815} = 1.305$$

Зробимо розрахунки отриманих рівнянь статички та динаміки системи електроприводу.

Запишемо параметри:

$$U_b = 3464 \text{ В}, E = 4700 \text{ В}, K_b = K_u = 2,34, X_d^{\prime} = 1,9 \text{ М}, E_d = 4700 \cdot 2,34 = 10998 \text{ В}$$

Тоді:

$$U_0 = \frac{3464 \cdot 2.34}{10998} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 0.737 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} ;$$

$$I_H = \frac{2 \cdot 3.14}{6} \cdot \frac{10998 \cdot \cos \beta}{1.9} \cdot \frac{U_0 - U}{U + 1.305}$$

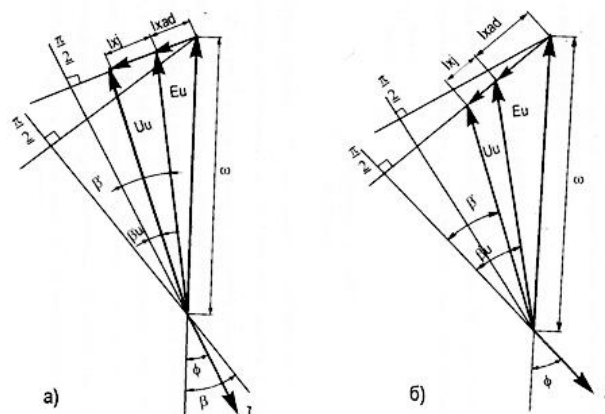


Рис. 2.3. Векторна діаграма

Отже:

$$I_d = 6058 \cdot \cos\beta \cdot \frac{u_0 - u}{u + 1.305} \quad (2.19).$$

Або для швидкості:

$$u = \frac{6058 \cos\alpha \cdot I_d \cdot 1.305}{6058 \cos\beta + I_d} \quad (2.20).$$

А також для моменту:

$$M = \frac{U_{dm} \cos\alpha I_d - K I_d^2 (2R'_p + R_{Rp} + 2R'_c)}{u \cdot \omega_0} \quad (2.21),$$

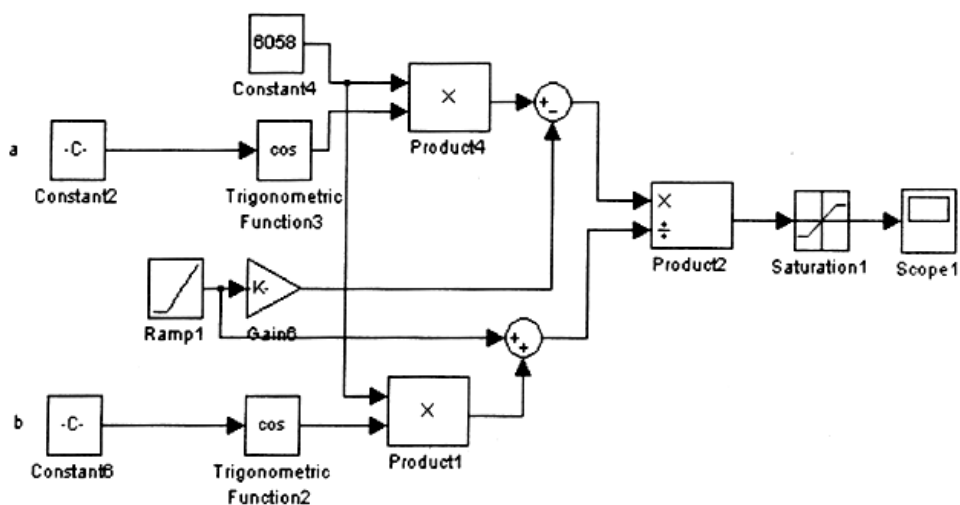


Рис. 2.4. Модель електроприводу головної вентиляційної установки

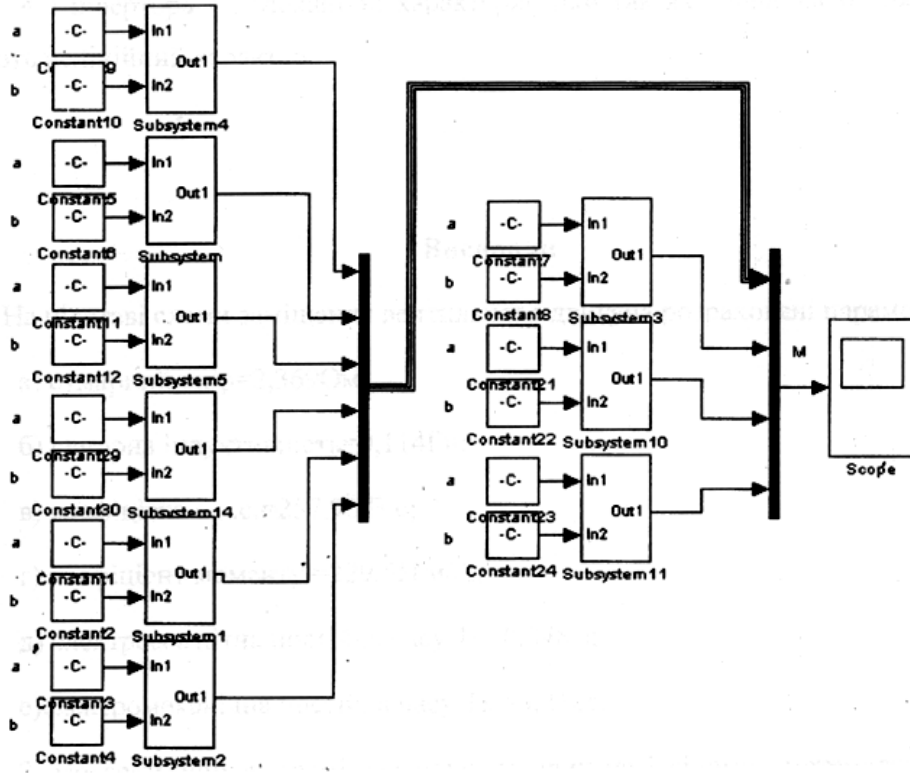


Рис. 2.5. Модель статичних характеристик електроприводу головної вентиляційної установки

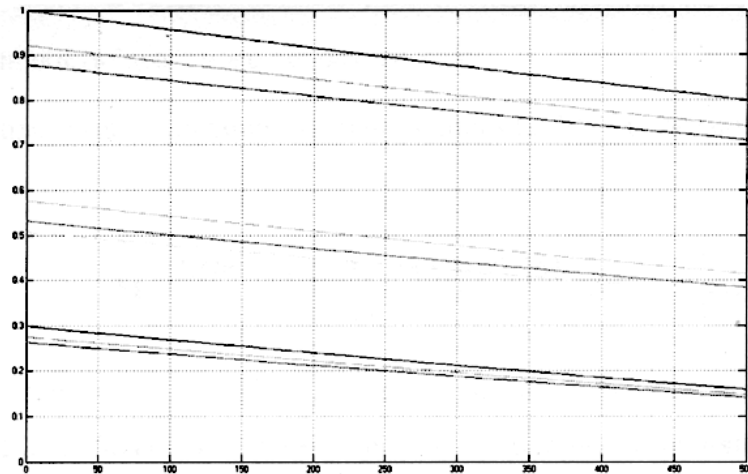


Рис. 2.6. Статичні характеристики електроприводу головної вентиляційної установки

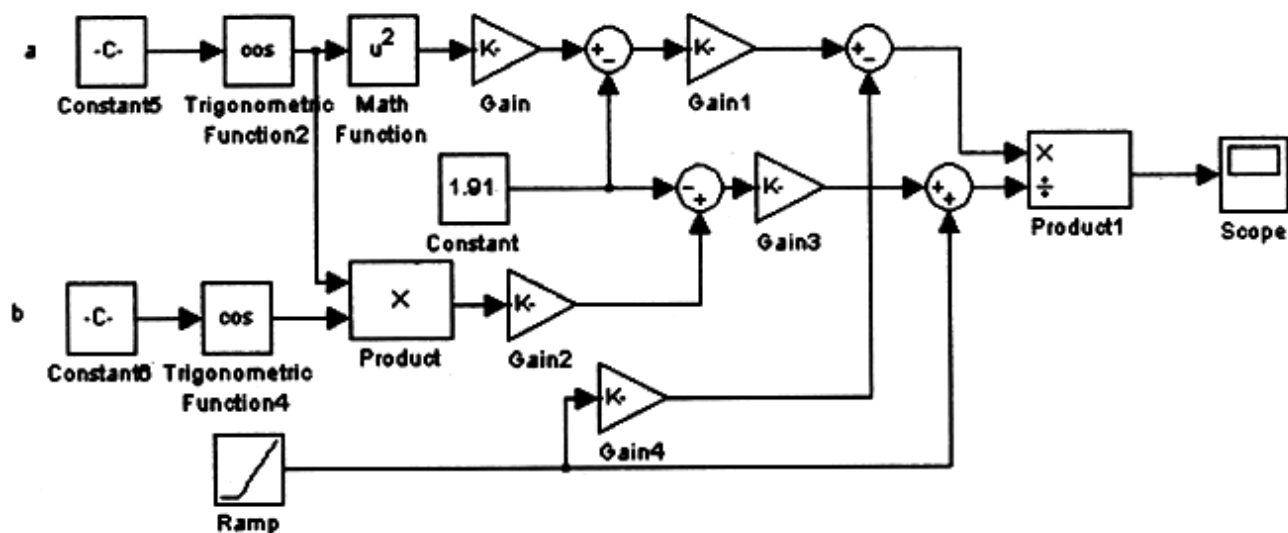


Рис. 2.7. Модель електроприводу головної вентиляційної установки

Числові вирази представимо у наступному вигляді:

Для моменту:

$$M = \frac{8100 \cos \alpha I_d - 1.05 I_c^2 \cdot 0.261}{\omega_0} \cdot u \quad (2.22),$$

Для швидкості:

$$u = \frac{6058(K_1 \cos^2 \alpha - K_2) - 1.305M}{6058(K_1 \cos \alpha \cdot \cos \beta - K_2) + M} \quad (2.23),$$

де

$$K_1 = \frac{8100}{\omega_0} = \frac{8100}{31.4} = 258 ;$$

$$K_2 = \frac{0.27 \cdot I_{d11}}{\omega_0} = 1.91$$

Отже:

$$u = \frac{6058(258\cos^2\alpha - 1.91) - 1.305M}{6058(258\cos\alpha \cdot \cos\beta - 1.91) + M} \quad (2.24).$$

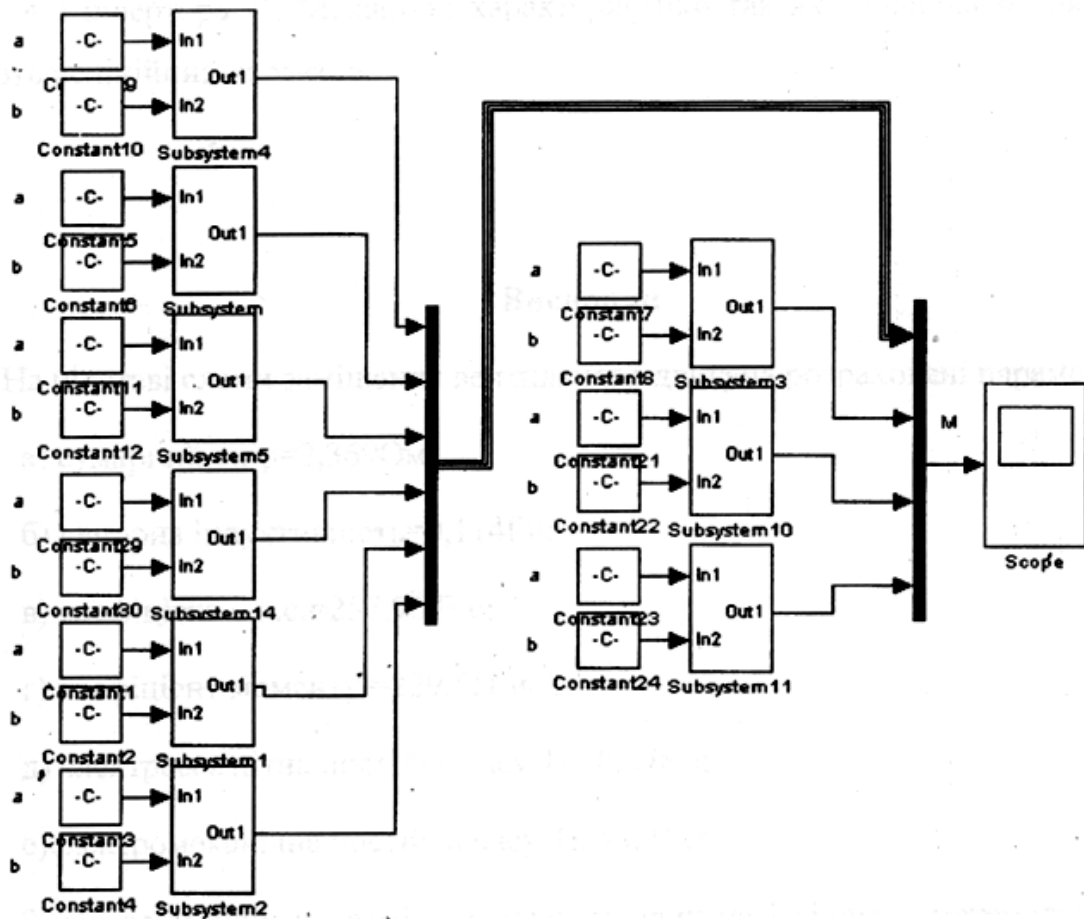


Рис. 2.8. Модель статичних характеристик електроприводу головної вентиляційної установки

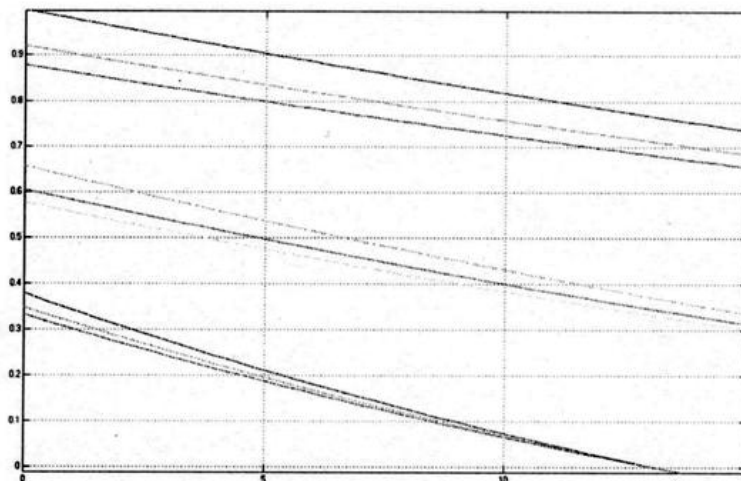


Рис. 2.9. Статичні характеристики електроприводу головної вентиляційної установки

Розрахуємо показники якості регулювання параметрів системи керування електроприводом.

$$\Delta_p = \frac{I_{дт} \cdot R_0}{K_c \cdot \omega_n} = \frac{222 \cdot 2.369}{257.96 \cdot 31.4} = 0.065 \quad (2.25).$$

У відносних значеннях:

$$\Delta^*_p = 3 \cdot \Delta_p \cdot 100\% = 19,5\%$$

3. Система керування електроприводом головної вентиляційної установки.

3.1 Вибір структури системи керування електроприводом головної вентиляційної установки.

Структуру контуру регулювання необхідно розраховувати виходячи з приналежності до контролюваного параметру.

Забезпечення стійкості перехідних режимів виконується з умови порівняння складових кожного з таких контурів.

Від правильності налаштування контурів струму та частоти обертання залежатиме ефективність роботи синхронного електроприводу вентиляційної установки.

Тому для здійснення автоматичного керування синхронним електроприводом вентиляційної установки використовують замкнені за технологічним параметром системи керування.

Це забезпечує автоматичне, а головне ефективне регулювання продуктивністю обладнання головної вентиляційної установки.

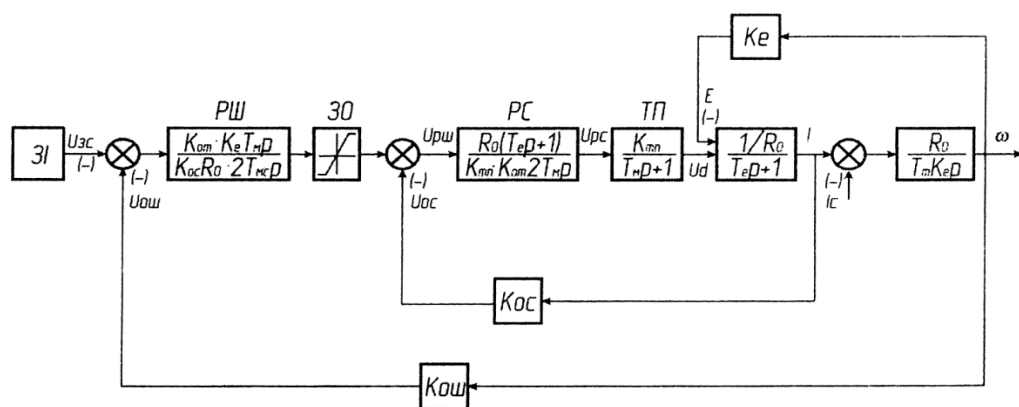


Рис.3.1 Структура системи керування електроприводом головної вентиляційної установки.

Представимо розрахункові параметри динамічних ланок системи керування:

Для перетворювача:

$$K_{\text{тп}} = \frac{U_{\text{дп}}}{U_{\text{γmax}}} = \frac{8100}{10} = 810$$

Для забезпечення зворотних сигналів:

$$K_{\text{ос}} = \frac{U_a}{I_{\text{max}}} = \frac{U_a}{2I_{\text{дп}}} = \frac{10}{2 \cdot 222} = 0.225 \text{ В/А}$$

У контурі швидкості:

$$K_{\text{сп}} = \frac{U_a}{\omega_0} = \frac{10}{31.4} = 0.3185 \text{ В} \cdot \text{с/рад}$$

Для контуру струму:

$$W_{\text{ос}} = \frac{K_{\text{тп}} \cdot K_{\text{ос}}}{R_n(T_3 p + 1)} = \frac{810 \cdot 0.0225}{2.369 \cdot (0.048p + 1)} = \frac{7.69}{0.048p + 1} \quad (3.1).$$

Оптимізована ланка контуру струму:

$$W_{pc} = \frac{R_0(T_0 p + 1)}{K_{r1} \cdot K_{cc} 2T_{\mu} p} = \frac{2.369 \cdot (0.048p + 1)}{810 \cdot 0.0225 \cdot 2 \cdot 0.01p} = \frac{6.5(0.048p + 1)}{p}$$

отже:

або:

$$W_{y-}(p) = 0.312 + \frac{6.5}{p} \quad (3.2).$$

При налаштуванні на задані показники якості:

$$W_{розг}(p) = \frac{R_0(T_0 p + 1)}{K_{r1} \cdot K_{cc} 2T_{\mu} p} \cdot \frac{K_{r1} \cdot K_{ст}}{R_0(T_0 p + 1)} = \frac{1}{2T_{\mu} p} \quad (3.3).$$

Тоді:

$$W_{зв}(p) = \frac{\frac{1}{2T_{\mu} p} \cdot \frac{1}{K_{cc}}}{1 + \frac{K_{ос}}{2T_{\mu} p} \cdot K} = \frac{1/K_{ст}}{2T_{\mu} p + 1} = \frac{3.14}{0.02p + 1} \quad (3.4).$$

Остаточно:

$$W_{зв}(p) \approx \frac{1}{K_{ос}} = 3.14 \frac{В \cdot с}{рад} \quad (3.5).$$

Для оптимізованого контуру швидкості:

$$W_{\text{opt}}(p) = \frac{K_{\text{oc}} \cdot R_{\text{fl}}}{K_{\text{oc}} \cdot K_{\text{p}} \cdot T_{\mu} p} = \frac{2.369 \cdot 0.3185}{257.96 \cdot 0.0225 \cdot 0.216 p} = \frac{0.6}{p} \quad (3.6).$$

Або:

$$W_{\text{pm}}(p) = \frac{K_{\text{cc}} \cdot K_{\text{c}} \cdot T_{\lambda} p}{K_{\text{om}} \cdot R_{\text{fl}} \cdot 2T_{\mu} p} = \frac{257.96 \cdot 0.0225 \cdot 0.216}{0.3185 \cdot 2.369 \cdot 2 \cdot 0.02 p} = 41.54 \quad (3.7).$$

Остаточно:

$$W_{\text{роз.м}}(p) = \frac{K_{\text{om}} \cdot R_{\text{fl}}}{K_{\text{oc}} \cdot K_{\text{p}} \cdot T_{\mu} p} \cdot \frac{K_{\text{uz}} \cdot K_{\text{c}} \cdot T_{\mu} p}{K_{\text{om}} \cdot R_{\text{fl}} \cdot 2T_{\mu} p} = \frac{1}{2T_{\mu} p} \quad (3.8).$$

У замкненому контурі:

$$W_{\text{з.с}}(p) = \frac{1/K_{\text{om}}}{2T_{\mu} p + 1} = \frac{3.14}{0.04 p + 1} \quad (3.9).$$

Розрахуємо показники якості керування для оптимізованих контурів системи:

$$\Delta_{\text{з}}^1 = \Delta_{\text{р}} \cdot D \cdot \frac{2T_{\mu \text{uz}}}{T_{\text{в}}} \quad (3.10),$$

$$\Delta_s^* = 0.065 \cdot 3 \cdot \frac{2 \cdot 0.02}{0.216} = 0.036 = 3,6\% \quad (3.11).$$

Раціонально застосувати обмеження за струмом:

$$t_p = \frac{I_{\Sigma} \cdot \omega_{\Pi}}{K_M \cdot I_{\text{гор}}} = \frac{I_{\Sigma} \cdot \omega_0}{K_M \cdot 2I_{\text{дт}}} = \frac{29270 \cdot 31.4}{220.5 \cdot 2 \cdot 222} = 9.01 \text{ с}$$

3.2 Синтез системи керування електроприводом головної вентиляційної установки

Для функціонування замкненої структури регулювання важливим є забезпечення певного обмеження щодо наростання сигналу регульованої функції.

Розглянемо контур напруги:

$$U_2 = U_{\text{ЕКХ}} = \frac{U_1}{R_1 \cdot C_1} t \quad (3.12).$$

Врахуємо інтенсивність надходження сигналу.

$$W_{\text{пр}}(p) = \frac{R_2}{R_5} = K_{\text{пр}} = 41.54 \quad (3.13).$$

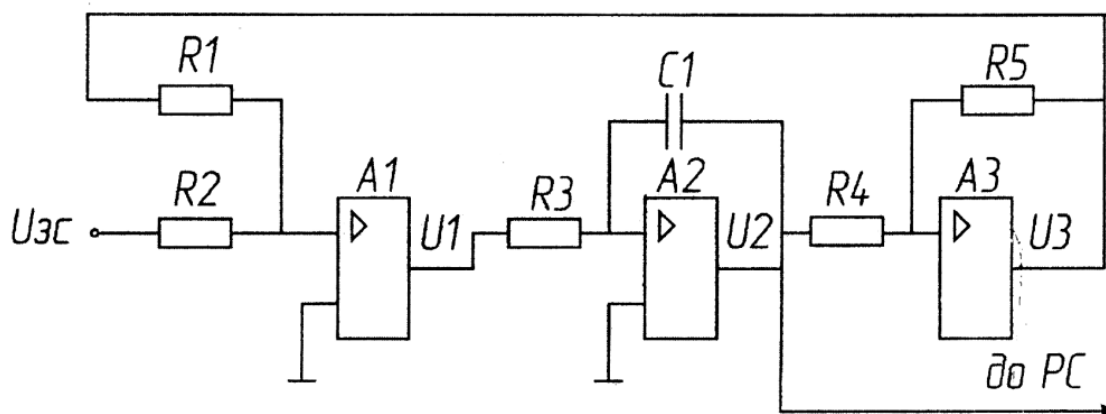


Рис. 3.2 Завдання інтенсивності

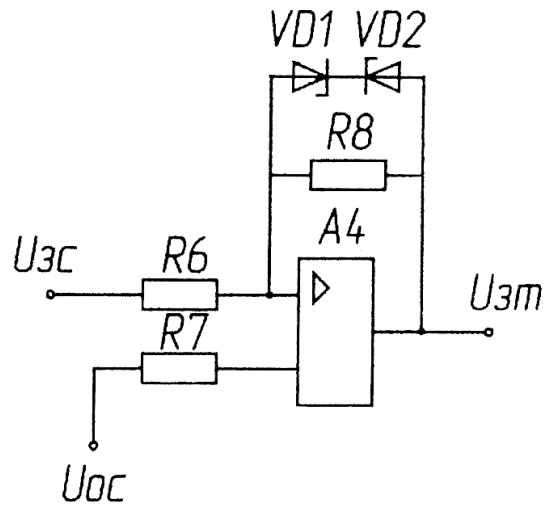


Рис. 3.3 Регулювання швидкості

Тоді з врахуванням параметрів елементів схеми маємо:

$$W_{\text{пр}}(p) = 0.312 + \frac{6.5}{p} = K_{\text{пз}} + \frac{K_{112}}{p} \quad (3.18).$$

Зробимо подібне врахування інтенсивності сигналу для контуру струму системи.

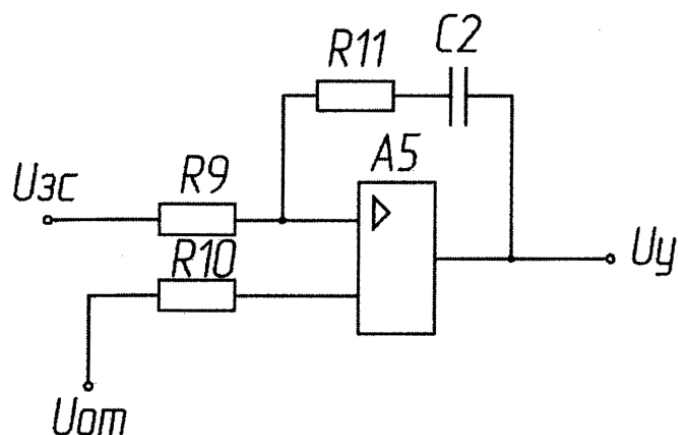


Рис.3.4 Регулювання струму

Перерахуємо характеристику:

$$W_{\text{пр}}(p) = \frac{R_{11} \cdot C_2 \cdot p + 1}{R_9 \cdot C_2 \cdot p} = \frac{R_{11}}{R_9} + \frac{1}{R_9 \cdot C_2 \cdot p} = K_{\text{н2}} + \frac{K_{\text{с2}}}{p} \quad (3.19).$$

Тоді:

$$R_9 = \frac{1}{C_2 \cdot K_{\text{н2}}} = \frac{1}{1 \cdot 10^{-6} \cdot 6.5} = 153.84 \text{ кОм}$$

А отже маємо:

$$R_{11} = R_9 \cdot K_{\text{к}} = 153.84 \cdot 0.312 = 47 \text{ кОм},$$

Наведемо оновлену схему з врахуванням розрахованих параметрів системи керування:

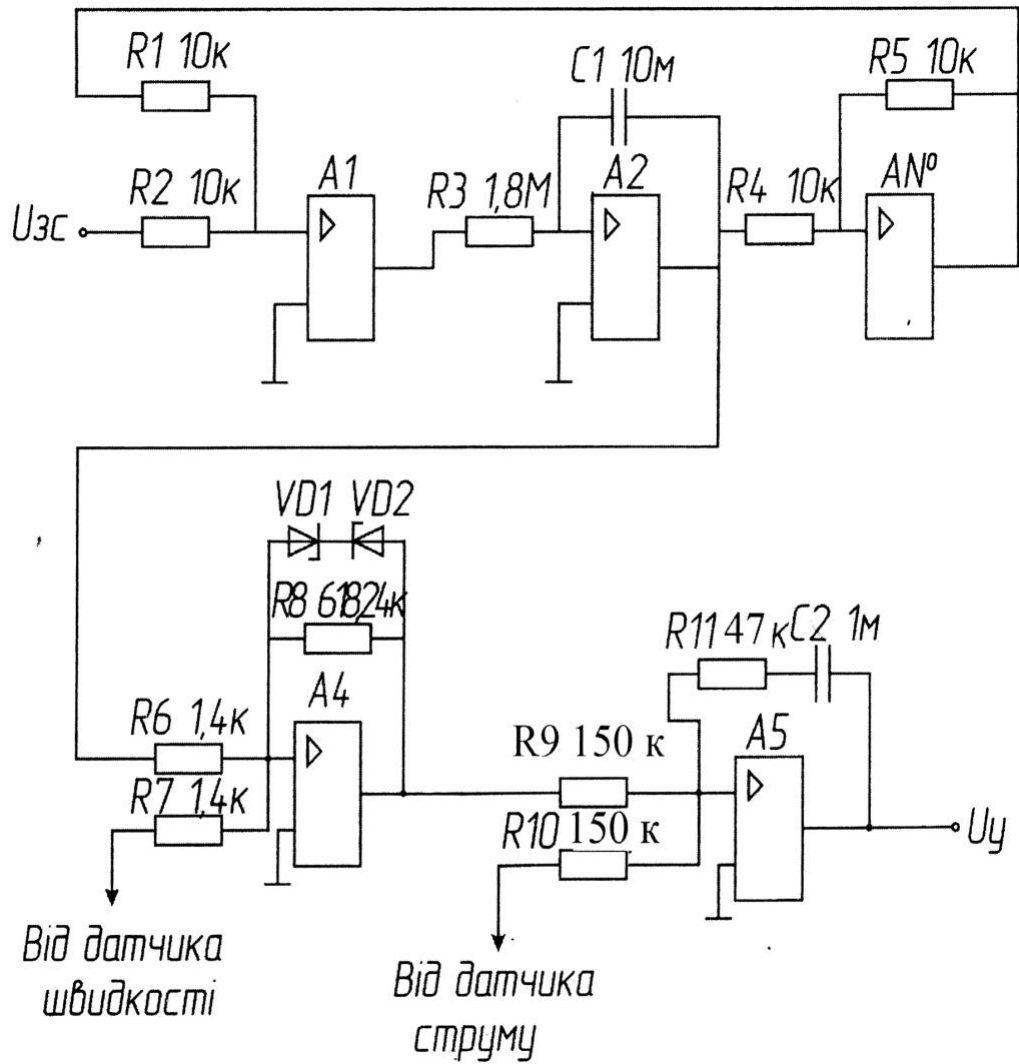


Рис. 3.5 Автоматичне керування електроприводом головної вентиляційної установки

3.3. Автоматизація системи електроприводу головної вентиляційної установки.

Для розрахунку динамічних процесів використовуються системи диференційних рівнянь.

Такі системи поділяють за групами складових параметрів що досліджуються.

Розглянемо контур регулювання струму збудження:

$$W_B = \frac{K_B}{T_{BP} + 1} \quad (3.20),$$

$$K_B = \frac{Q_{пв}}{\omega_H} = \frac{242}{31.4} = 7.707 ;$$

$$Q_{пв} = 242 \text{ м}^3/\text{с} .$$

Передатна функція контуру:

$$W_{пр} \cdot W_B \cdot K_{оп} = \frac{1}{\Theta T_{дп}} \cdot \frac{K_{пс}}{K_{оп}} \quad (3.21),$$

$$K_{оп} = \frac{10}{Q_{пв}} = \frac{10}{242} = 0.041 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{м}^3} .$$

А отже маємо:

$$W_{пр} = \frac{1}{\Theta T_{дп}} \cdot \frac{1}{W_B} \cdot \frac{K_{пс}}{K_{оп}} = \frac{1}{\Theta T_{дп}} \cdot \frac{T_{BP} + 1}{K_B} \cdot \frac{K_{ос}}{K_{оп}} \quad (3.22).$$

Розглянемо складові функції контуру струму збудження.

При налагоджені параметрів:

Пропорційний показник:

$$W_{\text{рпп}} = \frac{T_n \cdot K_{\text{ст}}}{8T_{\mu} \cdot K_n \cdot K_{\text{стп}}} = \frac{1.5 \cdot 0.3185}{8 \cdot 0.01 \cdot 7.707 \cdot 0.041} = 18.9$$

Інтегральний показник:

$$W_{\text{рпн}} = \frac{K_{\text{ст}}}{8T_{\mu} \cdot K_n \cdot K_{\text{стп}}} = \frac{0.3185}{8 \cdot 0.01 \cdot 7.707 \cdot 0.041} = \frac{12.6}{p}$$

3.4. Динамічні характеристики системи електроприводу головної вентиляційної установки.

Замкнені структури є найбільш поширеними при регулюванні параметрів систем електроприводу що забезпечуються умовами функціонування технологічних комплексів.

Такі структури слід розглядати невідривно від можливості забезпечення контролю параметрів технологічної величини.

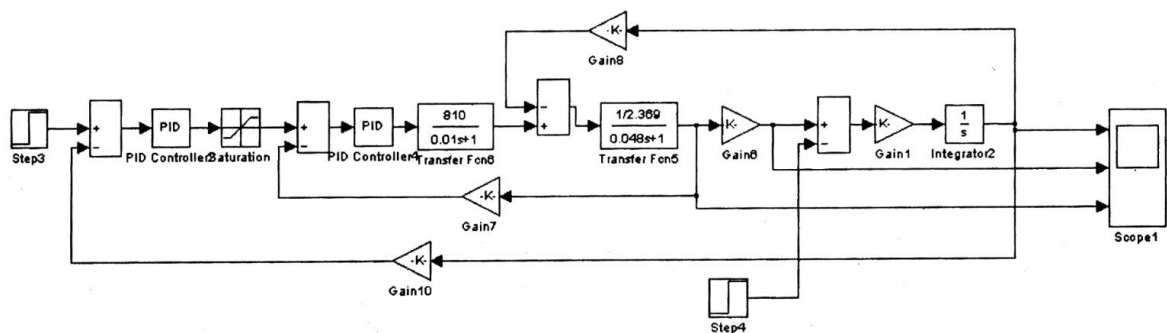


Рис. 3.6 Модель головної вентиляційної установки

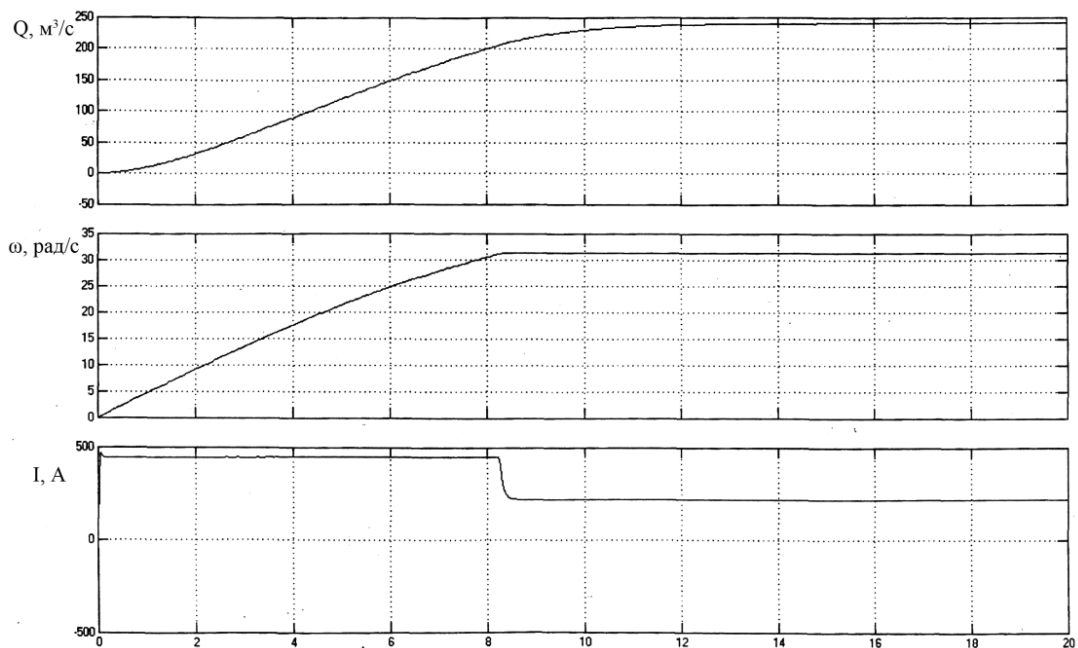


Рис. 3.7 Динамічні характеристики системи електроприводу головної вентиляційної установки

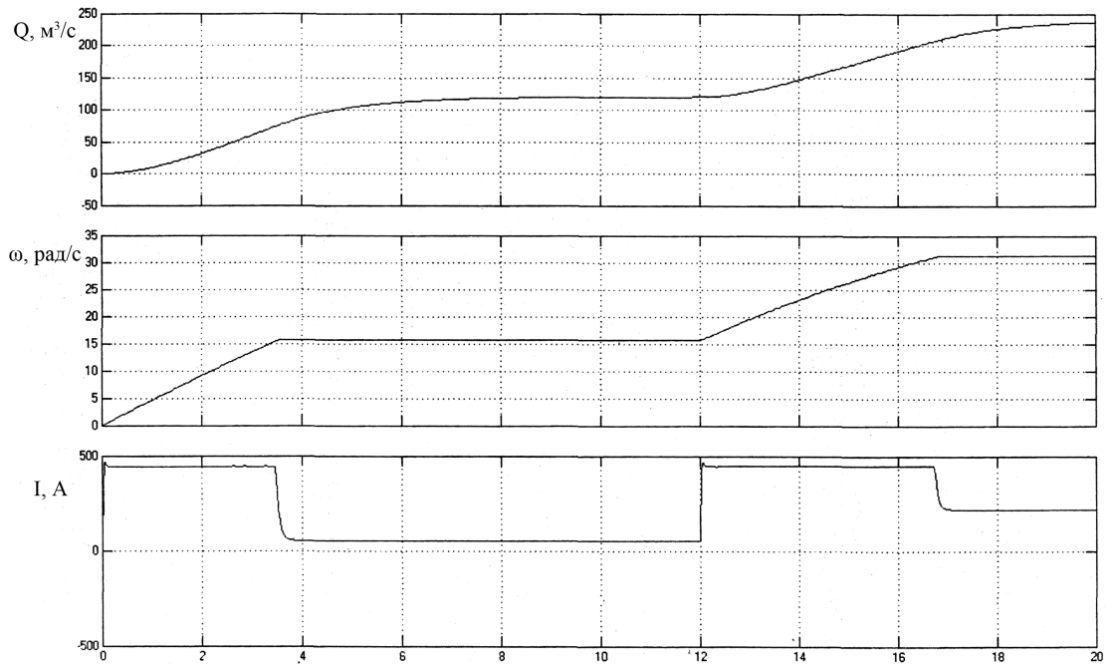


Рис. 3.8 Динамічні характеристики системи електроприводу головної вентиляційної установки

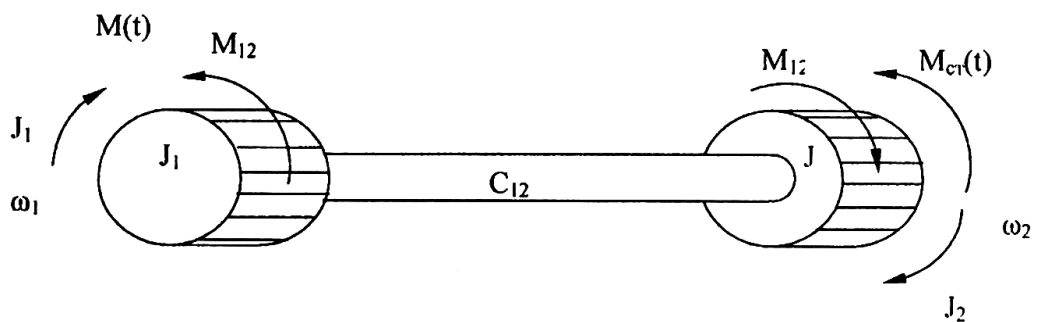


Рис. 3.9 Двомасова розрахункова схема електроприводу головної вентиляційної установки

Розглянемо систему рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} M - M_{12} - M_{c1} = J_1 \frac{d\omega_1}{dt} \\ M_{12} - M_{c2} = J_2 \frac{d\omega_2}{dt} \\ M_{12} = C_{12}(\omega_1 - \omega_2) \end{array} \right. \quad (3.23).$$

Визначимо:

$$C_{12} = 15350000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}$$

Складемо структурну схему.

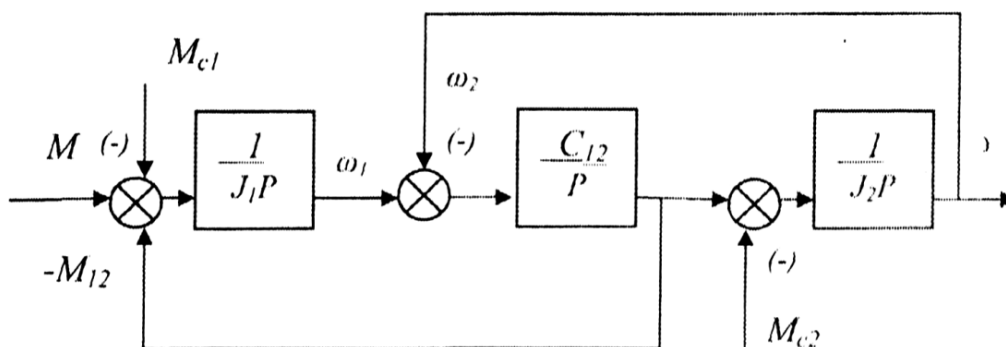


Рис. 3.10 Двомасова структурна схема електроприводу головної вентиляційної установки

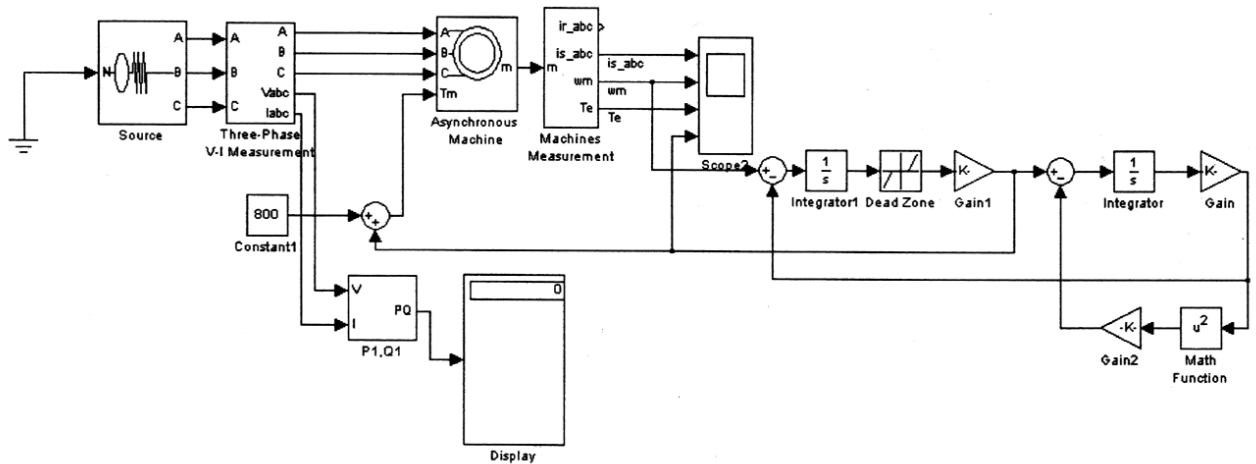


Рис. 3.11. Модель двомасової системи електроприводу головної вентиляційної установки

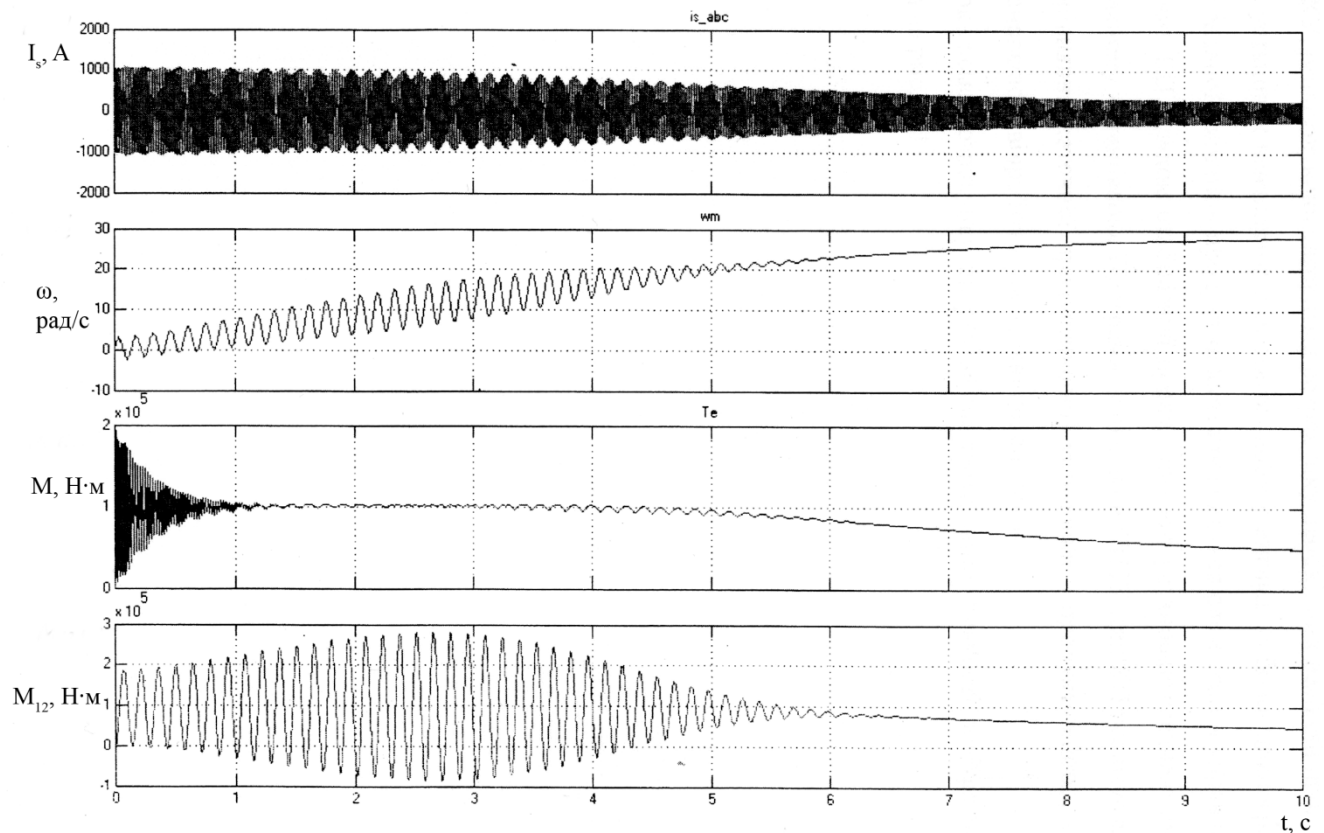


Рис. 3.12. Динамічні характеристики двомасової системи електроприводу головної вентиляційної установки

3.5. Алгоритми роботи системи керування електроприводом головної вентиляційної установки.

Відповідно до забезпечення режимів роботи технологічної установки складаються відповідні алгоритми функціонування системи електроприводу та відтворюються програми ефективного керування.

При регулюванні продуктивності вентиляційних установок важливим є забезпечення необхідного діапазону регулювання швидкості.

Усі зазначені процеси щодо ефективності впровадження системи мікропроцесорного керування в умовах системи регульованого синхронного електроприводу вентиляційної установки мають бути перевірені у динамічних режимах роботи.

Розв'язок рівнянь перехідних процесів у синхронному електроприводі відбувається при дотриманні цілого ряду припущень, що доволі суттєво впливає на достовірність отриманих результатів.

Тому при розв'язку подібних рівнянь слід застосовувати спеціальні обчислювальні програми, що дозволяють уникнути надмірного спрощення поставленого завдання.

Одним з таких завдань є врахування інерційності ротору синхронної машини при здійсненні процесів пуску або гальмування.

Таку особливість можна враховувати за допомогою представлення ротору синхронної машини у вигляді багатомасової структури.

Таке представлення суттєво впливатиме на час розв'язку перехідних процесів та складність вирішення системи диференціальних рівнянь що їх описують.

Завдяки наявності мікропроцесорної системи управління такий розв'язок не представляє значних ускладнень.

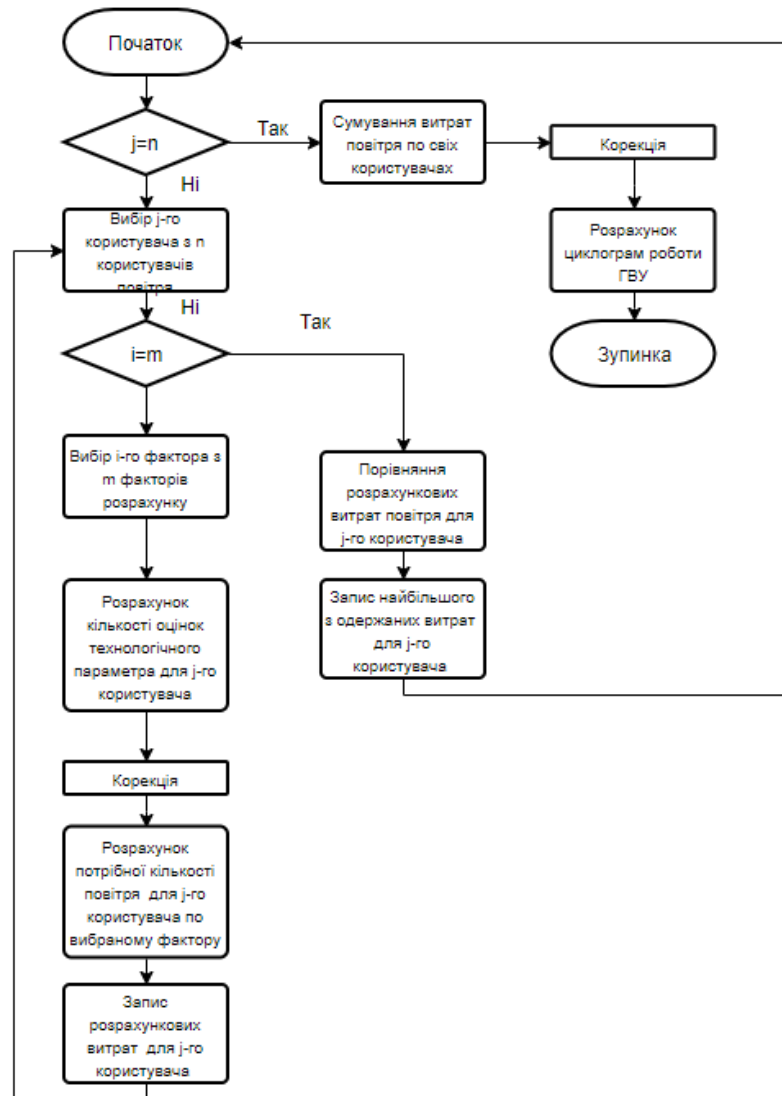


Рис. 3.13. Алгоритм роботи системи керування електроприводом головної вентиляційної установки

4. Автоматизація електроприводу головної вентиляційної установки.

4.1. Мікропроцесорна система автоматизації електроприводу головної вентиляційної установки.

Мікропроцесорні системи керування параметрами електроприводу функціонують у відповідності до обраних контурів регулювання.

При цьому у кожному з контурів створюються відповідні завдання виходячи з програмної реалізації процесу роботи технологічної установи.

Так для вентиляційної установки можна зазначити контур регулювання її продуктивністю з контролем контуру тиску у системі провітрювання.

Системи керування електроприводом розробляються з використання сучасної мікропроцесорної техніки.

Для забезпечення ефективного функціонування електроприводу вентиляційної установки розробляють спеціальні алгоритми для системи керування які забезпечують його роботу в усіх можливих режимах.

Тому з огляду енергетичної ефективності є важливим забезпечення мікропроцесорною системою керування електроприводом вентиляційної установки регулювання його параметрів у всьому діапазоні зміни частоти обертання лопатей.

Тому при модернізації обладнання електроприводу вентиляційної установки особливу увагу приділяють розробці та налагодженню роботи мікропроцесорної системи керування.

Мікропроцесорна система керування вентиляційною установкою здійснює пуск та регулювання частоти обертання електроприводу у залежності від параметрів налаштування контурів керування.

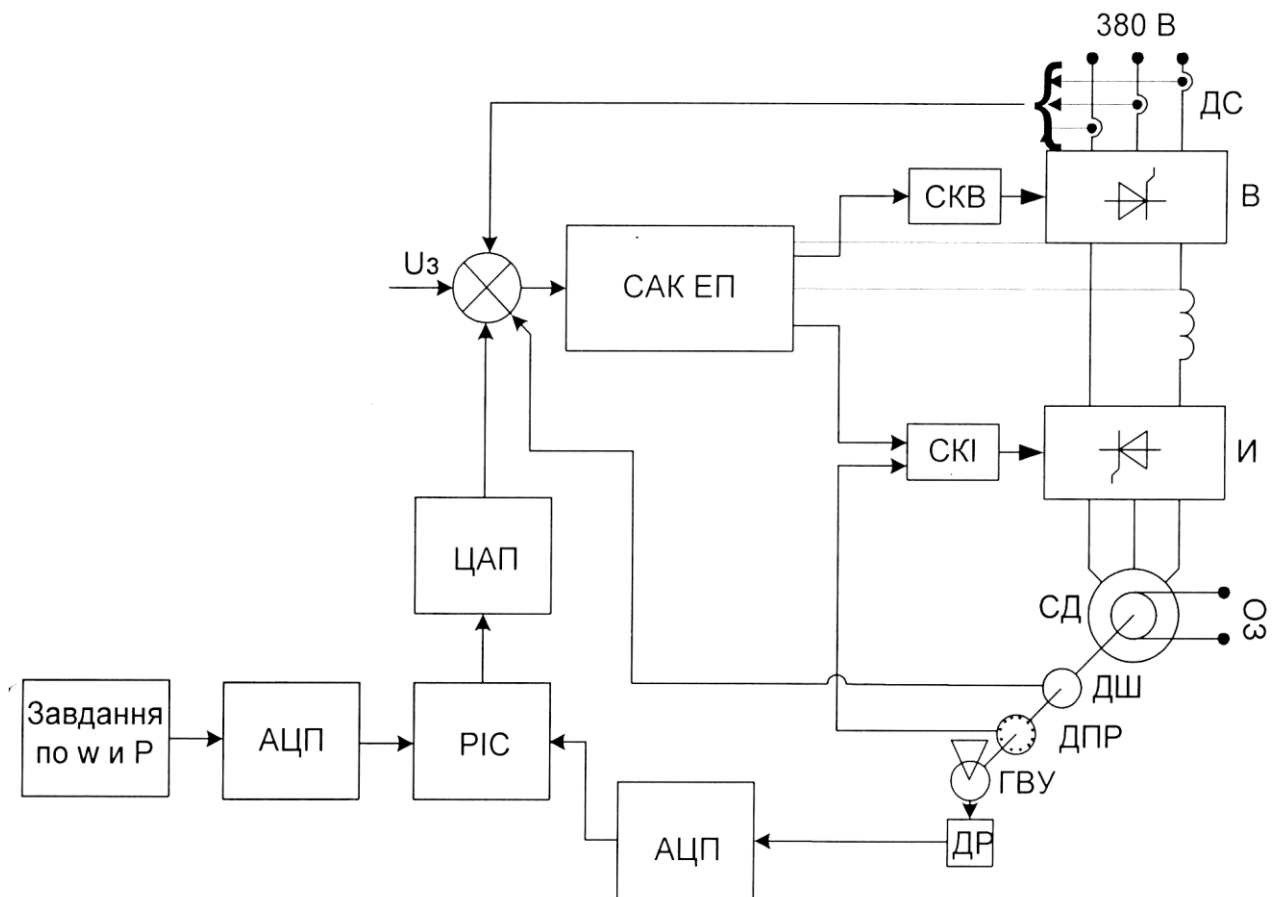


Рис. 4.1. Функціональна схема мікропроцесорної системи автоматизації електроприводу головної вентиляційної установки

Схема має:

1. Датчики;
2. Випрямляч;
3. Інвертор;
4. Системи керування;
5. Синхронний двигун;
6. Вентиляційну установку;
7. Систему автоматичного керування;
8. Аналогово-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі;
9. Мікроконтролер.

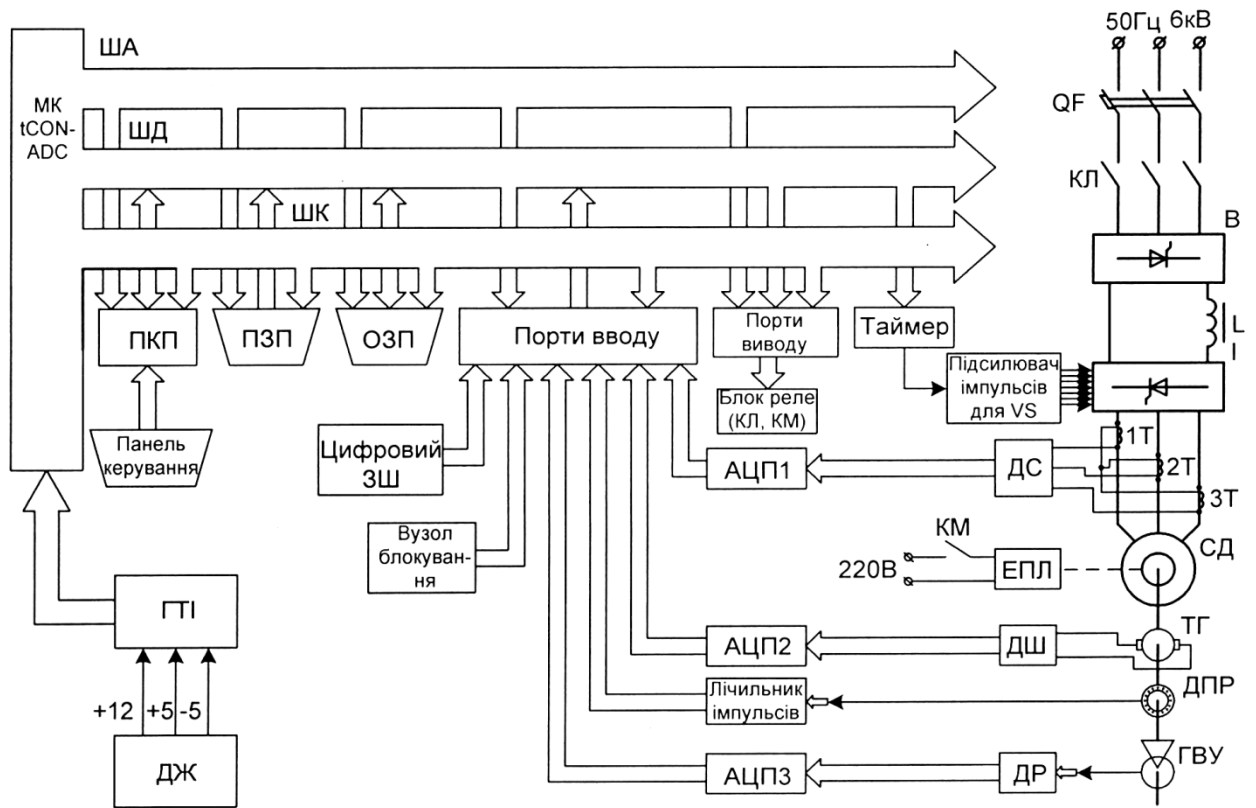


Рис. 4.2 Структурна схема мікропроцесорної системи автоматизації електроприводу головної вентиляційної установки

4.2 Вибір елементів мікропроцесорної система автоматизації електроприводу головної вентиляційної установки.

Вибір мікропроцесорного пристрою реалізації зазначених алгоритмів функціонування системи керування електроприводом вентиляційної установки проводиться виходячи з параметрів контурів регулювання.

На параметри контурів регулювання переважний вплив мають постійні часу цих контурів.

Несуча частота шин мікропроцесору має забезпечити обробку даних виходячи зі значень сталих часу.

Слід зазначити що наявність мікропроцесорного блоку керування у структурі електроприводу дозволяє включити останній у загальну систему управління головною вентиляційною установкою шахти.

Що дозволяє окрім технологічного параметру здійснювати контроль та регулювання процесом енергоспоживання усього обладнання що використовується у структурі головної шахтної вентиляційної установки.

Таке застосування дозволяє здійснювати не тільки ефективне регулювання енергоспоживанням, але і підтримувати енергетичний баланс устаткування.

Тобто приймати рішення щодо споживання або генерації надлишку реактивної потужності.

Такий процес можливий без встановлення додаткового обладнання, оскільки у якості приводних двигунів для вентиляторів вентиляційної установки використовуються синхронні електричні машини.

Тому з огляду можливості керування споживанням або генерацією реактивної потужності розглядають можливість встановлення автоматичної системи регулювання струму збудження синхронної машини.

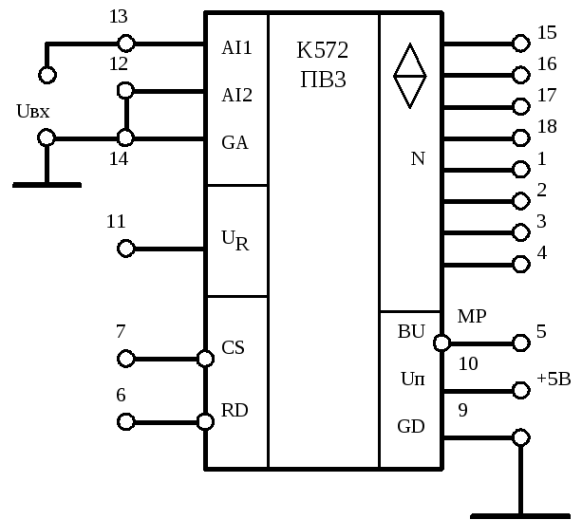


Рис. 4.3 Схема аналогово-цифрового перетворювача

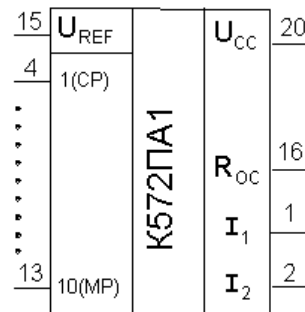


Рис. 4.4 Схема цифро-аналогового перетворювача

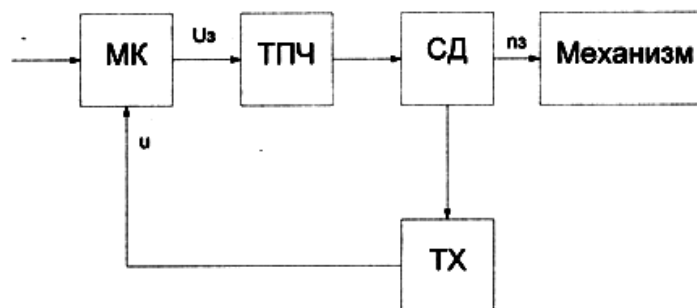


Рис. 4.5 Візуальна схема

Таблиця 4.1
Параметри датчиків

№ з/п	Найменування фізичної величини	Позначення фіз. величини	Значення величини
1	Кількість обертів, n	об/хв	300
2	Номінальний струм, I_n	A	0.5
3	Струм збудження, I_B	A	0.5

5. Енергетичні характеристики електроприводу головної вентиляційної установки.

5.1 Розрахунок енергетичних характеристик електроприводу головної вентиляційної установки.

Енергетичні режими потужного вентиляційного обладнання є важливими у питанні формування ефективного керування такими установками.

Важливою є ступінь використання електричної енергії для технологічного режиму.

Отже, модернізація обладнання вентиляційної установки, щодо встановлення системи регульованого синхронного електроприводу з мікропроцесорною системою керування дозволить не тільки здійснювати ефективне регулювання продуктивністю вентиляційної установки, але й забезпечить надійну та безпечну експлуатацію її обладнання із запровадженням алгоритмів ефективного енергоспоживання.

Розрахуємо втрати потужності:

$$P_{\text{техн1}} = \frac{Q_1 \cdot H_1}{\eta_1 \cdot 1000} + \Delta P \quad (5.1);$$

$$P_{\text{техн1}} = \frac{240 \cdot 4250}{0,72 \cdot 1000} + 20 = 1436,7 \text{ кВт}$$

Електромагнітна складова:

$$P_{\text{ел1}} = \frac{U_{\text{л1}} \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\text{л1}} \cdot \eta_{\text{дт}}}{1000} \quad (5.2),$$

$$P_{эл1} = \frac{6000 \cdot 0.8 \cdot \sqrt{3} \cdot 192 \cdot 0.95}{1000} = 1514.65 \text{ кВт};$$

$$\Delta W_1 = (P_{эл1} - P_{техн}) \cdot 1 \text{ год} \quad (5.3);$$

$$\Delta W_1 = (1514.65 - 1436.7) \cdot 1 \text{ год} = 77.95 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Економічна складова:

$$C_{т1} = \Delta W_1 \cdot C_{цщвн} \cdot 365 \quad (5.4);$$

де $C_{повн} = 1.91 \cdot 1.2 + 0.01767 \cdot 1.2 = 2.92 + 0.021204 = 2.941204 \text{ грн}$

$$C_{т1} = 77.95 \cdot 2.941204 \cdot 24 \cdot 365 = 2008377.62 \text{ грн}.$$

Загальні втрати потужності складатимуть:

$$P_{эл2} = \frac{U_{л1} \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3} \cdot I_c \cdot \eta_{де}}{1000} \quad (5.5);$$

$$P_{эл2} = \frac{6000 \cdot 0.8 \cdot \sqrt{3} \cdot 185 \cdot 0.95}{1000} = 1459.43 \text{ кВт};$$

Розрахуємо втрати електричної енергії:

$$\Delta W_2 = (P_{эл2} - P_{техн}) \cdot 1 \text{ год} \quad (5.6);$$

$$\Delta W_2 = (1459.43 - 1436.7) \cdot 1 \text{ год} = 22.73 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Тоді економічна складова:

$$C_{T2} = \Delta W_2 \cdot C_{\text{ппез}} \cdot 365 \quad (5.7);$$

$$C_{T2} = 22.73 \cdot 2.941204 \cdot 24 \cdot 365 = 585637.25 \text{ грн.}$$

5.2. Поліпшення енергетичних характеристик електроприводу головної вентиляційної установки.

Окрім активної складової важливим є також використання реактивної складової потужності у процесі роботи вентиляційної установки.

Такі параметри слід обов'язково враховувати при відповідних умовах забезпечення якості споживання електричної енергії.

Розглянемо способи керування перетворювачем.

При відносній симетрії маємо:

$$\begin{aligned}\bar{P}_{(1)ac} &= K_n \bar{\omega}^4 \cos \alpha_{min}; \\ \bar{Q}_{(1)ac} &= K_n \bar{\omega}^3 \sqrt{1 - (\bar{\omega} \cos \alpha_{min})^2}\end{aligned}\quad (5.8).$$

При відносній несиметрії маємо:

$$\begin{aligned}\bar{P}_{(1)ac} &= K_n \bar{\omega}^4 \frac{1 + \cos \alpha_{min}}{2}; \\ \bar{Q}_{(1)ac} &= K_n \bar{\omega}^3 \frac{\sqrt{\bar{\omega}(1 + \cos \alpha_{min}) \cdot (2 - \bar{\omega}(1 - \cos \alpha_{min}))}}{2}\end{aligned}\quad (5.9),$$

$$K_n = \left(1 + \frac{P_{1min}}{K_{1M}^2}\right) (\eta_1 \eta_n)^{-1};$$

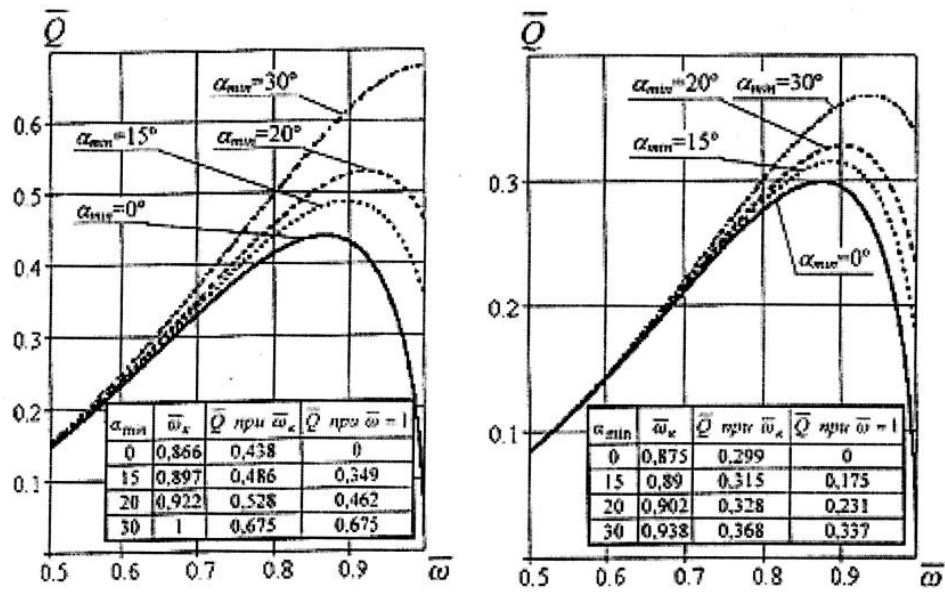


Рис. 5.1. Поліпшення енергетичних характеристик електроприводу головної вентиляційної установки

Врахуємо реактивну складову потужності:

$$\bar{Q}_{(1)г. п. л. х} = 2 \cdot \bar{Q}_{(1)н. п. л. х} \quad (5.10)$$

5.3. Розрахунок економічних показників електроприводу головної вентиляційної установки.

Технологічні потреби при розгляді енергетичних процесів у структурі вентиляційної установки як об'єкту дослідження є важливими чинниками, що впливають на характер таких розрахунків.

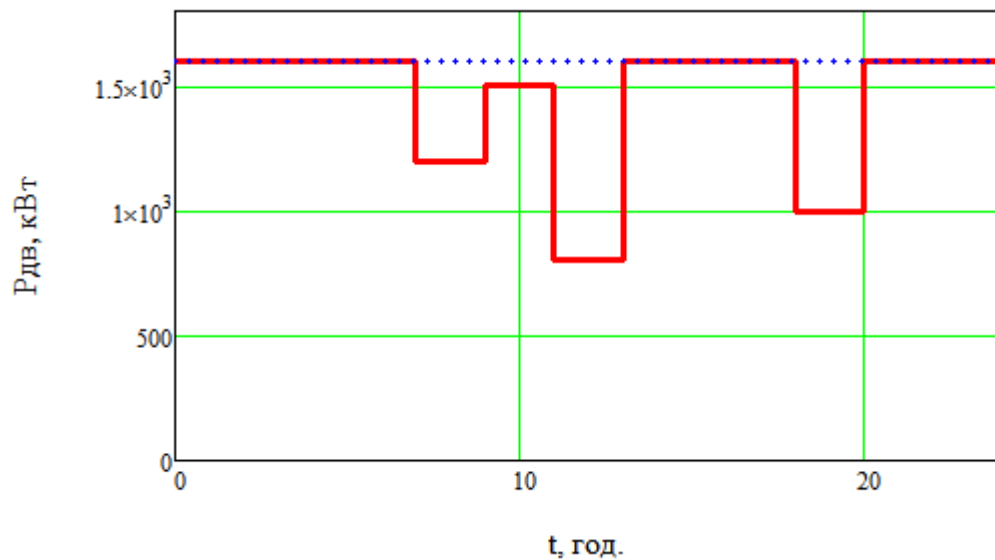


Рис.5.2 Графік економічних показників електроприводу головної вентиляційної установки

Загальні витрати складатимуть:

$$\begin{aligned}
 C_{\text{містк}} &= (1600 \cdot (7 \cdot 2.94) + 1200 \cdot (2 \cdot 2.94) + 1500 \cdot (2 \cdot 2.94) + 800 \cdot (2 \cdot 2.94) + 1600 \\
 &\quad \cdot (5 \cdot 2.94) + 1000 \cdot (2 \cdot 2.94) + 1600 \cdot (4 \cdot 2.94)) \times 365 = \\
 &= (75264 + 7056 + 8820 + 5880) \times 365 = 35412300 \text{ грн.}
 \end{aligned}$$

$$C_{\text{дв}} = 1600 \cdot (24 \cdot 2.94) \times 365 = 41207040 \text{ грн}$$

Зведені витрати складатимуть:

$$\Delta C_{ек} = C_{ду} - C_{цісля} = 41207040 - 35412300 = 5794740 \text{ грн.};$$

$$\text{без НДС} = \frac{\Delta C_{ек}}{1.2} = \frac{5794740}{1.2} = 4828950 \text{ грн}$$

Тоді економічні витрати складатимуть:

$$C_{сум.цісля} = C_{ек} - \Delta C_{ек} = 17957358 - 4828950 = 13128408 \text{ грн.};$$

$$C_{ап} = P_{\Sigma} \cdot 24 \cdot 365 \cdot k_{н} \cdot (C_{е.е} + C_{тр})$$

$$= 1772.37 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0.6 \cdot (1.91 + 0,01767) = 17957358 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.1. Економічні показники електроприводу головної вентиляційної установки

№ з/п	Обладнання та апаратура	Кількість	Ціна	Трансп. та скл. витрати	Варт. мон. робіт	Перв. вартість	Норма амортиз.	
							%	грн.
1	Тристорний перетворювач	1	584375	15844	25000	625219	6	37513
	Неврах. облад. 10%					62522		
	Всього					687741	6	412645
	Ремонт та утримання					46797		

Капітальні витрати складатимуть:

$$K_2 = K_1 + K_y = 23870000 + 687741 = 24557741 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.2 Капітальні витрати до та після впровадження

№ з/п	Капітальні витрати	Кошторисна вартість, грн.	
		До впровадження	Після впровадження
1	Електромеханічне обладнання	23870000	24557741

Амортизаційні витрати та окупність складатимуть:

$$A = A_{до} + A_{після} = 4182784 + 41264.5 = 4224049 \text{ грн}$$

$$T_{рс} = T_{рс до} + T_{рс після} = 1670900 + 46797 = 1717697 \text{ грн}$$

Отже, економічна обґрунтованість:

$$E_p = (z_1 - z_2) \cdot Q_2 \quad (5.11),$$

Або у приведеній формі:

$$z_1 = C_1 + E_n \cdot K_{уд1} = \frac{22942768}{4037664.7} + 0.15 \cdot \frac{23870000}{13861994} = 5.68 + 0.26 = 5.94 \text{ грн}$$

$$z_2 = C_2 + E_n \cdot K_{уд2} = \frac{21223761}{4037664.7} + 0.15 \cdot \frac{24557741}{13861994} = 5.26 + 0.27 = 5.53 \text{ грн}$$

Отже маємо:

Тоді:

$$E_p = (5.94 - 5.53) \cdot 4032580 = 1653357,8 \text{ грн}$$

Тоді:

$$T = \frac{K_{\text{нсп}}}{\Pi} \quad (5.12),$$

$$\Pi = (C_1 - C_2) \cdot Q_2 = (5.68 - 5.26) \cdot 4032580 = 0.42 \cdot 4032580 = 1693683,6 \text{ грн}$$

$$T = \frac{K_{\text{нсп}}}{\Pi} = \frac{687741}{1693683,6} = 0.406 \text{ рік}$$

Остаточно:

$$E = \frac{1}{T} = 2.463$$

5.4. Економічні показники електроприводу головної вентиляційної установки

Умови функціонування вентиляційної установки за новою структурою регулювання параметрів її роботи слід також враховувати при розгляді показників ефективності її функціонування.

Таблиця 5.3. Економічні показники електроприводу головної вентиляційної установки

№ з/п	Показник	Од. виміру	До впровадження	Після впровадження
1	Річний об'єм продукції	м ³	4032580	4032580
2	Час роботи	днів	365	365
	Працівників	чол	8	8
	ГТР	чол	2	2
3	Фонд з/п. за рік	грн.	1122822	1122822
4	Середньомісячна з/п	грн.		
	Працівників	чол	10784	10784
	ГТР	чол	18947,5	18947,5
5	Собівартість од. продукції	грн.	5.94	5.53
6	Кап. вкладення	грн.	23870000	24557741
7	Строк окупності	років		0.406
8	Коеф. ефективності	грн.		2.463
9	Річний економічний ефект	грн.		5106999

5.5. Заходи підвищення енергетичних характеристик електроприводу головної вентиляційної установки

Ефективність впровадження технічних рішень в умовах функціонування вентиляційної установки має бути досліджена завдяки виконанню відповідних розрахунків.

Реактивна потужність:

$$Q_{СП} = \sum_{i=1}^n Q_{СПi}, \quad (5.13)$$

Загальна потужність:

$$S_{\sum \text{ЛОГР}} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_i\right)^2 + Q_{\text{ЛОГР}}^2}, \quad (5.14)$$

Тоді:

$$S_{\text{зрхвд}} = \sqrt{\left(\frac{U_H}{U}\right)^2 S_H^2 \left(1 + \frac{t_{\text{рм}}^{\circ} - t_z^{\circ}}{\Delta t_{\text{тф}}}\right) - P_i^2}, \quad (5.15)$$

Або:

$$S_n = S_{\text{сері}}^* \cdot S_{\text{зрв}} = \frac{S_{\sum \text{ЛОГР}}}{\sum S_{\text{зр}}} \cdot S_{\text{зрв}}, \quad (5.16)$$

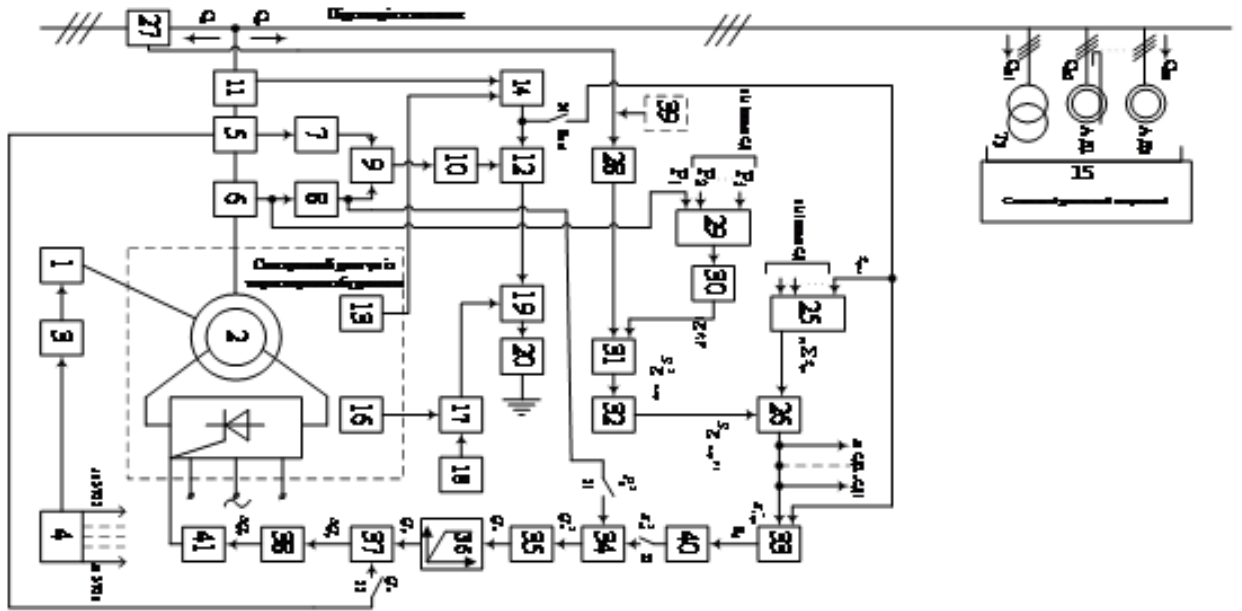


Рис. 5.3 Система компенсації реактивної потужності

Висновки

У роботі досліджено систему керування електроприводом головної вентиляційної установки.

Також в роботі була запропонована модернізація системи керування електроприводом головної вентиляційної установки шахти «Північна – Вентиляційна» в умовах ПАТ «КЗРК».

Визначено параметри вентиляційної системи шахти «Північна – Вентиляційна».

Для структури ПАТ «КЗРК» зазначено важливість такої системи.

У роботі було синтезовано алгоритм роботи системи керування електроприводом головної вентиляційної установки шахти «Північна – Вентиляційна», як найбільш енергоємного об'єкту.

Головним чинником розробленої системи є забезпечення заданих параметрів вентиляційної системи, для відповідності технологічних вимог щодо виробничого процесу.

Також розглянуто методи регулювання продуктивності вентиляційної установки.

Зазначено, що найбільш ефективним є регулювання зміною частоти обертання вентилятора за допомогою частотного електроприводу.

У роботі також розраховано параметри системи електроприводу головної вентиляційної установки, побудовані статичні характеристики технологічної установки.

На основі складеної моделі електроприводу, досліджено характеристики електроприводу головної вентиляційної установки у динамічних режимах.

Результати моделювання відповідають технічним параметрам вентиляційної установки.