

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра електротехніки і електроенергетики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

Підвищення рівня енергетичної безпеки теплових електростанцій шляхом
аналізу особливостей самозапуску механізмів власних потреб
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2м курсу, групи ДЕА-ЕБ23мг-1
спеціальності: 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

_____ Максим ПАСІЧНИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / Ірина ПАНТЄЛЄЄВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / Віктор ХОМЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / Артем ЧЕРНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Юлія ОЛІЙНИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Ігор КИРИСОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

Навчально – науковий інститут Українська інженерно-педагогічна академія
Кафедра електротехніки та електроенергетики
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма Електричні станції, мережі та системи

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Артем ЧЕРНЮК
(науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу дипломну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти

здобувачу вищої освіти Максиму ПАСІЧНИКУ

1. Тема «Підвищення рівня енергетичної безпеки теплових електростанцій шляхом аналізу особливостей самозапуску механізмів власних потреб»

затверджена наказом по академії № 4801-5/3345 від « 12 » 10 2024 р.

2. Термін здачі закінченої роботи « 10 » 12 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи/проєкту: перелік механізмів власних потреб теплових електростанцій, їх параметри та режими роботи; джерела живлення двигунів власних потреб

4. Зміст роботи/проєкту (перелік питань, які належить розробити):
ВСТУП; РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЕС; РОЗДІЛ 2. САМОЗАПУСК ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ 6кВ; РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК САМОЗАПУСКА ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ; ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

5. Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):

Слайди презентації

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання «_12_» _____ 10 _____ 2024_р.

Керівник

(підпис)

Ірина ПАНТЕЛЄЄВА

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

_____ Максим ПАСІЧНИК

(підпис)

(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання кваліфікаційної дипломної роботи

№ з/ п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Визначення актуальності теми дослідження	02.10.24 – 05.10.24	
2	Проведення аналізу наукової літератури	06.10.24 – 15.10.24	
3	Виконання першого розділу дипломної роботи	16.10.24 – 29.10.24	
4	Виконання другого та третього розділу дипломної роботи	30.10.24 – 26.11.24	
5	Оформлення пояснювальної записки	27.11.24 – 07.12.24	

Студент (ка)

(підпис)

Максим ПАСІЧНИК

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Юлія ОЛІЙНИК

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

до магістерської роботи з теми «Підвищення рівня енергетичної безпеки теплових електростанцій шляхом аналізу особливостей самозапуску механізмів власних потреб» магістром Максимом ПАСІЧНИКОМ

Магістерська робота виконана на ____ сторінок, містить ____ таблиць, ____ рисунків, що характеризують результати дослідження, використано літературних джерел ____.

У зв'язку з експлуатацією на теплових електростанціях енергоблоків потужністю 800 МВт значно підвищились вимоги до надійної роботи електроприводів технологічного обладнання, а також до умов їх самозапуску, пов'язаних з короткочасних перервами електропостачання механізмів власних потреб електростанцій, викликаних пошкодженням обладнання і порушеннями режимів його роботи.

Мета роботи - підвищення надійності роботи електростанцій і забезпечення відновлення технологічного режиму енергетичного обладнання після короткочасних перерв живлення з метою підвищення рівня енергетичної безпеки.

Об'єкт дослідження – процес впливу короткочасних перерв живлення в схемі власних потреб на зміну параметрів технологічного режиму блока.

Предмет дослідження – шляхи розрахунково-експериментального дослідження режимів самозапуску електродвигунів власних потреб блоків 800 МВт.

Ключові слова: синхронний генератор, система електропостачання, механізми власних потреб, надійність електропостачання, самозапуск електродвигунів

ABSTRACT

to the master's thesis on the topic "Improving the level of energy security of thermal power plants by analyzing the features of self-starting of mechanisms for own needs" by

Master Maksym PASICHNYK

The master's work is executed on ____ pages, contains ____ tables, ____ drawings, which characterize the results of research, used literary sources_____.

Due to the operation of 800 MW power units at thermal power plants, the requirements for the reliable operation of electric drives of technological equipment, as well as for the conditions of their self-starting, associated with short-term interruptions in the power supply of mechanisms for the power plants' own needs, caused by damage to the equipment and violations of its operating modes, have significantly increased

The purpose of the work is to increase the reliability of power plants and ensure the restoration of the technological mode of power equipment after short-term power outages in order to increase the level of energy security.

The object of the study is the process of the influence of short-term power outages in the scheme of own needs on the change in the parameters of the technological mode of the unit.

The subject of the study is the ways of computational and experimental study of the self-starting modes of electric motors of own needs of 800 MW units.

Keywords: synchronous generator, power supply system, self-demand mechanisms, power supply reliability, self-starting of electric motors

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЕС

1.1. Особливості роботи ТЕС

1.2. Характеристика схеми електричних з'єднань власних потреб блоку 800 МВт

1.3. Характеристики електродвигунів механізмів власних потреб

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

РОЗДІЛ 2. САМОЗАПУСК ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ 6кВ

2.1. Загальні відомості про самозапуск електродвигунів

2.2. Вплив схеми захисту і автоматики на процес самозапуску

2.3. Шляхи виникнення режиму самозапуску і можлива тривалість порушення електропостачання

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК САМОЗАПУСКА ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ

3.1. Постановка задачі розрахунку самозапуску

3.2. Визначення початкової напруги на секції і струмів самозапуску

3.3. Розрахунок самозапуску електродвигунів за допомогою основного рівняння руху

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЕС - електростанція

БЕН - бустерний насос

ВП - власні потреби

ДВ - дутьовий вентилятор

ДО - димосос основний

ДР - димосос регульований

КЕН - конденсатний насос

ПН - циркуляційний перекачуючий насос

ПНЕ - ежекторний насос

ЦН - циркуляційний насос

КЗ – коротке замикання

МСЗ - максимальний струмовий захист

СВ – струмове відсічення

ТВП – трансформатор власних потреб

РТВП – резервний трансформатор власних потреб

КРП – комплектний розподільчий пристрій

ПРВВ – пристрій резервування відмови вимикача

АД – асинхронний двигун

ТЕС – теплова електростанція

ВСТУП

Актуальність. Процес виробництва електричної енергії повністю механізований. У складі власних потреб (ВП) електростанцій та підстанцій для управління технологічним та електротехнічним обладнанням широко використовуються агрегати, переважно з асинхронними двигунами (АД). Забезпечення економічності та надійності роботи механізмів ВП є основними вимогами, які пред'являються до цих систем. Друга вимога вважається найбільш важливою, так як порушення роботи цих механізмів тягне за собою розлад складного технологічного циклу виробництва енергії, порушення роботи основного електрообладнання, а іноді станції в цілому та, як наслідок, розвиток аварійних ситуацій у системі.

Для приведення у дію механізмів ВП використовується електричний привід та лише для деяких робочих машин – паротурбінний. Система живлення ВП станцій займає особливе положення серед інших споживачів енергосистеми. Дійсно, порушення електропостачання механізмів ВП викликає порушення роботи не тільки самої електростанції, але й споживачів станції у випадку дефіциту потужності.

До відповідальних механізмів теплових електростанцій (ТЕС) машинного відділення відносять: конденсатні, циркуляційні насоси, маслонуаси турбін і генераторів, живильники та інші. Невідповідальні механізми – дренажні насоси, зливні насоси регенеративних підігрівачів. Крім цього є також насоси мережі, насоси підживлення теплової мережі.

У зв'язку з експлуатацією на теплових електростанціях енергоблоків потужністю 800 МВт значно підвищились вимоги до надійної роботи електроприводів технологічного обладнання, а також до умов їх самозапуску, пов'язаних з короткочасних перервами електропостачання механізмів власних потреб електростанцій, викликаних пошкодженням обладнання і порушеннями режимів його роботи.

Якщо збільшується потужність станції, то зростає потужність двигунів ВП, у цей момент грають важливу роль пускові характеристики

двигунів. Тому переважне розповсюдження отримали асинхронні двигуни з короткозамкнутим ротором, однією із переваг яких є здатність відновити нормальний режим роботи після перерви у електропостачанні (самозапуск). Тобто самозапуск – процес автоматичного відновлення роботи після короткочасного зникнення або глибокого зниження напруги. Це дуже відповідальний процес, який потребує фахівців дуже високої кваліфікації, тому що для енергоблоків сучасних ТЕС важливо не тільки вирішити задачу успішного розвороту групи електродвигунів після перерви електропостачання та повторної подачі напруги, але й забезпечити при цьому зміну технологічних параметрів теплоенергетичного обладнання у допустимих межах і, тим самим, зберегти енергоблок у роботі. Це досягається за рахунок проведення на працюючому енергоблоці трудомістких випробувань, пов'язаних з ризиком пошкодження обладнання та порушенням стійкості технологічного режиму, які дозволяють виявити недоліки та усунути їх.

Мета роботи - підвищення надійності роботи електростанцій і забезпечення відновлення технологічного режиму енергетичного обладнання після короткочасних перерв живлення з метою підвищення рівня енергетичної безпеки.

Об'єкт дослідження – процес впливу короткочасних перерв живлення в схемі власних потреб на зміну параметрів технологічного режиму блока.

Предмет дослідження – шляхи розрахунково-експериментального дослідження режимів самозапуску електродвигунів власних потреб блоків 800 МВт.

Завдання дослідження:

- Вибрати реально можливі в експлуатації схеми і режими роботи обладнання і визначити перерви електропостачання в цих режимах;
- Виконати розрахунки самозапуску по відомим методикам і провести попередню оцінку успішності самозапуску електроприводів;

- Проаналізувати дії пристроїв захисту і автоматики електротехнічного обладнання та перевірити правильність вибору уставок цих пристроїв;

- На підставі аналізу і розрахунків розробити і впровадити заходи, які забезпечать швидке відновлення технологічного режиму після перерви електропостачання ВП.

Наукова новизна одержаних результатів: обрати у якості розрахункового режиму самозапуск реально можливий режим роботи обладнання, при навантаженні блоку $P=800$ МВт і живленні секції 6 кВ ВП ПРТСН. Розрахунок самозапуска проводився для одного з несприятливих режимів: при самозапуску двох секцій 6кВ, що живляться від однієї з обмоток нижчої напруги ПРТСН, коли початкова напруга на шинах ВП мінімальна.

Теоретичне значення результатів. У даний час у зв'язку з вводом на електростанції енергоблоку 800 МВт значно підвищилися вимоги до надійної роботи електроприводів технологічного обладнання і до розуміння їх самозапуска, пов'язаних з короткочасними перервами електропостачання власних потреб (ВП) електростанції, викликаних пошкодженням обладнання і порушеннями режимів його роботи.

Практичне значення одержаних результатів полягає в експериментальній перевірці достатності розроблених заходів щодо відновлення технологічного режиму після короткочасних перерв електропостачання.

Методи дослідження: методи комп'ютерного моделювання; методи управління режимами електроенергетичних систем; методи автоматичного та автоматизованого управління.

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЕС

1.1. Особливості роботи ТЕС

ТЕС потужністю 800 МВт, що розглядається у роботі, входить в енергетичну систему „Укренерго” і через неї пов'язана з об'єднаною енергетичною системою. Електростанція розташована в Західному регіоні, поблизу центрів електричних навантажень і призначена для покриття базисних навантажень енергосистеми.

На першому енергоблоці 800 МВт встановлені генератори потужністю 300 і 500 МВт. Генератор 300 МВт включений через двохобмотковий трифазний трансформатор потужністю 400 МВА, а генератор 500 МВт — через групу з двох таких же трансформаторів на збірні шини 330 кВ. Генератор другого енергоблока 800 МВт включений на шини 330 кВ через двохобмотковий трифазний трансформатор потужністю 1000 МВА.

Трансформатори енергоблоків 800 МВт розміщуються на відкритому майданчику перед фасадом машинного залу. Робоче живлення власних потреб другої черги електростанції 6 і 3,15 кВ здійснюється через трансформатори власних потреб, включених у відгалуження струмопроводів генераторної напруги. На енергоблоках 800 МВт встановлене по два відпайкових трансформатора потужністю по 40 МВА.

Резервне живлення власних потреб електростанції передбачене від трансформаторів, що живляться з шин 110 або 220 кВ. Потужні електродвигуни власних потреб живляться на напрузі 6 і 3,15 кВ. Для живлення двигунів малої потужності (до 250 кВт), освітлення електростанції, а також живлення пристроїв автоматики і дистанційного керування електроприводів передбачені трансформатори потужністю 560кВА напругою 3,15/0,4 кВ. Для II черги встановлені трансформатори потужністю по 750 кВА і 1000 кВА напругою 6/0,4 кВ [1, 2].

Для кожних двох котлів першої черги електростанції передбачений груповий щит управління, а для кожного турбоагрегата - індивідуальний щит. Управління всіма елементами електричної схеми першої черги електростанції здійснюється з головного щита управління.

Надійна і економічна робота першої черги електростанції забезпечена автоматизацією регулювання основних технологічних процесів, дистанційним керуванням механізмами власних потреб і відповідним контролем за роботою устаткування. Для котлоагрегатів автоматизовано регулювання процесу горіння, подачу живильної води, регулювання температури перегріву пари, завантаження млинів.

В процесі експлуатації ряд схем автоматизації, регулювання і контролю були вдосконалені, що дозволило розширити зону обслуговування і значно скоротити чисельність обслуговуючого персоналу.

Управління всіма основними процесами і елементами енергоблоків 800 МВт здійснюється з блокових щитів із застосуванням виборчих систем управління і контролю, системи множинного контролю, агрегатного управління окремими вузлами. Управління допоміжними пристроями, процесами, а також неоперативною замковою і регулюючою арматурою здійснюється з місцевих щитів котельного і турбінного відділень.

Управління енергоблоками 800 МВт комплексно автоматизовано з використанням сучасних засобів контролю і управління.

Для здійснення централізованого управління першим енергоблоком 800 МВт передбачена обчислювальна машина, що управляє, виконує наступні операції: централізований збір, обробку і реєстрацію інформації по основних параметрах всього технологічного циклу (окрім циклу підготовки палива) з видачею інформації на друк і електронно-променеву трубку; вибір оптимальної дії, що управляє, як для нормальних режимів роботи устаткування, так і для аварійних ситуацій з метою збереження максимально можливого навантаження; пуск і останів окремих елементів

циклу і блоку в цілому; підрахунок і реєстрацію техніко-економічних показників; управління замковою і регулюючою арматурою; включення, відключення, і зміна завдання автоматичних систем регулювання основних процесів.

Для другого енергоблоку 800 МВт також передбачена обчислювальна система АСВТ „Комплекс” - М6000, що здійснює збір, обробку і реєстрацію інформації по основних параметрах з видачею показників на багатошкальні прилади і прилади цифрової індикації, а також розрахунок техніко-економічних показників.

1.2. Характеристика схеми електричних з'єднань ВП блоку 800 МВт

На рис 1.1. приведена структурна схема електропостачання ВП потужної ТЕС.

Найбільшу встановлену потужність мають двигуни пускорезервних живильних насосів ($P_n=8000$ кВт) і осьових димососів ($P_n=2500$ кВт). Від шин секцій виконане живлення агрегатів центрального пілзавода; фідери робочого і резервного живлення двигунів перекачної насосної №3 (6 агрегатів потужністю по 800 кВт кожний) підключені до секцій 6РВ, 6РГ.

Прийнята схема електропостачання ВП двохвального блоку визначає деякі особливості режимів роботи електродвигунів ВП, і, зокрема, їх самозапуску. Так, відключення електричними або технологічними захистами валу 500 МВт приводить до знеструмлення всіх чотирьох секцій 6 кВ 6РА-6РГ. При цьому повинен бути забезпечений самозапуск всіх двигунів для нормального останову обох корпусів котлів I і II, валів турбіни і генераторів 300 і 500 МВт. При роботі захисту, що впливають на відключення генератора потужністю 300 МВт вимикачем ВВ-20, секції 6РА і 6РБ залишаються під напругою, отримуючи живлення від шин 330 кВ через трансформатори 16Та і 26 Та.

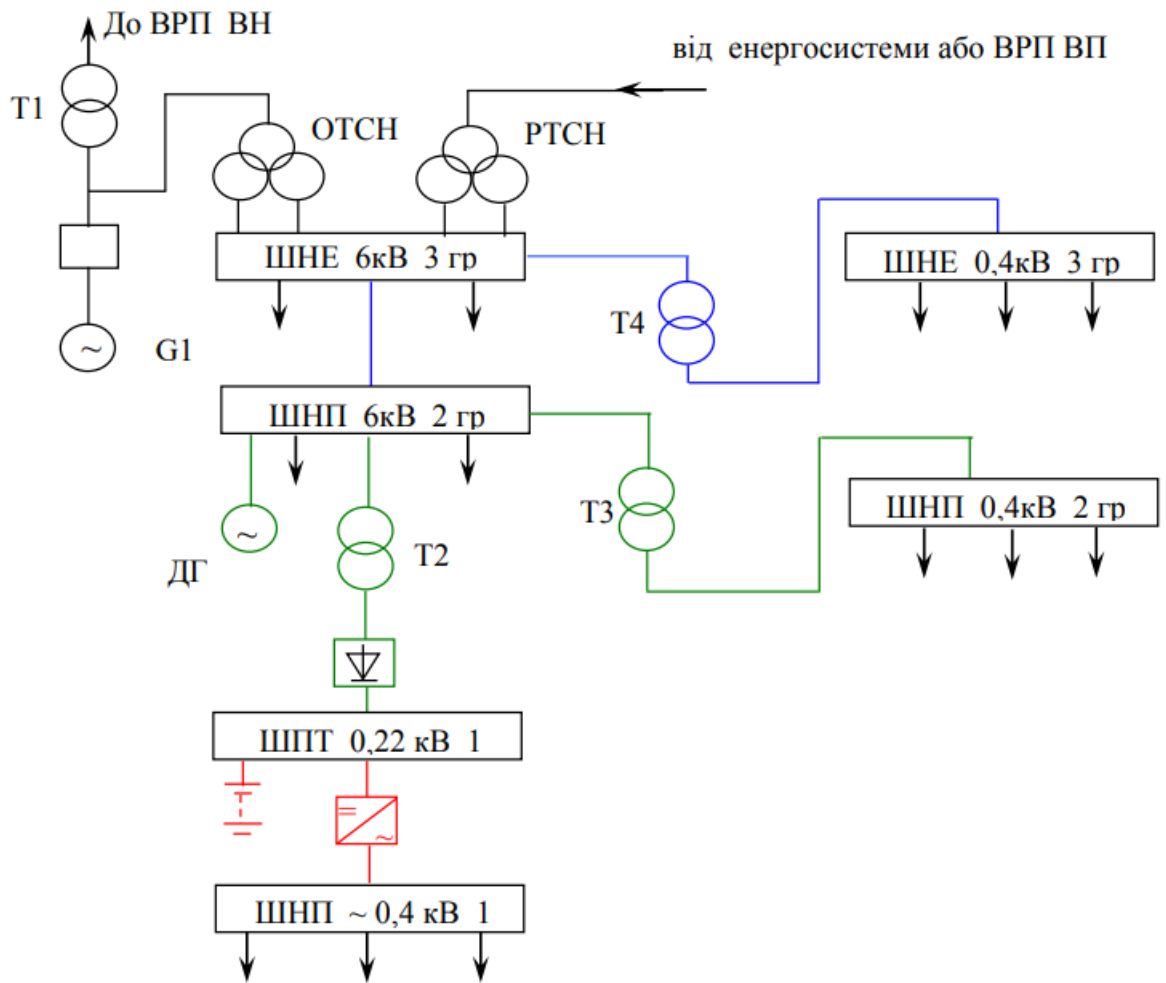


Рисунок 1.1 – Структурна схема електропостачання ВП ТЕС

На рис.1.2. зображена принципова схема електропостачання механізмів ВП потужної ТЕС.

Найбільш характерними слід рахувати режими самозапуску, що виникають при відключеннях вимикачів робочого живлення з боку шин 6кВ із-за коротких замикань, помилкових або неправильних дій персоналу та ін. В даному випадку максимальне навантаження однієї секції може складати приблизно 14-16 МВт при працюючому живильному електронасосі і середньому коефіцієнті завантаження агрегатів ВП цієї секції $K_z=0,7-0,8$.

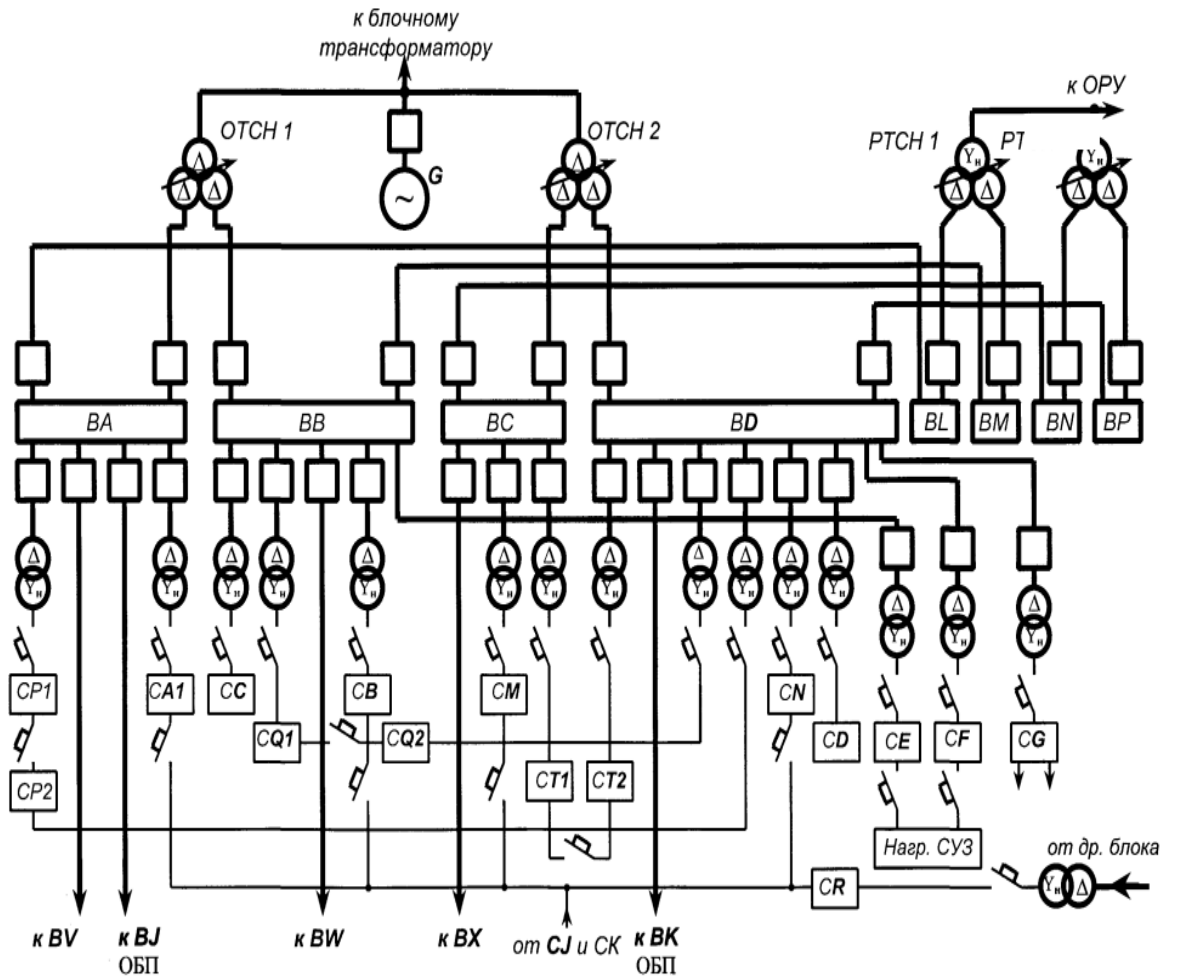


Рисунок 1.2 – Схема електропостачання ВП

Одночасне відключення вимикачів 6 кВ 2-х секцій, підключених до загальної системи шин резервного живлення (наприклад, 6РА і 6РВ), малоймовірно, проте можливість самозапуска двигунів у вказаному режимі повинна бути перевірена. Відзначимо, що такий режим практично відповідає самозапуску всіх 4-х секцій 6 кВ при відключеннях II валу, оскільки взаємний вплив обмоток нижчої напруги резервного трьохобмоткового трансформатора в режимах самозапуска достатньо великий.

Дані по величині завантаження основних двигунів 6 кВ блоку при різній потужності турбоагрегату, з якої виходить, що власні потреби блоку відрізняються достатньою маневреністю, що дозволяє у всьому діапазоні навантажень блоку забезпечувати технологічний режим роботи

обладнання з використанням тільки 60-70% встановлених потужності електродвигунів. Отже, при рівномірному розподілі працюючих агрегатів по секціях ВП потужність двигунів, що одночасно самозапускаються, може бути значно менше їх сумарної встановленої потужності.

При роботі котла на газі у разі аварійної зупинки одного корпусу або одного валу турбіни, відключення двигунів 6 кВ технологічними захистами не відбувається. Аварійний останов обох корпусів при будь-якому виді палива (газ, пил з підсвічуванням газом, пил-мазут) пов'язаний з автоматичним відключенням всіх дутьових вентиляторів і вентиляторів гарячого дуття, приблизно на 4000-5000 кВт зменшує навантаження резервного трансформатора в режимах самозапуску.

Перевід блоку в розпалювальний режим супроводжується відключенням одного дутьового вентилятора, одного осьового димососу і всіх вентиляторів гарячого дуття. Відключення одного димососа і одного дутьового вентилятора відбувається також в режимах скидання навантаження при роботі захисту, що фіксують відключення генератора або валу турбіни 300 МВт, відключення живильного насоса, двох з трьох працюючих вентиляторів гарячого дуття, зниження витрати конденсату через обмотку статора генератора 300 МВт.

Енергоємним споживачем в системі ВП є центральний пилозавод (ЦПЗ). Встановлені на ЦПЗ синхронні двигуни кульових млинів потужністю по 2000 кВт мають захист мінімальної напруги з уставками $U=0.8U_n$, $t=0,5\text{с}$. Як показали проведені дослідження на блокових електростанціях з пиловугільними котлами і генераторами потужністю 300 МВт, в режимах АВР джерел живлення секцій 6 кВ ВП, двигуни млинів можуть не відключатися захистом мінімальної напруги і при самозапуску піддаються дії значних динамічних зусиль. Тому при експериментальній перевірці доцільно визначити допустимість відключення всіх синхронних двигунів млинів пилозавода при короткочасних перервах живлення в схемі власних потреб.

Загальна потужність електродвигунів 6 кВ циркуляційних насосів насосної №3 складає 4800 кВт. За умовами технологічного режиму роботи блоку відключення на час самозапуска двигунів ВП всіх працюючих насосів допустима. В даному випадку при скиданні води з конденсаторів у відповідний канал декілька збільшиться рівень в прямке.

Для зменшення навантаження секцій ВП у режимах самозапуска застосований груповий захист мінімальної напруги (ЗМН) I-м ступенем ЗМН з уставками $U=0,7U_n$, $t=0,5$ с. відключаються двигуни: багерного насосу (500 кВт), зливного насосу ПНД (200кВт), нагнітачі ЦПЗ (800 кВт), компресора ЦПЗ (1250 кВт), транспортера вуглеподачі (200 кВт), вентилятора, що розморожує гаражі (320 кВт). II-м ступенем захисту ($U=0,5U_n$, $t=9$ с.) відключаються двигуни: димососа регульовального (1600/900/420 кВт), дуттьового вентилятора (900/500 кВт), конденсатного (500 кВт), ежекторного (630 кВт) і бустерного (500 кВт) насосів, насосу газоохолоджувачів (250 кВт).

Як відомо, тривалість режимів самозапуска залежить від часу перерви живлення в схемі ВП, які визначається прийнятими уставками максимальних захистів джерел живлення.

Передбачені наступні уставки МТЗ робочих трансформаторів з боку шин 6,3 кВ - 2,1 с, з боку генераторної напруги 2,8 с. При таких уставках з урахуванням часу дії пристрою АРВ перерва живлення може складати 2,5-3,5 с.

1.3. Характеристики електродвигунів механізмів власних потреб

Найбільшого поширення на електростанціях набули асинхронні трифазні електродвигуни змінного струму з короткозамкнутим ротором.

Принцип їх роботи заснований на тому, що при підведенні до обмотки статора трифазної напруги в електродвигуні утворюється магнітне поле, що обертається. Магнітні силові лінії цього поля перетинають стрижні короткозамкнутої обмотки ротора і наводять в них струм. В результаті взаємодії цього струму з полем статора, що

обертається, виникають електромагнітні сили, що захоплюють ротор у напрямі обертання поля. Таким чином, відбувається перетворення електричної енергії на механічну.

Нормальна робота основного технологічного обладнання: парового котла ПК, парової турбіни Т, генератора Г і підвищуючого трансформатора Тр - забезпечується численними механізмами ВП. Як електропривод механізмів ВП в даний час в основному використовуються трифазні асинхронні електродвигуни змінного струму з короткозамкнутим ротором, що відрізняються простотою, і високою надійністю в експлуатації [3].

Із зростанням одиничної потужності енергоблоків до 300— 800 МВт значно виросли і потужності електродвигунів ВП, що досягли 8 МВт. Змінилися також рівні робочої напруги потужних електродвигунів; електродвигуни потужністю більше 200 кВт працюють при напрузі 6 кВ замість напруги 3 кВ, що застосовувалася раніше. Решта електродвигунів працює при напрузі 0,4 кВ.

Для більш ясного уявлення про значення і місце окремих механізмів в технологічному процесі теплової електростанції розглянемо їх призначення і короткі характеристики.

Живильні насоси є найбільш відповідальними агрегатами енергоблоків і служать для подачі води в паровий котел. На сучасних потужних енергоблоках, оснащених прямоточними паровими котлами, живильні насоси забезпечують циркуляцію води в замкнутому пароводяному контурі блоку і відрізняються високим тиском (до 30—35 МПа/см²) і високою продуктивністю. Продуктивність насоса визначається кількістю, що виробляється паровим котлом, пари, яка складає близько 3 т/ч на 1000 кВт потужності, що виробляється, при параметрах гострої пари перед турбіною 24 МПа і 545—565°C, при нижчих параметрах витрата пари на 1 кВт збільшується. Як привід основних робочих живильних насосів на блоках 300-800 МВт служать парові турбіни, що приводяться в обертання парою, що відбирається від основної турбіни блоку. Для

приводу пускорезервних живильних насосів на блоках 300 МВт застосовуються асинхронні електродвигуни типу АВ (АТД)-8000/6000 потужністю 8 МВт з водяним охолодженням короткозамкнутої обмотки ротора і сталі статора. На енергоблоках меншої потужності, як приводи основних живильних насосів, використовуються асинхронні електродвигуни потужністю 2—5 МВт (АТМ-2000, АТМ-3500, АС-3200, АС-5000) [4].

Електродвигуни живильних насосів мають, як правило, номінальну частоту обертання близько 3000 об/с^{-1} . Сполучення електродвигунів з насосами виконується через редуктор і гідромуфту.

В основному пароводяному контурі енергоблоку працюють також конденсатні насоси, які служать для відкачування конденсату з конденсатора турбіни і подачі його в деаератор.

У зв'язку з цим на блоках встановлюються фільтри, що знесолюють, через які конденсат прокачується конденсатними насосами I підйому. На цих же блоках для забезпечення необхідного тиску води на вході живильних насосів є передвключені бустерні живильні насоси.

Тягодуттєві механізми (дуттєві вентилятори, вентилятори гарячого дуття, димососи) служать для забезпечення необхідного режиму горіння палива в паровому котлі і видалення газоподібних продуктів згорання через димар.

Для їх приводу використовуються одно- і двошвидкісні асинхронні електродвигуни типу ДАЗО закритого виконання потужністю до 2-3,2 МВт, а також електродвигуни типів АЗ і ДАМСО.

Циркуляційні насоси служать для подачі в конденсатор турбіни води для охолодження відпрацьованої пари. Як циркуляційні, застосовуються вертикальні осьові і відцентрові насоси, а для їх приводу одно- і двошвидкісні асинхронні електродвигуни вертикального виконання типів ДВДД, ВДД і ДЗДА.

Ці насоси відрізняються невеликим натиском 0,1 - 0,4 МПа, але високою продуктивністю (до 50000 т/г), що пояснюється необхідністю великої кількості води, що охолоджує, для конденсації пари (у 30—60 разів більше по масі, чим маса охолоджуваної пари). Наявність поворотних лопатей у робочого колеса насоса дозволяє регулювати витрату води, що охолоджує, залежно від її температури і відповідно впливати на техніко-економічні показники блоку в цілому.

У системі паливо виготовлення на електростанціях для приводу вугледробильних млинів встановлюються асинхронні і синхронні електродвигуни потужністю до 2,5 МВт. На кульових млинах Ш-50 продуктивністю 50 т вугільного пилу в годину застосовані, зокрема, синхронні електродвигуни ДСЗ потужністю 2,2 МВт з частотою обертання 100 об/с⁻¹. Застосування електродвигуна з такою низькою частотою обертання дозволяє виконати менш громіздким проміжний редуктор. Вугільний пил після млинів транспортується потоком повітря, що створюється млиновими вентиляторами.

Важливу групу механізмів складають механізми з електродвигунами напругою 0,4 кВ потужністю від декількох кіловат до 200 кВт, що забезпечують нормальний режим роботи турбогенератора, підвищувальних блокових трансформаторів і крупних агрегатів. До них відносяться: валоповоротний пристрій турбоагрегату, водяні насоси охолодження обмоток генераторів з безпосереднім охолодженням, водяні насоси газоохолоджувачів генераторів, масляні і водяні насоси в системі охолодження трансформаторів, масляні насоси мастила і охолодження підшипників турбогенератора (а також живильних насосів, димососів і турбоповітродувок крупних блоків). Робота сервоприводів системи регулювання потужності турбін забезпечується маслонасосами або насосами вогнестійкої рідини. На блоках 300—500 МВт, що випускаються Харківським турбінним заводом, в системі регулювання

застосовується конденсат і відповідно застосовуються конденсатні насоси регулювання.

Як відзначалось, асинхронні двигуни споживають з мережі активну потужність, яка визначається (без урахування втрат) завантаженням механізму, тобто корисною роботою. Крім того, для створення електромагнітного поля електродвигун споживає і так звану реактивну потужність. Споживаний електродвигуном струм відстає по фазі від напруги, тобто електродвигун працює з відстаючим $\cos\phi$ (ф-кут між векторами струму електродвигуна і підведеної до нього напруги).

Застосування синхронних електродвигунів дозволяє у ряді випадків за рахунок збільшення струму збудження віддавати в мережу реактивну потужність, що сприяє підтримці напруги на шинах ВП. При цьому струм синхронного електродвигуна випереджає напруга, тобто двигун працює з випереджаючим $\cos\phi$. Для підвищення стійкості роботи синхронних електродвигунів в перехідних режимах, наприклад при короткочасних пониженнях живлення, застосовується просте релейне форсування збудження.

Проте синхронні електродвигуни в даний час широкого поширення на електростанціях не набули. Це пояснюється частково і тим, що наявність системи збудження у синхронних електродвигунів створює певні труднощі в експлуатації і ускладнює забезпечення їх самозапуску.

З іншого боку, із зростанням одиничної потужності, виявляються недоліки асинхронних електродвигунів: великий пусковий струм і малий пусковий момент, що обертає, унаслідок чого ускладнюється їх конструкція (зокрема - конструкція обмотки ротора) [3,4].

У тих випадках, коли потрібно в широких межах змінювати продуктивність або частоту обертання агрегатів, знаходять застосування електродвигуни постійного струму. Такими механізмами є механізми кранів-перевантажувачів. Електродвигуни постійного струму застосовуються також для приводу особливо відповідальних механізмів,

від роботи яких залежить збереження основного устаткування в аварійних ситуаціях. До таких механізмів відносяться резервні маслонасоси мастила підшипників турбоагрегату, ущільнення валу турбогенераторів з водневим охолодженням, насоси системи регулювання. Гарантованість живлення електродвигунів цих механізмів забезпечується за рахунок приєднання їх до акумуляторних батарей.

Проте електродвигуни постійного струму конструктивно складніше (наявність колектора, щіткового апарату), а також складніше їх експлуатація, тому область застосування їх обмежена.

Механізми ВП на електростанціях, з погляду допустимості їх тимчасового відключення без порушення основного технологічного режиму або без пошкодження основного обладнання, діляться на відповідальних і невідповідальних.

Відповідальними механізмами є не тільки механізми, що безпосередньо беруть участь в основному технологічному процесі, але і допоміжні механізми, порушення роботи яких веде до порушення роботи або виходу з ладу основного обладнання.

Для власних потреб блоку використовується ряд потужних електродвигунів, що мають великі кратності пускових струмів і тривалості пусків. Для приводів 2-х живильних насосів, які є пусковими резервними, використовуються електродвигуни потужністю 2500 кВт, циркуляційних насосів - 1700 кВт. Встановлена потужність електродвигунів 6 кВт складає: на секції 6РВ- 19760 кВт, на секції 6РБ- 13680 кВт, на секції 6РВ- 19760 кВт, на секції 6РГ- 19730 кВт.

На вводах робочого і резервного живлення секцій виконаний захист мінімальної напруги і максимально-струмовий захист, кожна секція має груповий захист мінімальної напруги. Уставки захисту наступні (табл.1.1).

Таблиця 1.1 - Уставки захисту живлення секцій

Об'єкт	Найменування захисту	Уставка по струму (А)	Уставка по напрузі, вторинній (В)	Уставка за часом (с)
<u>Ввод</u> робочого живлення секцій КРП-6 кВ	Максимально-струмова	10800	—	2,1
	Мінімальної напруги		70	1,5
<u>Ввод</u> резервного живлення секцій КРП-6 кВ	Максимально-струмова	10800	—	0,5
	Мінімальної напруги	—	70	1,5
Секції КРП-6кВ, 6РА, 6РБ, 6РВ, 6РГ	Груповий захист мінімальної напруги	—	70	0,5 і 9
Шини резервного живлення 203РА, 203РБ	Максимально-струмова	11300	—	2,8
	Мінімальної напруги	—	15	9,0

Живлення резервних шин щитів 0,4 кВ здійснюється від секції неблокової частини ТЕС через трансформатор Т потужністю 750 кВА.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1:

Розглянута система електропостачання власних потреб ТЕС, зокрема управління і автоматика станції, характеристики електродвигунів механізмів власних потреб, а також характеристика схеми електрообладнання ВП блоку 800 МВт.

Найбільшого поширення на електростанціях набули асинхронні трифазні електродвигуни змінного струму з короткозамкнутим ротором.

Важливу групу механізмів складають механізми з електродвигунами напругою 0,4 кВ потужністю від декількох кіловат до 200 кВт, що забезпечують нормальний режим роботи турбогенератора, підвищувальних блокових трансформаторів і крупних агрегатів.

Механізми ВП на електростанції, з погляду допустимості їх тимчасового відключення без порушення основного технологічного режиму або без пошкодження основного устаткування, діляться на відповідальні і невідповідальні.

РОЗДІЛ 2. САМОЗАПУСК ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ 6 кВ

2.1. Загальні відомості про самозапуск електродвигунів

Під самозапуском розуміють процес автоматичного (без втручання персоналу) відновлення роботи електродвигунів після короткочасного порушення нормального електроспоживання - зникнення або глибокого зниження напруги.

Короткочасне глибоке зниження напруги можливе при близьких КЗ, які відключаються дією релейного захисту, наприклад при КЗ на одному з електродвигунів даної секції.

Короткочасна перерва живлення відбувається при будь-якому відключенні робочого джерела живлення і переході на резервне джерело живлення в результаті АВР.

Після відключення живлення (або неприпустимого зниження напруги) електродвигуни під дією моменту опору що приводяться ними в рух механізмів починають гальмуватися, а потім після відновлення живлення знов розгортаються.

Особливістю самозапуску, що відбувається після відновлення живлення, на електростанціях є те, що у ньому бере участь ряд електродвигунів, тому такий самозапуск називається груповим [5].

Залежно від тривалості перерви живлення може бути два види самозапуску: після повної зупинки електродвигунів або при електродвигунах, що частково загальмувалися.

Самозапуск може бути успішним або неуспішним. Самозапуск буде успішним, якщо початкова напруга на шинах ВП при самозапуску забезпечує розворот електродвигунів за такий час, при якому не відбувається неприпустимого перегріву електродвигунів і не порушується технологічний процес енергоблока. На станціях з поперечними зв'язками по воді і парі; тобто там, де є загальні колектори пари і живильної води,

допустимий час самозапуску визначається в основному допустимим нагрівом електродвигунів і складає 30—35 с. Це пояснюється тим, що можливе порушення живлення казанів водою на цих станціях запобігає включенням резервних насосів від інших секцій 3-6 кВ або дією регуляторів паралельно працюючих насосів.

Топкові процеси в котлі за цей час не встигають значно змінюватись. Практично не порушується подача пари до турбін. На турбоагрегатах потужністю до 100 МВт включно масляні насоси системи мастила підшипників з'єднані з валом турбіни, що запобігає порушенню постачання масла.

На блокових електростанціях з автономними власними потребами допустима тривалість самозапуску складає 10—15 с і визначається умовою збереження технологічного процесу блоку. Це було показано вже при перших дослідках самозапуску електродвигунів на блоках 150 МВт [11,12].

У самозапуску беруть участь електродвигуни вище 1000 В всіх відповідальних механізмів. Електродвигуни невідповідальних механізмів (механізми паливо-подачі, кульові млини і ін.), які не повинні приймати участі в самозапуску, відключаються дією мінімального захисту напруги з витримкою часу 0,5 с. На енергоблоках потужністю 150 МВт і вище значно зростає роль механізмів 0,4 кВ і електродвигуни багато з них повинні брати участь в самозапуску (маслонасоси, насоси систем регулювання, охолодження і ін.) [6].

Самозапуск має наступні основні відмінності від пуску:

1. До моменту відновлення живлення, як правило, ще обертаються всі електродвигуни або їх частина, тому в початковий момент самозапуску їх момент, що обертає, достатньо великий навіть з урахуванням того, що початкова напруга при самозапуску нижча за нормальне значення. Цю обставину полегшує самозапуск. Наприклад, для двошвидкісного двигуна ДАЗО потужністю 800/400 кВт при пуску на I швидкості і нормальній

напрузі $M_{об,поч}=0,95$ і $M_{надл}=0,8$. Якщо ж при самозапуску в початковий момент $U_{C3} = 0,7 / U_{ном}$ і $S = 0,2$, то $M_{об} = 0,9$ і $M_{надл} = 0,45$.

2. На шинах секції до моменту подачі живлення може зберігатися напруга за рахунок залишкової ЕРС одного або декількох електродвигунів. Внаслідок цього в перший момент самозапуска періодична складова струму електродвигунів визначається геометричною різницею векторів напруги на шинах секції $U_{ш}$ і еквівалентною ЕРС електродвигунів $E_{д}$, причому сумарний струм електродвигунів визначається по формулі: $I'' = \frac{U_{ш} - E_{д}}{Z_{\Sigma,д}}$,

де $Z_{\Sigma,д}$ - еквівалентний сумарний фазний опір електродвигунів, що само запускаються.

На сучасних блоках цей струм при великій залишковій ЕДС електродвигунів (тобто при малих перервах живлення і початковому вугіллі між $U_{ш}$ і $I_{д}$ 180°) може складати 1,25-1,3 сумарного пускового струму електродвигунів при номінальній напрузі.

3. Самозапуск відбувається, як правило, при навантажених механізмах (відкриті направляючі апарати, регулюючі клапани і т. п.), що приводить до збільшення тривалості самозапуска.

Розглянемо загальну характеристику процесів, що відбуваються при самозапуску електродвигунів. У цьому режимі роботи необхідно виділити два етапи.

Перший етап - це процес від моменту відключення до моменту відновлення живлення електродвигунів.

Протягом цього етапу відбувається вибігання агрегатів, тобто їх гальмування під дією моменту опору механізму. Якщо відключається один електродвигун, то відбувається індивідуальне вибігання агрегату без дії на нього інших електродвигунів.

При перерві живлення ряду електродвигунів відбувається групове вибігання. Особливістю групового вибігання є те, що якийсь час всі

агрегати, підключені до шин живлення, вибігають у взаємному зв'язку один з одним, а потім кожен відповідно до своєї характеристики, яка визначається моментом інерції агрегату і його навантаженням.

Взаємозв'язане вибігання агрегатів протягом деякого часу пояснюється тим, що частина електродвигунів з великим запасом кінетичної енергії переходить в генераторний режим і підживлює іншу частину електродвигунів, підтримуючи їх обертання. Внаслідок цього час вибігання агрегатів, що перейшли в генераторний режим, зменшується в порівнянні з часом при індивідуальному вибіганні, а останніх - збільшується.

Проте при участі в груповому вибіганні тільки асинхронних електродвигунів їх взаємним впливом на процес вибігання можна нехтувати, оскільки результуюча ЕДС затухає до нуля протягом 1-1,2 с. Надалі йде індивідуальне вибігання кожного агрегату [13,14].

Другий етап — це власне самозапуск агрегатів, він починається від моменту відновлення живлення, включає розгін механізмів і закінчується з відновленням нормального режиму роботи.

Протікання цього головного етапу залежить від початкової напруги на виводах електродвигуна при самозапуску $U_{сз}$ або, як часто говорять, залишкової напруги на шинах секцій, і від ступеня загальмованості електродвигунів до моменту подачі напруги, тобто від їх ковзання.

Ковзання двигунів, очевидно, буде більше після більшого часу перерви живлення $t_{пер}$. Із збільшенням ковзання зменшується опір електродвигунів i , як результат, зменшується початкова напруга самозапуску $U_{сз}$. Для успішного самозапуску електродвигунів необхідно, щоб $M_{об} > M_c$, тобто щоб забезпечувався розгін агрегатів. При цьому слід ще раз підкреслити, що момент, що обертає, пропорційний квадрату напруги $M_{об} = U^2$, тобто якщо при самозапуску, наприклад, $U_{сз} = 0,7 U_{ном}$, то момент, що обертає, складає лише 0,49 моменту, що обертає, при номінальній напрузі.

При груповому самозапуску розворот агрегатів відбувається по ступенях: спочатку розгортаються агрегати з меншою інерцією, струм самозапуска спадає і збільшується напруга на шинах секції. В результаті цього збільшується момент решти електродвигунів, що обертає, і прискорюється процес їх розвороту. Слід звернути увагу на те, що на ряду агрегатів є зворотні клапани на натиску, які закриваються противодавленням, якщо механізм не розвиває необхідного тиску (наприклад, в результаті гальмування при вибіганні). Це обставина, з одного боку, приводить до негативного явища - тимчасово припиняється витрата робочого середовища (наприклад, живильної води), але, з іншого боку, це сприяє швидшому розвороту механізму після подачі напруги [16].

2.2. Вплив схеми захисту і автоматики на процес самозапуску

Значного підвищення надійності роботи ТЕС можна досягти, якщо при короткочасних зниженнях або навіть повному зникненні напруги на шинах ВП не відключати електродвигуни відповідальних механізмів від мережі. Тоді після відновлення нормальної напруги починається самозапуск електродвигунів, що розглядається як груповий пуск від проміжної частоти обертання, до якої встигли загальмуватися електродвигуни в аварійному режимі [9, 10].

Унаслідок великих пускових струмів в елементах системи електропостачання виникають значні падіння напруги, і груповий самозапуск відбувається при зниженій напрузі на секціях ВП. Успішним слід рахувати такий самозапуск, при якому залишкова напруга на затисках електродвигунів забезпечує їх прискорення до номінальної частоти обертання за час, допустимий за умовами нагріву двигунів і збереження стійкості технологічного режиму блоку.

Самозапуск електродвигунів ВП має особливості, пов'язані з наявністю потужних електродвигунів ГЦН з великою інерцією махових мас, з високою напруженістю активної зони, з малою акумулюючою

здатністю барабанів-сепараторів або парогенераторів, з наявністю на реакторах, блоках і на відповідальних механізмах ВП блокувань, що впливають на зупинку блоку або на відключення електродвигунів ВП при відхиленні технологічних параметрів від допустимих значень.

При перевірці забезпеченості само запуску електродвигунів навантаження джерел електропостачання ВП визначається по складу електроприводів механізмів ВП, що беруть участь у само запуску, допускається, за узгодженням з технологами, передбачати відключення частини механізмів для полегшення умов само запуску.

Розглянемо можливі випадки самозапуску електродвигунів.

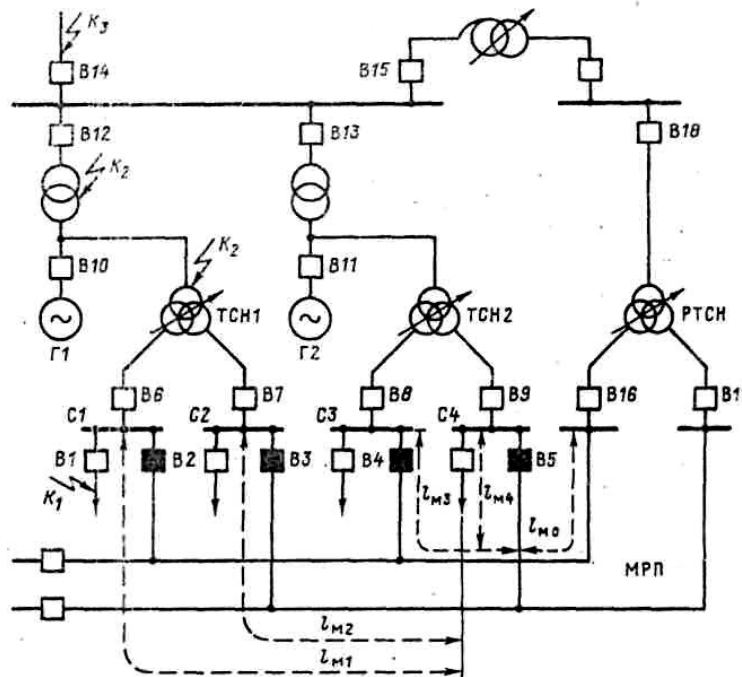


Рисунок 2.1 - Принципова схема живлення і резервування ВП блокових станцій з позначенням можливих точок ВП, що викликають перерви електропостачання ВП, і довжин магістралей резервного живлення від секцій ВП до РТСН

Тривалість порушення електропостачання при самозапуску залежить від витримок часу захисту і наявності блокувань основних елементів системи ВП: ТЧН і РТСН першого ступеня трансформації, магістралей резервного живлення, кабельних ліній зв'язку секцій 6,3 кВ нормальній

експлуатації з секціями 6,3 кВ надійного живлення або з секціями 6,3 кВ видаленого навантаження, трансформаторів 6/0,4 кВ другого ступеня трансформації, електродвигунів.

Робочі ТСН і РТСН з розщепленими обмотками потужністю 25 - 63 МВА мають наступні захисти (рис. 2.1):

- диференціальний трансформатора (ДЗТ);
- газовий трансформатора (Г) і відсіку РПН;
- дистанційний (ДЗ) із струмовим пуском на стороні вищої напруги;
- дистанційний (ДЗ) із струмовим пуском на вводах від розщеплювання обмоток нижчої напруги на секції ВП 6,3 кВ;
- на магістралі резервного живлення на вводах резервного живлення на секції ВП;
- резервний (РЗ) від багатофазних КЗ живлячих приєднань ВП.;
- від однофазних КЗ (ЗЗ) в мережі 6,3 кВ;
- пристрій резервування відмов вимикачів (ПРВВ) трансформаторів СН 6/0,4 кВ і деяких приєднань з протяжними кабельними лініями 6,3 кВ;
- диференційний МРП 6,3 кВ.

Диференційний і газовий захист є основними захистами від внутрішніх пошкоджень трансформатора в. п. і проводять відключення без витримки часу всіх вимикачів трансформатора (у РТВП на високій стороні відключаються вимикачі трансформатора блоку і генераторний вимикач, а за відсутності останнього проводиться гасіння поля в генераторі). У РТВП ці ж захисту запускають пристрій резервування відмов вимикачів (ПРВВ) на стороні вищої напруги ТВП. Пуск ПРВВ відбувається при пошкодженнях в РТВП і відмові у відключенні його вимикачів вищої напруги.

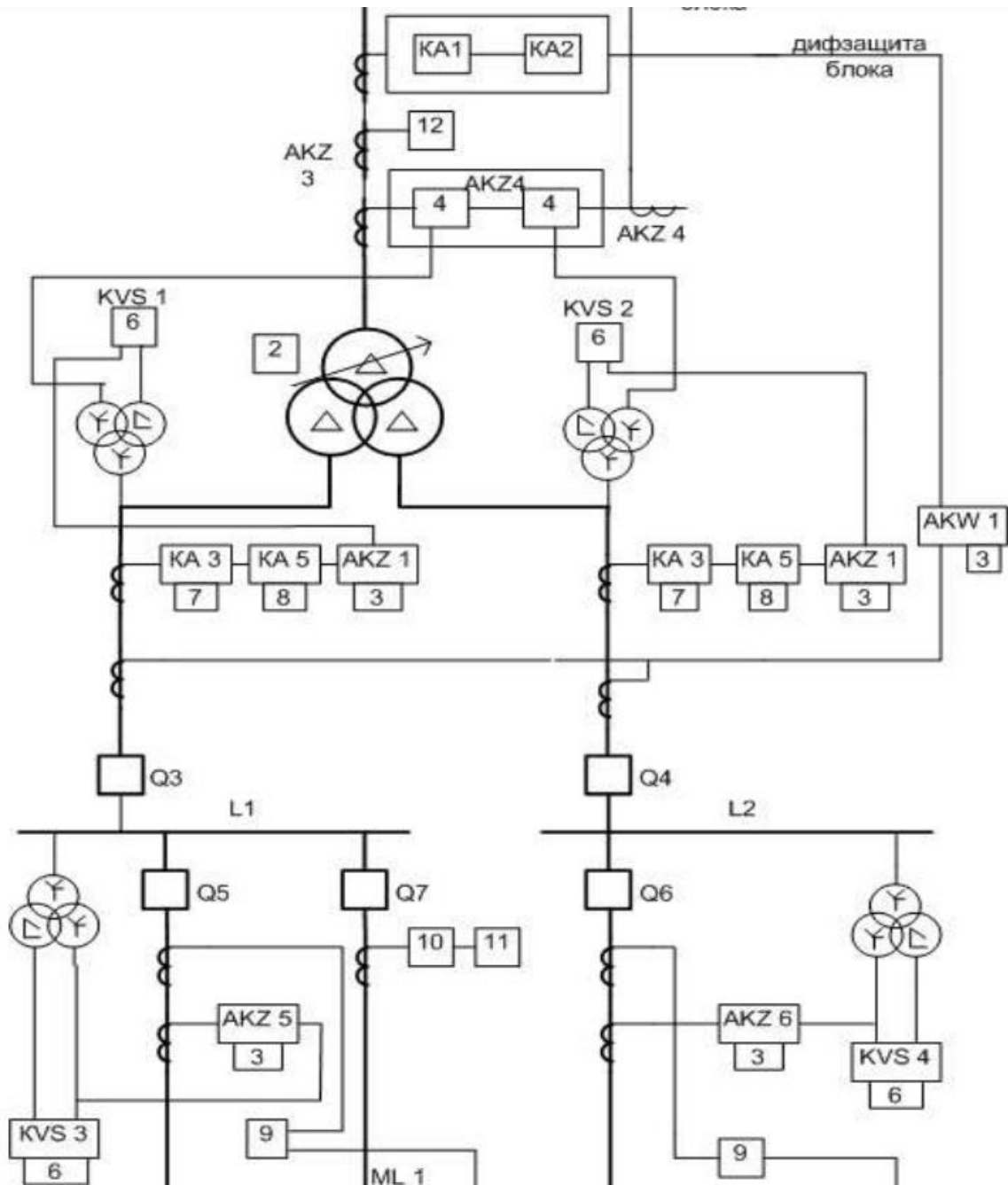


Рисунок 2.2 - Структурна схема захисту робочого ТВН з розщепленими обмотками нижчої напруги при номінальній потужності

Дистанційний захист (з витримкою часу) на стороні вищої напруги трансформатора забезпечує надійне резервування основних захистів трансформатора при багатofазних КЗ [16,17].

Дистанційний захист із струмовим пуском встановлюється на живлячих елементах і на стороні 6,3 кВ ТВП з розщепленими обмотками потужністю 25—63 МВА. Це пов'язане з тим, що в цих умовах максимальний струмовий захист, відбудований від режимів пуску і самозапуску електродвигунів, не забезпечує необхідного коефіцієнта чутливості в зоні основної дії, тобто при КЗ на секції ВП.

Так, ДЗ, встановлений на вводах 6,3 кВ робочого і резервного живлення, є основний при багатофазних пошкодженнях на секції ВП і здійснює резервну дію при багатофазних пошкодженнях даної секції ВП. Аналогічний дистанційний захист, встановлений на введеннях 6,3 кВ РТВП до магістралі резервного живлення, здійснює резервну дію при багатофазних пошкодженнях на МРП, тоді як основним захистом кожної секції МРП є подовжений диференційний захист.

Перераховані дистанційні захисти доповнюються струмовими реле, що відбудовуються від режиму навантаження і здійснюють струмовий пуск. Тим самим усувається можливість помилкової роботи дистанційного захисту при несправностях ланцюгів напруги і з'являється можливість перевірки реле опору під навантаженням. Одночасно струмові реле виконують роль максимального струмового захисту при несправності дистанційного захисту або при виведенні її для перевірки.

Відповідно до вимог протиаварійного циркуляра [18] для запобігання спалаху кабелів 6,3 кВ при КЗ в них і в коробках затисків електродвигунів пред'являються вимоги відключення трифазних КЗ в будь-якій точці мережі 6,3 кВ з часом, що не перевищує 0,5 с, включаючи відмови основних захистів або вимикачів приєднань 6,3 кВ і дії захисту дальнього резервування на вводах живлення.

Дистанційні захисти вводів робочого і резервного живлення секцій РПВП 6,3 кВ відбудовані від режимів пуску і самозапуску електродвигунів цих секцій, мають кінцеву зону резервної дії і не реагують на багатофазні КЗ в кінці деяких протяжних кабельних ліній. У зв'язку з цим додатково до

розглянутих вище дистанційних захистів вводів передбачається установка на кожній секції 6,3 кВ одного комплексу резервного захисту живлячих вводів цієї секції.

Резервний захист діє при відмові релейного захисту від багатофазного КЗ або вимикача відповідної протяжної кабельної лінії при замиканні в кінці такого кабелю. Підвищена чутливість резервного захисту до багатофазних КЗ в мережі 6,3 кВ забезпечується завдяки тому, що захист не відбудовується по струму від режиму групового пуску секції 6,3 кВ, не відбудовується від струмів, що посиляються електродвигунами відповідної секції 6,3 кВ до місця КЗ при пошкодженнях в мережі 15,75-750 кВ в точці підключення робочого або резервного трансформатора ВП. Нарешті, резервний захист не відбудовується і від струмів самозапуска цих електродвигунів після відключення КЗ в мережі 15,75—750 кВ і відновлення нормального живлення на секціях ВП.

Резервний захист відбудовується тільки від струму нормального навантаження і повністю завантаженої секції при пуску на цій секції самого потужного електродвигуна, наприклад ГЦН. Тим самим забезпечуються необхідні коефіцієнти чутливості при багатофазних КЗ в мережі ВП 6,3 кВ і збільшення зони дальнього резервування.

Пристрій резервування відмов вимикачів 6,3 кВ трансформаторів в. п. 6,3/0,4 кВ передбачено з огляду на те, що навіть резервний захист від багатофазних КЗ живлячих вводів не резервує відмови вимикачів 6,3 кВ трансформаторів ВП 6,3/0,4 кВ при пошкодженнях на стороні 0,4 кВ цих ВП. З цієї ж причини, а також за відсутності резервного захисту живлячих вводів, може передбачатися ПРВВ і деяких протяжних кабельних ліній 6,3 кВ.

$$\text{Опір трансформатора } X_T = \frac{U_k}{100} * \frac{U_n^2}{S_T} = \frac{5,5}{100} * \frac{10,5^2}{63 * 10^{-3}} = 96 \text{ Ом}$$

При металевому замиканні на землю струм у нейтралі ТСЗК-63/10

$$I_N = \frac{3U_0}{3r + jx_T} = \frac{3 \cdot 3600 / \sqrt{3}}{\sqrt{(3 \cdot 100)^2 + 96^2}} = 35 A$$

На струм заземлюючого трансформатора включений захист на реле РТЗ-51, приєднаному до трансформатора струму нульової послідовності типу ТЗЛ в нейтралі з резистором. Цей захист призначений для відключення замикань на землю відповідної секції ВП 6,3 кВ і в обмотці нижчої напруги ТВП, а також для резервування захисту від замикань на землю приєднань даної секції [19].

Захист від замикань на землю, встановлений на додатковому трансформаторі потужністю 63 кВА, діє на відключення введень робочого і резервного живлення відповідної секції ВП 6,3 кВ. Захист від замикань на землю на додатковому трансформаторі потужністю 63 кВА забезпечує резервування відповідних захистів фідерів, що відходять, і їх вимикачів і має витримку часу, що перевищує витримку часу аналогічних захистів фідерів, що відходять, на ступінь селективності.

Для забезпечення успішного самозапуску відповідальних електродвигунів 6 кВ на секціях ВП 6,3 кВ нормальній експлуатації, що мають введення від магістралей резервного живлення, виконується груповий захист мінімальної напруги. Комплект групового захисту встановлюється в релейному відсіку осередку вимірювального трансформатора напруги секції комплектного розподільного пристрою (КРП) і має три ступені: по напрузі спрацьовування і витримці часу, причому тільки третій ступінь (пусковий орган АВР) діє на відключення вимикачів робочих вводів трансформатора ВП першого ступеня трансформації (рис. 2.2).

Перший ступінь групового захисту мінімальної напруги спрацьовує при зниженні напруги на секції нормальній експлуатації, до 70% і нижче за номінальне значення і діє на відключення невідповідальних електродвигунів ВП 6 кВ з витримкою часу 0,5 с. Тим самим полегшуються умови самозапуску решти асинхронних двигунів секції

унаслідок підвищення напруги на останній. До таких механізмів належать: насоси технічної води невідповідальних споживачів, насос кислотної промивки, дренажні насоси, зливні насоси регенеративних підігрівачів, насоси промивальної води електрофільтрів, випробувальний компресор захисної оболонки.

Другий ступінь спрацьовує при зниженні напруги на секції нормальної експлуатації до 50% і нижче за номінальне значення і діє на відключення з витримкою часу ряду взаємозамінних електродвигунів відповідальних механізмів ВП. Витримка часу встановлюється залежно від конкретних умов технологічного процесу і складає від 3 до 9 с.

Завдяки дії другого ступеня захисту мінімальної напруги можна істотно поліпшити умови самозапуска що залишилися підключеними до секції ВП електродвигунів і перетворити неуспіх або затяжний самозапуск на успішний.

При відключенні частини відповідальних електродвигунів секції відбувається пуск АВР електродвигунів однойменних механізмів, що харчуються від іншої секції ВП 6,3 кВ нормальної експлуатації, якщо такі дубльовані механізми є.

До електродвигунів ВП, що відключаються з витримкою часу другим ступенем захисту мінімальної напруги, відносяться: ГЦН, живильні електронасоси (ПЕН), допоміжний ПЕН, конденсатні насоси (КН) першого і другого ступенів, підживлюючий і мережевий насоси, зливний насос сепаратора-пароперегрівача, насоси ежекторної установки і відкачування дренажу мережевих підігрівачів, підйомний насос технічної води масляних охолоджувачів.

У частини електродвигунів ВП відключення ні від першого, ні від другого ступеня захисту мінімальної напруги не передбачається. Сюди відносяться: циркуляційний насос (ЦН) турбіни, резервний збудник, підйомний насос газоохолоджувачів генератора, насос гідростатичного підйому ротора ГЦН, протипожежний насос і насос замкнутого контуру.

Третій ступінь захисту мінімальної напруги є пусковим органом АВР (рис. 2.2). Тут спрацьовування відбувається при зниженні напруги на секції нормальної експлуатації до 25% і нижче за номінальне значення, Відбувається відключення вимикача робочого введення відповідної секції 6,3 кВ нормальній експлуатації, але з контролем наявності напруги на резервному джерелі живлення і з витримкою часу, рівній витримці часу захисту на стороні вищої напруги трансформатора ВП (для схеми на рис. 2.2 - дистанційний із струмовим пуском). При відключенні вимикача робочого введення запускається АВР живлення секції нормальної експлуатації, що відключилася. Таким чином, зниження напруги на секції 6,3 кВ нормальній експлуатації нижче 25% номінального значення на якийсь час, більше або рівному витримці часу захисту на стороні вищої напруги ТВП, прирівнюється до знеструмлення секції. При цьому дія АВР і відключення вимикача робочого введення має сенс тільки за наявності напруги на резервному джерелі, при його відсутності відновлення напруги секції не відбудеться, а через відключення вимикача робочого вводу секції виключається можливість використовувати енергію вибігання турбогенератора.

Знеструмлення секцій 6,3 кВ нормальній експлуатації може відбутися з різних причин, зокрема при дії захисту блоків, коли відключаються вимикачі вищої напруги підвищуючого трансформатора і генераторний вимикач. Якщо при цьому не відключити одночасно вимикачі робочих введень робочого ТСН (В6 і В7), то пуск АВР відбудеться із запізнюванням не менше чим на 1 с - поки не спрацює третій ступінь захисту мінімальної напруги з уставкою 0,25 номінальної напруги, Запізнювання пов'язане із збереженням залишкової напруги знеструмленої секції через наявність на ній підключених незагальмованих електродвигунів 6 кВ. З урахуванням цієї обставини для прискорення дії АВР і полегшення умов самозапуска (скорочення тривалості перерви живлення) в схемах захисту ТВП (рис. 2.2) передбачається відключення

вимикачів 6,3 кВ робочих введень від захисту блоку. При цьому виключається затримка в спрацьовуванні АВР на час пониження залишкової напруги секцій з номінального до 0,25 номінального.

З розгляду принципу дії захистів ТВП і РТВП першого ступеня напруги виходить, що відключення вимикачів введень 6,3 кВ може відбуватися як без блокування (заборони) АВР секції, так і з блокуванням.

Відключення вимикача робочого вводу без блокування (заборони) АВР секції від ТВП походить від наступних захистів:

- від захисту блоку, включаючи захист робочого ТВП, що діють на відключення блоку (диференціальний, газовий, дистанційний або максимальний струмовий на стороні вищої напруги ТВП, дуговий захист вимикачів 6,3 кВ робочого ТВП);

- від третього ступеня (пускового органу) захисту мінімальної напруги відповідної секції РТВП 6,3 кВ. Дійсно, в цьому випадку при відключенні вимикача робочого введення, що відбулося, немає небезпеки відновлення напруги від РТВП на КЗ, що не відключилося.

Відключення вимикача робочого введення з блокуванням (забороною) АВР секції від РТВП походить від наступних захистів :

- від дистанційного (або максимального струмового) захисту введення робочого живлення відповідної стадії (на рис. 2.2 при відключенні Qраб забороняється АВР секції 1);

- від резервного захисту від багатofазних КЗ живлячих вводів (при відключенні Qраб забороняється АВР секції 1);

- від ПРВВ 6,3 кВ трансформаторів СН 6,3/0,4 кВ, додаткового трансформатора 63 кВА (рис. 2.2) і протяжних кабельних ліній, довжина яких перевищує зону резервування дистанційного і резервного захистів вводів;

- від дугового захисту відповідної секції (при спрацьовуванні дугового захисту секції I) відключається Qраб із забороною АВР секції 1.

Забороні АВР секцій запобігає включення резервного живлення на сікши з пошкодженням, що не відключилося, в кабелі, трансформатор 6/0,4 кВ або на шинах осередків КРП. Тим самим зменшується об'єм пошкоджень від невідключеного КЗ і запобігає спалаху кабелів. З цього виходить, що при роботі на ТВП і відключенні одного або обох вимикачів робочих введень може мати місце як АВР від РТВП, так і заборона у дії АВР [20].

При роботі на РТВП відключення його вимикачів 6,3 кВ до магістралей резервного живлення походить від наступних захистів:

- від вихідного реле основних захистів РТВП (диференціального, газового);
- від вихідного реле резервних захистів РТВП (дистанційного або максимального струмового на стороні вищої напруги, дистанційного на введеннях 6,3 кВ і на МРП);
- від дугового захисту МРП 6,3 кВ.

У останньому випадку відключається вимикач тільки одній пошкодженій магістралі, а по-перше двох випадках також і вимикач на стороні вищої напруги резервного ТВП. У перерахованих випадках немає перешкод до відновлення живлення від РТВП при його справності, але це можна виконати тільки вручну, оскільки автоматика АВР не передбачена.

У відмічених чотирьох останніх випадках, як і в аналогічних, але при живленні від робочого ТВП, відновлювати живлення на знеструмленій секції до ліквідації пошкодження на приєднанні або самій секції ВП 6,3 кВ не можна.

Найбільше застосування в КРП знайшли дугові захисти з використанням розвантажувальних (вихлопних) клапанів, блок-контакти яких при спрацюванні клапана подають імпульс на відключення вимикача (рис. 2.1). Оскільки час спрацювання клапана складає всього 0,01-0,02 с, розвантажувальні клапани забезпечують високу швидкодію

захисту від дугових замикань і обмежують тиск у відсіках КРУ до 0,02-0,04 МПа.

Для виключення помилкової дії дугового захисту при струсах, а також при випадковому відкритті розвантажувального клапана вводиться блокування по струму. В цьому випадку імпульс на відключення вимикача поступає тільки при спрацюванні клапана (від надмірного тиску) і наявності струму КЗ.

Для зменшення об'єму пошкоджень в шафах КРП необхідно, щоб і КЗ на їх збірних шинах відключалися не захистами трансформатора, а дуговими, оскільки при горінні відкритої дуги протягом 1 с на шинах навіть при струмі 10-12 кА, відбуваються значні пошкодження шаф КРП. Тому мінімальний струм спрацювання розвантажувальних клапанів встановлюється не більше 20-30% граничного струму термічної стійкості осередків КРП. У цих умовах локалізаційна здатність шаф КРП виявляється в більшості випадків достатньою — ізоляція після дії дуги не ушкоджується механічно і витримує максимальну робочу напругу вже через 0,3-0,5 с після відключення струму КЗ. Тому дугові захисти підвищують надійність роботи КРП в системах ВП спільно з пристроями АВР.

Встановлюються наступні захисти: струмове відсічення (СВ) на стороні 6,3 кВ; газовий захист замикань на землю на стороні 6,3 кВ; максимальний струмовий (МСЗ) на стороні 6,3 кВ; струмовий захист нульової послідовності (ТЗНП); резервний захист (РЗ) на введеннях 0,4 кВ; від перевантаження максимальний струмовий на вводах робочого і резервного живлення секцій 0,4 кВ; УРОВ на стороні 6,3 кВ; з захист мінімальної напруги. Струмове відсічення без витримки часу на стороні 6,3 кВ захищає від багатозначних КЗ в обмотках і на виводах 6,3 кВ трансформатора. Окрім власне трансформатора відсічення захищає і ділянка кабельної лінії між виводами трансформатора і осередком КРП 6,3 кВ є основний, а для сухих трансформаторів і єдиним швидкодіючим

захистом. Газовий захист від пошкоджень всередині баку трансформатора передбачається для масляних трансформаторів потужністю 630 і 1000 кВА. Діє без витримки часу. Захист від замикань на землю на стороні 6,3 кВ в мережі КЗ з частково заземленою нейтраллю встановлюється на всіх приєднаннях, що мають кабельні зв'язки, зокрема на трансформаторах 6,3/0,4 кВ і асинхронних двигунах 6 кВ, і діє без витримки часу на відключення свого вимикача. Про резервний захист від замикань на землю на додатковому трансформаторі типу ТСЗК 63/10 вже мовилися при розгляді схем на рис. 2.2. В мережі ВП 6,3 кВ, що працює з ізольованою нейтраллю, захист від однофазних замикань на землю встановлюється на всіх трансформаторах ВП 6,3/0,4 кВ.

Відсічення, газовий захист і захист від замикань на землю на стороні 6,3 кВ діють на вихідне реле, яке проводить відключення вимикача 6,3 кВ і автоматичних вимикачів 0,4 кВ ТВП.

Максимальний струмовий захист з витримкою часу на стороні 6,3 кВ трансформатора захищає від багатofазних КЗ в трансформаторі і на секції 0,4 кВ і є резервним струмовим відсіченням і основним захистом при пошкодженні поза зонами дії струмового відсічення і газового захисту (за наявності останнього).

Максимальний струмовий захист на стороні 6,3 кВ і струмовий захист нульової послідовності в нейтралі 0,4 кВ у разі схеми з робочим ТВП 6,3/0,4 кВ з однією секцією ВП 0,4 кВ діють на відключення вимикача 6,3 кВ і автоматичного вимикача 0,4 кВ (через вихідне проміжне реле). При цьому АВР живлення секції 0,4 кВ блокується, причому зайве блокування АВР при пошкодженнях в обмотці 0,4 кВ ТВП вважається допустимими. Якщо ж робочий ТВП живить дві секції 0,4 кВ, те відключення згаданими захитами вимикача 6,3 кВ і двох автоматичних вимикачів 0,4 кВ проводиться без блокування АВР.

Струмовий захист нульової послідовності встановлюється також на кожному введенні робочого живлення 0,4 кВ трансформаторів 6,3/0,4 кВ,

що живлять дві секції довжин, і на відміну від попереднього захисту, виконується шляхом включення реле струму в нульовий дріт сполучених в зірку вимірювальних трансформаторів струму, призначених для максимального струмового захисту на введеннях 0,4 кВ. Захист діє з витримкою часу на відключення відповідного автоматичного вимикача введення 0,4 кВ з блокуванням АВР живлення відповідної секції. Такий же струмовий захист нульової послідовності встановлюється і на вводах резервного живлення до секцій 0,4 кВ.

Резервний захист на вводах 0,4 кВ здійснює дальнє резервування з часом $t < 0,5$ с при трифазних КЗ на приєднаннях, що відходять від секції 0,4 кВ. При цьому передбачається, що багатофазні КЗ. в кабелях і коробках затисків електродвигунів 0,38 кВ. як і при напрузі 6 кВ, протягом 0,1-0,15 с переходять в трифазні.

Передбачається резервний захист як для робочих ТВП, так і для РТВП 6,3/0,4 кВ потужністю 630 і 1000 кВА, причому резервний захист вводів резервного живлення виконується аналогічно резервному захисту введень робочого живлення. Резервний захист на вводах 0,4 кВ має деякі відмінності від аналогічного захисту на напрузі 6,3 кВ.

При спрацьовуванні резервний захист введення 0,4 кВ діє на відключення автоматичного вимикача введення з блокуванням АВР секції. Час дії резервного захисту відбудовується від часу дії відсічень приєднань, що відходять, 0,4 кВ із ступенем селективності $t=0,3-0,4$ с. Дія резервного захисту блокується груповим захистом мінімальної напруги тієї секції ВП 6,3 кВ, до якої підключений даний ТВП 6,3/0,4 кВ.

Захист від перевантаження трансформаторів ВП 6,3/0,4 кВ передбачається як для робочих ТВП, так і для РТВП і встановлюється з боку 6,3 кВ трансформатора з дією на сигнал.

Максимальний струмовий захист з витримкою часу на введеннях робочого і резервного живлення секцій 0,4 кВ призначена для захисту шин 0,4 кВ і для резервування захистів приєднань, що відходять, при близьких

багатофазних КЗ. Встановлюється на кожному введенні до секції 0,4 кВ на робочих ТВП 6,3/0,4 кВ, що мають дві секції шин 0,4 кВ. Аналогічний захист встановлюється і на введеннях резервного живлення 0,4 кВ до цих секцій. Захист діє з витримкою часу на відключення відповідного автоматичного вимикачі 0,4 кВ. При цьому АВР секції 0,4 кВ блокується.

ПРВВ на стороні 6,3 кВ ТВП 6,3/0,4 кВ діє з витримкою часу на відключення відповідного вимикача живлячого введення секції ВП 6,3 кВ з блокуванням АВР знеструмленої секції. Як вже наголошувалося, необхідність в даному виді резервування пов'язана з тим, що пошкодження за трансформатором 6,3/0,4 кВ не резервуються ні дистанційним, ні резервним захистами введенням 6,3 кВ ТВП першого ступеня трансформації. Захист мінімальної напруги на секціях 0,4 кВ за принципом дії і призначенням аналогічний такому ж захисту на секціях 6,3 кВ і служить для забезпечення успішності самозапуска відповідальних двигунів 0,38 кВ на основних секціях ВП 0,4 кВ.

Перший її ступінь при зниженні напруги секції до 70% номінального значення і нижче проводить відключення невідповідальних двигунів.

Другий ступінь захисту спрацьовує з витримкою часу при зниженні напруги секції до 50% номінального значення і нижче і проводить відключення частини відповідальних дубльованих електродвигунів механізмів ВП. При цьому дією АВР запускаються аналогічні непрацюючі механізми ВП на сусідніх секціях ВП 0,4 кВ. Витримка часу другого ступеня визначається вимогами технологічного процесу енергоблока. Третій ступінь представляє пусковий орган АВР, що спрацьовує при зниженні напруги секції до 25% номінального значення і нижче. У цих умовах з витримкою часу, рівній витримці часу захисту на стороні вищої напруги трансформатора 6,3/0,4 кВ (максимальним струмовим), і з контролем напруги на резервному джерелі живлення секції 0,4 кВ проводиться відключення вимикача робочого введення. Живлення секції повинне відновлюватися від РТВП 6,3/0,4 кВ.

Перейдемо до розгляду захистів електродвигунів 6 кВ. Захист від багатофазних КЗ для двигунів потужністю менше 4000 кВт виконується у вигляді струмового відсічення, а для двигунів потужністю більше 4000 кВт у вигляді диференціального захисту (з відбудуванням від аперіодичної складової струму при само запуску). У зону дії цих захистів, що діють без витримки часу на відключення вимикача 6,3 кВ відповідного приєднання, входить і живлячий кабель (пучки кабелів). Захист від однофазних КЗ діє без витримки часу на відключення вимикача приєднання. Захист від перевантаження має витримку часу і може діяти як на сигнал, так і на відключення. Залежно від призначення і ступеня дублювання електродвигуни 6 кВ можуть також відключатися першим або другим ступенем захисту мінімальної напруги.

Важливим елементом системи електропостачання ВП є магістралі резервного живлення 6,3 кВ, які виконані як екранованими струмопроводами (рис. 2.1), так і у поєднанні з ділянками з пучка кабелів, секціоновані вимикачами по довжині МРП через кожних 2—3 блоки за наявності двох РТВП, приєднаних до джерела живлення. Загальна довжина МРП 6,3 кВ може перевищувати 600 м, а число її секцій досягає чотири.

В цілях зменшення об'єму руйнувань при КЗ на МРП як її основний захист застосований диференціальний захист, що діє без витримки часу. Захист виконується для кожної з секцій окремо, включається на трансформатори струму, що встановлюються в ланцюгах всіх вимикачів даної секції магістралі, і діє на відключення секції, що захищається, від джерел живлення. Дія диференціального захисту і спрацювання секційних вимикачів резервується захистами введів на стороні низької напруги РТВП [8 -10].

2.3 Шляхи виникнення режиму само запуску і можлива тривалість порушення електропостачання

Розглянемо випадки само запуску від робочого ТВП без дії АВР.

1. Короткі замикання в електродвигунах 6 кВ, трансформаторах 6,3/0,4 кВ і на їх живлячих кабелях, а також на лінії до секції 6,3 кВ надійного живлення і до секції віддаленого навантаження ліквідуються швидкодіючими основними захистами з високим коефіцієнтом чутливості (відсічення або диференціальна) шляхом відключення вимикача (В1) приєднання, при трифазному КЗ напруга секції близька до нуля ($U_{c1}=0$) до моменту його відключення. Завдяки застосуванню трансформатора ВП з розщепленими обмотками напруга на сусідній секції ВП знижується трохи ($U_c=0,9$), і електропостачання її споживачів не порушується.

2. Короткі замикання в зовнішній мережі (точка КЗ) супроводжуються, залежно від його вигляду і віддаленості, пониженням напруги на секціях ВП всіх енергоблоків, підключених до розподільного пристрою мережі, де відбулося КЗ. При цьому в початковий момент часу електродвигуни 6 кВ всіх енергоблоків даного РП підживлюють точку КЗ, якщо її видалення від шин РП невелике.

3. При затяжному КЗ в зовнішній мережі виявляється дія АРВ генераторів, а підживлення від електродвигунів припиняється, вони знов переходять в руховий режим при зниженій напрузі секцій, причому при несиметричному КЗ на момент електродвигунів, що обертає, разом з напругою прямої послідовності, впливає і напруга зворотної послідовності. Все це супроводжується зміною струму через вводи робочого живлення ТВП. Напруга на секції ВП і поведінка рухового навантаження виявляються залежними від багатьох чинників: вигляду і віддаленості КЗ, часу, параметрів генераторів, трансформаторів і двигунів.

4. Помилкове або мимовільне відключення вимикача робочого введення (В6, В7) може супроводжуватися знеструмленням одній і рідше двох секцій ВП. На знеструмлених секціях протягом деякого часу зберігається залишкова затухаюча напруга завдяки наявності асинхронних двигунів, що обертаються, то АВР включається не від третього ступеня захисту мінімальної напруги, а за фактом відключення вимикача робочого

введення (з контролем напруги в ланцюзі резервного джерела). При включенні В2, у разі помилкового знеструмлення однієї секції, або В2 і В3, у разі помилкового знеструмлення відразу двох секцій, електропостачання СУ, С2 відновлюється.

5. При експлуатації блоку можливі відмови в технологічній частині, що супроводжуються закриттям стопорно-регулюючого клапана (СРК) турбіни. Якщо пошкодження вимагає негайної зупинки турбіни, то вслід за спрацьовуванням СРК за наявності генераторного вимикача або апаратурного генераторного комплексу (КАГ) проводиться його відключення (В10) і живлення ВП продовжується від енергосистеми через робочий ТВП.

Проведений розгляд також показує, що виконання вимог протиаварійного циркуляра в частині зменшення ступенів селективності захистів до 0,3 с із з міркувань запобігання спалаху кабелів полегшує і умови само запуску, зменшуючи можливі перерви живлення. Разом з тим при малих перервах електропостачання включення резервного живлення на секцію відбувається так, щоб не встигло затухнути залишкова її напруга, що може викликати появу надструмів при комутації поблизу напруги.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2:

Розглянуто процес само запуску електродвигунів власних потреб станцій, а також загальну характеристику процесів, що відбуваються при само запуску електродвигунів.

Під впливом схеми захисту і автоматики на процес само запуску розуміємо тривалість можливих перерв електропостачання ВП, аналіз дії пристроїв релейного захисту і протиаварійної автоматики при пошкодженнях електротехнічного устаткування, тобто аналіз дії технологічної автоматики при порушеннях режиму тепломеханічного обладнання.

Шляхи виникнення режиму само запуску і можлива тривалість порушення електропостачання розглядає захист основних елементів системи електропостачання споживачів ВП і дозволяє визначити випадки само запуску як від робочого ТВП, так і від РТВП і перерв живлення, що виникають при цьому.

Таким чином, режим успішного само запуску електродвигунів ВП дозволяє утримати блок в роботі при КЗ в мережі ВП і енергосистемі при помилковому відключенні введів робочого живлення.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК САМОЗАПУСКА ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ

3.1. Постановка задачі розрахунку самозапуску

При розрахунку самозапуска електродвигунів можливі дві постановки завдання:

1. Визначення початкової напруги на секції і струмів самозапуска після короткочасної перерви живлення і рішення питання про можливість і допустимість самозапуска електродвигунів на підставі отриманих даних і вимог директивних матеріалів.

2. Визначення разом з вказаними ВП1 величинами часу розвороту окремих механізмів і часу закінчення самозапуска електродвигунів, тобто розгляд динаміки самозапуска.

Найбільш характерними слід рахувати режими самозапуска, що виникають при відключеннях вимикачів робочого живлення з боку шин 6 кВ із-за коротких замикань, помилкових або неправильних дій персоналу і ін. В даному випадку максимальне навантаження однієї секції може складати приблизно 14-16 МВт при працюючому живильному електронасосі і середньому коефіцієнті завантаження агрегатів в. п. це секції КЗ=0,7-0,8. Одночасне відключення вимикачів 6 кВ 2-х секцій, підключених до загальної системи шин резервного живлення(наприклад, 6РА і 6РВ), малоймовірно, проте можливість самозапуска двигунів у вказаному режимі повинна бути перевірена. Відзначимо, що такий режим практично відповідає самозапуску всіх 4-х секцій 6кВ при відключеннях II валу, оскільки взаємний вплив обмоток нижчої напруги резервного трьох обмоткового трансформатора в режимах самозапуска трохи.

У таблиці 3.1 приведені дані по величині завантаження основних двигунів 6 кВ блоку при різній потужності турбоагрегату, з якої виходить, що власні потреби блоку відрізняються достатньою маневреністю, що дозволяє у всьому діапазоні навантажень блоку забезпечувати

технологічний режим роботи обладнання з використанням тільки 60-70% встановленій потужності електродвигунів. Отже, при рівномірному розподілі працюючих агрегатів по секціях ВП потужність двигунів, що одночасно само запускаються, може бути значно менше їх сумарної встановленої потужності [11].

Таблиця 3.1 - Завантаження секцій і основних двигунів 6 кВ

Найменування	Позначення	Номін. дані	Навантаження блока, МВт				
			200	380	480	650	800
Навантаження генератора, МВт	I	500	200	265	340	400	500
	II	300	---	115	140	250	300
Навантаження секції 6 кВ, %	A	1856	0,29	0,192	0,384	0,37	0,4
	B		0,096	0,32	0,43	0,497	0,37
	B		0,224	0,32	0,4	0,45	0,563
	Г		0,43	0,48	0,43	0,575	0,59
До	1А	296	---	0,505	0,565	0,525	0,55
	1Б		---	0,505	0,573	0,54	0,6
	2А		0,66	0,54	0,73	0,81	0,75
	2Б		---	0,523	---	0,78	0,6
Др	1	200	---	---	---	---	0,79
	2		0,75	0,525	0,625	0,6	0,58
ДВосн	1А	107	---	0,62	0,84	0,75	0,926
	1Б		---	0,61	---	---	0,615
	2А		0,9	0,67	---	0,98	0,86
	2Б		0,95	0,425	0,79	0,98	0,87
ДВвспом	1	107	---	0,63	0,85	0,8	0,78
	2		---	0,7	0,785	0,8	0,8
ВГД	2А	31,5	0,72	0,95	1,05	1,05	0,95
	2Б		0,3	1,1	1,05	1,05	0,95
	2В		0,76	0,95	1,05	1,05	0,99
ПЕН	A	888	0,8	0,85	---	---	---
	Б		---	---	---	---	---

ЦЕН	1	215	---	0,7	0,725	0,7	---
	2		0,81	0,77	0,8	0,8	0,915
	4		---	0,8	0,825	0,81	---
ПНЕ	1Б	74,5	0,885	0,525	0,48	0,48	0,6
	2А		---	0,44	---	---	---
	2Б		---	---	0,645	0,685	---
БЕН	2	58	0,62	0,6	0,57	0,57	0,64
	3		--	0,62	0,62	0,62	---
	4		0,58	0,64	0,62	0,665	---
КЕН	1Б	57,5	0,82	0,78	0,78	0,8	0,73
	1В		---	---	0,78	0,8	---
	2А		---	---	0,835	0,78	0,76
	2Б		---	0,87	---	0,87	0,796

При роботі котла на газі у разі аварійного останову одного корпусу або одного валу турбіни відключення двигунів 6кВ технологічними захистами не відбувається. Аварійний останов обох корпусів при будь-якому виді палива (газ, пил з підсвічуванням газом, пил-мазут) пов'язаний з автоматичним відключенням всіх дутьових вентиляторів і вентиляторів гарячого дуття, що приблизно на 4000-5000 кВт зменшує навантаження резервного трансформатора в режимах само запуску.

Експериментальна перевірка умов самозапуску двигунів ВП блоку 800 МВт виконувалася в три етапи: на холодному котлі, при навантаженні блоку 380 МВт і 650 МВт. Приведені результати випробування режимів групового самозапуску і особливості поведінки основних двигунів при перервах живлення в схемі ВП.

У дослідях навантаження секції 6РА складає 3780 кВт. Після перерви живлення $t_{п.п.}=3,52$ с тривалість самозапуску складала $t_{с.з.}=2,0$ с, напруга на шинах секції при цьому знижувалася до $U_{с.з.}=0.85U_{ном.дв.}$

У дослідях загальне навантаження в секції 6РВ при включеному живильному електронасосі було рівне 10250 кВт. ПЕН працював на рециркуляцію із завантаженням $K_3=0,6$ на секції також були включені

двигуни дымососа осьового, дымососа регулювального, дутьевого вентилятора і насосов: циркуляційного, ежекторного, конденсатного, бустерного. Унаслідок низького завантаження агрегатів після перерви живлення 1,94 с тривалість самозапуску склала 2,86 с. При струмі секція у момент включення резервного трансформатора, рівному $I_{с.в.}=6670\text{А}$ (періодична складова), початкова напруга на шинах секції 6РВ була рівна 67,2% номінальної напруги двигунів.

При навантаженні блоку 380 МВт проводилися наступні випробування:

- 1) самозапуск двигунів секції 6РВ з навантаженням 5480 кВт і 13000 кВт;
- 2) самозапуск секції 6РВ після перерви живлення $t_{п.ж.}=1,5\text{с}$ від попереднього навантаженого секцією 6РА резервного трансформатора;
- 3) одночасний самозапуск секцій 6РА і 6РВ після $t_{п.ж.}=1,5\text{с}$;
- 4) самозапуск всіх чотирьох секцій 6РА-6РГ після перерви живлення, рівного власному часу дії схеми АВР.

Всі режими самозапуску в цій серії були успішними; мінімальна початкова напруга на шинах ВП відмічена в досвіді була рівною $70\%U_{ном.дв.}$; час самозапуску після перерви живлення $t_{пер.}=3,26\text{ с}$, $t_{с.з.}=2,0\text{ с}$.

При навантаженні блоку $P_{бл}=650\text{ МВт}$ головною метою досліджень було визначення ступеня дії перерв живлення в схемі ВП і самозапуску двигунів на стійкість технологічного режиму роботи блоку. Дослідження проводилися при спалюванні пилу з газом, навантаження генераторів 300 і 500 МВт складало відповідно 240 МВт і 410 МВт.

Згідно даним дії на обмотку двигуна електродинамічних зусиль, визначуваних «несинхронним» включенням його в мережу, по ступеню зносу ізоляції еквівалентно декільком сотням пусків двигуна при номінальній напрузі. У зв'язку з цим доцільно збільшити час дії схеми АВР до 0,55-0,6 с.

При порушеннях живлення в схемі 0,4 кВ мало місце помилкове спрацювання реле осявого зрушення турбогенератора. Необхідно відбудувати реле від кидків напруги живлення [9, 10,12].

3.2. Визначення початкової напруги на секції і струмів самозапуска

Перше завдання вирішується достатньо простим розрахунком, виходячи із знання опорів джерела живлення і двигунів, що загальмувалися. Допустимість рішення питання про можливість самозапуска електродвигунів на підставі цього розрахунку визначається тим, що максимальний час перерви живлення, як впливає із сказаного вище, не може бути, за рідкісним виключенням, більше 2,5-3 с, електродвигуни в цей час ще продовжують обертатися і, якщо після вказаної перерви живлення початкова напруга на секції встановлюється не нижче потрібного директивними матеріалами значення, самозапуск електродвигунів вважається забезпеченим. Хоча це і підтверджується достатньо великою кількістю досвідчених даних, проте спрощений розрахунок не дає повної картини процесу в динаміці і не дозволяє, наприклад, проаналізувати правильність вибору уставок технологічних захистів.

Друге завдання є складнішим і вирішується виходячи із застосування основного рівняння руху $M_{\text{надл}} = M_{\text{об}} - M_{\text{с}}$.

На підставі цього розрахунку можна детально проаналізувати процес самозапуска електродвигунів і, зокрема, можливі зміни технологічних параметрів на блоці.

Згідно ПТЕ перерва живлення не більше 2,5 секунди.

За розрахунковий прийнятий режим самозапуска одночасно 2-х секцій 6 кВ 6РА, 6РВ що живляться від однієї з розщеплених обмоток напругою 6,3 кВ ПРТВП 203Т.

Склад відповідальних механізмів, що беруть участь в самозапуску, при навантаженні блоку Р=800 МВт зазначені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. - Завантаження електродвигунів

Варіант розрахунку	Завантаження електродвигунів									$\sum P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$U_{\text{с.з.}}$	$I_{\text{с.з.}}$	$t_{\text{с.з.}}, \text{с}$
	До	ДР _I II	ДВ _I I	ПЕ Н	ЦЕ Н	ПН Е	ПН	БЕН	КЕ Н				
Самозапуск секцій ВП 6РА и 6РВ	2х0,65	2х0,6	3х0,8	---	2х0,9	2х0,6	2х0,8	3х0,65	3х0,8	20160	0,648	4,48	12,2

Перелік механізмів, що беруть участь в самозапуску, приєднаних до секцій 6РА і 6РВ зазначені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. - Перелік механізмів, що беруть участь в самозапуску

№ п/п	Механізми	Кількість х $K_{\text{зав.}}$	Потужність, кВт	Струм $I_{\text{ном}}, \text{А}$
1	Димосос основний- ДО	2х0,65	2500	296
2	Димосос регульовний- ДР _{III}	2х0,6	1600	200
3	Дутьовий вентилятор –ДВ _{II} (основний и додатковий)	3х0,8	900	107
4	Циркуляційний насос - ЦЕН	2х0,9	1700	215
5	Циркуляційний накачуючий насос- ПН	2х0,8	600	111
6	Ежекторні насоси - ПНЕ	2х0,6	630	74,5
7	Конденсатні насоси - КЕН	3х0,8	500	57,5
8	Бустерні насоси - БЕН	3х0,65	500	58

$$P_{\text{н с/д}\Sigma}=19760 \text{ кВт} \quad 20160-19760=400 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{нав ТВП6/0,4кВ}}=0,1P_{\Sigma}=0,1 \times 19760=1976 \text{ кВт}$$

ТВП 6/0,4 кВ не перевищує 10% загальної потужності споживачів секцій.

Тоді сумарне навантаження двох секцій складає: $P_{\Sigma}=19760+1976=21736$ кВт.

Схема заміщення приведена на рис.3.1.

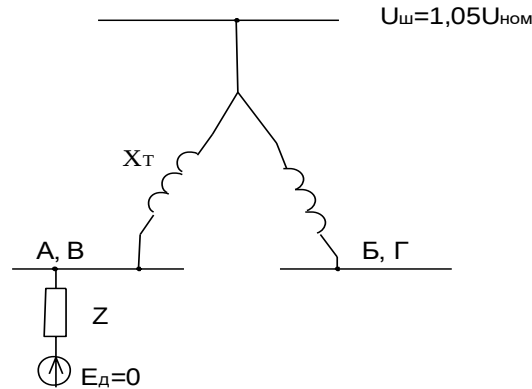


Рисунок 3.1 – Схема заміщення фрагмента схеми електропостачання

$$U_d = \frac{U_c}{Z_{\Sigma, д} + Z_{T.C.H.}} \times Z_{\Sigma, д} = \frac{U_c}{1 + \frac{Z_{T.C.H.}}{Z_{\Sigma, д}}} \quad (3.1)$$

Перевірочний розрахунок проведений спрощеним способом.

Резервний трансформатор 203Т, $S=40.5$ МВА, 115/6,3-6,3 кВ по 250 МВА, $I_{ном}=1865$ А.

$U_{к\text{ Вн-нн1}} = U_{к\text{ Вн-нн2}} = 9,6\%$ при $S=20.250$ МВА.

Розрахунок опору РТВП приведений до сторони 6,3 кВ

$$Z_T = \frac{U_K}{100} \cdot \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot I_{НОМ}} \quad Z_T = \frac{9.6 \cdot 6300}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 1860} = 0.188 \text{ Ом} \quad (3.2)$$

Сумарний струм електродвигунів 6 кВ 0,4 кВ секцій за паспортними даними складає 2676 А.

Сумарний опір електродвигунів через 2,5 с після перерви живлення складає 0,2 номінального опору.

$$Z_{д\text{ А,В}} = \frac{0,2 U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot I_{\Sigma, НОМ, А, В}} \quad Z_{д\text{ А,В}} = \frac{0,2 \cdot 6000}{\sqrt{3} \cdot 2676} = 0,259 \text{ Ом} \quad (3.3)$$

Напруга на затисках електродвигунів секцій 6РА, 6РВ в початковий момент самозапуска з урахуванням того, що $U_{тр}=1,05U_{ном}$ єд

$$U_{c.з.} = \frac{Z_{Д,А,В} \cdot U_c}{Z_T + Z_{Д,А,В}} \quad U_{c.з.} = \frac{0,259 \cdot 1,05 \cdot 6000}{0,188 + 0,259} = \frac{1631,7}{0,447} = 3650 \text{ В} \quad (3.4)$$

$$\frac{U_c}{U_{н.ЭД}} = \frac{3650}{6000} = 0,61 \geq 0,6 \text{ для блокових станцій } P > \text{МВт}$$

ПТЕ і ПУЕ нормує перерву живлення $t \leq 2.5 \text{ с}$

Струм самозапуску

$$I_{c.з.} = \frac{1,05 \cdot U_{н.ДВ}}{\sqrt{3}(Z_T + Z_{Д,А,В})} \quad I_{c.з.} = \frac{1,05 \cdot 6000}{\sqrt{3}(0,188 + 0,253)} = 8147 \text{ А} \quad (3.5)$$

У приведеному розрахунку:

- прийнято, що опір живлячої системи рівний нулю внаслідок її значно більшої потужності порівняно з сумарною потужністю електродвигунів, що само запускаються;

- опір шин резервного живлення 6 кВ не враховувався. Питомий фазний опір шин складає приблизно 0,2 Ом/км, а довжина шин може складати 200-300 м;

- не враховано, що опори електродвигунів і трансформатора мають комплексне значення, тобто складаються з активної і індуктивної частин;

- прийнято, що при виконанні трансформатора з розщеплюванням обмоток низької напруги режим роботи однієї обмотки не робить істотного впливу на режим роботи інший.

3.3. Розрахунок самозапуска електродвигунів за допомогою основного рівняння руху

Розрахунок виконується в наступній послідовності:

1. На підставі кривих індивідуального вибігу електродвигунів агрегатів $n=f(t)$ визначається ковзання кожного електродвигуна до моменту

$$\text{відновлення живлення:} \quad S_1 = \frac{n_c - n}{n_c} = \frac{\omega_c - \omega}{\omega_c} \quad (3.6)$$

У таблиці 3.4. приведені показники ковзання механізмів ВП.

Таблиця 3.4. - Ковзання механізмів ВП

№ п/п	Механізми	Ковзання $S, \text{о.е.}$	$T_a,$ <u>сек</u>
1	Димососи основні ДО	0,17	15,4
2	Димососи регульовочні ДР	0,13	11,2
3	Дут'єві вентилятори ДВ	0,11	22,3
4	Циркуляційні насоси ЦЕН	0,36	2,4
5	Циркуляційні перекачуючі насоси ПН	0,45	1,93
6	Ежекторні насоси ПНЕ	0,2	4,9
7	Конденсатні насоси КЕН	0,56	10,5
8	Бустерні насоси БЕН	0,4	2,47
9	Насоси системи регулювання НРТ ($P=250 \text{ кВт}$ -2 насоса, враховуються як узагальнений ЕД) КЕН	0,4	2,47

Де T_a - механічна постійна часу с.

При цьому для розрахункового часу перерви живлення $t_{п,ж}=2,5 \text{ с}$, як показують досліди, можна нехтувати взаємним впливом електродвигунів на процес вибігання.

Для набутих значень ковзань електродвигунів визначаються Z_d по раніше знятих пускових характеристиках U_t, I_t, n_t .

Еквівалентний сумарний опір електродвигунів визначається по формулі:

$$Z_{\Sigma, д} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{д1}} + \frac{1}{Z_{д2}} + \dots + \frac{1}{Z_{дn}}} \quad (3.7)$$

Для димососів ОД і вентиляторів ДВ, циркуляційних насосів ЦЕН дані для розрахунку $Z_{дв}$ бралися з таблиць пускових характеристик і вибігання двигунів.

2. 3 пускових характеристик електродвигунів механізмів, наприклад:

2.1.Для димососів основних ДО:

$$Z_d = \frac{U_d}{\sqrt{3}I_{пуск}} \quad Z_{д1} = \frac{5820}{\sqrt{31870}} = 1,8 / 2 = 0,9 \text{ Ом}$$

$$2.2 \text{ Для димососів регульованих ДР: } Z_{д2} = \frac{5900}{\sqrt{31100}} = 3,1/2 = 1,55 \text{ Ом}$$

2.3. Еквівалентний сумарний опір електродвигунів:

$$Z_{\Sigma, Д} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{Д1}} + \frac{1}{Z_{Д2}} + \dots + \frac{1}{Z_{Д9}}}$$

$$Z_{\Sigma, Д} = \frac{1}{\frac{1}{0,9} + \frac{1}{1,55} + \frac{1}{1,9} + \frac{1}{4,65} + \frac{1}{1,52} + \frac{1}{3,2} + \frac{1}{3,7} + \frac{1}{3,3} + \frac{1}{11}} = \frac{1}{4,121} = 0,243 \text{ Ом}$$

$$Z_{\Sigma} = Z_T + Z_{\Sigma Д} \quad Z_{\Sigma} = 0,188 + 0,243 = 0,431 \text{ Ом}$$

$$I_{с.з.} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} \quad I_{с.з.} = \frac{1,05 \cdot 6000}{\sqrt{3} \cdot 0,431} = 8449 \text{ А}$$

$$U_{с.з.} = \frac{U_c \cdot Z_{\Sigma Д}}{Z_{\Sigma}} \quad U_{с.з.} = \frac{1,05 \cdot 6000 \cdot 0,243}{0,431} = 3600 \text{ В} = 0,6 U_{ном.}$$

Якщо при цьому для всіх агрегатів $M_{вибірк} \geq 1,1 M_c$, то самозапуск вважається забезпеченим.

Подальшим розрахунком визначається час самозапуска окремих електродвигунів відновлення напруги секцій. Розрахунок виконується так званим методом послідовних інтервалів. Для цього весь процес розбивається на ряд інтервалів Δt невеликої тривалості ($\Delta t = 4 \text{ с}$). У кожному інтервалі часу надмірний момент $M_{вибірк}^*$ вважається постійним і на підставі основного рівняння руху визначається зміна ковзання ΔS кожного електродвигуна: $\Delta S_1 = \frac{M_{изб1} \cdot \Delta t_1}{T_a}$,

$$S_2 = S_1 - \Delta S_1 = 0,17 - 0,0306 = 0,14 \quad Z_{Д1} = \frac{U_{пуск}}{\sqrt{3} \cdot I_{пуск}} = \frac{5820}{\sqrt{3} \cdot 1850} = 1,81/2 = 0,905 \text{ Ом}$$

$$\Delta S_1 = \frac{0,08 \cdot 4}{22,3} = 0,0143 \quad S_1 = S_1 - \Delta S_1 = 0,11 - 0,0143 = 0,0957$$

$$Z_{дв3} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_H} \quad Z_{дв3} = \frac{6050}{\sqrt{3} \cdot 587} = 5,96/3 = 1,99 \text{ Ом}$$

Еквівалентний сумарний опір електродвигунів:

$$Z_{\Sigma, Д} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{Д1}} + \frac{1}{Z_{Д2}} + \dots + \frac{1}{Z_{Д9}}}$$

$$Z_{\Sigma, Д} = \frac{1}{\frac{1}{0,905} + \frac{1}{1,55} + \frac{1}{1,99} + \frac{1}{11,2} + \frac{1}{15,6} + \frac{1}{23,3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{20} + \frac{1}{60}} = \frac{1}{2,761} = 0,362 \text{ Ом}$$

$$Z_{\Sigma} = Z_T + Z_{\Sigma Д} \quad Z_{\Sigma} = 0,188 + 0,362 = 0,55 \text{ Ом}$$

$$I_{c.3.} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} \quad I_{c.3.} = \frac{1,05 \cdot 6000}{\sqrt{3} \cdot 0,55} = 6621 \text{ А}$$

$$U_{c.3.} = \frac{U_c \cdot Z_{\Sigma Д}}{Z_{\Sigma}} \quad U_{c.3.} = \frac{1,05 \cdot 6000 \cdot 0,362}{0,55} = 4147 \text{ В}$$

Сумарний еквівалентний опір електродвигунів складає:

$$Z_{\Sigma, Д} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{Д1}} + \frac{1}{Z_{Д2}} + \dots + \frac{1}{Z_{Д9}}}$$

$$Z_{\Sigma, Д} = \frac{1}{\frac{1}{0,95} + \frac{1}{8,65} + \frac{1}{6,12} + \frac{1}{11,2} + \frac{1}{15,6} + \frac{1}{23,3} + \frac{1}{20,1} + \frac{1}{20} + \frac{1}{60}} = \frac{1}{1,645} = 0,608 \text{ Ом}$$

$$Z_{\Sigma} = Z_T + Z_{\Sigma Д} \quad Z_{\Sigma} = 0,188 + 0,608 = 0,796 \text{ Ом}$$

$$I_{c.3.} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} \quad I_{c.3.} = \frac{1,05 \cdot 6000}{\sqrt{3} \cdot 0,796} = 4575 \text{ А} \quad U_{c.3.} = \frac{U_c \cdot Z_{\Sigma Д}}{Z_{\Sigma}} \quad U_{c.3.} = \frac{1,05 \cdot 6000 \cdot 0,608}{0,796} = 4812 \text{ В}$$

5.5 Сумарний опір електродвигунів складає:

$$Z_{\Sigma, Д} = \frac{1}{0,086 + 0,116 + \frac{1}{12,6} + 0,089 + 0,064 + 0,043 + 0,05 + 0,05 + 0,017} = \frac{1}{0,594} = 1,68 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{нагр}} = \frac{1,05 \cdot U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}$$

$$Z_{\Sigma} = Z_T + Z_{\Sigma Д} \quad Z_{\Sigma} = 0,188 + 1,68 = 1,868 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{нагр}} = \frac{1,05 \cdot 6000}{\sqrt{3} \cdot 1,868} = 1949 \text{ А}$$

$$U_c = \frac{U_{xm} \cdot Z_{\Sigma Д}}{Z_{\Sigma}} \quad U_c = \frac{6600 \cdot 1,68}{1,868} = 5935 \text{ В}$$

$$\omega^* = \frac{\omega}{\omega_c} = 1 - S$$

Таблиця 3.5. - Частота і час механізмів ВП.

t, с	Механізми							
	БЕН	ПНЕ	КЕН	ПН	ЦЕН	ДВ	ДР	ДО
	ω^* , відн. од.							
0	0,6	0,8	0,44	0,55	0,64	0,89	0,87	0,83
4	-0,047	-0,025	0,26	-0,151	-0,123	0,9	0,93	0,86
8	-	-	-	-	-	0,98	-0,106	0,93

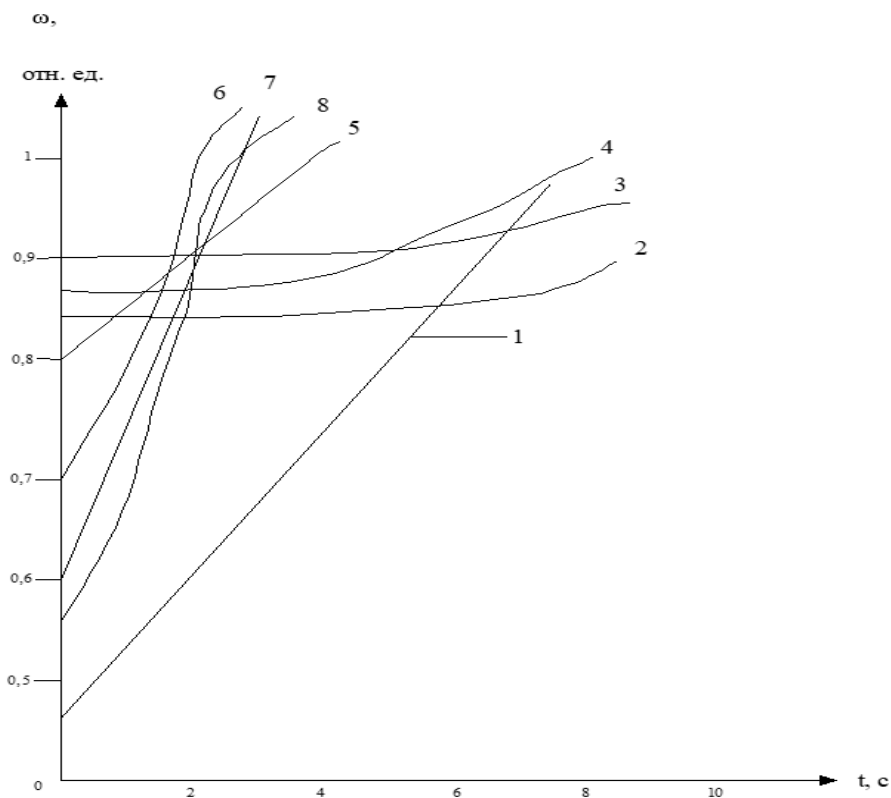


Рисунок 3.2 – Самозапуск секцій 6РА, 6РВ. РБЛ=800 МВт: 1- КЕН; 2- ДО; 3- ДВ; 4- ДР; 5- ПНЕ; 6-ПН; 7-БЕН, НРТ; 8- ЦЕН

Для прикладу побудуємо графіки залежності $U^*=f(t)$, (рис.3.3).

$$U^* = \frac{U_{c3}}{U_{нд}}$$

$$\text{При } t=0 \text{ с, } U^* = \frac{4147}{6000} = 0.69 \quad \text{При } t=4 \text{ с, } U^* = \frac{4812}{6000} = 0.8$$

$$\text{При } t=8 \text{ с, } U_* = \frac{5820}{6000} = 0.97 \quad \text{При } t=10 \text{ с, } U_* = \frac{5935}{6000} = 0.99$$

$$I_{HH} = 1860 \text{ А}$$

$$I_* = \frac{I}{I_{HH}}$$

$$\text{При } t=0 \text{ сек, } I_* = \frac{6621}{1860} = 3.56$$

$$\text{При } t=4 \text{ сек, } I_* = \frac{4575}{1860} = 2.46$$

$$\text{При } t=8 \text{ сек, } I_* = \frac{2190}{1860} = 1.18$$

$$\text{При } t=10 \text{ сек, } I_* = \frac{1949}{1860} = 1.05$$

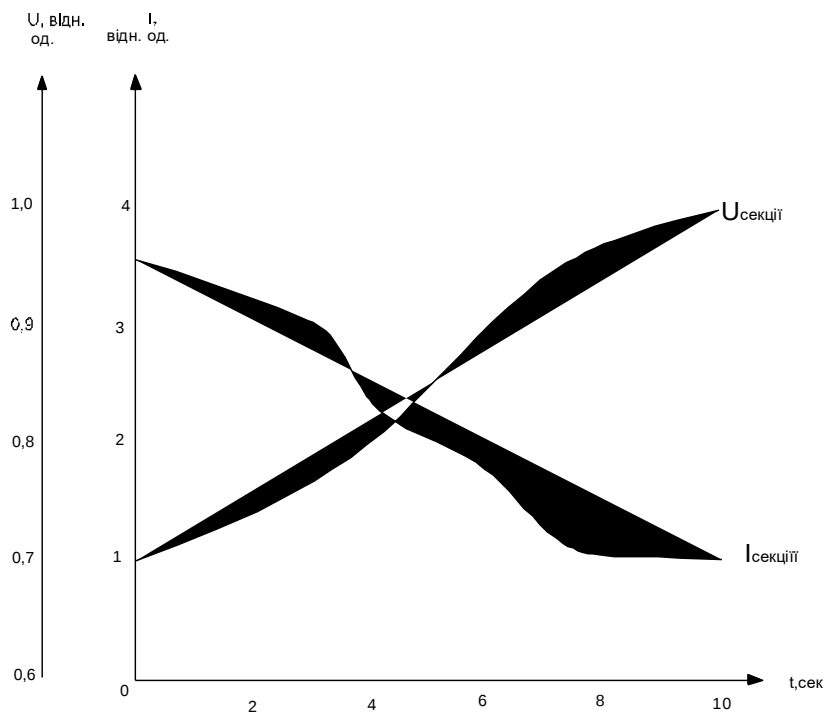


Рисунок 3.3 – Графіки залежності напруги та струму у часі

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3:

Проаналізовані шляхи виникнення режиму само запуску і можлива тривалість порушення електропостачання.

Розглянутий захист основних елементів системи електропостачання споживачів ВП, який дозволяє визначити випадки само запуску як від робочого ТВП, так і від РТВП, та перерв живлення, що виникають при цьому.

Таким чином, режим успішного самозапуску електродвигунів ВП дозволяє утримати блок в роботі при КЗ в мережі ВП і енергосистеми при помилковому відключенні введів робочого живлення.

Розрахунковим режимом самозапуску був вибраний реально можливий режим роботи обладнання, при навантаженні блоку $P=800$ МВт і живленні секції 6 кВ ВП ПРТВН. Розрахунок самозапуску проводився для одного з несприятливих режимів: при самозапуску двох секцій 6кВ, що живляться від однієї з обмоток нижчої напруги ПРТВП, коли початкова напруга на шинах ВП мінімальна.

На першому етапі аналізу і розгляду режиму самозапуску спрощений розрахунок самозапуску навантаження двох секцій ВП при перерві живлення 2,5 с, показав, що самозапуск у вказаному режимі можливий, але напруга на секціях $U_{\text{ч}}=0.60U_{\text{ном.дв.}}$ досягає граничного мінімального допустимого $U_{\text{поч}} = 0.60U_{\text{ном.дв.}}$. Уточнений режим самозапуску показав можливість успішного самозапуску рухового навантаження двох секцій при перерві живлення 2,5 с. З вище приведених графіків $U^*_{\text{с.з}}=f(t)$, $I^*=f(t)$, видно, що: для блокових електростанцій з агрегатами $P>150$ МВт за умовами збереження технологічного процесу, час самозапуску не повинен перевищувати 20 секунд, тому самозапуск двох секцій у вказаному режимі можна вважати успішним.

Всі висновки та розрахунки показали важливість процесу само запуску двигунів на електростанціях з точки зору надійної та стійкої роботи механізмів власних потреб.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ:

З метою підвищення рівня енергетичної безпеки розглянуто процес само запуску електродвигунів власних потреб станцій, а також загальну характеристику процесів, що відбуваються при самозапуску електродвигунів.

Під впливом схеми захисту і автоматики на процес само запуску розуміємо тривалість можливих перерв електропостачання ВП, аналіз дії пристроїв релейного захисту і протиаварійної автоматики при пошкодженнях електротехнічного устаткування, тобто аналіз дії технологічної автоматики при порушеннях режиму тепломеханічного обладнання.

Шляхи виникнення режиму само запуску і можлива тривалість порушення електропостачання розглядає захист основних елементів системи електропостачання споживачів ВП і дозволяє визначити випадки само запуску як від робочого ТВП, так і від РТВП, і перерв живлення, що виникають при цьому.

Допустима тривалість самозапуску електродвигунів ВП на крупних теплових електростанціях з енергоблоками потужністю 150—300 МВт і більш обмежується, як указувалося, зміною технологічних параметрів роботи блоку до таких значень, які можуть привести до дії технологічних захистів і, як наслідок, останову блоку.

В умовах самозапуску електродвигунів слід виключати зайві автоматичні перемикання. З цією метою час спрацьовування мінімального захисту напруги, що діє на відключення робочих введень 0,4 кВ трансформаторів 6/0,4 кВ, необхідно відбудувати від реальної можливої перерви живлення і прийняти рівним приблизно 2,5—3,0 с.

Більшість приладів вимірювання технологічних параметрів, пристроїв теплової автоматики живиться змінним струмом 220 В. Перерва їх живлення може приводити до неправильних дій технологічних захистів,

дезорієнтації чергового персоналу. У зв'язку з цим необхідно приймати заходи до забезпечення їх безперебійного живлення.

Максимальні струмові захисти робочих і резервних трансформаторів виконуються з блокуванням по напрузі, оскільки без цього не вдається відбудувати їх струми спрацьовування від струму само запуску. При цьому уставка захисту по струму для виключень його помилкової роботи при можливих порушеннях блокування по напрузі повинна бути такою, щоб коефіцієнт чутливості був приблизно рівний 1,3—1,5с.

Доцільно виконати уставки максимальних захистів трансформаторів 6/0,4 кВ по струму рівними (3,5— 4)Іном при збереженні мінімальної уставки за часом. Можливість підвищення уставки по струму пояснюється тим, що склад приєднаного до трансформаторів навантаження на блоках практично постійний, чутливість захисту до міжфазних КЗ забезпечується, а при однофазних замиканнях на стороні 0,4 кВ діє окремий захист від замикань на землю.

Слід ретельно аналізувати схему живлення приладів, передбачати перехресне живлення по схемі АВР від щита 0,4 кВ сусіднього блоку.

Найбільш надійним живленням в аварійних випадках могло б бути живлення від акумуляторної батареї. У зв'язку з широким впровадженням автоматизованих систем управління технологічним процесом на енергоблоках (АСУ ТП) великого значення набуває забезпечення безперебійного живлення засобів обчислювальної техніки.

За наслідками дослідження робимо висновок про достатню надійність резервування живлення секцій 6 кВ, правильність вибору уставок захистів і АВР окремих технологічно відповідальних механізмів.

Всі висновки та розрахунки показали важливість процесу само запуску двигунів на електростанціях з точки зору надійної та стійкої роботи механізмів власних потреб, а також з точки зору підвищення енергетичної безпеки.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ:

1. Липська О.В., Новак А.В. Самозапуск електродвигунів власних потреб ТЕС. Матеріали 13-ї Міжнародної НТК. Т.1, 2017. С.23.
2. Бардик Є.І., Бондаренко В.І. Експлуатація та режими роботи електростанцій. Навчальний посібник. КПІ ім. Ігоря Сикорського, 2023. 37с.
3. Василів К.М. Експлуатація електричних станцій. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. 236 с.
4. Правила улаштування електроустановок. Київ, 2017.
5. План розвитку ОЕС України на 2017 – 2026 рр. ДП НЕК «Укренерго» 2016 108 с. Режим доступу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2016/12>
6. Енергетична стратегія України на період до 2030 р.: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 №1071. Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/>
7. Про схвалення енергетичної стратегії України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабміну України від 18.08.2017 р. №605-р. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/>
8. Електронний ресурс: <http://energetika.in.ua/books-3/>
9. Схеми електричних з'єднань власних потреб. URL: <https://stad-files.net/preview/51999501/>
10. Дмитренко О.О., Заколюжний В.В. Автоматичне введення резерву магістралі резервного живлення власних потреб електростанції. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2018, №2. С.44-50.
11. Mykhaylo Sehed, Nazar Ravlyk. Modeling of self-excitation of electric networks auxiliaries, under post-fault condition. Modern Electric Power Systems: MEPS 15 International Conference. Wroclaw, Poland. July 6-9, 2015. Scopus 2016.

12. Василів К.М. Математична модель електроенергетичного комплексу власних потреб ТЕС. Гідроенергетика України, 2020. С. 42-48.
13. Мазуренко Л.І., Василів К.М., Джура О.В. Математична модель і режими роботи асинхронних двигунів власних потреб теплових електричних станцій. Технічна електродинаміка. 2018, №4. С. 70-82.
14. Василів К.М. Математична модель режимів роботи системи асинхронних двигунів димотягів теплових електричних станцій. Електротехнічні комплекси та системи. Силова електроніка. №3, 2017. С.19-26.
15. Лагутін В.М., Тепля В.В. Власні потреби електричних станцій. Навч.посібник. ВНТУ, 2018. 102 с.
16. Маляр В.С., Маляр А.В. Дослідження впливу додаткового активного опору в колі обмотки збудження на пускові характеристики явнополюсних синхронних двигунів. Електротехніка і Електромеханіка, 2018, №2. С. 18 – 23.
17. Баран П.М., Гапанович В.Г. Моделювання електромеханічних процесів власних потреб електричних станцій в реальному часі. Вісник ВПІ, 2016, №5. С. 52 – 56.
18. Баран П.М., Кідиба В.П., Пришляк Я.Д. Спеціалізована система навчання оперативного персоналу електричних станцій. Вісник НУ «Львівська політехніка», 2017, №597. С. 30-37.
19. Баран П.М., Кідиба В.П., Пришляк Я.Д. Комп'ютерний симулятор управління електричною частиною енергоблока ТЕС. Вісник НУ «Львівська політехніка», 2015, №934. С. 3 – 7.
20. Остапчук О.В., Білянівський А.В. Аналіз самозапуску двигунів власних потреб ТЕЦ. 2016. С. 124 – 127.