

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до кваліфікаційної магістерської роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

галузі знань 14 електрична інженерія

**зі спеціальності 141 електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

**на тему: Дослідження заходів щодо підвищення надійності схеми
електропостачання насосної підстанції**

Виконав:

студент групи ЕСЕ-19дм

Сумарков Д.Ю.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник

доц. Філімоненко Н. М.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

В. о. завідувача кафедри

доц. Руднєв Є. С.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Рецензент

доц. Мелконов Г. Л.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Северодонецьк, 2021 р.

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра електричної інженерії

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

в. о. завідувача кафедри
доц. Руднєв Є. С.

« _____ » _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

_____ Сумарокову Данилу Юрійовичу _____

1. Тема проекту Дослідження заходів щодо підвищення надійності схеми електропостачання насосної підстанції

Спец. завдання Вдосконалювання схеми ЕП.

Керівник проекту доц. Філімоненко Ніна Миколаївна, доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “09” жовтня 2020 року 144/15.26

2. Строк подання студентом проекту 12 січня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Вихідні данні визначені в переліку питань, що підлягають розробці в магістерській роботі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Провести аналіз діючої схеми електропостачання корпусу підприємства хімічної промисловості. 2. Визначити в чому полягає енергетична стійкість насосних станцій. 3. Провести дослідження заходів щодо підвищення надійності схеми електропостачання корпусу насосної станції. 4. Зробити вибір захисної апаратури.

5. Дослідити економічну ефективність інвестиційного проекту.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) Презентація:

Плакати, що пояснюють суть магістерської роботи, в кількості 10 шт.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 3	доц. Філімоненко Н. М.		

7. Дата видачі завдання 1 жовтня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Аналіз діючої схеми електропостачання корпусу підприємства хімічної промисловості. Визначення шляхів вдосконалювання.	12.11-30.11.2020	
2.	Енергетична стійкість насосних станцій.	30.11-10.12.2020	
3.	Дослідження заходів щодо підвищення надійності схеми електропостачання корпусу насосної станції.	05.12-20.12.2020	
4.	Вибір схеми електропостачання. Вибір захисної апаратури. Вдосконалювання схеми ЕП.	20.12-30.12.2020	
5.	Економічна ефективність інвестиційного проекту показники ефективності інвестиційного проекту.	01.12-12.12.2020	
6.	Висновки	13.12-30.12.2020	
7.	Оформлення магістерської роботи	31.12.2020-12.01.2021	

Студент _____ Сумарков Д. Ю.

Керівник проекту _____ доц. Філімоненко Н. М.

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: «Дослідження заходів щодо підвищення надійності схеми електропостачання насосної підстанції» містить 92 сторінки тексту, 20 рисунків, 17 таблиць, 37 найменувань використаних джерел.

В роботі розглянуто стан і умови електропостачання насосної станції – корпусу НС. Виявлено, що електропостачання на теперішній час є недостатньо надійним в зв'язку зі зношенням основного обладнання. Також встановлено, що управління насосами можливо тільки за місцем їх установки з причини відсутності систем автоматизованого контролю та дистанційного керування в диспетчерському пункті. Електропостачання НС потребує повної реконструкції із застосуванням нових технологій, які здатні виконувати автоматизований контроль за роботою промислового устаткування.

Всі пристрої електроживлення насосних станцій та інших технологічних пристроїв, підстанцій та розподільчих пристроїв повинні бути стійкі в експлуатації і та захищені від порушення режиму їх нормальної роботи, пошкоджень, часткових руйнувань, коротких замикань в електромережі, що здатні викликати теплові та механічні дії на електричній установці.

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЛІНІЇ ЖИВЛЕННЯ, ЕЛЕКТРИЧНЕ
ОБЛАДНАННЯ, НАСОСНА СТАНЦІЯ, АГРЕСИВНА ХІМІЧНА РІДИНА,
ЧАСТОТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ, БЕЗВІДМОВНА РОБОТА.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОРПУСУ ПІДПРИЄМСТВА ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	9
1.1 Енергетична стійкість насосних станцій	9
1.2 Системи електропостачання	12
1.3 Властивості, стан і події, що характеризують надійність систем електропостачання	14
1.4 Споживачі електричної енергії та обсяги електроспоживання на насосній станції	18
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОРПУСУ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ	23
2.1 Вибір схеми електропостачання	23
2.2 Розрахунок електричних навантажень корпусу	29
2.3 Розрахунок освітлення	30
2.4 Розрахунок кабельних ліній 0,4 кВ для внутрішньо цехових електроприймачів	35
2.5 Вибір захисної апаратури	43
2.6 Вибір частотного перетворювача	51
2.7 Розрахунок струмів короткого замикання	58
2.8 Розрахунок захисного заземлення	67
2.9 Технічне виконання РУ -0,4 кВ	69
РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ	77
3.1 Визначення та види ефективності інвестиційного проекту	77
3.2 Основні принципи оцінки ефективності	88
3.3 Показники ефективності інвестиційного проекту	80
3.4 Розрахунок економічної ефективності установки частотних перетворювачів	82
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ	88
SUMMARY	92

ВСТУП

Промисловість споживає близько двох третин усієї електроенергії, яка виробляється в нашій країні. Зростають потужності, що споживаються підприємствами й окремими електроприймачами. У зв'язку з цим ускладнюються завдання раціональної побудови схем розподілу електроенергії. Підвищуються вимоги до надійності, економічності, зручності та безпеки експлуатації і до якості електроенергії.

Аналіз результатів досліджень, проведених в Україні, показує високу ступінь зносу систем електропостачання, що досягає 70%. На багатьох промислових підприємствах існуючі системи електропостачання є спроектовані, як мінімум, двадцять років тому. Отже на сьогоднішній день в електроенергетиці України чітко проглядається тенденція зниження показників надійності електропостачання, а також зростання цін на електричну енергію. Все це безпосередньо пов'язано зі значним старінням генеруючих підприємств, електричних мереж і, загалом, збільшенням числа відключень внаслідок аварій на лініях електропостачання [1].

Однією із надважливих одиниць такого промислового об'єкту як хімічне виробництво є насосна станція. Схеми електропостачання насосних станцій розраховуються і проектуються з урахуванням особливостей споживачів електроенергії, а також з урахуванням індивідуальних особливостей розміщення електроприймачів на даному об'єкті і, звичайно, умов їх експлуатації.

Сучасна насосна станція – це складна, велика інженерна споруда, тому надійність схеми електропостачання насосних станцій має досить непередбачуваний характер. В останні роки зі збільшенням аварійних ситуацій, розробляються методи оцінки ймовірності пошкоджень, обумовлених відмовами автоматики і комутаційної апаратури.

Необхідно відзначити, що будь-яке пошкодження в електричних мережах – це випадкова подія, тому неможливо точно передбачити, коли та в якому місці може виникнути будь-яке порушення в роботі системи електропостачання. Спостереження й аналіз досвіду експлуатації певною мірою дозволяє виокремити основні чинники, місця та періоди з підвищеною ймовірністю відмови. Технічна й організаційна структура систем електропостачання не є сталою, а періодично змінюється разом зі змінами в структурі суспільного виробництва. Неодноразові порушення працездатності електроустановок, що виконують передачу та розподіл електроенергії, при збігу певних обставин, можуть привести до серйозних порушень режиму роботи насосної станції.

Всяка раптова перерва в системі електропостачання насосної станції, зазвичай, пов'язана зі збитком, величина якого визначається, виходячи з таких чинників, як, наприклад, тривалість перерви електропостачання, фаза технологічного процесу або температура навколишнього середовища [20].

Актуальність теми зумовлена тим, що раптові перерви електропостачання є найбільш важкими та поширеними видами порушень, від яких складно повністю захистити обладнання, тому що специфіка процесу виробництва й передачі електроенергії обумовлює неможливість зробити її запас в необхідній для технологічних процесів кількості для забезпечення безперебійності живлення.

Всі пристрої електроживлення насосних станцій та інших технологічних пристроїв, підстанцій та розподільчих пристроїв повинні бути стійкі в експлуатації і та захищені від порушення режиму їх нормальної роботи, пошкоджень, часткових руйнувань, коротких замикань в електромережі, що здатні викликати теплові та механічні дії на електричній установці.

Об'єктом дослідження є процес електропостачання на промисловий об'єкт.

Предметом дослідження є дослідження чинників, що забезпечують надійність і сталість роботи електричної мережі, яка живить електроенергією насосну станцію хімічного промислового підприємства.

Метою роботи є впровадження систем автоматизації (СА) та зниження експлуатаційних витрат насосної станції корпусу підприємства хімічної промисловості. СА повинна забезпечити стійкість роботи живлячої електричної мережі.

Поставлена мета вимагає вирішення наступних **завдань**:

1. Аналіз існуючої системи електропостачання корпусу насосної станції.
2. Дослідження заходів щодо підвищення надійності схеми електропостачання насосної станції.
3. Оцінка показників ефективності від впровадження систем автоматизації.

Методи дослідження: теорія електричних та магнітних кіл, теорія випадкових процесів, методика розрахунку електричних систем та мереж, методика вибору захисної апаратури та розрахунку захисного заземлення, методика оцінки ефективності інвестиційних проектів.

Структура роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОРПУСУ ПІДПРИЄМСТВА ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Корпус підприємства – це насосна станція, що виконує функцію перекачування хімічної агресивної маслянистої рідини з цистерн, що привозяться залізничним транспортом, на склад зберігання цієї рідини.

Речовина, яка перекачується, є в'язкою й маслянистою безбарвною рідиною, вона вкрай їдка: при потраплянні залишає сильні опіки на шкірі, швидко роз'їдає різні матеріалів, за винятком найменш реакційноздатних. Проте, внаслідок ефекту пасивації, може зберігатися в сталевих ємностях. Цю рідину не можна розбавляти водою або виливати її в воду, через сильні екзотермічної реакції.

1.1 Енергетична стійкість насосних станцій

Схеми електропостачання насосних станцій, як й інших об'єктів, розробляються з урахуванням особливостей розміщення об'єктів електроживлення, умов їх експлуатації та особливостей конкретних електроспоживачів. Як джерела живлення використовуються кабельні лінії та лінії електропередачі від енергосистеми. Високий ступінь готовності систем електропостачання насосної станції представляє складну технічну, організаційну та економічну задачу [2-5].

Необхідно відзначити, що будь-яке пошкодження в електричних мережах – це випадкова подія, тому неможливо точно передбачити, коли та в якому місці може виникнути якість порушення в роботі системи

електропостачання. Спостереження й аналіз досвіду експлуатації певною мірою дозволяє виділити основні причини, місця та періоди з підвищеною ймовірністю відмови. Можна додати, що технічна й організаційна структура систем електропостачання не є сталою, а періодично змінюється разом зі змінами в структурі суспільного виробництва. Часті порушення працездатності електроустановок, які виконують передачу та розподіл електроенергії, при збігу певних обставин, можуть привести до серйозних порушень режиму роботи об'єкта.

Раптова перерва централізованого електропостачання об'єктів часто призводить до збитків, розміри та ступінь яких залежать від наступних обставин: фаза технологічного процесу, тривалість перерви електропостачання, температура навколишнього середовища тощо.

Раптові перерви електропостачання є найбільш важкими та поширеними видами порушень, від яких складно повністю захистити обладнання, тому що специфіка процесу виробництва й передачі електроенергії обумовлює неможливість зробити її запас в необхідній для технологічних процесів кількості, що б забезпечила безперебійність живлення.

Такі ситуації при відсутності попередньої підготовки з підвищення стійкості об'єкту, можуть привести до зупинки технологічного процесу, що, в свою чергу, може спричинити не тільки втрату певного прибутку, але також витрати на відновлення працездатності машин і механізмів, які були зупинені.

Перерва в електроживленні обладнання – це аварійний режим технологічної системи. Тому електроустановки необхідно забезпечувати пристроями надійного захисту, автоматичного контролю управління та сигналізації.

До відмови може привести порушення працездатності будь-якого елемента системи в момент виконання ним заданої функції. Якщо при виході з ладу одного або декількох таких елементів виконання їх функцій

перекласти на резервні елементи, передбачені системою, то відмови в роботі не відбудеться. Якщо ж при втраті елемента його функції не передається резерву, то спостерігається зміна або обмеження основних параметрів в роботі системи, збій в технологічному ланцюжку, після якого фіксується відмова системи.

При неможливості системи в разі відмови одного з її елементів своєчасно відновити нормальне електропостачання споживача, така система вважається *нестійкою*.

Існує поняття *живучості* системи. Згідно із визначенням ДСТУ 3440-96 «Системи енергетичні. Терміни та визначення», це – здатність протистояти каскадному /ланцюговому розвитку аварійного режиму.

Стійкість і живучість – це властивості системи електропостачання, які взаємопов'язані з таким терміном, як надійність. Не можна говорити про надійність роботи системи, яка не має певного ступеню стійкості та живучості. В сукупності ці властивості розглядаються як здатність локалізувати пошкодження та швидко відновити основні функції системи[6].

Стійкість системи електропостачання та стійкість об'єкта мають взаємний вплив одне на одного й є взаємозалежними поняттями. В процесі системного аналізу доцільно комплексно оцінювати стійкість систем електропостачання, розподілу і споживання електроенергії будь-яким об'єктом.

Нормальне стійке функціонування об'єкта в загальному випадку забезпечується створенням нормального температурного режиму, забезпеченням необхідної механічної міцності його конструктивних елементів, виробленням правильної системи регулювання основних параметрів і наявністю режиму управління під час відмов будь-яких елементів. Цього можна досягти завдяки наявності автономних систем електропостачання, а також надійною роботою систем теплопостачання та вентиляції, систем функціонального захисту (СФЗ), протипожежного захисту, систем оповіщення тощо.

1.2 Системи електропостачання

Надійність систем електропостачання об'єктів електропостачання, віднесених до першої категорії електроспоживачів, можна забезпечити:

- наявністю двох зовнішніх незалежних джерел живлення, здатних брати на себе навантаження при виході з ладу одного з них;
- аварійним джерелом – електростанцією з дизельним приводом, що забезпечує відновлення напруги і електропостачання електроприймачів особливої групи першої категорії максимум через 30 с на проміжок часу до 250 годин;
- джерелом гарантованого живлення, що складається з акумуляторних батарей з відповідними перетворювачами, які забезпечує стійку роботу електроприймачів особливої групи (система КВП, АСУ тощо) при перехідних режимах в системі електропостачання (посадки напруги, коливання частоти, безструмової паузи);
- резервним джерелом – електростанцією власних потреб, що забезпечує відновлення напруги на шинах живлення максимум через 5 хвилин з покриттям навантаження об'єкта протягом тривалого часу – до 750 годин;
- електростанціями власних потреб, оснащених блоками живлення з поршнеvim або газотурбінним приводом, при відсутності зовнішніх джерел електропостачання.

При експлуатації систем електропостачання насосних станцій в реальних умовах можливі наступні порушення нормального режиму електропостачання:

- тривалі або короткочасні відхилення напруги (частоти) від номінальної;

- перерви електропостачання по одному з незалежних джерел з попереднім оповіщенням;
- аварійні відключення лінії живлення електропостачання або електростанції власних потреб;
- глибокі посадки напруги (частоти) або раптові короточасні (до декількох секунд) перерви електропостачання, які можуть бути викликані раптовими короточасними відключеннями електростанцій власних потреб або перехідними процесами в енергетичній системі електропостачання [6,11].

Короточасні відхилення частоти або напруги від номінальних значень, як показує досвід експлуатації, не вносять істотних змін в режим роботи насосних станцій.

У разі завчасного попередження про перерву електропостачання по одному з незалежних джерел (як правило, не більше однієї робочої зміни) живлення НС переводять на інше незалежне джерело повністю. Звичайно, в цей час надійність забезпечення необхідної безпеки електропостачання не відповідає поставленим вимогам, внаслідок чого можлива навмисна зупинка насосного обладнання. Для тих ситуацій, коли виникає глибоке падіння напруги (частоти), в якості запобіжного захисту від зупинок НС, внаслідок короточасної перерви електропостачання, необхідно передбачити ряд заходів щодо оснащення її аварійним джерелом електропостачання з автоматизованим запуском. Це дозволить збільшити інтервал часу, протягом якого можлива експлуатація об'єкта без використання електроенергії від зовнішнього джерела. Час – від моменту подачі сигналу на включення аварійного джерела до моменту прийому навантаження, повинний бути в межах 30 с [7].

У разі аварійної зупинки електростанції власних потреб або раптового відключення лінії, щоживить, в основному нормальний режим роботи всієї системи своєчасного розвантаження залізничних цистерн порушується. Попередження, скорочення та запобігання таких ситуацій – найважливіше

завдання, до вирішення якого прагнуть при проектуванні й експлуатації електростанцій, мереж та електроустановок.

1.3 Властивості, стан і події, що характеризують надійність систем електропостачання

Надійність є комплексною ознакою, що, в залежності від умов експлуатації об'єкта та його призначення, може містити певний ряд властивостей (в поєднанні або окремо). Значущими є такі властивості: довговічність, безвідмовність, збереженість, ремонтпридатність, режимна керованість, живучість і безпеку [6,7].

Безвідмовність і ремонтпридатність є визначальними властивостями надійності системи електропостачання для насосної станції як об'єкта, який забезпечує роботу технологічних об'єктів з безперервним циклом дії.

Під безвідмовністю мається на увазі властивість об'єкта безупинно зберігати працездатність протягом певної напрацювання та часу .

Ремонтпридатність – властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до попередження та швидкого виявлення причин виникнення пошкоджень і відмов, усунення їх наслідків шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування.

Для кваліфікованої оцінки рівня ремонтпридатності та безвідмовності об'єктів СЕС і системи в цілому, необхідна чітка класифікація відповідних станів [8].

Класифікація станів насосних станцій як об'єктів систем електропостачання фундаментально не відрізняється від прийнятої для об'єктів інших систем енергетики (рис. 1.1).

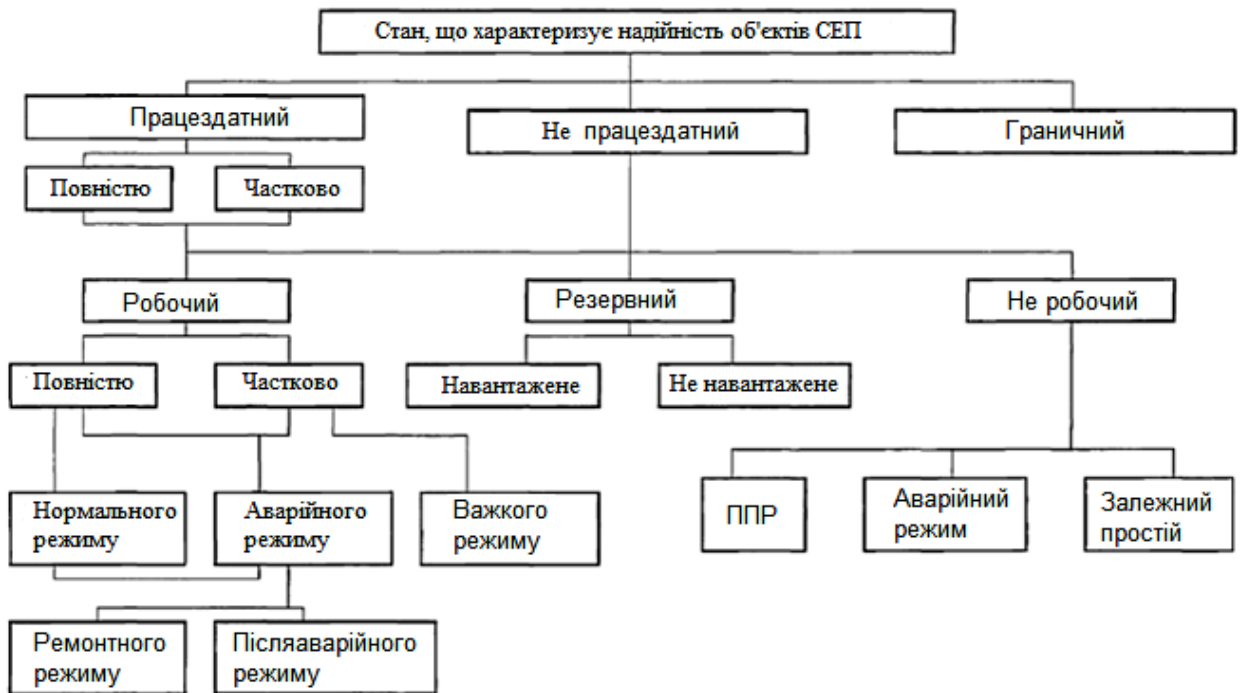


Рис.1.1 – Класифікація станів, що характеризують надійність об'єктів систем електропостачання НС

Як видно з рис. 1.1, здатність об'єкта виконувати потрібні функції характеризують два рівня класифікації станів: «працездатні -непрацездатні», а класифікація «робочі - неробочі» – характеризує здатність об'єкта виконувати свої функції.

Зауважимо, що поняття працездатності поширюється також на непрацюючі об'єкти в певний момент часу.

Порушення електропостачання електроприймачів промислового корпусу, пов'язане з аварійним станом СЕС, може привести до вимушеної або аварійної зупинки бодай одного насосного агрегату. Кількістю насосів, виведених з роботи, визначається глибина аварійного стану об'єкта електропостачання.

Вимушена зупинка одного або всіх насосів корпусу може бути пов'язана з переходом СЕС в неробочий режим внаслідок виведення її в ремонт. Збій у роботі технологічних апаратів і механізмів може бути пов'язаний не тільки з перебуванням системи електропостачання (або її частини) протягом певного часу в повністю або частково неробочому стані. Процес переходу в цей стан або переведення в інший робочий стан може також стати причиною збою. Прикладом може бути переключення секції шин з одного джерела на інше при спрацьовуванні апаратів релейного захисту (АРЗ) на відключення внаслідок технологічного комутаційного процесу.

Події, що приводять до переходу об'єктів або системи електропостачання в непрацездатний або неробочий стану, можна класифікувати і представити у вигляді схеми, що надана на рис. 1.2.

Перехід об'єкта з одного рівня працездатності на інший, але більш низький, розглядається як відмова працездатності, а перехід об'єкта з одного відносного рівня функціонування на інший, більш низький, розцінюється як відмова функціонування: і відмова функціонування, і відмова працездатності об'єктів і систем електропостачання насосних станцій може бути частковою або повною [3].

Повна відмова функціонування означає перехід об'єкта з початкового стану в неробочий. Аналогічно, повна відмова працездатності означає до переходу об'єкта в неробочий стан.

У системах електропостачання відмови елементів можуть бути як раптовими, так і очікуваними, поступовими.

Раптові відмови, що пов'язані з природно-кліматичними факторами або випадковими впливами сторонніх осіб.

Поступові відмови відбуваються з плином часу і пов'язані, зазвичай, з неминучою зміною характеристик елементів у часі та старінням. Тобто, вони трапляються внаслідок вироблення ресурсу компонентів електроустановок.

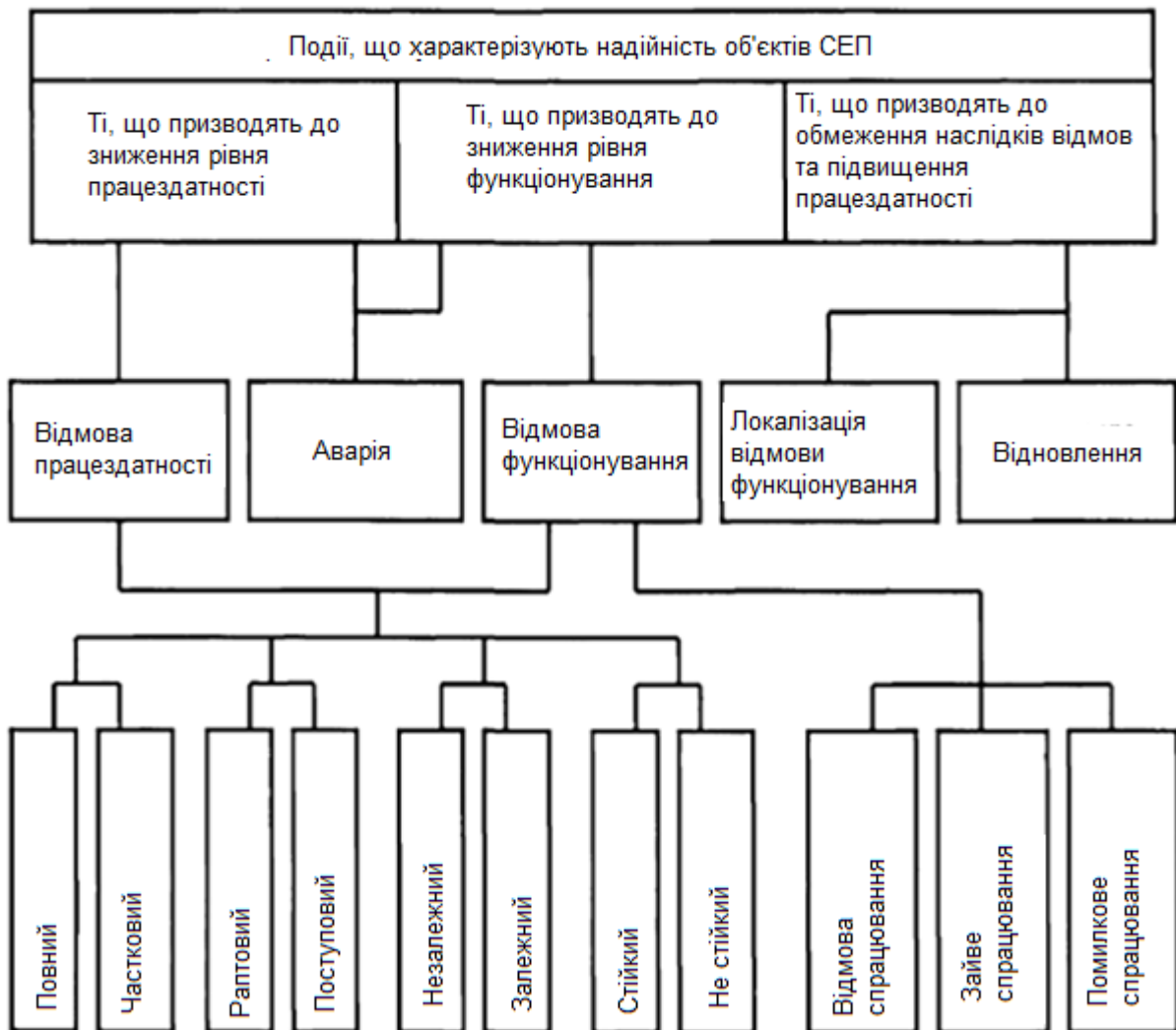


Рис.1.2 – Класифікація подій, що характеризують надійність об'єктів систем електропостачання

Незалежні відмови не пов'язані одна з одною, *залежні* – пов'язані. Залежність відмов може мати різний характер. Відзначимо взаємообумовлені відмови – відмова одного елемента викликає збій та відмову іншого.

Нарешті, відмови можуть бути *стійкими* і *нестійкими*. При аналізі надійності систем електропостачання електроприводних НС повинні

враховуватися й стійкі, й нестійкі (які самоусуваються) відмови елементів систем. Нестійкі відмови при виконанні відповідних заходів щодо їх обмеження при проектуванні, монтажі та експлуатації СЕС не повинні здійснювати значного впливу на режим роботи насосів [9].

Поверхневий аналіз причин виникнення аварійних ситуацій на насосних станціях показує, що вони пов'язані з відмовами основного силового обладнання, запірної арматури й недостатністю контролю за необхідними параметрами системами релейного захисту. Крім того, одним з основних шляхів підвищення надійності системи є резервування. Детальний аналіз зазначених чинників є основним напрямком дослідження та підвищення надійності систем електропостачання насосних станцій.

1.4 Споживачі електричної енергії та обсяги електроспоживання на насосній станції

1.4.1. Структура та функціональні зв'язки насосної станції. За своєю структурою та функціональним зв'язком насосна станція є комплексною системою. Робота основного технологічного обладнання забезпечується їх приводом, системами вентиляції, охолодження, контрольно-вимірювальними приладами й автоматикою, загально-станційною системою електропостачання тощо. Правильна й усталена взаємодія цих підсистем обумовлює рівень надійності насосної станції в цілому.

Перерва в електропостачанні електроприводів циркуляційних насосів, вентиляційних агрегатів, систем опалення, електроприймачів пристроїв зв'язку та освітлення може спричинити за собою припинення розвантаження залізничних цистерн, витік хімічної рідини й створення шкідливих парів всередині корпусу, що вкрай небезпечно та неприпустимо, тому що речовина є їдкою: залишає сильні опіки на шкірі, швидко роз'їдає багато матеріалів, а

при взаємодії з водою закипає, утворюючи агресивний туман. Таким чином, аварійна ситуація в СЕС промислового корпусу, щорозглядається, може заподіяти не тільки матеріальні збитки, але також завдати шкоди здоров'ю персоналу. Через це за ознакою забезпечення надійності електропостачання деяких електроприймачів, даний об'єкт слід віднести до I категорії.

1.4.2. Схема електропостачання корпусу НС. Електропостачання обладнання корпусу НС здійснюється розподільними пристроями РП- 0,4 кВ, які знаходяться всередині корпусу на I поверсі. РП за категорією надійності електропостачання відповідає вимогам II категорії. З нього живляться одинадцять насосів, чотири припливних і п'ять витяжних вентиляторних агрегатів, також освітлювальні установки, устаткування слюсарної майстерні та лабораторії, а також додаткове навантаження (аварійний душ №1,2,3 і дванадцять консольних кранів ПТ29/1 – ПТ29/12), яке знаходяться поза корпусом і живиться з РП-1. Номінальна напруга зазначених електроприймачів– 380В. Повний перелік, із зазначенням їх номінальної потужності і присвоєного позначення, представлені у табл. 1.1.

Електроживлення корпус отримує по кабельних лініях 0,4 кВ, виконаних кабелями АВБвШв 3х150 + 1х50: 1 секція – від розподільного пункту ПР–1 (Корпус НС), 2 секція – від розподільного пункту ПР–2 (Корпус НС). Розподільна мережа 0,4 кВ – кабельна. Кабелі частково прокладені в лотках і на естакаді. Компенсація реактивної потужності в ЕРП не передбачена.

Насосна станція має радіальну схему електропостачання. За радіальної схеми електропостачання кожна лінія є якби променем, що з'єднує ЕРП з конкретним споживачем.

Для взаємного резервування живлення споживачів, підключених до різних секцій шин, передбачений секційний вимикач. При порушенні живлення однієї з секції шин оперативним персоналом здійснюється включення секційного вимикача (нормально відключеного), і живлення обох секцій здійснюється від однієї лінії.

На даний момент схема електропостачання не забезпечує достатню надійність і безперебійне електропостачання насосної станції.

Таблиця 1.1 – Перелік електроприймачів, які живляться з ЕРП

Найменування обладнання	Кількість	Р _{пасп} , кВт
Корпус НС		
Насос відцентровий Н-1/1	1	30
Насос відцентровий Н-1/3	1	30
Насос відцентровий Н-1/5	1	30
Насос відцентровий Н-3/1	1	30
Насос відцентровий Н-24/1	1	18,5
Насос заглиблювальний Н-1 1/1	1	15
Вент-агрегат припливний П-1	1	3
Вент-агрегат припливний П-3	1	0,37
Витяжний вент-агрегат В-1	1	4
Витяжний вент-агрегат В-1	1	5,5
Витяжний вент-агрегат В-3	1	3
Насос відцентровий Н-1/2	1	30
Насос відцентровий Н-1/4	1	30
Насос відцентровий Н-1/6	1	30
Насос відцентровий Н-3/2	1	18,5
Насос відцентровий Н-24/2	1	18,5
Припливний вент-агрегат П-2	1	4
Припливний вент-агрегат П-4	1	0,37
Витяжний вент-агрегат В-2/2	1	5,5
Аварійний витяжний вент-агрегат А-1	1	3
Верстат настільний свердлильний	1	0,6
Станція управління маневровим пристроєм	1	19,5
Щиток робочого освітлення ЩО	1	1,1
Щиток аварійного освітлення АЩО	1	0,5
Шафа витяжна поз. 3	1	3
Агрегат, що вловлює пил Р-1	1	1,5
Верстат точно-шліфувальний поз. 1	1	0,75
Додаткове (зовнішнє) навантаження		
Аварійний душ (№1,2,3)	3	0,1
Кран консольний (ПТ29/1÷12)	12	1,98

Це викликано зносом наявного електрообладнання, кабельних мереж, релейного захисту та автоматики.

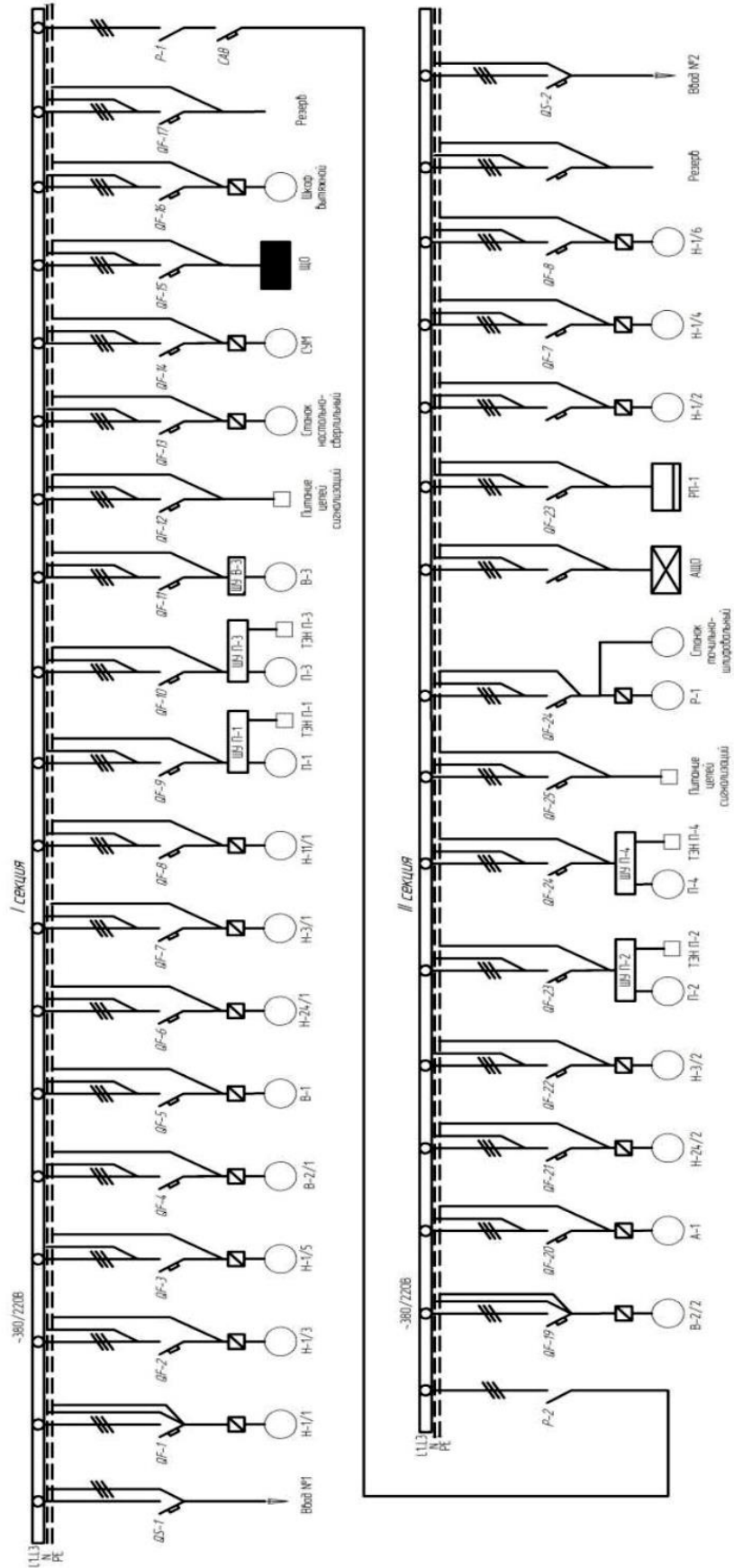


Рис. 1.3– Схема электропитания корпусу НС

Висновки до першого розділу

1. Проведено аналіз схеми електропостачання корпусу НСпідприємства хімічної промисловості, який показав, що електропостачання в даний час недостатньо надійне через знос основного обладнання.

2. Встановлено, що управління насосами можливо тільки на місці через відсутність систем автоматизованого контролю та дистанційного керування у диспетчерському пункті.

3. Виконано аналіз, який показав, що силова частина системи управління насосами морально застаріла та потребує повної реконструкції із застосуванням нових технологій, які здатні виконувати автоматизований контроль за роботою промислового устаткування.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОРПУСУ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

2.1 Вибір схеми електропостачання

Одне з найважливіших питань, що вирішуються при вдосконаленні системи електропостачання, разом з вибором напруги, є вибір раціональної схеми електропостачання [4].

Схему електропостачання об'єкта зазвичай проектують так, щоб системи високовольтного розподілу енергії були максимально наближені до споживача з метою зменшення втрат. Також намагаються відмовитися від холодного резерву, все електрообладнання повинно мати певний коефіцієнт завантаження, який в залежності від технічних і економічних міркувань може бути різним. Простота, ремонтпридатність, зручність при експлуатації, можливість застосування комплектного електрообладнання – це опис сучасної схеми живлення. Також необхідно, щоб у схемі враховувались можливі зміни щодо розвитку підприємства на найближчий час.

Схема електропостачання повинна забезпечувати необхідний ступінь надійності живлення, для цього, незалежно від економічного розрахунку, може виникнути необхідність додати нові лінії.

Схеми розподілу електроживлення можна розділити на 3 види:

- 1) радіальні;
- 2) магістральні;
- 3) змішані.

На вибір схеми впливають такі чинники, як:

- 1) категорія надійності електропостачання (згідно з ПУЕ);
- 2) режими роботи електротехнологічного обладнання, які визначають графік навантаження об'єкта.

При розташуванні навантажень в одному боці від пункту живлення застосовуються магістральні схеми передачі та розподілу електроенергії. Електроенергія до споживача надходить по відгалуженнях від магістралі. Вона може бути виконана повітряною (кабельною) лінією або шинопроводом, які по черзі заходять до індивідуальних шаф живлення споживачів. Число електроприймачів, які живляться від однієї магістралі, залежить від їх потужності та необхідної категорії надійності. Виконання магістральних схем електропостачання може здійснюватись не тільки з однієї, а й з декількох магістралей. Приклади виконання таких схем надані на рис. 2.1: класична одиночна схема і схема з подвійною магістраллю при живленні високовольтних споживачів. Варіант «б» вимагає завищених витрат, але може бути застосований для приймачів будь-якої категорії надійності електропостачання [10].

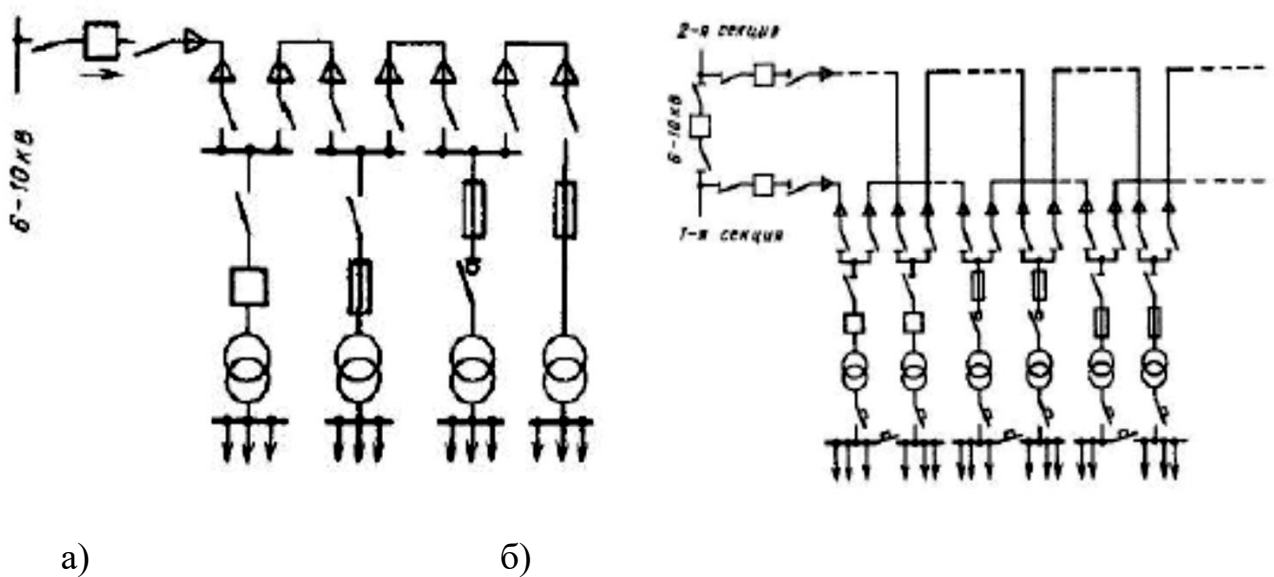


Рис.2.1– Приклади магістральної схеми електропостачання:

а) одиночна; б) подвійна

Надійність подвійної схеми в цьому випадку обумовлюється тим, що кожна магістраль розрахована на покриття основних навантажень всіх споживачів, які при нормальному режимі живляться від різних магістралей. Секції шин розподільного пристрою працюють при нормальному режимі окремо, а в разі виходу з ладу однієї з магістралей, її електроприймачі переключаються на магістраль, що залишилася в роботі.

У порівнянні з радіальними, поодинокі магістральні схеми передачі та розподілу електроенергії у виконанні є більш економічно вигідними за рахунок зменшення комутаційної апаратури та довжини ліній живлення. Однак, є й негативна риса, якої немає у схемах з радіальним виконанням: пошкодження магістралі веде до відключення всіх споживачів, які живляться від неї, що суттєво знижує показник надійності.

При живленні зосереджених навантажень і потужних електродвигунів раціональним буде застосування радіальних схем (рис.2.2). Для споживачів III категорії передбачають одноланцюгові схеми, а для споживачів першої і другої категорій – дволанцюгові радіальні схеми. Автоматизація радіальних схем виконується легше й виходить більш надійною, ніж у схем магістрального виконання [2,5].

Оптимальним варіантом живлення для споживачів третьої категорії буде схема, що показана на рис.2.2а. Також її можна застосувати для споживачів II категорії, якщо підключити пристрій автоматичного повторного включення (АПВ). При наявності резервних джерел живлення схема стане придатною й для споживачів I категорії.

На рис.2.2 б представлена схема, яка найчастіше застосовується для споживачів II категорії. У певних випадках вона може бути застосована й для електроприймачів I категорії. При зникненні напруги на одній із секцій шин частина схеми, що живиться від іншої секції, продовжує працювати.

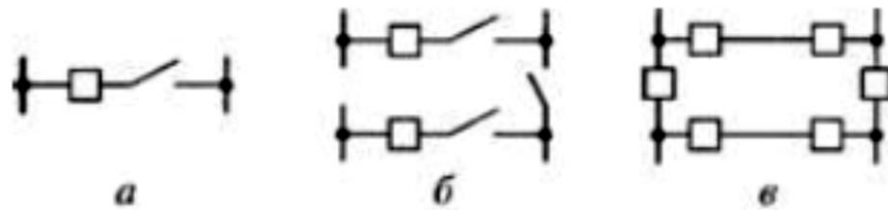


Рис.2.2– Радіальні схеми електропостачання для живлення споживачів:

а – III категорії надійності електропостачання;

б – II категорії надійності електропостачання;

в – I категорії надійності електропостачання

Класичним прикладом радіальної схеми, що застосовується для підключення електроприймачів I категорії, є схема, зображена на рис. 2.2 в. У разі аварійної ситуації на одній з ліній живлення, живлення споживачів цієї секції, автоматичним включенням секційного вимикача, перекладається на іншу.

Поєднання ознак магістральних і радіальних схем мають змішані схеми рис.2.3. Для того, щоб схема відповідала вимогам обмеження струмів короткого замикання та незалежного режиму роботи секцій, основне живлення кожного з споживачів виконують за розімкненою схемою. Не отримали широкого поширення замкнені схеми через ускладнення плану відбудови релейного захисту, крім того, потрібні вимикачі на обох кінцях ліній, а також в них значно – до двох разів, підвищуються струми короткого замикання. Однак, вони забезпечують менші втрати енергії завдяки більш рівномірному завантаженню мережі, меншого падіння напруги та більшої надійності живлення електроприймачів внаслідок постійного підключення до двох (або більше) джерел живлення. При електропостачанні великих установок ці переваги особливо відчутні, так як пуск потужного електродвигуна в них може викликати значні відхилення напруги за

розімкненої схеми, при якій пуск і самозапуск електродвигуна під навантаженням може бути неможливими, якщо момент опору на валу виявиться вище пускового моменту двигуна.

Включення ліній і трансформаторів на паралельну роботу може зменшити еквівалентний опір в мережі живлення до 50% і забезпечити успішний запуск електродвигуна. На великих насосних або компресорних станціях ця властивість мережі іноді використовується для пуску потужних двигунів, але робиться це лише в тому випадку, якщо їх потужність порівнянна із потужністю трансформаторної підстанції [4,11,12].

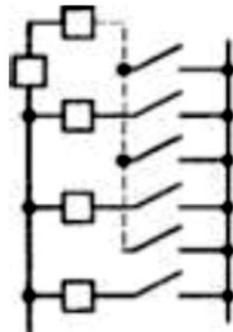


Рис. 2.3– Змішана схема електропостачання:

— основне живлення здійснюється по радіальних лініях;
 ----- резервне – по одній наскрізній магістралі, показаній на малюнку штриховою лінією

Найбільш прийнятною схемою електропостачання для насосної станції є радіальна схема, через те, що основними приймачами електричної енергії є одинадцять насосів з приводом від асинхронних двигунів потужністю 18,5 і 30 кВт. Застосування радіальної схеми збільшує надійність безперебійної роботи насосної станції, так як при виникненні позаштатної ситуації можливе відключення окремих пошкоджених насосів і запуск резервних.

2.2 Розрахунок електричних навантажень корпусу

Для визначення розрахункового навантаження корпусу необхідно розрахувати номінальне навантаження, а також середнє навантаження кожної підгрупи споживачів, отримавши потім сумарні значення.

Визначення розрахункового навантаження на різних рівнях системи електропостачання промислових підприємств рекомендується проводити за методикою, викладеною в ДВН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення» [12] та ДСТУ НБВ.2.5-80:2015 «Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств» [13].

Розрахункове активне навантаження групи силових трифазних електроприймачів на всіх рівнях живлячих і розподільних мереж знаходиться:

$$P_p = K_p \cdot K_g \cdot P_n, \quad (2.1)$$

де K_p – коефіцієнт розрахункової потужності активного навантаження при тривалості інтервалу усереднення 30 хвилин;

K_g – груповий коефіцієнт використання; P_n – номінальна активна потужність цієї групи, приведена до ПВ = 100%.

Розрахункове реактивне навантаження групи електроприймачів приймається, при кількості $n_e \leq 10$:

$$Q_p = 1,1 \cdot P_n \cdot K_g \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.2)$$

$$\text{при } n_e \geq 10: Q_p = P_n \cdot K_g \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.3)$$

де tg – коефіцієнт реактивної потужності даної групи електроприймачів.

Повне розрахункове навантаження групи трифазних електроприймачів визначається виразом:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.4)$$

Інформація про коефіцієнти використання K_ϵ і коефіцієнти потужності $\cos\varphi$ як для окремих електроприймачів, так і для характерних цехів по галузям промисловості приводиться в довідниках[4,14]. Через велике різноманіття найменувань електроприймачів і цехів не для всіх можна знайти довідкові дані про K_ϵ і $\cos\varphi$. У цьому випадку вони приймаються рівними відповідним даними для електроприймачів і цехів, схожих за режимом роботи.

Розрахункові криві і таблиці для визначення коефіцієнта розрахункової потужності $K_p = f(n_\epsilon, K_\epsilon)$ наводяться в ДСТУ -Н Б В.2.5–80:2015 та у інших нормативних документах[4,14].

Вибір освітлення виробничих і допоміжних приміщень, вибір потужності світильників проводиться відповідно до норм проектування штучного освітлення.

Розрахунок проводиться методом коефіцієнта використання світлового потоку або за питомою освітлювальною навантаження на одиницю виробничої поверхні підлоги [15].

2.3 Розрахунок освітлення

Промислове світлодіодне освітлення – один з кращих варіантів, який має безліч переваг перед звичайним освітленням. Перш за все, це економічність як енергії, так і витрачених фінансів. При установці промислових світлодіодних світильників істотно знижуються витрати на енергоспоживання. Економія електроенергії, а відповідно, і фінансів відбувається за рахунок великої світловіддачі світлодіодів. Завдяки цій

властивості досягається скорочення споживання електроенергії. Світлодіодні світильники (СС), незважаючи на велику вартість, досить швидко окупаються. Промислові СС призначені для освітлення промислових об'єктів, складських комплексів, виробничих цехів– їх встановлюють всюди, де потрібно потужне, але економічне освітлення. Розрахунковий термін експлуатації СС для виробництва становить понад 100 тисяч годин. Крім того, вони абсолютно надійні щодо пожежонебезпеки, так як завдяки оптимальному тепловідводу практично не нагріваються і, в той же час, не бояться вологи, що робить їх незамінними в приміщеннях з підвищеним рівнем вологи. Крім того, завдяки тривалому періоду експлуатації, промислове світлодіодне освітлення в рази дешевше в обслуговуванні чим будь-яке інше [16,17].

Зараз освітлення насосної в корпусі НС виконується світильниками серії НВТ, освітлення інших приміщень виконується світильниками або з люмінесцентними лампами, або з лампами розжарювання. Сумарна потужність освітлювальних установок – 6 кВт.

В якості альтернативи існуючому висвітлення на проєктованій ділянці пропонується установка СС з високим ступенем захисту IP65 і високою світловіддачею марки ARCTIC LED 600. Технічні характеристики представлені в таблиці 2.1.

У приміщенні висотою 6 метрів (насосна) на проєктованій ділянці кріплення світильників буде здійснюватися до кабельного лотку для монтажу світильників, закріпленого за допомогою стельових скоб до несучих фермам.

Кріплення світильників в інших приміщеннях виконувати до стелі.

Розрахунок освітлення ведеться за методом коефіцієнта використання світлового потоку для кожного з приміщень цеху обробки деталей окремо [18].

Таблиця 2.1– Технічні характеристики світильника ARCTIC LED 600

Параметр світильника	Характеристика
Тип світильника	Промисловий, світлодіодний
Джерело світла	СВД (світло випромінюючі діоди)
Потужність	26 Вт
Розміри (В x Ш x Д)	123x168x670 (мм)
Температура експлуатації	-20...+40°C
Кліматичне виконання	УХЛ2
Тип цоколя	LED
Оптична частина	Розсіювач
Світловий потік	2300 lm
Ступінь захисту	IP65
cos φ	0,99

Визначаємо площу приміщення:

$$S = a \cdot b, \quad (2.5)$$

де a – довжина приміщення (м);

b – ширина приміщення (м).

Задаємо коефіцієнт запасу $K_3 = 2$. Визначаємо коефіцієнти відбиття стелі, стін і підлоги для чистих і робочих приміщень: стеля – 80%; стіни – 47%; підлога – 27%.

Визначаємо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{\eta \cdot n \cdot \Phi_E} \quad (2.6)$$

де E – необхідна горизонтальна освітленість, лм;

S – площа цеху, м²;

K_3 – коефіцієнт запасу;

H – коефіцієнт використання;

n – кількість ламп в світильнику;

Φ_E – світловий потік однієї лампи.

Визначаємо розрахункові активну і реактивну освітлювальні навантаження:

$$P_{осв} = N \cdot n \cdot P_{л}, \quad (2.7)$$

де $P_{л}$ – потужність однієї лампи, Вт.

$$Q_{осв} = P_{осв} \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.8)$$

Результати розрахунків для кожного з приміщень зведені в табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Освітлювальне навантаження корпусу

Приміщення	$P_{осв}$, Вт
Лабораторія	52
Слюсарна майстерня	104
ЕРП	104
Хол	26
Насосна	910
ПВК	156
Зовнішнє освітлення	240
Разом:	1592

Визначаємо сумарний струм:

$$I_{\Sigma} = \frac{P_{P}}{\sqrt{3} \cdot U_{H}} = \frac{1592}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2,42 \text{ A}. \quad (2.9)$$

Найменування електроприймачів, їх кількість і паспортні дані, а також результати всіх розрахунків за наведеними вище формулами зведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункові навантаж корпусу НС

Вихідні данні						Розрахункові величини			Ефективна кількість приладів, n_e	Коеф. розрахункового навантаження K_p	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, I_p, A
За завданням технологів				За довідковими даними		$K_B \cdot P_H$	$K_B \cdot P_H \cdot \text{tg}\phi$	$n \cdot P_H^2$			активна, кВт, PP	реактивна, квар, QP	повна, кВА, SP	
Найменування ЕП	Кількість ЕП, шт., n	Номінальна потужн., кВт		Коеф. викор. K_B	Коеф. реакт. потуж. $\cos\phi$				1	2				3
		Одного ЕП, P_H	Загальна, P_H			7	8	9						
I секція шин 0,4 кВ														
Н-1/1	1	30	30	0,93	0,92/0,44	27,9	12,28	900						
Н-1/3	1	30	30	0,93	0,92/0,44	27,9	12,28	900						
Н-1/5	1	30	30	0,93	0,92/0,44	27,9	12,28	900						
Н-3/1	1	30	30	0,82	0,92/0,44	24,6	10,82	900						
Н-24/1	1	18,5	18,5	0,8	0,9/0,48	14,8	7,10	342,25						
Н-11/1	1	15	15	1	0,9/0,48	15	7,2	225						
П-1	1	3	3	0,95	0,85/0,61	2,85	1,74	9						
П-3	1	0,37	0,37	0,95	0,85/0,61	0,3515	0,21	0,137						
В-1	1	4	4	0,95	0,85/0,61	3,8	2,32	16						
В-2/1	1	5,5	5,5	0,95	0,85/0,61	5,225	3,19	30,25						
В-3	1	3	3	0,95	0,85/0,61	2,85	1,73	9						
Станок н/с	1	0,6	0,6	0,13	0,5/1,73	0,078	0,05	0,36						
СУМ	1	19,5	19,5	0,4	0,7/1,02	7,8	4,758	380,25						
Шафа витяжна	1	3	3	0,95	0,85/0,61	2,85	1,7385	9						
ТЭН П1 (П3)	2	1,6	3,2	0,6	0,92/0,44	1,92	1,1712	5,12						
ЩО			1,1		0,99/0,14									
Разом, 1с	16		196,77	0,84	0,9/0,476	165,82	78,867	4626,3	8,369	1,1	182,407	86,75474	201,987	306,887

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Н-1/2	1	30	30	0,93	0,92/0,44	27,9	12,276	900						
Н-1/4	1	30	30	0,93	0,92/0,44	27,9	12,276	900						
Н-1/6	1	30	30	0,93	0,92/0,44	27,9	12,276	900						
Н-3/2	1	18,5	18,5	0,82	0,92/0,44	15,17	6,6748	342,25						
Н-24/2	1	18,5	18,5	0,8	0,9/0,48	14,8	7,104	342,25						
П-2	1	4	4	0,95	0,85/0,61	3,8	2,318	16						
П-4	1	0,37	0,37	0,95	0,85/0,61	0,352	0,214	0,1369						
В-2/2	1	5,5	5,5	0,95	0,85/0,61	5,225	3,187	30,25						
А-1	1	3	3	0,2	0,85/0,61	0,6	0,366	9						
Р-1	1	1,5	1,5	0,6	0,85/0,61	0,9	0,549	2,25						
Верстат поз.1	1	0,75	0,75	0,13	0,5/1,73	0,0975	0,059	0,5625						
Кран консоль.	12	1,98	23,76	0,7	0,7/1,02	16,632	10,14	47,045						
Аварійн. душ	3	0,1	0,3	0,2	0,92/0,43	0,06	0,0366	0,03						
ТЕН П2 (П4)	2	1,6	3,2	0,6	0,92/0,44	1,92	1,1712	5,12						
АЩО			0,5		0,99/0,14									
Разом II с.	28		169,88	0,84	0,9/0,479	143,25	68,654	3494,8	8,257	1,12	160,4467	75,5197	177,33	269,427
Разом по РП											342,85	162,27	379,318	576,31

2.4 Розрахунок кабельних ліній 0,4 кВ для внутрішньо цехових електроприймачів

2.4.1. Вибір марки проводів живлення. З другої половини ХХ століття світові тенденції розвитку кабельних енергорозподільчих мереж середньої напруги спрямовані на відмову від кабелів з паперовою просоченою ізоляцією та впровадження кабелів з екструдованою теплостійкою ізоляцією (етилен-пропіленова гума та зшитий поліетилен). На сьогоднішній день майже 100% ринку силових кабелів в промислово розвинених країнах

Європи і Америки є кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену. Перехід від кабелів з паперовою просоченою ізоляцією (ППІ) до кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену (ЗПЕ), пов'язаний зі зростаючими вимогами організацій, які експлуатують, до технічних параметрів кабелів. В цьому відношенні переваги кабелів з ЗПЕ є очевидними [30–33].

Перерахуємо лише деякі з них:

- низька вага, менший діаметр і радіус вигину;
- висока пропускна здатність;
- низька пошкоджуваність;
- поліетиленова ізоляція має малу щільність, малі значення відносної діелектричної проникності і коефіцієнта діелектричних втрат;
- монтаж без використання спеціального обладнання;
- прокладка на складних трасах;
- значне зниження собівартості прокладки.

Використання таких кабелів в порівнянні зі звичними кабелями у полівінілхлоридній ізоляції дозволяє:

- застосовувати жили меншого перетину для передачі однаковогоструму;
- збільшити тривалу допустиму температуру нагрівання жил кабелів до 90 ° С;
- збільшити тривалу допустиму температуру нагрівання жил кабелів при короткому замиканні до 250 ° С.

Своїми унікальними властивостями кабелі з ізоляцією ЗПЕ зобов'язані ізоляційному матеріалу, що застосовується. Зараз термопластичний поліетилен є одним з найбільш вживаних ізоляційних матеріалів при виробництві кабелів. Але спочатку термопластичним поліетиленам були притаманні серйозні недоліки, головним з яких є різке погіршення механічних властивостей при температурах, близьких до температури плавлення. Рішенням цієї проблеми стало застосування зшитого поліетилену.

Термін "зшивання" означає обробку поліетилену на молекулярному рівні. Поперечні зв'язки, що утворюються в процесі зшивання між макромолекулами поліетилену, створюють тривимірну структуру, яка й визначає високі електричні та механічні характеристики матеріалу, меншу гігроскопічність, більший діапазон робочих температур.

Конструкція кабелів з ізоляцією ЗПЕ значно відрізняється від традиційних кабелів з паперовою ізоляцією. Кабелі випускаються з багатодровою круглою мідною або алюмінієвою жилою, а застосування різних типів оболонок, а також можливість герметизації дозволяє використовувати кабель як для прокладки в землі, так і для кабельних споруд, в тому числі при груповій прокладці.

При прокладці в землі застосовується оболонка з поліетилену високої щільності, що забезпечує необхідний захист кабелю від механічних пошкоджень, як при прокладанні, так і в процесі експлуатації. Якщо необхідна герметизація екрану – використовується два розділових шариводоблокуючих стрічок – під і поверх мідного екрану, що накладаються з перекриттям. При прокладанні кабелю в кабельних спорудах застосовується оболонка з ПВХ–пластикату зниженої горючості.

За сумою факторів, кабелі з ізоляцією ЗПЕ більш надійні в експлуатації, потребують менших витрат на монтаж, реконструкцію та утримання кабельних ліній. Це підтверджено майже сорокарічним досвідом експлуатації таких кабелів в більшості промислово розвинених країн. Наприклад, за даними зарубіжних джерел, відсоток електричних пробоїв кабелів із ЗПЕ на два - три порядки менше, ніж у кабелів із ППІ.

Застосування кабелів із ЗПЕ дозволяє вирішити багато проблем щодо надійності електропостачання, оптимізувати, а в деяких випадках, навіть, змінити традиційні схеми мереж.

На рис. 2.4 відображені експлуатаційні характеристики, отримані у результаті лабораторних випробувань старіння кабелів при температурі

90°C з паперовою просоченою ізоляцією (ППІ) та з ізоляцією із зшитого поліетилену (ЗПЕ).

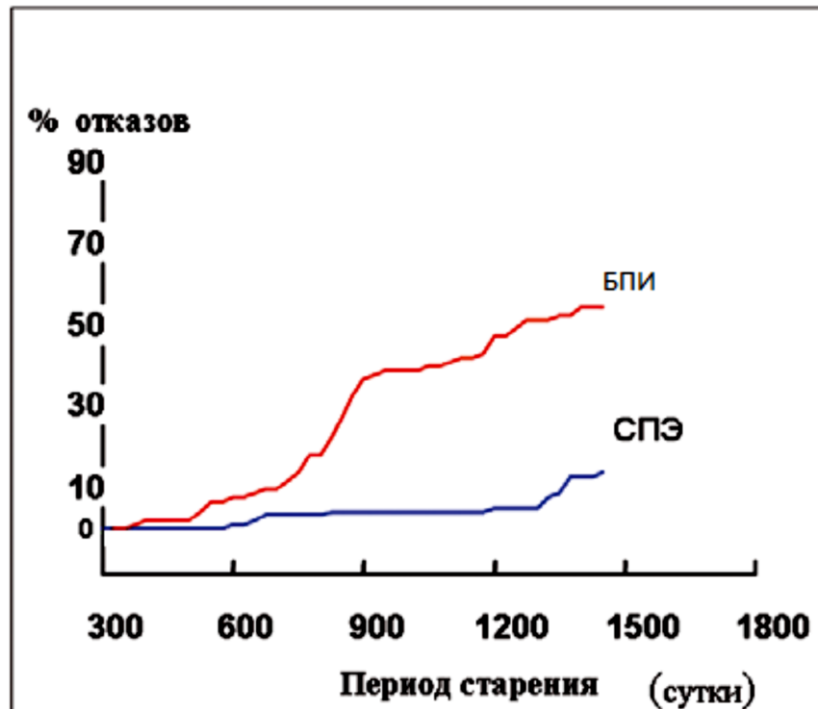


Рис. 2.4 – Результати лабораторних випробувань старіння кабелів при температурі 90 ° С

З рис. 2.4 видно, що протягом п'ятирічного старіння кількість відмов кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену значно менше кількості відмов чим у кабелів з паперовою просоченою ізоляцією.

Кабель з ізоляцією із ЗПЕ без сумніву можна назвати найсучаснішим, а основним недоліком на сьогоднішній день можна вважати хіба що його вартість. Тому його застосуванням обмежимося лише на основному обладнанні корпусу – насосах.

Обираємо кабель зі зшитого поліетилену виробництва Бердянського кабельного заводу (Україна). Конструкція кабелю представлена на рис. 2.5., технічні характеристики у табл. 2.4.

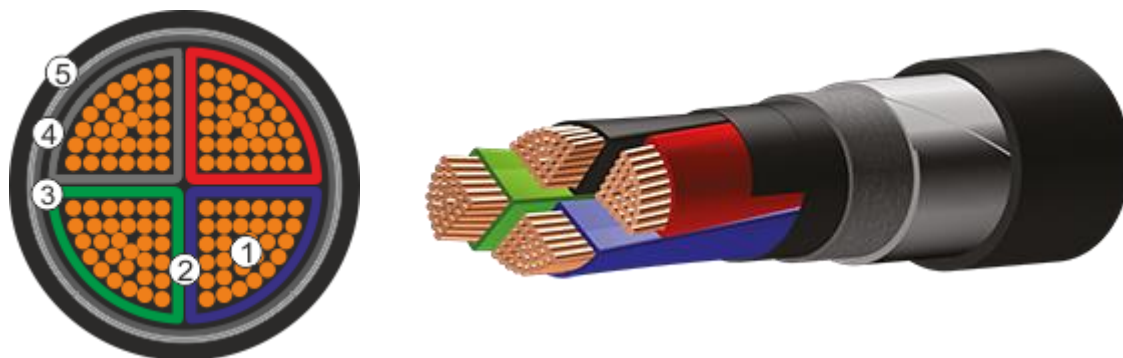


Рис. 2.5 – Конструкція кабелю ПВГ

1 – струмопровідні жили: круглі мідні або алюмінієві, однопровідникові або багатодротяні (клас 1, 2 ГОСТ 22483-77), секторні мідні або алюмінієві багатодротяні; 2 – ізоляція – зшитий поліетилен; 3 – оболонка – полівінілхлоридний пластикат; 4 – поясна ізоляція (для броньованих кабелів) – полівінілхлоридний пластикат; 5 – захисний покрив – типуБШв по ГОСТ 7006-72: броня з двох сталевих оцинкованих стрічок і захисний шланг з полівінілхлоридного пластикату.

Таблиця 2.4 – Допустимі струмові навантаження і допустимі струми короткого замикання кабелів з мідними жилами

Номінальний переріз жил, мм ²	Допустимі струмові навантаження, А						Допустимий струм односекундного КЗ, кА
	одножильних		двожильних		трижильних*		
	на повітрі	у землі	на повітрі	у землі	на повітрі	у землі	
6	67	67	56	71	49	58	0,65
10	91	89	76	94	66	77	1,09
16	121	116	101	123	87	100	1,74
25	160	148	134	157	115	130	2,78
35	197	178	166	190	141	158	3,86
50	247	217	208	230	177	192	5,23
70	318	265	—	—	226	237	7,54

Живлення інших електроприймачів можна виконати іншою маркою кабелю, яка в останні 30 років має найбільш широке і по суті основне застосування в системах розподілу електроенергії: кабель ВВГ.

Кабель ВВГ використовується для електропостачання в стаціонарних установках на номінальну змінну напругу 660 В і 1000 В частоти 50 Гц. Тобто постійна напруга в 2,4 рази більше змінної[19,21,23].

Даний тип електричного кабелю найпоширеніший у повсякденному застосуванні. Його відмінними рисами є висока надійність і міцність. Це найбільш затребуваний матеріал для проведення електротехнічних робіт через доступні ціни та широкі межі застосування.

За ДСТУ назва ВВГ означає: голий кабель із ПВХ ізоляцією і оболонкою. Силовий кабель складається з багатожильних (БЖ) проводів, ізольованих один від одного, скручених в одній площині, кожен з яких має свій індивідуальний окрас. Залежно від кількості груп буде змінюватися діаметр перетину, вага і розташування жил в оболонці. Як правило ця оболонка стійка до потрапляння сонячних променів і запобігає загорянню.

Силовий кабель може бути багатожильним і одножильним (ОЖ). Багатожильні кабелі виробляються з 2, 3, 4 і 5 жилами, з нульовою жилою

або жилою заземлення, бувають в плоскому виконанні. Ізоляцію нульових жил виготовляють в блакитному кольорі або світло-синьому, а жилу заземлення – в зелено-жовтому. Дозволяється прокладка на відкритому повітрі та на висоті до 4300 метрів над рівнем моря, на спеціальних кабельних естакадах, для прокладки у вологих або сухих виробничих приміщеннях, в блоках, шахтах, колекторах, каналах в частково затоплюваних спорудах, де висока корозійна активність. І що не менш важливо, може використовуватися в пожеже небезпечних приміщеннях і вибухонебезпечних зонах класу В-Іа, В-Іб, В-Іг, В-ІІ і В-ІІа [23].

Кабель ВВГнг відрізняється від базової марки зниженою горючістю завдяки особливим властивостям ПВХ оболонки з пластикату, а також своїм призначенням – забезпеченням пожежної безпеки кабельних ланцюгів при прокладці у пучках, а ВВГ що не поширює горіння при одиночній прокладці.

Кабелі сертифіковані, відповідають ГОСТ 16442-80. В силу відсутності захисного покриття не рекомендуються для прокладки в землі (траншеях). Конструкція кабелю показана на рис. 2.6.



Рис. 2.6– Будова кабелю марки ВВГ

Конструктивно складається з наступних елементів:

1) струмопровідна жила – виготовлена з міді, буває багатожильна і однодротова, кругла клас 1 за ГОСТ 22483 або секторної форми. Жили кабелю ВВГ, ВВГнг мають порівняно невеликий повів і укладені спеціальним чином в різних площинах. За зовнішній оболонці мають округлої конструкцією. У кабелю ВВГп, ВВГнг-п - жили укладені в одній площині. За зовнішній оболонці кабель мають плоску форму;

2) ізоляція – виготовлена з полівінілхлориду, верхня ізоляційна оболонка з полівінілхлоридного пластикату (ПВХ). Будь-яка жила в кабелі має розпізнавальним фарбуванням;

3) оболонка кабелю зроблена з ПВХ пластика для кабелю ВВГ, ВВГп або з високоякісного ПВХ пластикату зниженої горючості для кабелю ВВГнг, ВВГнгп.

2.4.2. Розрахунок живильних кабелів. Вибір кабелів для електроустаткування і розподільних шаф здійснюється за розрахунковим току для окремої групи ЕП і розраховується за формулою:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} \cdot (2.10)$$

Для живлення електрообладнання корпусу від ЕРП вибираємо мідні чотирижильного кабелі марки ВВГ с зниженим димо-виділенням (LS).

Для кожного типу ЕП, виходячи з даних, зведених вище в табл. 2.3, знаходимо номінальний робочий струм:

$$I_p = \frac{\sqrt{P_H^2 + (P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \cdot (2.11)$$

Перетин кабелів цехових мереж напругою до 1 кВ вибирається порівнянням розрахункового струму лінії з допустимим тривалим струмом прийнятих марок кабелів.

Повинно виконуватися умова:

$$I_p \leq I_{\text{доп}}$$

де I_p – розрахунковий струм лінії, А;

$I_{\text{доп}}$ – допустимий тривалий струм на кабелі даного перетину, А.

$$I_p \leq I_{\text{доп}} \cdot 0,92 \quad (2.12)$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустимий табличний струм для трьохжильних кабелів, А;

0,92 – коефіцієнт, що враховує струм для чотирижильного кабелю.

Результати розрахунку струмів і попередній вибір кабелів для насосів та іншого обладнання корпусу НС представлений у табл. 2.5.

2.5 Вибір захисної апаратури

До захисних апаратів відносяться автоматичні вимикачі та плавкі запобіжники.

Автоматичні вимикачі (автомати) призначені для автоматичного відключення ланцюгів при КЗ або ненормальних режимах роботи (перевантаженнях, зниженні або зникненні напруги), а також для нечастого включення та відключення струмів навантаження. Відключення вимикача при КЗ і перевантаженнях виконується вбудованим в вимикач автоматичним пристроєм – роз'єднувачем. Вимикач може мати комбінований роз'єднувач (електромагнітний або тепловий) або тільки електромагнітний, що відключає струм КЗ (рис.2.7).

Таблиця 2.5 – Вибір кабелю для електропостачання корпусу НС

Позначення	Найменування обладнання	I_p, A	$I_{доп}, A$	$0,92 \cdot I_{доп}, A$	Кабель
1	2	3	4	5	6
Н-1/1	Насос відцентровий	49,6	75	69	ПВВГ 4x16
Н-1/3	Насос відцентровий	49,6	75	69	ПВВГ 4x16
Н-1/5	Насос відцентровий	49,6	75	69	ПВВГ 4x16
Н-3/1	Насос відцентровий	49,6	75	69	ПВВГ 4x16
Н-24/1	Насос відцентровий	30,6	40	36,8	ПВВГ 4x6
Н-11/1	Насос заглибний	24,8	30	27,6	ВВГнг-LS 4x4
ШУ-П1	Шафа управління припливним вент-агрегатом	8,2	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
ШУ-П3	Шафа управління припливним вент-агрегатом	3,5	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
ШУ-В1	Шафа управління витяжним вент-агрегатом	7,15	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
ШУ-В2/1	Шафа управління витяжним вент-агрегатом	9,83	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
ШУ-В3	Шафа управління витяжним вент-агрегатом	5,36	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
Н-1/2	Насос відцентровий	49,6	75	69	ПВВГ 4x16
Н-1/4	Насос відцентровий	49,6	75	69	ПВВГ 4x16
Н-1/6	Насос відцентровий	49,6	75	69	ПВВГ 4x16
Н-3/2	Насос відцентровий	30,6	40	36,8	ВВГнг-LS 4x6
Н-24/2	Насос відцентровий	30,6	40	36,8	ВВГнг-LS 4x6
ШУ-П2	Шафа управління припливним вент-агрегатом	10,0	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5

Продовження табл.2.5

ШУ-П4	Шафа управління припливним вент-агрегатом	3,5	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
ШУ-В2/2	Шафа управління витяжним вент-агрегатом	9,83	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
ШУ-А1	Шафа управління аварійним вент-агрегатом	5,36	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
Верстат н/с	Верстат наждачно-свердильний	1,82	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
СУМ	Станція управління маневровим пристроєм	42,32	75	69	ВВГнг-LS 4x16
поз. 3	Шафа витяжна	5,34	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
Станок поз.1	Верстат точильно-шліфувальний	2,28	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
ЩО	Щит робочого освітлення	1,69	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
АЩО	Щит аварійного освітлення	0,77	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
ПР-1	Шафа живленнязовнішніхЕП	39,94	75	69	ВВГнг-LS 4x16

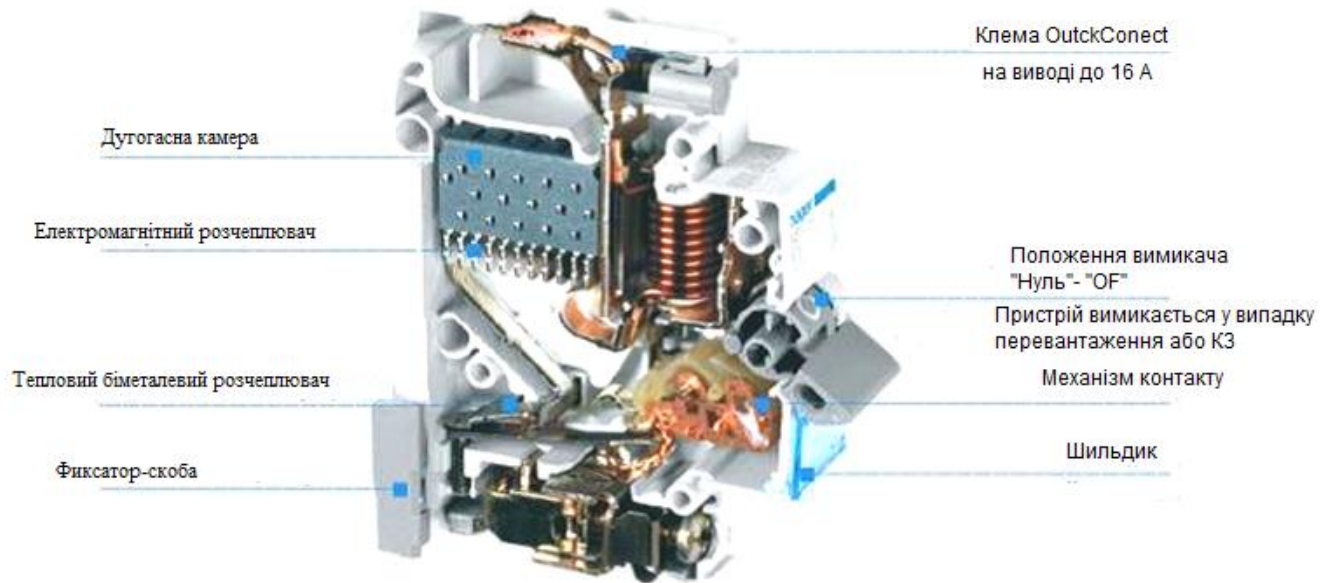


Рис. 2.7– Конструкція автоматичного вимикача на струми від 0,5 до 63А

Обираються автоматичні вимикачі за номінальним струмом, напруження за умовами експлуатації (виходячи з типу виконання). Якщо необхідно вибрати автомат для підключення відомих навантажень необхідно розрахувати струм. Автоматичний вимикач також повинен відключити напругу при короткому замиканні [4,24,25].

Характеристики спрацювання (відключення) й експлуатації встановлені в європейських стандартах на автоматичні вимикачі: DIN VDE 0641 частина 11 / 8.92, EN 60 898, IEC 898 (DIN – Німецький промисловий стандарт, VDE – Технічні правила Товариства німецьких електриків, EN - Європейський стандарт, IEC – Міжнародна електротехнічна комісія) і в українському стандарті ДСТУ ІЕК 60898-2:2005.

Згідно з даними стандартів захисні пристрої можуть бути трьох характеристик спрацювання:

- автоматичний вимикач з характеристикою спрацьовування «В» рекомендується застосовувати переважно для захисту обладнання, кабелів і ланцюгів в житлових будинках (зазвичай, кіл освітлення і розеток);
- автоматичний вимикач з характеристикою спрацьовування «С» рекомендується застосовувати для захисту обладнання, кабелів і ланцюгів в житлових будинках (кіл освітлення і розеток), а також для захисту ланцюгів зі споживачами, що володіють великим пусковим струмом (групи ламп, електродвигуни тощо);
- автоматичні вимикачі з характеристикою спрацьовування «D» переважно застосовуються для захисту кабелів і ланцюгів із споживачами з дуже великим пусковим струмом (зварювальні трансформатори, електродвигуни тощо). Параметри спрацювання захисних автоматів надано у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Параметри спрацювання захисних автоматів

Характеристика спрацювання	Теплові реле			Електромагнітні реле		
	Малий випробувальний струм	Великий випробувальний струм	Час спрацювання	Утримання	Спрацювання	Час спрацювання
В	1,13*In		> 1 час	3*In		> 0,1 с
		1,45*In	< 1 час		5*In	< 0,1 с
С	1,13*In		> 1 час	5*In		> 0,1 с
		1,45*In	< 1 час		10*In	< 0,1 с
D	1,13*In		> 1 час	10*In		> 0,1 с
		1,45*In	< 1 час		20*In	< 0,1 с

Варто відзначити, що переважна більшість автоматів на українському ринку пропонується з характеристикою «С», з характеристикою «В» продаються, як правило, автомати на малі струми, інші поставляються в основному під замовлення [24,25,26].

Відповідно до стандарту DIN VDE 0100 частина 430/11.91 і його додатків (для пристроїв захисту кабелів і електричних ланцюгів від перевантаження), захист від надмірного нагрівання (тепловий захист) у разі перевантаження забезпечується, якщо виконуються наступні умови:

- струм ланцюга повинен бути менше або рівним номінальному току автоматичного вимикача, який в свою чергу повинен бути не більше, ніж максимально допустиме навантаження електричного кола або кабелю;

- номінальний струм спрацьовування автоматичного вимикача (для захисту від перевантаження по струму) повинен бути приблизно в 1,5 рази менше, ніж максимально допустиме навантаження електричного кола або кабелю.

У табл. 2.7 представлений вибір автоматичних вимикачів для обладнання корпусу НС, крім насосів, у систему управління яких будуть встановлюватися частотні перетворювачі.

Таблиця 2.7– Вибір вимикачів в ЕРП 0,4 кВ корпусу НС

Найменування лінії	Значення I_p , А	Вимикач	
		I_n , А	Найменування
1	2	3	4
Ввід № 1	577	630	АВ3005/3Н 630 А
Н-24/1	30,6	50	ВА-2004/50 3р 50 А
Н-11/1	24,8	30	ВА-2004/30 3р 30 А
ШУ-П1	8,2	10	ВА-2004/30 3р 10 А
ШУ-П3	3,5	5	ВА-2004/30 3р 5 А
ШУ-В1	7,15	10	ВА-2004/30 3р 10 А
ШУ-В2/1	9,83	15	ВА-2004/30 3р 15 А
ШУ-В3	5,36	10	ВА-2004/30 3р 10 А
Н-24/2	30,6	49	ВА-2004/50 3р 40 А
ШУ-П2	10,0	15	ВА-2004/30 3р 15 А
ШУ-П4	3,5	5	ВА-2004/30 3р 5 А

Продовження табл. 2.7

	2	3	4
ШУ-В2/2	9,83	15	ВА-2004/30 3р 15 А
ШУ-А1	5,36	10	ВА-2004/30 3р 10 А
Верстат н/с	1,82	3	ВА-2004/30 3р 3 А
СУМ	42,32	50	ВА-2004/50 3р 50 А
Поз. 3	5,34	10	ВА-2004/30 3р 10 А
Верстат поз.1	2,28	5	ВА-2004/30 3р 5 А
ЩО	1,69	3	ВА-2004/30 3р 3 А
АЩО	0,77	3	ВА-2004/30 3р 3 А
ПР-1	39,94	50	ВА-2004/50 3р 50 А
Насос Н-1/1	49,6	63	ВА-2005 М63
Насос Н-1/2	49,6	63	ВА-2005 М63
Насос Н-1/3	49,6	63	ВА-2005 М63
Насос Н-1/4	49,6	63	ВА-2005 М63
Насос Н-1/5	49,6	63	ВА-2005 М63
Насос Н-1/6	49,6	63	ВА-2005 М63
Насос Н-3/1	49,6	63	ВА-2005 М63
САВ	307	400	АВ3005/3Н 400 А
Ввід №2	577	630	АВ3005/3Н 630 А

1.Розшифровка аббревіатури АВ3005/3Н 630 А: вимикач АВ3005, триполюсний, Н – без струмообмеження, номінальний струм 630 А.

2.Розшифровка аббревіатури ВА-2004/30 3р 3 А: вимикач ВА-2004, триполюсний, номінальний струм 3 А.

3.Розшифровка аббревіатури ВА-2005 М63А: вимикач ВА-2005, триполюсний, номінальний струм 63 А, для захисту електродвигунів.

4. I_p , I_n – розрахунковий і номінальний струми.

5. САВ – секційний автоматичний вимикач.

Вибираємо автоматичні вимикачі компанії ІЕК – відомого виробника електротехнічної продукції під широко відомим брендом ІЕК®, що працює в Україні більше 15-и років. На рис. 2.8 показано зовнішній вигляд автоматичних вимикачів.

В якості секційного, а також вступних автоматів для I і II секцій шин обрані автоматичні вимикачі АВ3005/3Нз вбудованим електронним розчіплювачем.

Електронний розчіплювання потребує окремого живлення і гарантує правильну роботу захисту при струмі навантаження не менше 15% від номінального навіть при наявності напруги тільки в одній фазі. Блок захисту включає в себе три трансформатора струму, електронний модуль і відключає електромагніт, який впливає безпосередньо на механізм вимикача. Трансформатори струму, встановлені усередині корпусу розчеплювача, забезпечують електроживлення електронної схеми розчіплювача і виробляють сигнали, необхідні для виконання функції захисту. Захисні характеристики (уставки спрацьовування) вибираються споживачем безпосередньо на передній панелі вимикача установкою DIP-перемикачів відповідно до наведеної мнемосхеми.

Завдяки широкому діапазону регулювання уставок електронний розчеплювач MP211 придатний для всіх розподільчих мереж, в яких потрібно надійність і точність спрацьовування.



Рис.2.8– Вимикачі АВ3005/3Н 630 А (ліворуч) і ВА-2005 М63 (праворуч) виробництва УкрЕМ

Для захисту ліній, що відходять з ЕРП обираємо автоматичні вимикачі ВА47-29М, які призначені для захисту розподільних і групових кіл, що

мають різне навантаження і рекомендовані виробником для застосування на виробництві.

2.6 Вибір частотного перетворювача

Перші насоси з'явилися ще в давні часи. У наші дні це, мабуть, найпоширеніший пристрій, який застосовується практично всюди. Поверніть вентиль водопровідного крана – з нього потече вода, яку подає насос. В кожному автомобілі працюють кілька насосів для масла, палива, води, охолоджуючої рідини. Велосипедист не відправиться в дорогу, не накачавши шини насосом. При виготовленні електронної лампи, з неї викачують повітря. Насоси накачують, викачують, відкачують і перекачують повітря, воду, нафту, молоко, бензин і навіть цемент. Але сам по собі насос працювати не може. Для приведення його в дію потрібен електродвигун і пристрій регулювання тиску/розрідження. Найвідомішим і найпоширенішим способом регулювання в насосній системі є дроселювання, коли двигун працює на повних обертах, а регулювання тиску в системі здійснюється за допомогою запірної арматури – засувки, вентилів, відводів, кульових кранів тощо [27].

Більш раціонально і ефективно управляти насосами дозволяють частотні перетворювачі, за допомогою яких на двигун подається необхідна кількість енергії для створення і підтримки необхідного рівня тиску/розрідження в системі, наприклад, в трубопроводі.

Витрати електроенергії у корпусі НС безумовно пов'язані з надмірною витратою електроенергії насосними агрегатами, при періодичній зміні витрати і невідповідність характеристик насоса і напору, необхідного в системі, який залежать від опору гідравлічних компонентів системи. Для того, щоб налагодити технологічний процес з низькими енергетичними

затратами, вкрай важливо зменшити сумарні втрати напору між системами труб насоса і споживчої абонентською мережею.

Така ситуація змушує встановлювати в системі такі дросельні компоненти, як клапана – для регулювання продуктивності насоса. Своєю роботою вони збільшують опір гідравлічної системи, яке забезпечує стабільність тиску і розподіл сили натиску в системі труб.

Для оптимізації витрат електроенергії доцільно відкрити всі засувки і іншу арматуру, передавши процес підтримки тиску насосного агрегату, управління яким здійснює частотний перетворювач. Зміна напірних характеристик насосного агрегату при зміні частоти обертання ілюструє наступна схема – рис. 2.9 [27,28].

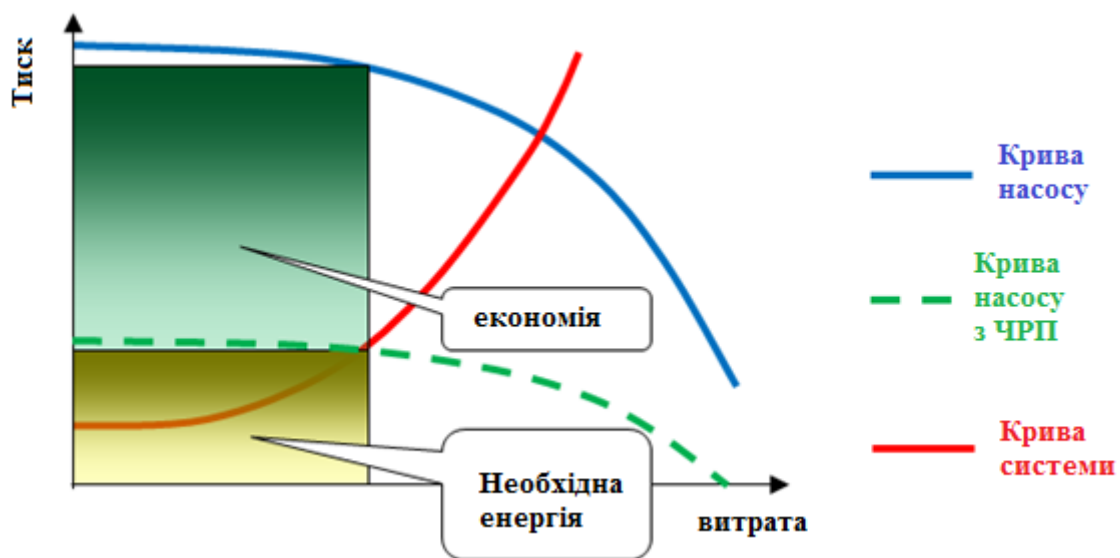


Рис.2.9 – Наочне уявлення вигоди експлуатації насоса з ЧРП

У питаннях вибору обладнання необхідно спиратися не тільки на техніко-економічні показники, а й прагнути до уніфікації встановлюваних і вже експлуатованих елементів. При обслуговуванні установок одного типу знижується ймовірність помилки при обслуговуванні їх черговим персоналом, що є важливим фактором вибору вже зарекомендованих

виробників. Розглянемо особливості експлуатованої на підприємстві серії частотних перетворювачів.

2.6.1. Особливості перетворювачів частоти Altivar 61. Перетворювач частоти Altivar 61(рис.2.10) [29] може зменшити експлуатаційні витрати шляхом оптимізації споживання енергії, значно підвищуючи комфортність. Різні вбудовані функції дозволяють адаптувати перетворювач для використання в електричних установках, складних керуючих системах і системах диспетчеризації інженерного обладнання будівлі. Як відомо, частотний перетворювач є джерелом електромагнітних завад. При розробці перетворювача Altivar 61 була врахована проблема електромагнітної сумісності та зменшення гармонійних складових струму.

Залежно від характеристик, кожен тип (UL тип 1 / IP 20 і / або UL тип 12 / IP 54) або має вбудовані фільтри ЕМС класу А або В і дроселі ланки постійного струму, або ці елементи можуть комплектуватися споживачем в якості додаткового обладнання.



Рис.2.10– Перетворювачі частоти серії Altivar 61

Серія перетворювачів частоти Altivar 61 призначена для двигунів потужністю від 0,75 до 800 кВт з наступними видами електроживлення:

- однофазне, 200 - 240 В, від 0,37 до 5,5 кВт;
- трифазне, 200 - 240 В, від 0,37 до 75 кВт;
- трифазне, 380 - 480 В, від 0,75 до 630 кВт;
- трифазне, 500 - 690 В, від 1,5 до 800 кВт.

Функції, які застосовуються спеціально для вентиляційних і насосних агрегатів:

- адаптація обмеження струму в залежності від швидкості;
- автоматичне підхоплення навантаження, що обертається, з пошуком швидкості;
- енергозбереження, квадратичний закон по 2 або 5 точкам;
- придушення шуму і резонансу за допомогою частоти комутації, яка, в залежності від номінального навантаження, може бути встановлена до 16 кГц під час роботи і випадкової модуляції;
- встановлення для користувачів значення швидкості;
- вбудований пропорційно-інтегрально-диференційний (ПІД) - регулятор, з попередньо встановленими значеннями ПІД і режимами автоматичний / ручний ("Auto / Man")
- облік і зберігання даних про напрацювання і енергоспоживання;
- визначення відсутності рідини, обмеження швидкості потоку, визначення нульової швидкості потоку;
- функція "сон", функція "пробудження"
- клієнтські настройки з відображенням фізичних значень: к.с., бар, °С.

Для полегшення введення в експлуатацію приводів у промисловій сфері та інфраструктурі (тунелі, водопровідні станції і т.д.) пропонується комплектний перетворювач в шафах компактного виконання IP 23 або IP 54.

Багато параметрів аналогових і дискретних входів і виходів, які містить перетворювач Altivar 61, дозволяють легко проводити його оптимізацію для конкретного застосування. Передбачена підтримка протоколів CANopen і Modbus для того, щоб збільшити продуктивність системи управління. Також перетворювач підтримує основні промислові шини і здатний вбудовуватися в системи HVAC за допомогою додатково вбудованих карт. Також є можливість придбання додаткових карт перемикачів насосів, які дозволяють виконувати просте і гнучке управління насосами.

Функціональна безпека та застосування – АТЕХ. Для того, щоб запобігти несанкціонований пуск двигуна, в перетворювач частоти Altivar 61 вбудована захисна функція блокування PowerRemoval. Ця функція безпеки дозволяє включати ПЧ як складової в ланцюг безпеки системи управління електричної / електронної / електронної з програмним управлінням, що відноситься до безпеки виробничого механізму або технологічного процесу. Функція відповідає стандартам по машинам EN 954-1, категорія 3, електричних установок МЕК / EN 61508 SIL2 і силовим електроприводів МЕК / EN 61800-5-2 [29]. Наявність функції безпеки Power Removal у перетворювача рекомендовано виробником для захисту двигунів, які експлуатуються у вибухонебезпечних умовах (АТЕХ).

2.6.2. Вибір перетворювача частоти і додаткового устаткування. У насосній зливу агресивної речовини, що є в роботі (корпус НС), передбачається установка перетворювачів частоти в системи управління наступних насосних агрегатів: Н-1/1, Н-1/2, Н-1/3, Н-1/4, Н -1/5, Н-1/6 і Н-3/1. Вибір відповідного типу перетворювача частоти буде виконаний відповідно до характеристиками даних насосів, зазначених в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Вибір перетворювача

Характеристика	Значення
Номинальна напруга, В	змінне, 380
Потужність насоса, кВт	30
Число фаз живлення	3
Температура зовнішнього середовища, °С	-10...50
Ступінь захисту	IP20

Найкращим варіантом, згідно каталогу, буде перетворювач частоти Altivar 61, модель ATV61HD30N4Z, характеристики якого надані в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Основні характеристики ATV61HD30N4Z

Основні характеристики	
1	2
Сімейство продуктів	Altivar 61
Тип виробу або компонента	Привід з регульованою частотою обертання
Застосування виробу	Насосне та вентиляційне обладнання
Потужність двигуна, кВт	30 кВт 3 фази при 380...480 В
Потужність двигуна, к.с.	40 к.с. 3 фази при 380...480 В
Номинальна напруга живлення	380...480 В (- 15...10 %)
Число фаз живлення	3 фази
Лінійний струм	66 А для 380 В 3 фази 30 кВт / 40 к.с.
	56 А для 480 В 3 фази 30 кВт / 40 к.с.
Фільтр завад	Рівень 3 фільтр перешкод
Варіант	Без дистанційного графічного терміналу
Стиль збірки	3 радіатором
Повна потужність	43.4 кВА для 380 В 3 фази 30 кВт / 40 кс
Максимум очікуваного струму КЗ	22 кА 3 фази
Макс. перехідний струм	79.2 А для 60 з 3 фази
Номинальна частота комутації	12 kHz
Частота комутації	12...16 kHz із знижуючим коефіцієнтом
	1...16 kHz регульована

Продовження табл. 2.9

1	2
Управління асинхронними двигунами	Відношення напруги / частоти, 2 точки
	Відношення напруги / частоти, 5 точки
	Управління вектором потоку без датчика, стандартний
	Відношення напруги / частоти – енергозбереження, квадратична функція U/f
Профіль управління синхронним двигуном	Векторне управління без датчика, стандартний
Протокол порту обміну даними	CANopen Modbus

Перетворювач Altivar 61 має вбудовану програмну функцію, що дозволяє обмежити перенапруги на клеммах двигуна. Однак, в залежності від довжини кабелю (табл. 2.10) і типу застосування, може виникнути необхідність використання додаткових вихідних фільтрів:

- дроселів двигуна, що обмежують dv/dt ;
- синусних фільтрів, особливо ефективних при великій довжині кабелю.

Необхідність їх установки залежить від довжини кабелів, що живлять насоси і типу кабелю – екранований / неекранований.

Згідно з рекомендаціями виробника для стабілізації електромагнітної обстановки необхідність установки синусних фільтрів для неекранованих кабелів виникає при довжині кабелю від 100 м, дроселів двигуна – при довжині кабелю 50 - 100 м. У нашому випадку установка синусних фільтрів не потрібно. Дроселі на двигуни застосовні на насосах Н-1/1, Н-1/2 і Н-1/3.

Таблиця 2.10 – Довжини кабелів живлення

Найменування ЕП	Довжина кабелю, м	Прим.
Насос Н-1/1	40	Неекранований кабель
Насос Н-1/2	42	
Насос Н-1/3	43	
Насос Н-1/4	35	
Насос Н-1/5	33	
Насос Н-1/6	32	
Насос Н-3/1	30	

Дросель обирається за номінальним струмом двигуна і за напругою. Відповідний тип дроселя – VW3 A5 102 (48А, ~ 380В). Він дозволить відфільтрувати перешкоди, обумовлені спрацюванням контактора, що знаходиться між фільтром і двигуном і зменшити струм витоку на землю двигуна.

Підключення, зовнішній вигляд і габарити дроселів показані на рис. 2. 11.

Також необхідним заходом буде установка мережевих дроселів, що встановлюються на вході частотних перетворювачів. Використання мережевих дроселів особливо рекомендується у наступних випадках:

- при паралельному включенні декількох перетворювачів з близько розташованими сполуками;
- при наявності в мережі живлення значних перешкод від іншого обладнання;
- при асиметрії напруги живлення між фазами $> 1,8\%$ номінальної напруги;
- при живленні ПЧ від лінії з низьким повним опором (перетворювач розташований поруч з трансформаторами, в 10 разів більш потужними, ніж перетворювач);
- при установці великої кількості ПЧ на одній лінії;

- для зменшення перевантаження конденсаторів, що підвищують $\cos \phi$, якщо установка оснащена батареєю конденсаторів для підвищення коефіцієнта потужності.

Мережевий фільтр вибирається за потужністю двигуна і напругою мережі. У нашому випадку оптимальним варіантом буде мережевий фільтр VW3 A4 556 (30 кВт, ~ 380В). Він дозволить забезпечити більш якісний захист від мережевих перенапруг і зменшити гармоніки струму, що виробляються перетворювачем частоти [29].

2.7 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струмів короткого замикання в системах електропостачання напругою до 1000 В необхідно виконувати для перевірки роботи електроапаратів і провідників в режимі надструмів, а також, для перевірки автоматичного відключення ліній в мережах до 1000 В із глухозаземленою нейтраллю при виникненні замикань на корпус [30,31].

Розрахунки виконуються відповідно до методики, рекомендованої ГОСТ 28249 - 93 на розрахунки струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ.

Розрахунки виконуються відповідно до методики, рекомендованої ГОСТ 28249 - 93 на розрахунки струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ. Короткі замикання розраховуються в трьох точках згідно розрахункової електричної схеми та схеми заміщення, рис.2.11 і 2.12:

К1 –на контактах РУ живильної підстанції;

К2 –на контактах ЕРП 0,4 кВ;

К3 – для самого потужного і самого близького до РУ електроприймача.

2.7.1. Параметри розрахункової схеми. Параметри трансформатора Т1 наведено у табл. 2.11.

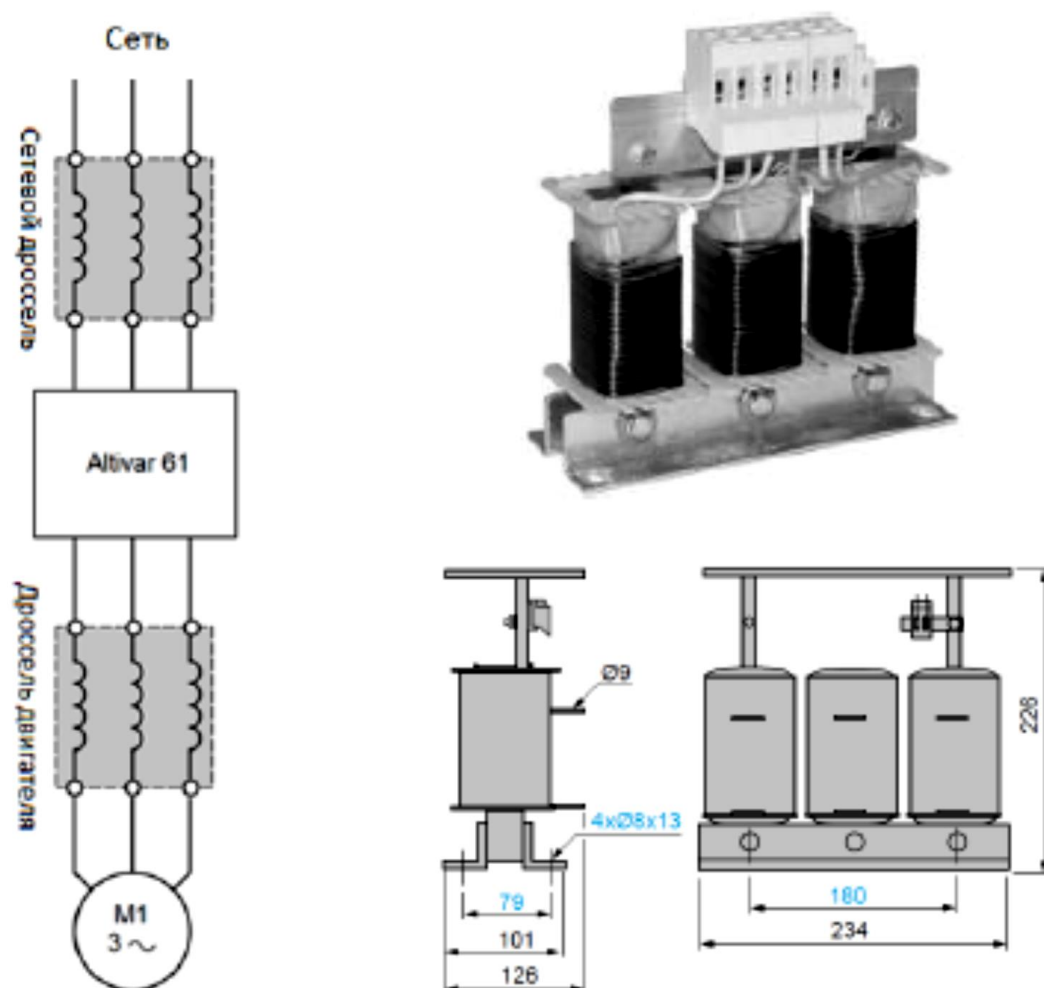


Рис.2.11 – Підключення, зовнішній вигляд і габарити дроселів

Таблиця 2.11– Параметри сухого трансформатора ТСЗГЛ- 1600/6, схема з'єднання обмоток Δ / Y

Тип, ном. потужність трансформатора, кліматичне виконання	Номинальна напруга, кВ		Схема и група з'єднання обмоток	Втрати Х.Х., Вт	Втрати КЗ, Вт	Напруга КЗ, при 75°C, %	Габаритні розміри трансформатора мм			Маса трансформатора, кг
	ВН	НН					L	B	H	
Сухий трансформатор ТСЗГЛ-1600/6/0,4 УЗ	6	0.4	У/У _Н -0 Д/У _Н -11	3200	11300 12800	6,0 8,0	2130	1220	2305	4100

$$U_{HВН} = 6 \text{ кВ}; \quad U_{HНН} = 0,4 \text{ кВ};$$

$$U_K = 6 \text{ \%};$$

$$R_T = \frac{P_{кз} \cdot U_{HНН}^2}{S_H^2} \cdot 10^6 = \frac{12,8 \cdot 0,4^2}{1600^2} 10^6 = 0,8 \text{ МОм};$$

$$Z_T = \frac{U_K \cdot U_{HНН}^2}{S_H} \cdot 10^4 = \frac{6 \cdot 0,4^2}{1600} 10^4 = 6 \text{ МОм};$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 5,95 \text{ МОм}.$$

Шинний міст від Т1 до АВ1 (ШР1):

$$R_{Ш} = 0,009 \text{ МОм};$$

$$X_{Ш} = 0,004 \text{ МОм}.$$

Трансформатор струму ТА:ТШЛ-0,66-5000 / 5:

$$R_{ТА} = 0,001 \text{ МОм};$$

$$X_{ТА} = 0,001 \text{ МОм}.$$

Автоматичний вимикач АВ1:ВА-СЭЩ В АН - 50 G:

$$I_H = 5000 \text{ А};$$

$$R_{AB1} = 0,13 \text{ МОм};$$

$$X_{AB1} = 0,07 \text{ мом}.$$

Шини РУ-КТП:

$$R_{РУ-КТП} = 0,009 \text{ МОм};$$

$$X_{РУ-КТП} = 0,004 \text{ МОм}.$$

Автоматичний вимикач АВ2: ВА-СЭЩ У TS800

$$I_H = 800 \text{ А};$$

$$R_{AB2} = 0,25 \text{ МОм};$$

$$X_{AB2} = 0,1 \text{ МОм}.$$

Кабельна лінія КЛ-1:2АВББШВ 3x150 + 1x50

$$l = 160\text{м};$$

$$R_{y\partial} = 0,063 \text{ МОм / м};$$

$$X_{y\partial} = 0,208 \text{ МОм / м};$$

$$R_{KL} = 160 \cdot 0,063 = 10,08 \text{ мОм};$$

$$X_{KL} = 160 \cdot 0,208 = 33,28 \text{ мОм}.$$

Автоматичний вимикач АВ3:ВА88-37 ЗР 630 А

$$I_H = 630 \text{ А};$$

$$R_{AB3} = 0,41 \text{ мОм};$$

$$X_{AB3} = 0,13 \text{ мОм}.$$

Шини ЕРП-0,4 кВ:

$$R_{ЕРП} = 0,009 \text{ мОм};$$

$$X_{ЕРП} = 0,004 \text{ мОм}.$$

Автоматичний вимикач АВ4:ВА47-29М ЗР 63 А

$$I_H = 63 \text{ А};$$

$$R_{AB4} = 0,41 \text{ мОм};$$

$$X_{AB4} = 0,13 \text{ мОм}.$$

Частотний перетворювач:

$$R_{ЧП} = 0,19 \text{ мОм};$$

$$X_{ЧП} = 0,15 \text{ мОм}.$$

Кабельна лінія КЛ-2:

ПВВГ 4х16;

$$l = 30 \text{ м};$$

$$R_{y\partial} = 0,09 \text{ мОм/м};$$

$$X_{y\partial} = 0,03 \text{ мОм/м};$$

$$R_{KL2} = 30 \cdot 0,09 = 2,7 \text{ мОм};$$

$$X_{KL2} = 30 \cdot 0,03 = 0,9 \text{ мОм}.$$

Наведені вище параметри потрібні для розрахунку значень струмів КЗ в точках К1, К2 і К3, які показані на рис. 2.12 і 2.13.

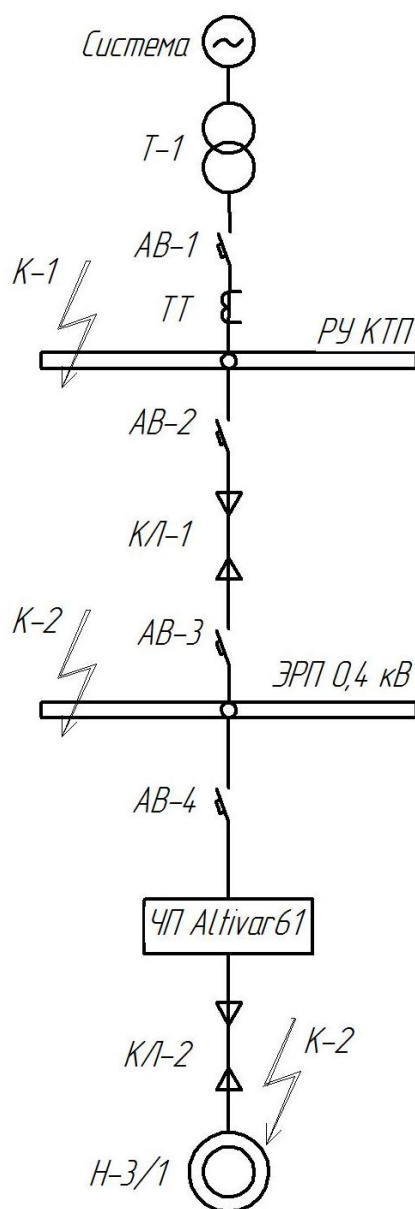


Рис. 2.12– Розрахункова електрична схема

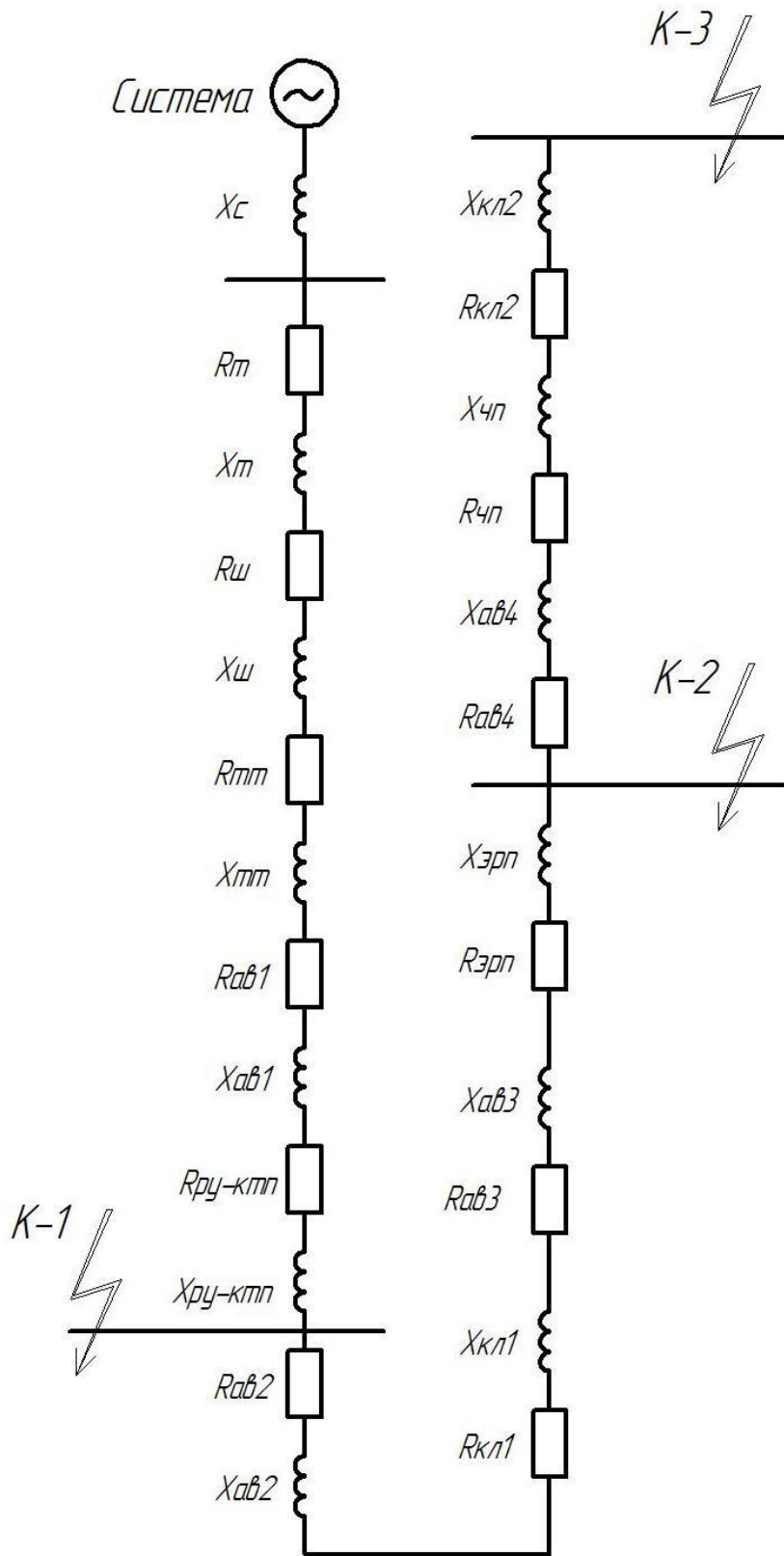


Рис. 2.13 – Заступна схема

2.7.2. Розрахунок струмів КЗ:

$$X_C = \frac{U_B}{S_{\text{кз.сис}}} \cdot 10^3 = \frac{0,4^2}{100} \cdot 10^3 = 1,6 \text{ мОм}; \quad (2.13)$$

Для КЗ в точці К1:

Трифазне металеве КЗ. Струм металевого трифазного КЗ $I_{\text{км}}^{(3)}$ у точці К1 визначається за формулою:

$$I_{\text{км}}^{(3)} = \frac{U_{\text{нн}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}^{(3)}} = \frac{U_{\text{нн}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}}. \quad (2.14)$$

За схемою заміщення сумарні опору R_{Σ} і X_{Σ} визначаються арифметичним підсумовуванням до точки КЗ:

$$R_{\Sigma} = 0,8 + 0,009 + 0,001 + 0,13 + 0,009 = 0,949 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma} = 1,6 + 5,95 + 0,004 + 0,001 + 0,07 + 0,004 = 7,629 \text{ мОм}.$$

Повний сумарний опір до точки КЗ:

$$Z_{\Sigma R1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2} = 7,69 \text{ мОм}. \quad (2.15)$$

Струм трифазного металевого КЗ:

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_{\text{ннн}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 7,69} = 28,57 \text{ кА}.$$

Трифазне дугове КЗ. Струм трифазного дугового КЗ визначається з використанням коефіцієнта зменшення K_C [4]. Для початкового моменту КЗ (K_{C1}) й усталеного КЗ (K_{C2}):

при $Z_{\Sigma R1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2} = 7,69$

$$I_{\text{кд}}^{(1)} = I_{\text{км}}^{(1)} \cdot K_C;$$

$$K_{C1} = 0,83; K_{C2} = 0,74.$$

Струм трифазного дугового КЗ визначається за формулою:

$$I_{\text{КД}}^{(1)} = I_{\text{КМ}}^{(1)} \cdot K_c; \quad (2.16)$$

$$I_{\text{КД}}^{(1)} = 28,57 \cdot 0,83 = 23,7 \text{ кА при } t_{\text{КЗ}} \leq 0 \text{ с};$$

$$I_{\text{КД}}^{(1)} = 28,57 \cdot 0,74 = 21,14 \text{ кА при } t_{\text{КЗ}} \geq 0,05 \text{ с}.$$

Ударний струм КЗ визначається за формулою:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\text{КЗ}};$$

де K_y – ударний коефіцієнт, визначається за графіком, що представлений на рис. 2.14.

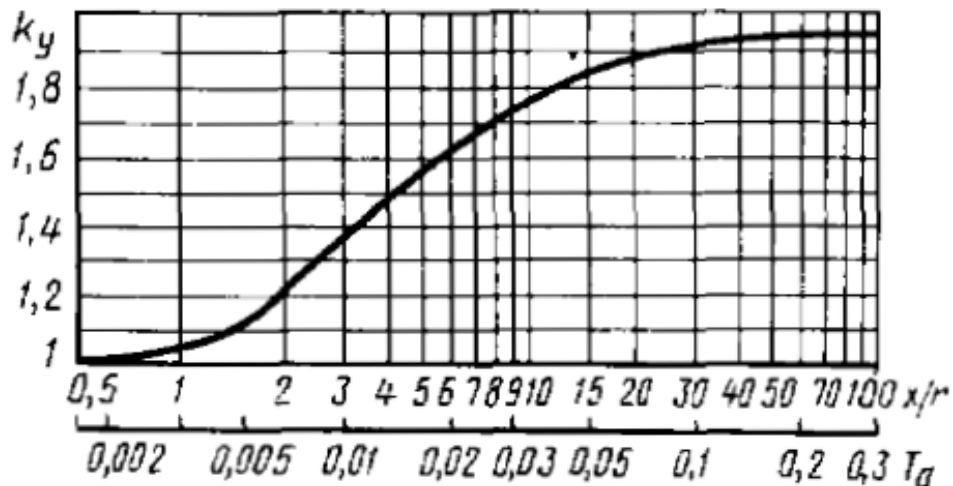


Рис.2.14 – Крива для визначення K_y

$$\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{7,629}{0,949} = 8,03.$$

Цьому значенню відповідає $K_y = 1,7$.

$$\text{Визначаємо } i_{\text{КД}} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 28,57 = 68,5.$$

Для КЗ в точці К2:

$$R_{\Sigma} = 0,8 + 0,009 + 0,001 + 0,13 + 0,009 + 0,25 + 0,41 + 10,08 + 0,009 = 11,288 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma} = 1,6 + 5,95 + 0,004 + 0,001 + 0,07 + 0,004 + 0,1 + 33,28 + 0,13 + 0,004 =$$

= 41,143 МОм.

$$Z_{\Sigma R2} = \sqrt{R_{\Sigma K2}^2 + X_{\Sigma K2}^2} = 42,6 \text{ МОм};$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_{HHH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K2}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 42,6} = 5,14 \text{ кА};$$

$K_{C1} = 0,84$; $K_{C2} = 0,75$.

$I_{KD}^{(3)} = 5,14 \cdot 0,84 = 4,32 \text{ кА}$ при $t_{K3} \leq 0 \text{ с.}$;

$I_{KD}^{(3)} = 26,5 \cdot 0,75 = 3,86 \text{ кА}$ при $t_{K3} \geq 0,05 \text{ с.}$

$$\frac{X_{\Sigma K2}}{R_{\Sigma K2}} = 3,6 \Rightarrow K_{yK2} = 1,45 ;$$

$$i_{yK2} = \sqrt{2} \cdot K_{yK2} \cdot I_{K2}^{(3)} = 10,45 \text{ кА.}$$

Для КЗ в точці КЗ:

$R_{\Sigma} = 0,8 + 0,009 + 0,001 + 0,13 + 0,009 + 0,25 + 0,41 + 10,08 + 0,009 + 0,41 +$
 $+ 0,19 + 2,7 = 14,99 \text{ МОм};$

$X_{\Sigma} = 1,6 + 5,95 + 0,004 + 0,001 + 0,07 + 0,004 + 0,1 + 33,28 + 0,13 + 0,004 + 0,13 +$
 $+ 0,15 + 0,9 = 42,32 \text{ МОм};$

$$Z_{\Sigma R3} = \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2} = 44,9 \text{ МОм};$$

$K_{C1} = 0,87$; $K_{C2} = 0,76$.

$I_{KD}^{(3)} = 4,89 \cdot 0,76 = 3,72 \text{ кА}$ при $t_{K3} \geq 0,05 \text{ с.}$

$$\frac{X_{\Sigma K3}}{R_{\Sigma K3}} = 2,82 \Rightarrow K_{yK3} = 1,38 ;$$

$$i_{yK3} = \sqrt{2} \cdot K_{yK3} \cdot I_{K3}^{(3)} = 9,45 \text{ кА.}$$

За отриманими результатами значень ударних струмів КЗ в обраних точках перевіряється придатність автоматичних вимикачів. Ударні струми,

які здатні витримати автоматичні вимикачі і частотний перетворювач, вказані в їх технічних характеристиках і мають значення більше, ніж в наведених попередніх розрахунках і, отже, обрані вірно.

2.8 Розрахунок захисного заземлення

Захисне заземлення – це спеціальне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на корпус або з інших причин (індуктивний вплив сусідніх струмоведучих частин, влучення блискавки тощо) [2,4,5,7].

Головною функцією захисного заземлення є забезпечення електричного з'єднання між корпусами електрообладнання та землею з невеликим (строго унормованим) опором. Це робиться для безпечного значення напруги дотику під час аварійного замикання на корпус обладнання [2,4,5,7].

За вимогами ПУЕ заземлюючих пристроїв напругою до 1000В в мережах з глухозаземленою / ізольованою нейтраллю, яке виконується з дотриманням вимог до його опору, повинен мати в будь-який час року опір не більше 4 Ом з урахуванням опору природних і штучних заземлювачів. Згідно цих же правил, якщо сумарна встановлена потужність генераторів і перетворювачів електроенергії розглянутого корпусу перевищує 100 кВА, то тоді це значення не повинно перевищувати 10 Ом [7].

Всі металеві частини електроустановок, які нормально не знаходяться під напругою, необхідно приєднувати до заземлювача. Для заземлення використовуються як природні, так і штучні заземлювачі (металеві конструкції будівель, арматура тощо).

Для насосної станції приймаємо:

- довжина стрижнів – $l = 5$ м;
- діаметр стрижнів – $d = 0,012$ м;

- відстань між стрижнями $-a = 10$ м;
- опір заземлення $-R_3 = 4$ Ом;
- глибина закладення смуги $-t = 0,7$ м;
- питомий опір ґрунту $-\rho = 100$ Ом · м.

Визначаємо розрахунковий опір ґрунту:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho_{\text{гр}} \cdot K_c = 100 \cdot 1,25 = 125 \text{ Ом};$$

$K_c = 1,25$ – коефіцієнт сезонності.

Визначаємо опір одного вертикального стрижня:

$$R_c = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч}}}{l} \cdot \left[\lg\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot t' + l}{4 \cdot t' - l}\right) \right],$$

$$\text{де } t' = t_0 + \frac{1}{2} \cdot l = 0,7 + \frac{1}{2} \cdot 5 = 3,2 \text{ м};$$

$t_0 = 0,7$ – глибина закладення вершини вертикального заземлювача, м;

l – довжина стрижня, м.

$$R_c = \frac{0,366 \cdot 125}{5} \cdot \left[\lg\left(\frac{10}{0,012}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5}\right) \right] = 28,36 \text{ Ом}.$$

Визначаємо необхідну кількість вертикальних стрижнів:

$$N_c = \frac{R_3}{R_c \cdot n_c},$$

де в підрахунку n_c : $0,78$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, розташованих по контуру.

$$N_c = \frac{28,36}{4 \cdot 0,78} = 9,08 \approx 9 \text{ шт.}$$

Визначаємо опір заземлювальної смуги:

$$R_{\Pi} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч}}}{L} \cdot \lg\left(\frac{L^2}{b \cdot t}\right) = \frac{0,366 \cdot 125}{48} \cdot \lg\left(\frac{48^2}{0,04 \cdot 0,7}\right) = 9,54 \text{ Ом},$$

де $L = (A + B) \cdot 2 = (3 + 6) \cdot 2 = 18$ м – периметр електроприміщення.

Визначаємо опір заземлювальної смуги в контурі:

$$R_{\text{ПК}} = \frac{R_{\text{П}}}{n_{\text{П}}} = \frac{9,54}{0,26} = 36,7 \text{ Ом.}$$

де: $n_{\text{П}} = 0,26$ – коефіцієнт використання горизонтального смугового заземлювача.

Визначаємо необхідний опір вертикальних заземлень:

$$R = \frac{R_{\text{ПК}} \cdot R_3}{R_{\text{ПК}} + R_3} = \frac{36,7 \cdot 4}{36,7 + 4} = 3,6 \text{ Ом.}$$

Визначаємо уточнену кількість стрижнів:

$$N_c' = \frac{R_c}{R \cdot n_c} = \frac{28,36}{3,6 \cdot 0,78} = 10,08 \approx 10 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість 10 стрижнів.

2.9 Технічне виконання РУ-0,4 кВ

2.9.1. Конструкції та опис КРУ. Комплектна розподільча установка (КРУ) – РУ, складена із шаф або блоків з вмонтованими в них апаратами, пристроями для вимірювання, захисту та автоматики і сполучних елементів, яка призначена для встановлення в приміщеннях. Шафи або блоки поставляють у складеному або повністю підготовленому до складання вигляді. [7]. Класифікація комплектних розподільчих пристроїв:

- умови експлуатації під впливом навколишнього середовища: внутрішньої і зовнішньої установки;
- з питань клімату: помірний, тропічний, холодний клімат;
- за технологією конструкцій: висувний тип, стаціонарний тип;
- по типу вимикачів на головному апараті: маломасляний, електромагнітний, вакуумний вимикачі;

- по сервісному доступу: одностороннє або двостороннє обслуговування;
- за ступенем захисту струмоведучих деталей: захищеного і відкритого типу;
- по типу виведення (кабельний або повітряний);
- постійний або змінний струм;
- щодо захисту від середовища експлуатації: захист від пилу води вибухів.

Шафи КРУ бувають релейні та розподільні, управління, сигналізації та контролю. Вони представляють собою металеві конструкції, що комплектуються з шаф, окремих панелей або пульт-панелей, на яких монтують апарати і прилади на замовлення споживача, а також збірні шини та проводки вторинних ланцюгів для приєднання необхідної апаратури.

Розподільні шафи (щити) призначені для прийому та розподілу електроенергії в мережах напругою до 1000 В і в даний час розрізняють кілька їх типо-виконань. Поширення отримали розподільні пристрої одностороннього (камери КСО) і двостороннього обслуговування, панельні та шафові.

КСВ – камери збірні одностороннього обслуговування (рис. 2.15), призначені для установки безпосередньо біля стіни електроприміщення. Обслуговування таких РУ ведеться тільки з лицьового боку. Всі прилади контролю, приводи, рукоятки та кнопки управління винесені на фасад, де для огляду, обслуговування, монтажу і ремонту є одностулкові дверцята.

Камери одностороннього обслуговування бувають декількох типів, і їх випускають у відкритому і закритому виконаннях. Щити відкритого виконання виконують з панелей і встановлюють тільки в спеціальних електротехнічних приміщеннях. Щити закритого виконання виконують з шаф з ущільненнями і призначені для безпосередньої установки в цехах.



Рис. 2.15– Камери збірні одностороннього обслуговування

Для виконання РП будь-якої складності камери КСВ мають типові панелі – вступні, лінійні та секційні. Вступні панелі служать для приєднання шинних і кабельних вводів лінійні – для приєднання до збірних шин споживачів електроенергії, секційні – для поділу і секціонування збірних шин на номінальні струми приєднань. Для бічних сторін крайніх панелей зібраного щита номенклатурою передбачені торцеві панелі із захисними декоративними дверима.

У порівнянні з іншими типами виконання РУ даний тип КРУ займає меншу площу і тому більш економічний.

Розподільні шафи двостороннього обслуговування (рис.2.16) є більш зручними в плані обслуговування, але вимагають більше місця. Розподільні щити двостороннього обслуговування комплектують з панелей ПД, шаф ШД, але масове застосування отримали щити з панелей ПРС. Ці щити призначені для установки тільки в електроприміщеннях, тому що не мають захисту ззаду та згори. За зовнішнім виглядом, висоті та глибині панелі ПРС ідентичні з панелями щитів управління і захисту, що дозволяє проводити їх спільну комплектацію на підстанціях або в машинних залах [2,4,5].

Як правило, з типових панелей ПРС комплектують розподільні пристрої напругою до 1000 В.

Умовне позначення панелей, наприклад, ПРС-1-15, розшифровують так: розподільна вільно-стояча, стійкість ошиновки – 1, схема панелі номер 15. Монтаж, обслуговування, ремонт апаратів виконують з заднього боку панелі, за винятком панелей з автоматами, які мають одностулкові двері. Шинні збірки в панелях з апаратами на номінальні струми 400, 600 або 1000 А передбачають введення і приєднання декількох кабелів.



Рис. 2.16 – Шафа КРУ двостороннього обслуговування

2.9.2 Технологія монтажу комплектних розподільних пристроїв. Монтаж комплектних розподільчих пристроїв виробляють тільки в приміщеннях, де закінчені всі будівельні роботи [7,9,12].

Установчі конструкції під КРУ виготовляють з швелера або куточка, які встановлюють горизонтально, ретельно вивіряючи за рівнем. Допустима нерівність знаходиться в межах 1 мм на 1 м довжини, але не більше 5 мм по всій довжині. Згідно з ПУЕ, ці конструкції підлягають обов'язковому приєднання до захисного заземлення та сталевією смугою розміром 40 x 4 мм

не менше ніж у двох місцях. Приєднання, зазвичай, виконується зварюванням.

Ширина проходу для однорядною установки при монтажі шаф КРУ в приміщенні повинна бути рівною довжині викочування візка плюс 0,8 м, для дворядної – довжині одного візка плюс 1 м. Відстань від стін до бічних шаф – не менше 0,1 м [7].

Монтаж камер КСО і шаф КРУ починають з першої або останньої камери. Наступну камеру встановлюють тільки після перевірки правильності встановлення першої по горизонталі і вертикалі. Після закінчення установки, починаючи з крайньої камери, виконують болтове з'єднання їх корпусів камер. Затягуванню підлягають спочатку нижні болти, а потім верхні.

Прямолінійність верхньої частини камер перевіряють за допомогою шнура та при необхідності за допомогою сталевих підкладок регулюють їх положення. Вкочуючи візок, перевіряють правильність установки шаф КРУ. Рухомі частини візка і нерухомі частини шафи повинні збігатися, а положення візка надійно фіксуватися. Ретельній перевірці підлягає робота захисних шторок, які повинні опускатися і підніматися без перекосів і заїдань, а також дію механічного блокування.

Вивірені за рівнем шафи КРУ і камери КСВ за допомогою електрозварювання закріплюють в чотирьох кутах до настановної конструкції, що забезпечує ефективне надійне заземлення встановлених конструкцій. Далі з шинного відсіку шафи знімають зовнішні листи, після чого, з дотриманням кольорового маркування, виконують монтаж збірних шин. Болтовим з'єднанням до збірних шин приєднують відгалуження.

Всі прилади й апарати, які з метою безпечного транспортування до місця монтажу були тимчасово зняті, встановлюють після монтажу шин і згідно схеми приєднують до первинних і вторинних ланцюгах.

Поверхні збірних шин в місцях контактів не можна зачищати напилком або наждачною шкуркою. На заводі-виробнику ці місця покривають спеціальним сплавом олова з цинком для захисту від корозії. Тому при

монтажі їх промивають і змащують вазеліном. Після установки збірних шин всієї секції затягують болти всіх контактних з'єднань. Далі проводять наладку, перевіряють роботу комутаційних апаратів, роз'єднувачів, допоміжних контактів і блокувальних пристроїв. Ножі роз'єднувача в камерах КСО при включенні повинні входити в нерухомі контакти плавно, без перекосів, на глибину 30 мм і не доходити до упора на 3 – 5 мм. Привід роз'єднувача повинен автоматично закриватися в крайніх положеннях фіксатором.

Регулювання приводу спільно з вимикачем проводять по заводській інструкції, але часто буває так, що на монтаж вони приходять з заводу в зібраному і відрегульована стані.

Після приєднання відходять і живильних кабелів і проводів ланцюгів вторинної комутації все металеві конструкції КРУ (КСВ) приєднують до систем заземлення. Заземлення виконують приєднанням корпусів камери в двох місцях до магістралі заземлення за допомогою електрозварювання.

2.9.3 Вибір КРУ. Очевидні переваги комплектної поставки щитів РУ привели до майже повного витіснення РУ старого типу, обладнання яких купувалося окремо і збиралося на місці монтажу. Камери КРУ і КСО виготовляють на заводах комплектно, в зібраному вигляді, з необхідною апаратурою і обладнанням. Як наслідок, скорочуються та стають простіше проектні роботи; спорудження будівельної частини стає не індивідуальним, а типовим; значно зменшуються вартість, трудовитрати та тривалість монтажу розподільних пристроїв.

Для установок, зібраних з окремих приладів, апаратів і обладнання, що поставляються розсипом і, можливо, не пристосованих для компактного монтажу і взаємного блокування, надійність роботи і безпеку експлуатації буде значно нижче, ніж для електроустановок, що складаються з великих блоків заводського виготовлення.

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики Siemens SIVACON 8PT

Стандарти та норми	Типові комбінації низьковольтних комутаційних апаратів (ТТА)	IEC 60439-1, DIN EN 60439-1, (VDE 0660 частина 500)	
	Перевірка поведінки при внутрішніх аваріях	IEC 61641, VDE 0660 частина 500, додаток 2	
	Стійкість до землетрусів	IEC 60068-3-3, IEC 60068-2-57, IEC 60980, КТА 2201/4	
Повітряні зазори і відстані витоку	Розрахункова імпульсна (U_{imp})	8кВ	
	Категорія перенапруги	III	
	Рівень забруднення	3	
Номинальна напруга ізоляції (U_i)		1000В	
Номинальна робоча напруга (U_e)		До 690В	
Номинальний струм (А) горизонтальна шина (3 електрода та 4 електрода)	Головні горизонтальні збірні шини	Номинальний струм	до 7400А
		Номинальна пікова витривалість струму (I_{pk})	до 375кА
		Номинальна короткочасна витривалість струму (I_{cw})	до 150АА, 1с до 120кА, 3с
	Вертикальні збірні шини для автоматичного вимикача	Номинальний струм	до 6300А
		Номинальна пікова стійкість струму (I_{pk})	до 250кА
		Номинальна короткочасна стійкість струму (I_{cw})	до 100 кА, 1с до 80кА, 3с
	Вертикальні збірні шини для жорсткої конструкції шини	Номинальний струм	до 1400А
		Номинальна пікова стійкість струму (I_{pk})	до 163КА
		Номинальна короткочасна стійкість струму (I_{cw})	до 65кА, 1с до 50кА, 3с
	Вертикальна шина з технологією стрічки 3NJ6	Номинальний струм	до 2100А
		Номинальна пікова стійкість струму (I_{pk})	до 110Ка
		Номинальна короткочасна стійкість струму (I_{cw})	до 50кА 1с
	Вертикальні шини розраховані для вкратної конструкції	Номинальний струм	до 1200 А
		Номинальна пікова стійка струму (I_{pk})	до 163кА
		Номинальна короткочасна стійкість струму (I_{cw})	до 65кА, 1с до 50кА, 3с
	Електричний номинальний струм	Автоматичні вимикачі	до 6300А
Схеми подачі кабелів		до 630А	
Внутрішній відсік	Від форми 1 до форми 4	IEC60439-1, секція 7.7, DIN EN 60439-1	
Обробка поверхонь	Каркас	Оцинковане / порошкове покриття / фарбування	
	Оболонка	Оцинковане / порошкове покриття / фарбування	
	Двері	порошкове фарбування / фарбування	
Клас захисту	до IEC60529, EN60529	IP30 до IP54	
Розміри	Висота	2200, 2600 мм (включаючи верхній блок)	
	Ширина	600, 800, 1000, 1200мм	
	Глибина	600, 800, 1000, 1200мм	

Приміщення ЕРП в корпусі НС має розміри 3х6 (м). У приміщенні такого розміру оптимальним варіантом буде установка РУ – низьковольтний розподільчий пристрій Siemens SIVACON 8PT, технічні характеристики якого наведені у табл. 2.12.

Висновки до другого розділу

1. Для кожного приміщення у корпусі НС (насосна, слюсарна майстерня, ЕРП, ПВК) проведено розрахунки освітлення з застосуванням промислових світлодіодних світильників компанії «Світлові технології», в результаті яких встановлена потужність освітлювальних установок корпусу знижена майже в 4 рази й становить 1,6 кВт.

2. Кабельні лінії, виконано кабелем ВВГ, замінено на кабелі, що мають мідні жили й ПВХ ізоляцію. Кабельні лінії основних насосів потужністю 30 кВт виконано мідним кабелем із зшитого поліетилену, який має на сьогоднішній день найкращі експлуатаційні характеристики.

3. Для вирішення проблеми плавного пуску, автоматичного регулювання та дистанційного управління основними насосами запропоновано установку частотних перетворювачів Altivar 61, які знизять енергоспоживання підключених насосів на 15–30%, а також забезпечать плавну і комфортну роботу асинхронних двигунів, що веде до збільшення терміну роботи між аварійними зупинками обладнання на ремонт.

4. Для підвищення надійності електропостачання корпусу низьковольтною напругою обрано розподільчий пристрій Siemens SIVACON 8PT.

РОЗДІЛ 3

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ

3.1 Визначення та види ефективності інвестиційного проекту

Ефективність інвестиційного проекту (ІП) – це оцінка, що відображає відповідність проекту цілям та інтересам його учасників.

Реалізація ефективних проектів збільшує надходить у розпорядження суспільства внутрішній валовий продукт (ВВП), який потім ділиться між що беруть участь в проекті суб'єктами. Надходженнями і витратами цих суб'єктів від участі в проекті визначаються різні види ефективності інвестиційного проекту [34,35,36].

Рекомендується оцінювати такі види ефективності:

- ефективність проекту в цілому;
- ефективність участі в проекті.

Ефективність проекту в цілому оцінюється з метою визначення потенційної привабливості проекту для його учасників і пошуків джерел фінансування. Вона містить в собі:

- громадську, або соціально-економічну, ефективність проекту;
- комерційну ефективність проекту.

Показники суспільної ефективності враховують соціально-економічні зміни після реалізації ІП для суспільства в цілому, в тому числі безпосередні результати та витрати проекту.

Показники комерційної ефективності інвестиційного проекту враховують фінансові зміни його виконання для учасника, що реалізовує ІП, в припущенні, що він робить всі необхідні для реалізації проекту витрати та користується усіма його результатами [35,36].

Показники ефективності інвестиційного проекту в цілому оцінюють з економічної точки зору як технічні, так і організаційні проектні рішення.

3.2 Основні принципи оцінки ефективності

Для компетентної оцінки ефективності інвестиційного проекту, незалежно від його технічних, технологічних, галузевих або інших особливостей, необхідно виконати:

- моделювання всіх дій для реалізації ІІ на весь період його життєвого циклу (розрахункового періоду) – від проведення передінвестиційного аналізу до припинення проекту;

- розрахунок грошових потоків, а це не тільки витрати за розрахунковий період, але також, можливо, і грошові надходження, які можуть виникнути ще на стадії виконання проекту;

- розгляд різних варіацій проекту, а також варіантів виконання проекту;

- принцип позитивності і максимуму ефекту. Проект, з точки зору інвестора, буде визнаний ефективним, якщо ефект його реалізації буде не тільки позитивним, але при порівнянні з альтернативними варіантами, матиме найбільше значення;

- облік чинника часу і інфляції. При оцінці ефективності інвестиційного проекту необхідно враховувати різні аспекти фактора часу, наприклад, зміна в майбутньому вартості на необхідні матеріали або види послуг;

- облік всіх найбільш суттєвих наслідків проекту. При визначенні ефективності інвестиційного проекту повинні враховуватися всі наслідки його реалізації – економічні і позаекономічні (соціально-громадські);

- облік наявності в учасників проекту розбіжностей інтересів і наявність різних оцінок вартості капіталу, що виражаються в індивідуальних значеннях норми дисконту;

- багатоетапність оцінки. На різних стадіях розробки і здійснення проекту (обґрунтування інвестицій, техніко-економічних особливостей, схем

фінансування тощо) його ефективність визначається заново, з різною глибиною опрацювання;

- облік ймовірності виникнення невизначеностей і ризиків, які можуть вплинути на реалізацію проекту, але при цьому їх неможливо прорахувати на стадії проектування [37].

На стадії розробки інвестиційної пропозиції у багатьох випадках можна обмежитися оцінкою ефективності інвестиційних проектів в цілому. Схема фінансування проекту може бути намічена в найзагальніших рисах (в тому числі за аналогією, на підставі експертних оцінок).

Ефективність проекту оцінюється протягом розрахункового періоду, який включає часовий відрізок від початку проекту до його завершення. Початок розрахункового періоду рекомендується визначати в завданні на розрахунок ефективності інвестиційного проекту, наприклад як дату початку вкладення коштів в проектно-вишукувальні роботи.

Розрахунковий період ділять на кілька кроків. Це такі відрізки часу, в межах яких виконують проміжну обробку даних і приведення проміжних (неостаточних) значень показників економічної ефективності. Тривалість кроку визначається виходячи з конкретного проекту і, найчастіше, вимірюється в роках, або частках року.

Також не треба забувати про деякі особливості ринкової системи економіки. Вартість на товари і послуги в майбутньому може істотно відрізнитися від значень теперішнього часу. Крім того валюта може знецінюватися. З огляду на це, необхідно проводити дисконтування грошових потоків, тобто приведення їх різночасових (що відносяться до різних кроків розрахунку) значень до їх цінності на певний момент часу, який називається моментом приведення. Момент приведення може не збігатися з базовим моментом. Дисконтування застосовується до грошових потоків, вираженим в поточних цінах або дефліруванням в цінах в єдиній валюті.

Концепція оцінки ефективності інвестиційного проекту графічно представлена на рис. 3.1.

3.3 Показники ефективності інвестиційного проекту

В якості основних показників, які використовуються для розрахунків ефективності інвестиційного проекту, можна розглядати:

- чистий дохід;
- чистий дисконтований дохід;
- термін окупності.

Умови фінансової можливості бути реалізованим і показники ефективності розраховуються на підставі грошового потоку, конкретні складові якого залежать від оцінюваного виду ефективності.

На різних стадіях розрахунків відповідно до їх цілями та специфікою ПФ фінансові показники і умови фінансової можливості бути реалізованим ПП оцінюються в поточних або прогнозних цінах. Інші показники визначаються в поточних або дефлірованих цінах.

Чистим доходом (ЧД, NetValue, NV) називається накопичений ефект (сальдо грошового потоку) за розрахунковий період.

Найважливішим показником ефективності проекту є чистий дисконтований дохід (інші назви – ЧДД, інтегральний ефект, NetPresentValue, NPV) – накопичений дисконтований ефект за розрахунковий період. Чиста поточна вартість і чистий дохід характеризують перевищення сумарних грошових надходжень над сумарними витратами для даного проекту в розглянуті період часу. Той період часу, в який сумарні грошові надходження перевищать сумарні витрати, буде терміном окупності [33,34,35].

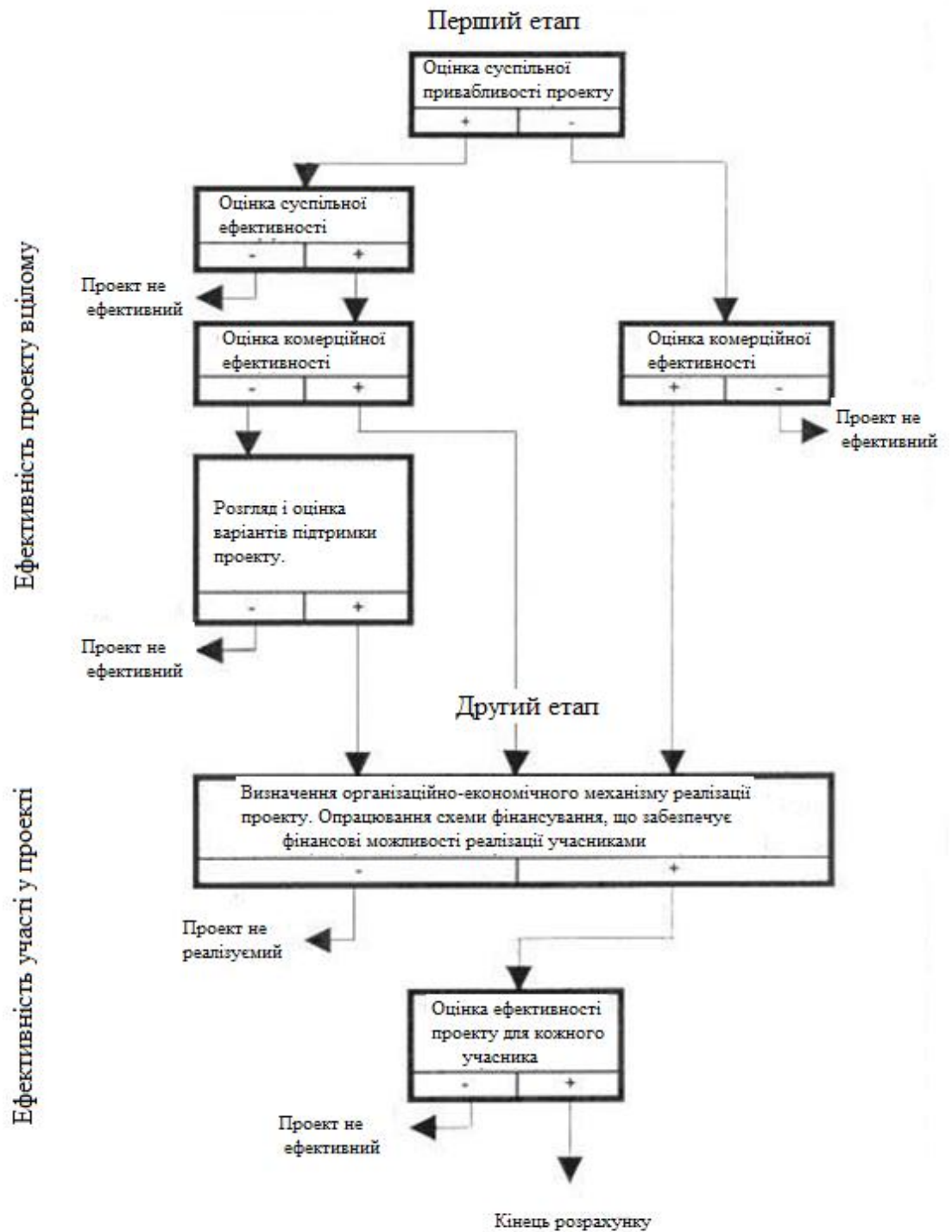


Рис.3.1 – Концептуальна схема оцінки ефективності інвестиційного проекту

3.4 Розрахунок економічної ефективності установки частотних перетворювачів

Планується провести установку семи частотних перетворювачів серії Altivar 61 в ЕРП корпусу НС.

Термін реалізації заходу –3 роки.Обсяг необхідних робіт наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Обсяг робіт

№	Найменування	Вартість тис. грн. (Без ПДВ і податку на прибуток)	В тому числі по роках		
			1	2	3
1	Установка частотних перетворювачів Altivar 61 у кількості 7 шт., а також додаткового обладнання	494	494	0,00	0,00
	ИТОГО:	494	494	0,00	0,00

Необхідний обсяг інвестицій (з урахуванням податку на прибуток) – 13 тис. грн.

Розглянемо експлуатацію тих насосів, в систему управління яких пропонується встановити частотні перетворювачі: Н-1/1, Н-1/2, Н-1/3, Н-1/4, Н-1/5, Н-1/6 і Н-3/1. Кожен насос потужністю 30 кВт згідно з вихідними даними має коефіцієнт використання 0,93. Кількість споживаної електроенергії в місяць можна визначити з наступного виразу:

$$W_{\text{міс}} = N * P * K_i * 720 = 7 * 30 * 0,93 * 720 = 140616 \text{ (кВт} \cdot \text{год)},$$

де $N = 7$ – кількість насосів (шт.);

$P = 30$ – потужність кожного насоса (кВт);

720 – кількість годин в одному місяці .

Таким чином, орієнтовний витрата електроенергії розглянутими насосами за рік складе $W_{\text{год}} = 1687392$ кВт·год. Середній тариф на електроенергію для споживачів складає 1,75 грн. за 1 кВт·год.

Теоретично частотний перетворювач здатний знизити енергоспоживання насосної установки до 30%. Величина економії витрачається потужності на однотипних насосах корпусу НС встановлені частотні перетворювачі, досягає близько 18%. Виходячи з цього значення, у табл. 3.2 надані розрахунки вартості споживаної насосами електроенергії без частотних перетворювачів в системі управління, а також розрахунок при встановлених перетворювачах.

У табл. 3.3 наведено результати розрахунку економічних показників реалізації проекту.

Термін окупності визначається на підставі даних в рядку 5 таблиці 3.3 З неї видно, що він лежить всередині кроку 5, так як в кінці четвертого кроку сальдо накопиченого потоку $S_4 < 0$, а аналогічне сальдо в кінці наступного кроку $S_5 > 0$. Для уточнення положення моменту окупності зазвичай приймається, що в межах одного кроку сальдо накопиченого потоку змінюється лінійно. Тоді "відстань" x від початку кроку до моменту окупності (виражене в тривалості кроку розрахунку) визначається з виразу $|S_4| / (|S_4| + S_5)$, де $|S_4|$ - абсолютна величина значення S_4 . Виходячи з цього, термін окупності в даному випадку буде дорівнювати 2 років.

Таблиця 3.2– Очікувані витрати споживаної електроенергії

№ періоду	Період (рік)	Витрата е / енергії на період (кВт · год.)		Оплата за витрачену е / енергію на період (тис. грн.)	
		без ЧП	з ЧП	без ЧП	з ЧП
1.	III квартал 1року	421848	345915	738,2	605,4
2.	IV квартал 1року	843696	691830	1476,5	1210,7
3.	I квартал 2року	1265544	1037746	2214,7	1816,1
4.	II квартал 2року	1687392	1383661	2952,9	2421,4
5.	III квартал 2року	2109240	1729576	3692,2	3026,8
6.	IV квартал 2року	2531088	2075492	4429,4	3632,1
7.	I квартал 3року	2952936	2421407	5167,6	4237,5
8.	II квартал 3року	3374784	2767322	5905,9	4842,8
9.	III квартал 3року	3796632	3113238	6644,1	5448,2
10.	IV квартал 3року	4218480	3459153	7382,3	6053,5
	Сумарні витрати	23201640	19025340	40603,8	33294,5

Таблиця 3.3 – Економічні показники реалізації проекту.

Економія е/енергії, кВт·год	151865,3	151865,3	151865,3	151865,3	151865,3	151865,3
№ з.п.	Показник	Крок розрахунку (6 місяців)				
		1	2	3	4	5
		III, IV квартал 1 року	I, II квартал 2 року	III, IV квартал 2 року	I, II квартал 3 року	III, IV квартал 3 року
1.	Операційна діяльність					
1.1.	Виручка без ПДВ*	390294	390294	390294	390294	390294
1.2.	Виробничі витрати без НДВ	68875	68875	68875	68875	68875
1.3.	Валовий прибуток	321418	321418	321418	321418	321418
1.4.	податок на прибуток	77140	77140	77140	77140	77140
1.5.	Чистий прибуток	244278	244278	244278	244278	244278
2.	Інвестиційна діяльність	989042	0	0	0	0
3.	Фінансова діяльність	0	0	0	0	0
4.	Сальдо сумарного потоку	-744764	244278	244278	244278	244278

5.	Сальдо накопиченого потоку	-744764	-500486	-256208	-11930	232348
6.	Коефіцієнт дисконтування	1,00	0,91	0,83	0,75	0,68
7.	Дисконтне сальдо сумарного потоку	-744764	222293	202751	183208	166109
8.	ЧП(Чистий прибуток)	232348				
9.	ЧДП (Чистий дисконтний прибуток)	29597				

* Тут і далі значення в таблиці вказані у гривнях

Висновки до третього розділу

Розрахунки, щовиконано, показали, що капітальні витрати на установку перетворювачів частоти в системи управління семи головних насосів в насосній станції окупляться за 2 роки, а чистий дохід складе – 29527 грн. У наступні місяці встановлені перетворювачі дозволять знизити енергоспоживання кожного насоса на 3600 кВт·год на місяць, що при середньому тарифі в 1,75грн. буде складати економією в розмірі 6300грн. Отже, запропоновано заходи щодо реконструкції є вигідними. з економічної точки зору, і їх може бути рекомендовано до впровадження.

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто стан електропостачання насосної станції – корпусу НС. Виявлено, що електропостачання на теперішній час є недостатньо надійним в зв'язку зі зношенням основного обладнання. Також встановлено, що управління насосами можливо тільки за місцем їх установки з причини відсутності систем автоматизованого контролю та дистанційного керування в диспетчерському пункті, а силова частина морально застаріла і потребує повної реконструкції із застосуванням нових технологій, які здатні виконувати автоматизований контроль за роботою промислового устаткування.

2. Розраховано сумарна потужність встановленого обладнання.

3. Для кожного приміщення в корпусі НС проведено розрахунки освітлення з застосуванням промислових світлодіодних світильників. В результаті цих розрахунків встановлена потужність освітлювальних установок корпусу знижена майже в 4 рази й становить 1,6 кВт.

4. Лінії живлення, виконані кабелями, що мають алюмінієві жили, замінені на кабелі, що мають мідні жили та ПВХ ізоляцію. Кабельні лінії основних насосів потужністю 30 кВт виконані мідним кабелем із зшитого поліетилену, який має на сьогоднішній день найвищі експлуатаційні характеристики.

5. Для вирішення проблеми плавного пуску, автоматичного регулювання та дистанційного управління основними насосами запропонований варіант установки частотних перетворювачів серії Altivar 61, які знизять енергоспоживання підключених насосів на 18%, а також забезпечать плавну і комфортну роботу асинхронних двигунів, що забезпечить більш довгострокову роботу між аварійними висновками обладнання в ремонт.

6. Виконано розрахунки, які показали, що капітальні витрати на установку перетворювачів частоти в системи управління семи головних насосів окупляться через 2 роки, а чистий дохід складе 29527 грн. У наступні місяці встановлені перетворювачі дозволять знизити енергоспоживання кожного насоса на 3600 кВт·год на місяць, що при середньому тарифі в 1,75 гривень буде економією в розмірі 6300 грн.

7. Отже, заходи щодо реконструкції є не тільки технічно необхідними для подальшої безпечної і довговічної експлуатації електрообладнання, але також є вигідними з економічної точки зору і можуть бути рекомендовані до реалізації на практиці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Zvorykin Alexander Electricity generation in the world and Ukraine. Current status and future developments / Alexander Zvorykin, Igor Pioro, Nataliia Fialko // Mechanics and Advanced Technologies. – 2017. – №2 (80). – С. 17–22.
2. Шкрабець Ф. П. Електропостачання [Навч. посібн.] / Ф. П. Шкрабець. – Дніпропетровськ : НГУ, 2015. – 539 с.
3. Ус А.Г. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий [Учебн. пособ.] / А.Г. Ус, Л.И. Евминов – М.: НПО ОО «ПИОН», 2002. – 457 с.
4. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування [Навч. посібн.] / В. Г. Рудницький. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2006. – 153 с.
5. Шестеренко В. С. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств [підруч] / В. С. Шестеренко. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656 с.
6. Конюхова Е. А. Надежность электроснабжения промышленных предприятий / Е. А. Конюхова, Э. А. Киреева. – М.: НТФ "Энергопрогресс", 2001. – 92 с.
7. Правила улаштування електроустановок : [арх. 22 серпня 2015] / Міненерговугілля України. – 5-те вид., перероб. і доп. (станом на 22.08.2014) (чинне з 22.11.2014). – Харків : [б. в.], 2014. – 793 с.
8. Гук Ю. Б. Анализ надежности в электроэнергетических установок / Ю.Б. Гук. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 224 с.
9. Желібо Є. П. Безпека життєдіяльності [Навч. посіб. 6-е вид.] / Є. П. Желібо, Н. М. Заверуха, В. В. Запарний. – К.: Каравела, 2008. – 344 с.
10. Ачкасов А. Є. Електропостачання у будівництві [Навч. посіб.] / А. Є. Ачкасов, В. А. Лушкін, В. М. Охріменко. – Х. : ХНАМГ, 2012. – 159 с.

11. Бурбело М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків [Навч. посіб.] / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук.– Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.

12. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В.2.5-23:2010. –Офіц. вид. –К.:Мінбуд України Київ, 2010.

13. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств: ДСТУ НБВ.2.5-80:2015.– Офіц. вид. – К.:Мінрегіон, 2016.

14. Кабышев А.В. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: [Учебн. пособ.] /А.В Кабышев, С. Г. Обухов. – Томск: Изд- во ТПУ, 2006 – 248 с.

15. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. –Офіц. вид. – Київ: Мінбуд України, 2006.

16. Вернигора В. Д. Методичні вказівки до практичного заняття «Розрахунок штучного освітлення робочих місць» з дисципліни "Охорона праці в галузі та цивільний захист для здобувачів вищої освіти другого (магістерського рівня) денної форми навчання / В. Д.Вернигора. – Кам'янське: ДДТУ, 2017. – 16 с.

17. Гоман В. В. Проектирование и расчет систем искусственного освещения [Учебн. пособ.]/ В. В. Гоман, Ф. Е. Тарасов.– Екатеринбург: УрФУ, 2013 – 76 с.

18. Методы расчёта освещения [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://malahit-irk.ru/index.php/2011-01-13-09-04-43/122-2011-05> +

19. Попов Н.М. Справочник электрика по электрооборудованию сельского хозяйства[Учебн. Пособ. для студентов специальности 311400 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»] / Н.М. Попов, Д.М. Олин– Кострома: КГСХА, 2005. –102 с.

20. Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.elektal.com.ua/upload/iblock/218/silovye_kabeli_s_izolyatsiey_iz_sshitogopolietilena.pdf
21. Кабель ВВГ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://kabel-vvg.ru/kabel-vvgng-ls-frls/>
22. Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена 0,4-1 кВ [электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.bkz.com.ua/cables/online_catalogue/industrial_cables/power_cables/pvbbshv/
23. Кабели, провода и материалы для кабельной индустрии. [Техн. справочник 39-е изд.] М.: НКП «Эллипс», 2018. – 298 с.
24. Автоматичні вимикачі та пристрої захисного вимикання технічні характеристики та правила вибору [Навчальний довідник з дисципліни «Проектування систем електрифікації, автоматизації та електропостачання сільського господарства» КІІВ – 2013] [електронний ресурс] / Режим доступа: nubip.edu.ua/sites/defaultfiles/u37/18.pdf
25. Сагирова И. С. Автоматические выключатели общего применения до 630 А [Справочник] /И. С. Сагирова, С. А. Жданова, Т. Н. Давыдова, Н.А. Калинкина, и др. – М.: Информэлектро, 1996. – 445 с.
26. Автоматическиевыключатели ВА47-29М [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.iek.ru/products/catalog/detail.php?ID=7779>
27. Лавріненко Ю. М. Основи електроприводу [Підручн]/ Лавріненко Ю. М., Синявський О. Ю., Савченко В. В. – К.: 2010. – 409 с.
28. Преимущества частотного регулирования электродвигателя [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.privod-el.ru/prim.html>
29. Преобразователь частоты [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.icsgroup.ru/upload/iblock/085/atv61catru.pdf>
30. Расчет токов короткого замыкания [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://forca.com.ua/arhiv/rizne-arhiv/raschety-tokov-korotkogo-zamykaniya-v-setyah-04-kv.html>

31. Буйний Р. О. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електрообладнання на електричних станціях та підстанціях. [Методичні вказівки для студентів спеціальності 6.090600 «Електричні системи та мережі»] / Буйний Р. О., Ананьєв В. М., Тисленко В. В. – Чернігів: ЧДТУ, 2004. –70с.
32. Розподільні пристрої 0,4 кВ Промислового призначення на базі Kabeldon IP-system [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://voltline.ua/files/voltline/file/8_Shkafi/Kabeldon/Kabeldon_IP-system_handbook_2010.pdf
33. Розподільчі пристрої низької напруги [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://pluton.ua/index.php?lang=ua&p=220>
34. Ключові принципи оцінки інвестиційних проєктів [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://pidruchniki.com/1911052243677/finansii/klyuchovi_printsipi_otsinki_investitsiynih_proektiv
35. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://online.lexpro.ru/document/105614>
36. Методика оцінки ефективності інвестиційних проєктів [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://pidruchniki.com/19650323/menedzhment/metodika_otsinki_efektivnosti_investitsiynih_proektiv
37. Мамзина Т. Ю. Анализ и выбор наиболее привлекательного инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности/ Т. Ю. Мамзина, А. Е. Наумов, И. П. Авилова // Сборник научных трудов Sworld. –Т. 23. –№. 2. – 2014–С. 65–71.

SUMMERY

Danylo Sumarokov. Research of measures to increase the reliability of the power supply scheme of the pump substation VOLODYMYR DAHL EAST UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY. ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT,

Group ESE-19zm. –Severodonetsk, 2021.

Pages – 92; Drawings – 20; Tables – 17; Sources –37.

The paper considers the state and conditions of power supply of the pumping station - the building of the emergency. It is found that the power supply is currently not reliable enough due to wear of the main equipment. It is also established that the control of pumps is possible only at the place of their installation due to the lack of automated control and remote control systems in the control room. Emergency power supply needs a complete reconstruction with the use of new technologies that are able to perform automated control over the operation of industrial equipment.

All power supply devices of pumping stations and other technological devices, substations and distribution devices must be stable in operation and protected from disruption of their normal operation, damage, partial destruction, short circuits in the mains, which can cause thermal and mechanical action on the electrical installation.

KEYWORDS: ELECTRICITY SUPPLY, POWER LINE SYSTEM, ELECTRICAL EQUIPMENT, PUMP STATION, AGGRESSIVECHEMICAL LIQUID, FREQUENCY CONVERTERS, FAULTLESS WORK.