

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра автоматизації управління електротехнічними
комплексами

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ **Віктор РОЗЕН**

«__» червня 2021 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою: «Інжиніринг автоматизованих
електротехнічних комплексів»

спеціальності 141: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

на тему: «**Електромеханічне обладнання та автоматизація районної
котельної РК «Позняки»**»

Виконав:

студент III курсу, групи ОА-зп81

Пупач Анатолій Володимирович

Керівник:

ст. викладач **Прядко Сергій Леонідович**

Консультант з електропостачання:

к.т.н., доц. **Мейта Олександр В'ячеславович**

Консультант з охорони праці:

к.т.н., доц. **Козлов Сергій Степанович**

Рецензент: _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові) _____

Засвідчую, що у цьому
дипломному проєкті немає
запозичень з праць інших
авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ– 2021 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра автоматизації управління електротехнічними
комплексами

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Віктор РОЗЕН**

«___» червня 2021 р.

ЗАВДАННЯ

**на дипломний проєкт студенту
Пупачу Анатолію Володимировичу**

1. Тема проєкту: «**Електромеханічне обладнання та автоматизація районної котельної РК «Позняки»**», керівник проєкту ст. викладач Прядко Сергій Леонідович, затверджені наказом по університету від «27»травня 2021 р. № 1353-с
2. Термін подання студентом проєкту 9 червня 2021р.
3. Вихідні дані до проєкту Технологічні дані районної кртельної РК «Позняки»
4. Зміст пояснювальної записки
 - **Загально-технічна частина** Провести модернізацію електромеханічного обладнання контуру підживлення мережі тепловодопостачання з вибором насосів підживлення.
 -) **Електропостачання** Спроекувати систему електропостачання районної котельної з вибором електроустаткування
 - Спеціальна частина** Розробка частотно-регульованого електроприводу по системі ПЧ-АД. Вибір силової та апаратної частини приводу. Розрахунок параметрів регуляторів та моделювання електроприводу
 - **Охорона праці** Розробити заходи для збереження здоров'я та працездатності людини в процесі роботи. Захист людини від ураження електричним струмом

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

1 аркуш – робочі характеристики та характеристики насосу

2 аркуш – схема електропостачання котельної

3 аркуш – Функціональна схема електроприводу по схемі ПЧ-АД

4 аркуш – Структурні схеми електроприводу по системі ПЧ-АД, цифрова модель та графіки перехідних процесів w(M)

6. Консультанти розділів проєкту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електропостачання	к.т.н., доц. Мейта Олександр В'ячеславович		
Охорона праці	к.т.н., доцент Козлов С.С.		

7. Дата видачі завдання 11 травня 2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Загально-технічна частина	11..17 травня 2021р.	
2	Електропостачання	16...22 травня 2021 р.	
3	Спеціальна частина	11.05....9.06 2021р	
4	Охорона праці	17....30 травня 2021р.	
5	Захист дипломного проєкту	15-17 червня 2021р.	

Студент

Анатолій ПУПАЧ

Керівник

Сергій ПРЯДКО

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація
районної котельної РК «Позняки»»»

Київ – 2021 року

Зміст

Перелік умовних позначень, символів, скорочень	
Вступ.....	
1. Загальна частина.....	
1.1 Характеристика споруджуваної РК «Позняки».....	
1.2 Визначення теплового навантаження на споживачів	
1.3 Вибір мережевих і підживлювальних насосів.....	
2 Електропостачання.....	
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства.....	
2.2 Вибір напруги мережі живлення.....	
2.3 Вибір резервного живлення.....	
2.4 Вибір схеми електропостачання цехів.....	
2.5 Вибір кількості і потужності цехових підстанцій.....	
2.6 Розрахунок струмів короткого замикання.....	
2.7. Вибір апаратури в мережі 6...10 кВ.....	
Спеціальна частина.....	
3.1 Актуальність теми.....	
3.2 Електропривод ПЧ-АД як засіб підвищення ефективності насосів.....	
3.3 Розрахунок параметрів асинхронного двигуна.....	
3.4 Розрахунок параметрів системи та моделювання.....	
3.5 Вибір електричного обладнання.....	
4 Охорона праці	
4.1 Аналіз умов праці.....	
4.1.1 Характеристика приміщення і організація робочого місця.....	
4.1.3 Природне освітлення.....	
4.1.4 Штучне освітлення.....	
4.2 Система електрозахисних засобів.....	

					ДП 2410 ОА-зп81-4				
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Змст	Літ.	Арк.	Арк.вшів	
Розроб.		Пупач А.В.							
Перевірив		Прялко С.Л.							
Репензент.									
Н. Контр.		Смоляр В.Г.							
Затверд.									КП ім. Ігоря Сікорського Каб. АВЕК Гн ОА-п81

4.3 Заходи з пожежної безпеки.....

4.4 Блискавкозахист будівель і споруд.....

4.5 Засоби первинного та автоматичного пожежегасіння

4.6 Захисне заземлення і занулення.....

Перелік посилань

					<i>ДП 2410 ОА-зн81 -4ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ

ЕМС – електромеханічна система;
ЕП – електричний привод;
АЕП – асинхронний електропривод;
АД – асинхронний електродвигун;
ШСУ – шахтні стаціонарні установки;
СД – синхронний електродвигун;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
ГЕН – графік електричного навантаження;
ПЯЕ – показники якості електроенергії;
ЕН – електричне навантаження;
ВС - вимірювальні системи;
ЗВ - цифрові засоби вимірювання;
АКФ – автокореляційна функція;
ПФ – передатна функція;
АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
ПЕОМ – персональна електронна обчислювальна машина;
СКЗ - середньоквадратичне значення;
КЗ – коротке замикання;
ЕРС – електрорушійна сила;
ВД - вентильний двигун;
ЧРП - частотно-регульований привод;
АВК - асинхронно-вентильний каскад;
ВП - вентильний привод;
НВ - трифазний мостовий некерований випрямляч;
ІН - трифазний мостовий інвертор напруги;
ШІМ - широтно-імпульсна модуляція.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ

Арк.

ВСТУП

Рівень розвитку енергетики має вирішальний вплив на стан економіки в державі, вирішення проблем соціальної сфери та рівень життя людини.

Метою соціальної держави, якою відповідно до Конституції є Україна, має бути всебічне забезпечення добробуту громадян. Однією із найважливіших складових добробуту у цивілізованих державах є забезпечення громадян теплом та електроенергією. Конституцією України передбачено право громадян на їх достатній життєвий рівень та безпечне для життя і здоров'я довкілля, що зобов'язує державу створити відповідні умови для розвитку економіки. Запорукою реалізації цих завдань має стати повне, надійне та екологічно безпечне задоволення потреб населення і суспільного виробництва в енергетичних продуктах.

В умовах необхідності забезпечення достатнього життєвого рівня населення постає ряд задач, провідною з яких є теплопостачання споживачів:

- якісне та безперебійне опалення;
- якісне та безперебійне постачання гарячої води для побутових потреб;

За умов бурхливого житлового будівництва, у місті Києві, неминучий дефіцит теплової енергії за рахунок стрімкого зростання кількості споживачів.

Виходячи з вищесказаного, актуальною залишається проблема модернізації існуючих та вводу в експлуатацію нових теплових потужностей.

В даному дипломному проекті виконано розробку системи електропостачання теплової станції, що споруджується для забезпечення теплопостачання новоствореного житлового району.

Як паливо використовується газ і мазут. Доставка газу проводиться по магістральному газопроводу. Резервним видом палива є мазут.

					ДП 2410 ОА-зп81-4ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.	Вступ	Літ.	Арк.	Аркшів
Розроб.		Пупач А.В.						
Перевірив		Прялко С.Л.						
Рецензент.								
Н. Контр.								
Затверд.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		

енергозбереження з урахуванням екологічних вимог, широкого впровадження новітніх енергозберігаючих технологій;

е) обов'язковість енергетичної експертизи;

є) популяризація економічних, екологічних та соціальних переваг енергозбереження, підвищення громадського освітнього рівня у цій сфері;

ж) поєднання методів економічного стимулювання та фінансової відповідальності з метою раціонального використання та економного витрачання паливно-енергетичних ресурсів;

з) встановлення плати за прямі втрати і нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів;

и) вирішення проблем енергозбереження у поєднанні з реалізацією енергетичної програми України, а також на основі широкого міждержавного співробітництва.

Управління у сфері енергозбереження спрямоване на забезпечення потреб народного господарства та населення України в паливі, тепловій та електричній енергії на основі раціонального використання енергоресурсів, скорочення всіх видів втрат паливно-енергетичних ресурсів, здійснення функцій енергетичної експертизи, контролю, прогнозування, інформування та іншої виконавчо-розпорядчої діяльності.

Державне управління в сфері енергозбереження здійснює Кабінет Міністрів України та уповноважений ним орган.

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Д	ДП 2410 ОА-зп81-4					

1. Загальна частина

1. Характеристика споруджуваної РК «Позняки»

Опалювальна котельня «Позняки» споруджується на лівому березі річки Дніпро, нижче за течією від Південномостового переходу в урочищі «Березівка» та примикає до північно-західної частини селища Бортничі.

Кліматичні характеристики району будівництва:

клімат району-помірно-вологий.

розрахункова температура повітря для проектування опалення - 22°C ;

середня температура найхолоднішого місяця-мінус 5.9°C ;

середня температура опалювального періоду – мінус 1.1°C ;

нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів – 0.9 м,

максимальна глибина – 1.07 м.;

середньорічна кількість опадів – 616 мм.;

максимальна висота снігового покриву – 71 см.

Схемою теплопостачання м. Києва передбачено розміщення котельні в межах житлового масиву «Позняки» з встановленням наступного обладнання:

водогрійні котли: 2×КВ-ГМ-116,3-150; 1×КВ-ГМ-209-150ГМ, та розширення котельні до 2012 року котлами 2×КВ-ГМ-209-150ГМ;

парові котли низького тиску (власних потреб)- 2×ДЕ-25-14.

Робота котельні намічається в основному режимі та повинна забезпечити все опалювальне навантаження мікрорайону. В подальшому, після закінчення будівництва на лівобережній частині м. Києва ТЕЦ-7, котельня «Позняки» переходить в піковий режим роботи (догріву мережної води до 150 °С).

Для відведення димових газів споруджується димова труба висотою

180 м. та діаметром гирла 6 м. На рівні навантажень 2016 року при виході з роботи

котла КВ – ГМ - 209 -150 дефіцит тепла близько 70 МВт (60 Гкал/год)

					ДП 2410 ОА-зп81-4			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Загальна частина	Літ.	Арк.	Арк.вшів
Розроб.		Пупач						
Перевірив		Прядко С.Л.						
Зав.								
Н. Контр.		Смолян						
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського			

забезпечується від ТЕЦ -4 та ТЕЦ – 5.

При повному розвитку котельні на рівні навантажень 2012 року при аварійному виході з ладу котла КВ – ГМ – 209 - 150 забезпечується вимагаємий СНІПом відпуск теплоти в кількості, що відповідає навантаженню середнього режиму найхолоднішого місяця. на першому етапі будівництва:

- два парових котли типу ДЕ-25-14ГМ потужністю пари по 25 т/год з тиском насиченої пари по 14 кг/см² (теплова потужність – по 14 Гкал/год кожний);
- два водогрійних котли типу КВ-ГМ-100-150М тепловою потужністю по 100 Гкал/год кожний..На наступних (2, 3 і 4) етапах будівництва передбачається встановлення по одному водогрійному котлу тепловою потужністю 180 Гкал/год кожний.

Схема тепlopостачання міста –двотрубна.

Система гарячого водопостачання-закрита.

Регулювання відпуску тепла – якісне, по нормальному опалювальному графіку 150-70 °С.

Режим роботи котельні зимовий сезонний, літом гаряче тепlopостачання переводиться на Лівобережні ТЕЦ.

Забезпечення паливом:

газ - основне паливо, мазут - аварійне. Доставка мазуту автотранспортом з мазутного господарства ТЕЦ-5.

Підведення газу до ГРП котельні здійснюється від київської ГРС-II та ГРС-4. Обидві ГРС працюють в єдине кільце середнього тиску. ГРП обладнуються двома лініями регулювання. Мазутне господарство на площадці котельні споруджується в складі :

- приємної ємкості на 250 м³ для зливу мазуту з автоцистерн ;
- мазутоскладу з двома наземними металевими резервуарами по 5000 м³ кожний ;
- мазутонасосної , обладнаної трьома основними насосами з подачою 50 м³/год , напором 400 м , циркуляційними , конденсатними та дренажними насосами , а також підігрівачами і фільтрами грубої та тонкої очистки мазуту.

					ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ	Адк.
Змн.	Адк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

Максимально-можлива годинна витрата натурального палива складає $95.2 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{год}$, річна витрата 137.2 млн. м^3 в 2020 році зі збільшенням до 235.8 млн. м^3 в 2022 році.

Водопідготовка та очисні споруди

Передбачається безстічна схема водопідготовки. З цією метою приймається схема пом'якшення води з утилізацією засолених стоків.

Після освітлювачів вся вода надходить на механічні фільтри і далі на допом'якшення через дві ступені натрій-катіонових фільтрів.

Вся маса живильної води парових котлів та підживлення тепломережі підлягає термічній деаерації.

Окрім того, живильна вода парових котлів амінується. Води промивки фільтрів після регенерації і відпрацювавший розчин регенерації направляються в освітлювач.

Промивочні води мехфільтрів повторно використовуються. Шламові продувочні води освітлювачів направляються нашламоуцільнювальну установку. Відфільтрована вода повторно використовується. Передбачається установка для очищення стічних вод (та липневих вод), що містять нафтопродукти з повторним використанням очищеної води. Передбачається установка для нейтралізації вод після хімічних промивок водогрійних котлів та лугів парових котлів, з повторним використанням нейтралізованих вод.

Господарчо-побутова каналізація площадки котельні підключається до мережі міста.

Водопостачання котельні

Питне водопостачання котельні здійснюється від водопитного комплексу, що споруджений на площадці котельні та складається з двох

артскважин, двох баків запасу води та насосної;

Технічне водопостачання здійснюється з кар'єру №5, розміщеного біля площадки РК «Позняки» та включає в себе: закритий водозабір, два водоводи до площадки, два бака-накопичувачі технічної води на території котельні, насосну технічної води, вентиляторну градирню.

					ДП 2410 ОА-зп81-4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Визначення теплового навантаження на споживачів

Визначення середньої теплового навантаження на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання будинків житлового мікрорайону: Тип житлових будинків мікрорайону: Квартирного типу, з підвищеними вимогами до благоустрою: Середню теплове навантаження на гаряче водопостачання для опалювального періоду знаходимо за такою формулою:

$$Q_{ГВ1}^{cp} = \frac{1,2 * M * (a_{26} + b_{26}) * C_{в} * (t_{26} - t_{хв})}{24 * 60 * 60} = \frac{1,2 * 4500 * 140 * 4,19 * (60 - 5)}{24 * 60 * 60} = 2016$$

кВт

Розраховуємо середню теплове навантаження на гаряче водопостачання для літнього періоду за наступним виразом:

$$Q_{ГВ1}^{cp,l} = Q_{ГВ1}^{cp} * \frac{t_{26} - t_{хв}^l}{t_{26} - t_{хв}^3} = 2016 * \frac{60 - 15}{60 - 5} = 1649 \text{ кВт}$$

Де:

$a_{ГВ} = 115$ л/доба · люд- загальна норма води, яка витрачається (одним споживачем) в середньому за добу (зміну) ;

$b_{ГВ} = 25$ л/доба · чел - норма гарячої води на одну людину який працює в громадському, адміністративно-побутовому або виробничому приміщенні

$M = 4500$ люд – кількість споживачів води, які працюють або проживають в мікрорайоні;

$t_{хв} = 5$ °С- температура холодної води у водороздавальних приладах будівель;

$t_{ГВ} = 60$ °С- температура гарячої води у водороздавальних приладах будівель;

$C_{В} = 4,19$ кДж/(кг· °С) -теплоємність води.

Визначаємо розрахункове (максимальне) теплове навантаження на гаряче водопостачання будинків для опалювального періоду мікрорайону за наступним виразом::

$$Q_{261}^p = k_q^{\max} \cdot Q_{261}^{cp} = 2,2 \cdot 2016 = 4435 \text{ кВт}$$

де $k_q^{\max} = 2,2$ - коефіцієнт нерівномірності споживання води (приймаємо з діапазону 2... 2,4)

Арк.

ДП 2410 ОА-зп81-4

Змн. Арк. № доквм. Підпис Дата

1.2 Вибір мережевих і підживлювальних насосів.

Вибір мережевих насосів

Сумарна об'ємна продуктивність мережевих насосів:

- розрахунковий режим: $V_{сет} = \frac{G_{сум}}{\rho_в^{сп}} = \frac{790}{969,83} \cdot 3600 = 2932 \frac{м^3}{год}$

- літній режим: $V_{сет} = \frac{G_{сум}}{\rho_в^{сп}} = \frac{123}{985,6} \cdot 3600 = 450 \frac{м^3}{год}$

Розрахунковий напір мережевих насосів:

- розрахунковий режим:

$$H_{сет} = \Delta H_{уст} + \Delta h_{зм}^{под} + \Delta h_{зм}^{обр} + \Delta H_{потр} = 25 + 23,06 + 23,06 + 10 = 91,12 м$$

- літній режим:

$$H_{сет} = \Delta H_{уст} + \Delta h_{зм}^{под} + \Delta h_{зм}^{обр} + \Delta H_{потр} = 25 + 7,91 + 7,91 + 10 = 50 м$$

Вибираємо в якості мережевих насосів в розрахунковому режимі 2 насоса СЕ-2500-60-11. Вибираємо 1 насос СЕ-1250-60-11 в якості резервного. Вибираємо в якості мережевих насосів в літньому режимі 2 насоса СЕ-160-50. Вибираємо 1 насос СЕ-160-50 в якості резервного.

Вибір підживлювальних насосів

Статичний напір:

- розрахунковий режим: $H_{ст}^p = 91 - 15 = 76 м$

- літній режим: $H_{ст}^л = 50 - 15 = 35 м$

Об'ємна продуктивність підживлювальних насосів:

- розрахунковий режим:

$$V_{подп} = 0,006 \cdot \Sigma Q^p \cdot 65 = 0,006 \cdot 24,785 \cdot 65 = 9,7 м^3/год.$$

- літній режим:

$$V_{подп} = 0,006 \cdot \Sigma Q^p \cdot 65 = 0,006 \cdot 3,628 \cdot 65 = 1,4 м^3/год$$

З усіх виробників насосного обладнання для систем тепловодопостачання найбільшу популярність отримали насоси GRUNDFOS (Данія), WILO (Німеччина) и ДАВ (Італія)..

Розглянемо три типи насосів, які найчастіше використовуються:

—насоси циркуляційні для систем опалення й гарячого водопостачання з мокрим

									ДПК.
Змн.	ДПК.	№ доквм.	Підпис	Дата	ДП 2410 ОА-зп81-4				

— ротором;

насоси циркуляційні з мокрим ротором;

— насоси високого тиску відцентровії.

За допомогою програми Grundfos Caps 7.6.0.46 ukr проведемо вибір підживлюю чого насосу. Етапи вибору та лістинг наведено на рис 1.1 – 1.3

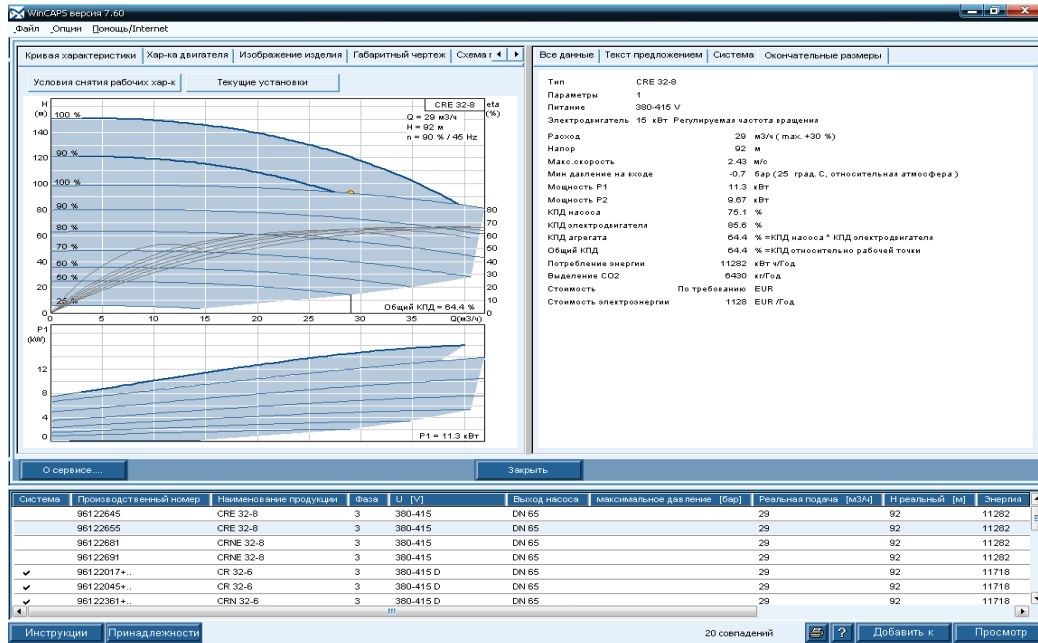


Рисунок 1.1 Напірні характеристики підживлювального насосу CRE32-8

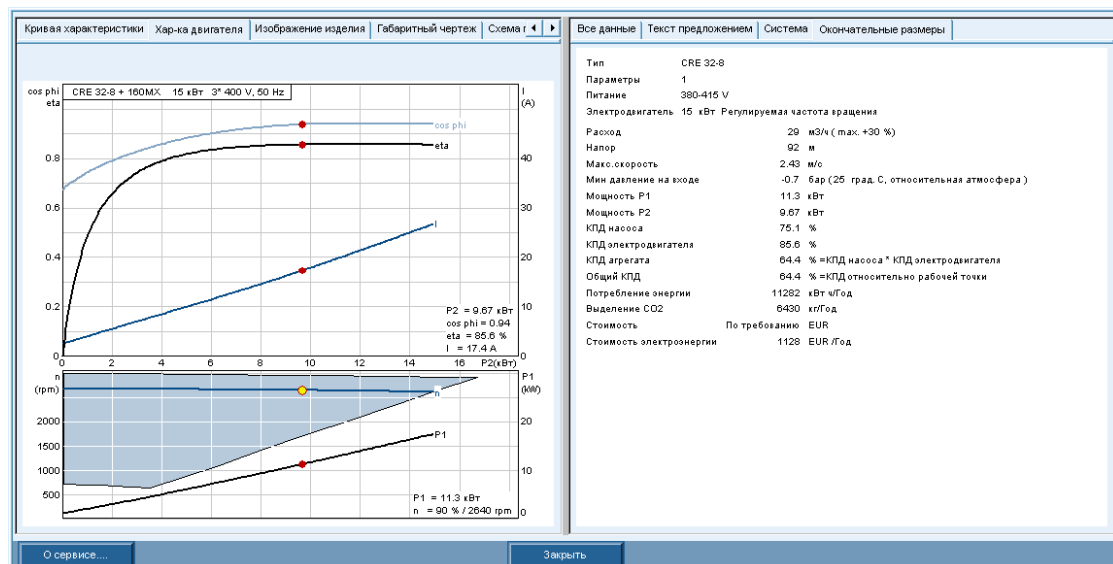


Рисунок 1.2 Характеристики двигуна підживлювального насосу CRE32-8

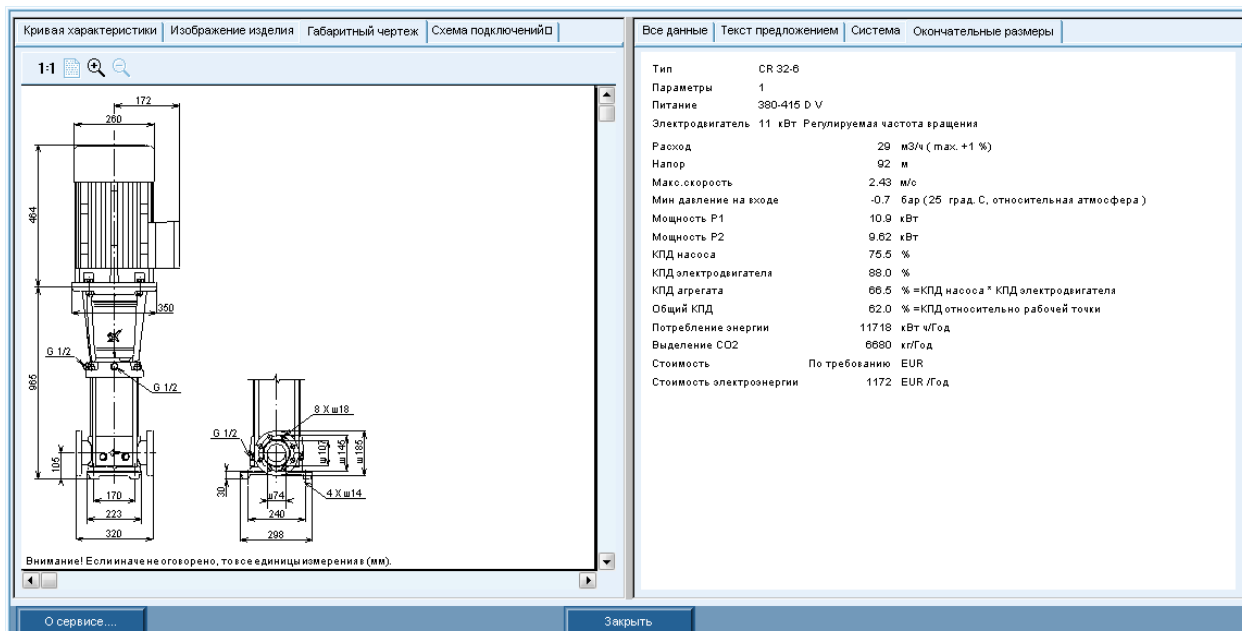


Рисунок 1.3 Габаритні розміри підживлювального насосу CRE32-8

Вибираємо в якості підживлювальних насосів у розрахунковому режимі 2 насоси типу CRE32-8 і 1 насос CRE32-8 для резервування. Технічні характеристики насосів заносимо в таблицю 1.1

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики мережевих та підживлювальних насосів.

Тип насоса	Подача м ³ /год.	Напір м	Швидкість обертання об хв	Потужність двигуна, кВт
Мережевий насос СЭ-2500-60-11	2500	60	1500	630
Мережевий насос насос СЭ-160-50	160	50	1500	29
Підживлюючий насос CRE32-8	29	101	3600	15
Підживлювальний насос CRE32-8	29	101	3600	15

2 Електропостачання

2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства

При проведенні розрахунку усі споживачі, що є на підприємстві (окрім таких, що працюють в короткочасному режимі і резервних, при визначенні розрахункової потужності групи споживачів не враховуються) поділяють на дві групи:

- 1) споживачі, які працюють за постійним графіком навантаження;
- 2) споживачі, що працюють за змінним графіком навантаження. Для вказаних груп споживачів подальші розрахунки проводяться окремо.

Визначення розрахункової потужності групи споживачів, із постійним графіком навантаження

Сума номінальних активних потужностей групи споживачів

$$P_{ном\Sigma}^- = \Sigma P_{ном_i}^- ,$$

де $P_{ном}$ – номінальна потужність і-того споживача групи.

Середня активна та реактивна потужність групи за максимально завантаженою зміну:

$$P_{см}^- = \Sigma(P_{ном}^- \cdot K_{ві});$$

$$Q_{см}^- = P_{см}^- \cdot tg \varphi_{ном},$$

де $K_{ві}$ – коефіцієнт використання і-го споживача.

Розрахункові потужності групи:

$$P_p^- = P_{см}^-$$

$$Q_p^- = Q_{см}^-.$$

Визначення розрахункової потужності групи із змінним графіком навантаження

Сумарна номінальна активна та реактивна потужність групи:

					ДП 2410 ОА-зн81 -4ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання	Літ.	Арк.	Архівів
Розроб.		А						
Перевірив		О						
Зав.								
Н. Контр.		В СМОП						
Затверд.						КПІ	ім.	Ігоря

Визначення розрахункової потужності ОГЗК

Початковими даними для розрахунку є:

- 1) кількість електроприймачів відділення $n=150$;
- 2) сумарна номінальна потужність усіх приймачів електроенергії

$$P_{\Sigma \text{НОМ}} = \sum P_{\text{НОМ}} = 1054 \text{ кВт};$$

- 3) максимальна та мінімальна потужності з поміж усіх приймачів відділення

$$P_{\text{НОМ. МАХ}} = 75 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{НОМ. МІН}} = 0.035 \text{ кВт};$$

- 4) для даного цеху, з літератури [] приймаємо груповий коефіцієнт використання та коефіцієнт потужності відповідно $\kappa_B = 0,7$; $\cos \varphi = 0,85$.

Приймаємо всі приймачі ОГЗК такими, що працюють за змінним графіком навантаження. Середня активна та реактивна потужності групи за максимально завантаженою зміну:

$$P_{\text{СМ}} \sim = \kappa_B \cdot P_{\Sigma \text{НОМ}} \sim ;$$

$$P_{\text{СМ}} \sim = 0.7 \cdot 1064 = 744 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{СМ}} \sim = P_{\text{СМ}} \sim \cdot \text{tg} \varphi;$$

$$Q_{\text{СМ}} \sim = 744 \cdot 0,62 = 461.28 \text{ квар.}$$

Розрахунковий коефіцієнт $m = \frac{75}{0.035} = 2142$.

Ефективна кількість споживачів $n_e = \frac{2 \cdot 1064}{75} = 28$

Оскільки $m = 2142 > 3$ і $\kappa_B = 0,7 > 0,2$, то визначимо коефіцієнт максимуму як функцію $\kappa_M = f(n_e; \kappa_B)$, [] $\kappa_M = 1,05$

Активна та реактивна розрахункові потужності: $P_p \sim = \kappa_M \cdot P_{\text{СМ}} \sim ;$

$$P_p \sim = 1,05 \cdot 744 = 781.2 \text{ кВт};$$

оскільки $n_e = 28 > 10$, тому приймаємо $Q_p \sim = Q_{\text{СМ}} \sim = 461.28 \text{ квар.}$

Для інших цехів підприємства розрахунки наведені в табл. 1.

Визначення розрахункової потужності освітлювальних установок

Розрахункова потужність освітлювальних установок за методом питомої потужності $P_{\text{РО}} = P_{\text{ПІТ}} \cdot S$; $Q_{\text{РО}} = P_{\text{РО}} \cdot \text{tg} \varphi$; $\cos \varphi = 0,92$ $\text{tg} \varphi = 0,426$

									Адк.
Змн.	Адк.	№ доквм.	Підпис	Дата	ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ				

Робоче освітлення $P_{po,} = 15 \cdot 5666 = 85 \text{ кВт}$, $Q_{po,} = 85 \times 0,484 = 41.14 \text{ квар}$

Освітлення території $P_{po,} = 0,2 \cdot 225000 = 45 \text{ кВт}$. $Q_{po,} = 45 \times 0,484 = 21.78 \text{ квар}$

Освітлення прохідної $P_{po,} = 20 \cdot 500 = 10 \text{ кВт}$. $Q_{po,} = 10 \times 0,426 = 4,26 \text{ квар}$

Освітлення акумуляторної $P_{po,} = 8 \cdot 400 = 3,2 \text{ кВт}$. $Q_{po,} = 3,2 \times 0,426 = 1,363 \text{ квар}$

$P_{po,} = 143.2 \text{ кВт}$ $Q_{po,} = 68.54 \text{ квар}$

Для інших відділень, розрахункову потужність освітлювальних установок визначаємо аналогічно. Результати розрахунків наведені в табл. 1.

Визначення розрахункової потужності високовольтних електроприймачів

Споживачі високої напруги вважаються такими, що працюють із постійним графіком навантаження.

Асинхронні двигуни, маємо:

АД-630кВт; 2×АД-560кВт; 3×АД-1600кВт;

АД-500кВт; 2×АД-315кВт; 5×АД-400кВт;

Їх загальна кількість $n=14$, а сумарна потужність:

$$P_{ном}^{АД} = 630 + 500 + 2 \times 560 + 2 \times 315 + 3 \times 1600 + 5 \times 400 = 9680 \text{ кВт};$$

Середня потужність АД за максимально завантаженою зміну:

$$K_B = 0,8; \quad \cos f = 0.9 \quad \text{tg } f = 0.62$$

$$P_{см}^{АД} = P_{ном}^{АД} \cdot K_B = 9680 \cdot 0,8 = 7744 \text{ кВт}$$

$$Q_{см}^{АД} = P_{см}^{АД} \cdot \text{tg } \varphi = 7744 \times 0.62 = 4801.28 \text{ квар}$$

Розрахункова потужність асинхронних двигунів:

$$P_p^{АД} = P_{см}^{АД} = 7744 \text{ кВт};$$

$$Q_p^{АД} = Q_{см}^{АД} = 4801.28 \text{ квар}$$

Розрахункова потужність ВВ ЕП :

$$P_p^{ВВ} = P_p^{АД} = 7744 \text{ кВт}.$$

$$Q_p^{ВВ} = Q_p^{АД} = 4801.28 \text{ квар}$$

$$S_p = \sqrt{(P_p)^2 + (Q_p)^2} = \sqrt{7744^2 + 4801.28^2} = 9111.63 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.1.

					<i>ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1

Розрахункова потужність приймачів

Тип ЕП	№	Електроприймач	К-сть	Встановлена потужність ЕП, Р _{ном.} , кВт		m	K _з	Cosφ/tgφ	P _{ем.} , кВт	Q _{ем.} , кВар	n _з	K _{max}	Максимальне розрахункове навантаження		
				ΣP _{ном.} , кВт	$\frac{P_{\text{max. ном.}}}{P_{\text{мін. ном.}}}$								P _{р.} , кВт	Q _{р.} , кВар	S _{р.} , кВА
ЕП до 1кВ	1.	Об'єднана головна споруда котельні ОГЗК	150	1064	75/0,035	2143	0,7	0,85/0,62	744	461,28	28	1,05	781,2	461,28	907,22
	2.	Освітлення ОГЗК		130				0,9/0,484	130	62,9			130	62,9	144,4
	3.	Димова труба	6	60	11/1	11	0,8	0,9/0,484	48	23,2	10,9	1,07	24,8	23,2	34
	4.	Освітлення димової труби		8				1/0	8	0			8	0	8
	5.	Акумуляторна	10	32	5/0,12	41,7	0,8	0,85/0,6	25,6	15,4	12,8	1,07	27,4	15,4	31,4
	6.	Освітлення акумуляторної		3,2				0,92/0,426	3,2	1,36			3,2	1,36	3,48
	7.	Прохідна	20	20	7,5/0,37	20,3	0,5	0,85/0,6	10	6	5,3	1,57	15,7	6,6	17
	8.	Освітлення прохідної		10				0,92/0,426	10	4,26			10,1	4,26	10,96
	9.	Берегова насосна	6	60	11/8	1,4	0,8	0,8/0,75	48	36	10,9	1,07	51,4	36	63
	10.	Освітлення		2				1/0	2	0			2	0	2
	Σ	Усього											1054		1221,46
	11.	Хімводоочистка ХВО Фільтр, зал. прим. осв., шламове госп., склади солі, реагентів, ЦРМ, гараж, допоміжні приміщення	250	1400	90/0,25	360	0,5	0,9/0,484	700	338,8	37,1	1,13	791	338,8	860,5
	12.	Освітлення						1/0	69	0			69	0	69
	13.	Градирня	3	33	11/11	1	0,8	0,85/0,6	26,4	15,8	3	1,14	30,1	17,4	34,8
	14.	Освітлення градирні						1/0	1	0			1	0	1
	15.	Каналізаційна насосна стоків КНС	6	20	5/1	5	0,6	0,8/0,75	12	9	8	1,3	15,6	9,9	18,5
	16.	Насосна підкачки липневих вод(ПЛВ)	5	50	15/1,7	8,8	0,3	0,8/0,75	15	11,3	6,7	1,8	27	12,4	30
	17.	Освітлення НС ПЛВ						1/0	1	0			1	0	1
	18.	ГРП	10	40	4/1	4	0,3	0,7/1,02	12	12,2	20	1,34	16,1	12,2	20,2
	19.	Освітлення ГРП						1/0	1,2	0			1,2	0	1,2
Σ	Усього													1036,2	
20.	Мазутонасосна МЗГ Склади мазуту, проміжна ємність мазуту, склад та інше	37	804	160/0,25	640	0,3	0,7/1,02	241,2	246,024	10,1	1,6	385,92	246,024	457,7	
21.	Освітлення МЗГ						0,9/0,484	22,4	10,8			22,4	10,8	24,9	
22.	Противопожежна насосна(ППН)	10	100	90/1	90	0,2	0,8/0,75	20	15	2,22	2,14	42,8	16,5	45,9	
23.	Освітлення ППН						1/0	1,2	0			1,2	0	1,2	
24.	Насосна станція технічної води(НС ТВ)	5	402	250/1,1	227	0,6	0,9/0,484	241,2	116,7	3,2	1,46	352,2	128,4	374,9	
25.	Освітлення НС ТВ						1/0	1,2	0			1,2	0	1,2	
26.	Насосна станція господарчої води	4	32,2	15/1,1	13,6	0,3	0,8/0,75	9,7	7,2	4,3	2,14	20,8	7,9	22,2	
27.	Освітлення						1/0	1,2	0			1,2	0	1,2	
Σ	Усього													929,2	

Тип ЕП	№	Електроприймач	К-сть	Встановлена потужність ЕП, Р _{ном.} , кВт		m	K _з	Cosφ/tgφ	P _{ем.} , кВт	Q _{ем.} , кВар	n _з	K _{max}	Максимальне розрахункове навантаження		
				ΣP _{ном.} , кВт	$\frac{P_{\text{max. ном.}}}{P_{\text{мін. ном.}}}$								P _{р.} , кВт	Q _{р.} , кВар	S _{р.} , кВА
ЕП понад 1кВ	1.	Димоос котла №3; №4	2	400	-	-	0,8	0,85/0,62	640	396,8	-	-	640	396,8	-
	2.	Вентилятор дутьвовий котла №3; №4	2	400	-	-	0,8	0,85/0,62	640	396,8	-	-	640	396,8	-
	3.	Мережний насос	3	1600	-	-	0,8	0,85/0,62	3840	2380,8	-	-	3840	2380,8	-
	4.	Мережний насос літній	1	630	-	-	0,8	0,85/0,62	504	312,48	-	-	504	312,48	-
	5.	Насос технічної води	1	500	-	-	0,8	0,85/0,62	400	248	-	-	400	248	-
	6.	Насос рециркуляції	2	560	-	-	0,8	0,85/0,62	896	555,52	-	-	896	555,52	-
	7.	Насос для гідровипробувань теплових мереж	1	400	-	-	0,8	0,85/0,62	320	198,4	-	-	320	198,4	-
	8.	Противопожежний насос для подачі води	2	315	-	-	0,8	0,85/0,62	504	312,48	-	-	504	312,48	-
	Σ	Усього високовольт. навантаження	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7744	4801,28	9111,63
Розрахункові дані		Усього по РК «Позняки» (I пусковий комплекс)										10578		12298,47	
Проектні дані		Усього по РК «Позняки» (II пусковий комплекс)										19909		23150	

2.2 Вибір джерел живлення

Котельня, згідно СНиП II-35-76 «Котельные установки», відноситься до

																			Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата	ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ														

першої категорії по надійності теплопостачання, *через що електричні споживачі котельні по надійності електричного постачання є споживачами першої категорії*. I категорія надійності електропостачання передбачає два незалежних джерела живлення. Окрім двох основних джерел живлення електроприймачів I категорії повинно бути передбачене третє незалежне джерело, достатнє для безаварійної зупинки технологічного процесу(дизельна електростанція, акумуляторна батарея).

Частка споживачів котельні I та II категорії надійності електропостачання складає 85% від $S_{\text{сум}}$. При виході з ладу однієї з живильних ліній решта повинна забезпечити живлення усіх електроприймачів I категорії, а також тих електроприймачів II категорії, безперебійна робота яких необхідна для функціонування основних виробництв. При виборі джерел живлення враховуємо :

-забезпечення надійності електропостачання відповідно категорії споживача у нормальних ,аварійних і ремонтних умовах так, щоб трансформатор, що залишився у роботі, забезпечував роботу підприємства на час заміни вибулого трансформатора;.

- забезпечення мінімуму зведених затрат на трансформатори з урахуванням динаміки росту електричних навантажень ;.

Система електропостачання має забезпечувати можливість зростання споживання електроенергії без корінної реконструкції.

Для електропостачання підприємств повинні застосовуватися підстанції з простішими схемами і переважно відкритою установкою трансформаторів. Кількість трансформаторів для живлення споживачів I та II категорій слід приймати не більше двох.

2.2 Вибір напруги мережі живлення

Комплекс основних питань при проектуванні систем електропостачання промислових підприємств поряд з вибором загальної схеми живлення та визначення доцільної потужності силових трансформаторів включає в себе вибір раціональної напруги для схеми ,оскільки останньою визначаються

									Адк.
		параметри							
Змн.	Адк.	№ док.ум.	Підпис	Дата					

ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ

ЛЕП та вибираємого обладнання підстанцій та мереж , а відповідно, розміри капіталовкладень, витрати кольорових металів , втрати електроенергії та експлуатаційні витрати.

Розрахунок орієнтовних напруг для електропостачання котельні будемо вести для повного проектного навантаження $S_{\text{сум}} = 23150 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. ($P_{\text{сум}} = 19909 \text{ кВт}$)

Поблизу місця спорудження котельні розташована ПС «Південна» 110/6 кВ на відстані 400 м. ,та ПС «Осокорки» 110/10 кВ на відстані 5 км.

Попередньо приймаємо, що схема живлення власних потреб побудована за принципом «секція- водогрійний котел» і складається з п'яти секцій (відповідно до навантаження) кожна з яких живиться своєю кабельною лінією. Також, попередньо приймаємо, що резервне живлення відбувається по двом колам електропередачі(для забезпечення надійності електропостачання).

Розрахуємо орієнтовну напругу для робочого та резервного живлення:

$$U_{\text{роб.жив}} = 4,34 \cdot \sqrt{l + 0,016 \cdot P} = 4,34 \cdot \sqrt{0,4 + 0,016 \cdot 3,982} \approx 3 \text{ кВ},$$

$$U_{\text{рез.жив}} = 4,34 \cdot \sqrt{l + 0,016 \cdot P} = 4,34 \cdot \sqrt{5 + 0,016 \cdot 9,955} \approx 9.858 \approx 10 \text{ кВ}$$

де $l = 0,4; 5 \text{ км}$ – довжина лінії живлення; P - потужність одного кола передачі, тис.кВт (розрахованого наступним чином : $P_{\text{сум}} / n_{\text{ел.пер.}}$, де $n = 5$; 2- кількість кіл електропередачі, відповідно, робочого та резервного живлення).

Отже, враховуючи напруги на п/ст району та наявність на котельні значної кількості високовольтних двигунів на напругу 6 кВ зайнятих у технологічному процесі - приймаємо, для основного живлення підприємства, напругу 6 кВ від ПС «Південна», а для резервного живлення, напругу 10 кВ від ПС «Осокорки» з відкритою установкою знижуючих трансформаторів 10/6 кВ на території котельні.

2.3 Вибір резервного живлення

Число й потужність резервних трансформаторів вибираємо, виходячи з одержаних даних про повну розрахункову потужність котельні, перспективу розширення, та категорії споживачів.

На даний момент (перший етап спорудження котельні) повне силове навантаження котельні складає : $S_{\text{сум}} = 12298,47 \text{ кВА}$

					<i>ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ</i>	Адк.
Змн.	Адк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

Після введення в експлуатацію всіх потужностей РК «Позняки» передбачається зростання силового навантаження до рівня $S_{\text{сум}}=23150$ кВА. Частка споживачів I та II категорії надійності електропостачання складає 85% від $S_{\text{сум}}$.

Вибір резервних трансформаторів будемо проводити для повного навантаження котельні після введення в експлуатацію всіх її потужностей, та при втраті живлення від ПС «Південна». Зазначимо, що двотрансформаторні ПС знаходять застосування при значній частці споживачів I категорії, при триміній роботі

електроспоживачів II категорії, а також при наявності зосереджених сконцентрованих навантажень. Потужність трансформаторів вибирають на основі техніко-економічних розрахунків виходячи з повного розрахункового навантаження споживачів, бажаного навантаження трансформаторів, вартості електроенергії та інших факторів. Оптимальна потужність трансформаторів відповідає мінімуму приведених затрат. При виборі трансформаторів необхідно врахувати їхню здатність до перевантаження як в нормальних, так і в після аварійних режимах. Двотрансформаторні підстанції мають застосовуватися при перевазі електроприймачів I та II категорій, а також при нерівномірному добовому чи річному графіку навантаження. Вибираємо два варіанти потужності трансформаторів дані про які подамо в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Варіанти потужності трансформаторів

Тип трансформатора	Потужність, кВА	Напруга обмотки, кВ		Втрати, кВт		Напруга короткого замикання $U_k, \%$	Струм холостого ходу $I_{x.x}, \%$	Вартість (тис.грн.)
		ВН	НН	$P_{x.x}$	$P_{к.з.}$			
ТДНС	16000	10,5	6,3	17,8	105	10	0,75	251
ТДНС	10000	10,5	6,3	12,3	85	14	0,8	195

Згідно з ПУЕ коефіцієнт аварійного перевантаження може бути прийнятий рівним 1,4. Якщо на підстанції встановлено n трансформаторів, то розрахунковою потужністю $S_{p.тр.}$ при виборі номінальної потужності трансформатора $S_{ном.}$ даної групи є потужність на випадок вимкнення одного з трансформаторів, коли решта з урахуванням допустимого аварійного перевантаження $K_{доп.авар.}$ повинна передати споживачам електроенергію максимальної потужності $S_{max.}$, тобто

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2410 ОА-зп81 -4-ПЗ				

$$S_{p.пр.} = \frac{S_{\max}}{K_{\text{доп.авар.}} \times (n-1)} = \frac{23150}{1.4 \times (2-1)} = 16535.7 \text{кВА}$$

При домінуючому навантаженні ПС споживачами I та II категорії надійності S'

$$S_{p.пр.} = \frac{S'}{K_{\text{доп.авар.}} \times (n-1)} = \frac{19677}{1.4 \times (2-1)} = 14000 \text{кВА}$$

де $K_{\text{доп.авар.}}=1,4$ - допустимий коефіцієнт аварійного перенавантаження, при роботі трансформаторів не більше 5 діб підряд у період максимального навантаження протягом не більше 6 годин за добу

I варіант. У разі живлення РК «Позняки » від ПС «Осокорки» двома трансформаторами ТДНС-16000/20 у нормальному режимі роботи забезпечується повне покриття силового навантаження: $2 \times 16000 = 32000 \text{кВА} > S_{\max.} = 23150 \text{кВА}$.

При виході з роботи одного з трансформаторів той, що залишиться в роботі забезпечить покриття навантаження споживачів I та II категорій

$16000 \text{кВА} > 14000 \text{кВА}$. Варіант можна вважати прийнятним.

II варіант. У разі живлення РК «Позняки » від ПС «Осокорки» двома трансформаторами ТДНС10000/20 забезпечується повне покриття навантаження:

$2 \times 10000 \times 1,4 = 28000 \text{кВА} > S_{\max.} = 23150 \text{кВА}$. (ПУЕ дозволяє систематичне

перевантаження трансформатора за рахунок нерівномірності добового графіку, графіка за місяць або рік, тобто, трансформатори можуть без шкоди для себе експлуатуватися протягом частини доби з навантаженням більшим від номінальної потужності, якщо решту часу доби їх навантаження буде меншим за номінальне. Під допустимим систематичним перевантаженням трансформатора розуміють такий режим його роботи, за якого спрацювання ізоляції обмоток при фактичній температурі охолоджувального середовища і при реальному добовому графіку його навантаження буде таке саме, як і при номінальних умовах його роботи за такий же період. Трансформатор може працювати з допустимим систематичним перевантаженням протягом усього розрахункового часу його експлуатації, тобто 25-30 років. При цьому методика вибору трансформатора з допустимим систематичним перенавантаженням виходить з того, що температура ізоляції у найбільш нагрітій точці обмотки в період максимуму навантаження перевищує

									ДП 2410 ОА-зн81 -2-ПЗ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата						

98°C для ізоляції класу А, але не повинна бути вищою від 140°C; температура масла у верхньому шарі не повинна перевищувати 95°C). При виході з роботи одного з трансформаторів той, що залишиться в роботі орієнтовно забезпечить покриття навантаження споживачів I та II категорій $1,4 \times 10000 = 14000 \text{кВА} \geq 14000 \text{кВА}$. Варіант можна вважати прийнятним.

2.4 Вибір схеми електропостачання цехів

Розподільчу мережу живлення відділень котельні виконуємо по радіальній схемі, оскільки навантаження підприємства розташовані в різних напрямках від джерел живлення.

Радіальними схемами є такі схеми, в яких електрична енергія від джерела живлення передається безпосередньо до місця споживання. Найчастіше застосовуються радіальні схеми з числом ступенів не більше двох.

Для котельні необхідно застосовувати одноступеневу радіальну схему, оскільки на котельні є великі концентровані навантаження (насосні та високовольтні двигуни). Радіальні схеми забезпечують глибоке секціонування всієї системи електропостачання, починаючи від джерел живлення і закінчуючи збірними шинами напругою до 1000 В цехових підстанцій . Схеми трансформаторних підстанцій 6 / 0,4 кВ проектується виконати без збірних шин первинної напруги з глухим приєднанням трансформатора. Схема трансформаторної підстанції ТП - 6/0,4 кВ наведена на рис. 2.1 .

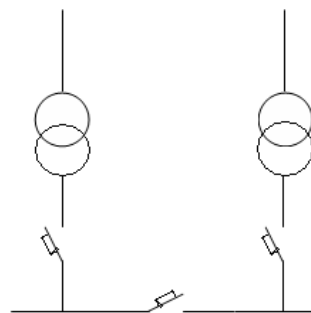


Рисунок 2.1 Схема трансформаторної підстанції ТП – 6/0,4 кВ при радіальному живленні

					ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{T.роз} = \frac{368.02}{0,85} = 432.96 \text{ кВА.}$$

Аналогічно ведеться розрахунок для інших цехів. Результати заносяться в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 Результати вибору потужностей цехових підстанцій

Назва цеху	$P_{см\Sigma}$, кВт	$Q_{см\Sigma}$, квар	$S_{см}$, кВ·А	β	$S_{T.роз}$, кВ·А
Мазутонасосна МЗГ Склади мазуту, проміжна ємність мазуту, склад, та інше	263,6	256,82	368,02	0,85	432,96
Протипожежна насосна (ППН)	21,2	15	26	0,85	31
Насосна станція технічної води (НС ТВ)	242	116,7	269	0,75	359
Насосна станція господарчо-питної води	10,9	7,2	13	0,9	14
Хімводоочистка ХВО Фільтр. зал, прим. осв., шламове госп., склади солі, реагентів, ЦРМ, гараж, допоміжні приміщення	769	338,8	840	0,85	989
Градирня	27,4	15,8	32	0,85	37
Каналізаційна насосна стоків КНС	12	9	15	0,9	17
Насосна підкачки липневих вод (ПЛВ)	16	11,3	20	0,9	22
ГРП	13,2	12,2	18	0,75	24
Об'єднана головна споруда котельні ОГЗК	874	524	1019	0,75	1359
Димова труба	56	23,2	61	0,85	71
Акумуляторна	29	17	34	0,85	40
Прохідна	20	10,26	22	0,85	26
Берегова насосна	50	36	62	0,75	83

Сумарна розрахункова потужність трансформаторів на ТПЗ

$$S_{\Sigma T} = S_{T.роз} = 837 \text{ кВ·А.}$$

Вибираємо два трансформатори ТСЗУ – 1000/10 потужністю 1000 кВ·А

						ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата			

$$\sum I_{00}^{(3)} = I_{00}^{(3)} + I_{00,AD}^{(3)} = 12.5 + 1.97 = 14.47 \text{ кА}$$

При короткому замиканні поблизу групи електродвигунів необхідно враховувати їх вплив на імпульс квадратичного струму КЗ. Визначимо сумарний імпульс квадратичного струму КЗ з врахуванням електродвигунів

$$B_K = I_{00,C}^2 \times (t_{омк} + T_{a,cx}) + I_{00,AD}^2 (0,5 \times T'_D + T_{a,cx}) + 2 \times I_{00,C} \times I_{00,AD} \times (T'_D + T_{a,cx}) [кА^2 \cdot c], \text{ де}$$

$T'_D = 0.07c$ постійна часу періодичної складової струму

$$T_{a,cx} = \frac{T_{a,C} \times I_{00,C} + T_{a,D} \times I_{00,D}}{I_{00,C} + I_{00,D}} = \frac{0,03 \times 12,5 + 0,04 \times 1,97}{12,5 + 1,97} = 0,031c, \text{ де } T_{a,C} = 0,03c, T_{a,D} = 0,04c$$

де $t_{відкл} = t_{p,з} + t_{відкл,B} = 0.09 + 0.03 = 0.12c$

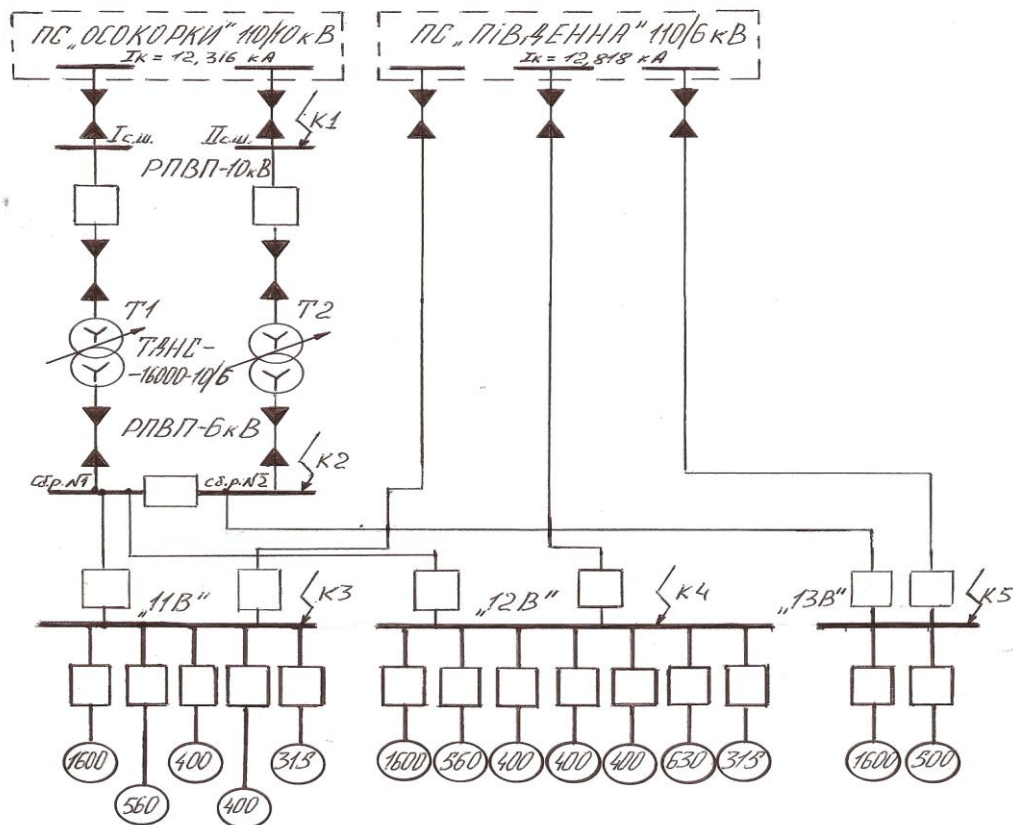


Рисунок 2.2

Спрощена схема електропостачання котельні

					ДП 2410 ОА-зн81 -2-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \times 12,5 \times e^{-\frac{0,04}{0,03}} + \sqrt{2} \times 1,97 \times e^{-\frac{0,04}{0,04}} = 5,685[\text{кА}]$$

$$\tau = t_{C.B} + 0,01 = 0,03 + 0,01 = 0,04\text{с},$$

де $t_{C.B}$ - власний час вимикання вимикача = 0,03 с

Знайдемо періодичну складову струму КЗ до моменту $\tau = 0,03$ с:

Періодична складова струму КЗ від енергосистеми надходить до місця КЗ від шин незмінної напруги через еквівалентний результуючий опір. Тому вона може бути прийнята незмінною у часі $I_{00,C}^{(3)} = I_{\tau}^{(3)}$

$$\text{тобто } I_{00,C}^{(3)} = I_{0,03}^{(3)}$$

$$I_{\tau}^{(3)} = I_{00,C}^{(3)} + I_{00,AD}^{(3)} \times e^{-\frac{\tau}{T_d}} [\text{кА}], \text{ де } \tau = t_{C.B} + 0,01 = 0,03 + 0,01 = 0,04\text{с},$$

$t_{C.B}$ - власний час вимикання вимикача = 0,03 с

$$I_{\tau}^{(3)} = 12,5 + 1,97 \times e^{-\frac{0,04}{0,07}} = 13,612[\text{кА}]$$

секція «12В»

$$I_{НОМ} = \frac{\sum P}{\sqrt{3} \times U_{НОМ} \times \cos f} = \frac{4305}{\sqrt{3} \times 6 \times 0,8} = 0,49\text{кА}$$

$$I_{00,AD}^{(3)} = \frac{1}{0,2} \times I_H = \frac{1}{0,2} \times 0,49 = 2,744\text{кА}$$

$$\sum I_{00}^{(3)} = I_{00}^{(3)} + I_{00,AD}^{(3)} = 12,5 + 2,744 = 15,244\text{кА}$$

$$B_K = 12,5^2 \times (0,12 + 0,031) + 2,744^2 \times (0,5 \times 0,07 + 0,031) + 2 \times 12,5 \times 2,744 \times (0,07 + 0,031) = 33,381\text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$i_{y\partial} = (\sqrt{2} \times 1,8 \times 12,5) + (\sqrt{2} \times 1,65 \times 2,744) = 38,223[\text{кА}]$$

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \times 12,5 \times e^{-\frac{0,04}{0,03}} + \sqrt{2} \times 2,744 \times e^{-\frac{0,04}{0,04}} = 6,087[\text{кА}]$$

$$I_{\tau}^{(3)} = 12,5 + 2,744 \times e^{-\frac{0,04}{0,07}} = 14,05[\text{кА}]$$

секція «13В»

$$I_{НОМ} = \frac{\sum P}{\sqrt{3} \times U_{НОМ} \times \cos f} = \frac{2100}{\sqrt{3} \times 6 \times 0,8} = 0,253\text{кА}$$

$$I_{00,AD}^{(3)} = \frac{1}{0,2} \times I_H = \frac{1}{0,2} \times 0,253 = 1,265\text{кА}$$

$$\sum I_{00}^{(3)} = I_{00}^{(3)} + I_{00,AD}^{(3)} = 12,5 + 1,265 = 13,765\text{кА}$$

					ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_K = 12,5^2 \times (0,12 + 0,031) + 1,265^2 \times (0,5 \times 0,07 + 0,031) + 2 \times 12,5 \times 1,265 \times (0,07 + 0,031) = 26,893 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$i_{y0} = (\sqrt{2} \times 1,8 \times 12,5) + (\sqrt{2} \times 1,65 \times 1,265) = 34,772 [\text{кА}]$$

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \times 12,5 \times e^{-\frac{0,04}{0,03}} + \sqrt{2} \times 1,265 \times e^{-\frac{0,04}{0,04}} = 5,318 [\text{кА}]$$

$$I_{\tau}^{(3)} = 12,5 + 1,265 \times e^{-\frac{0,04}{0,07}} = 13,214 [\text{кА}]$$

Точка К1; К2

Для зручності розрахунку релейного захисту резервного трансформатора розрахунок струмів КЗ резервного живлення подамо в табличній формі.

Попередньо приймаємо, що кожний з трансформаторів котельні «Позняки» живиться двома кабелями з мідними жилами напругою 10 кВ перерізом 240 мм² орієнтовною довжиною 5 км.

$$X_{кл} = \frac{\ell \times X_0}{n} = \frac{5 \times 0,075}{2} = 0,096 \text{ Ом}$$

$$R_{кл} = \frac{\ell \times R_0}{n} = \frac{5 \times 0,077}{2} = 0,209 \text{ Ом}$$

Визначення струмів трифазного КЗ на виводах 10 кВ котельні виконується при мінімальному, середньому, та максимальному значеннях опору трансформатора потужністю 40 МВА. Опори та струми КЗ приведені до напруги своєї ступені, тобто до 10,5 кВ. Результати розрахунку зведені до таблиці 2.4

Для резервного живлення секцій шин 6 кВ в котельні «Позняки» встановлюється два трансформатори типу ТДНС -16000 потужністю 16 МВА з встроєним регулюванням напруги під навантаженням в нейтралі вищої напруги в межах $\pm 12\%$ номінальної (± 8 ступенів). Значення напруги короткого замикання на номінальній нарузі середнього відгалуження, приведеній до номінальної потужності трансформатора 16 МВА, складає $U_k = 10\%$.

$$X_{TP.CP} = U_k \times \frac{U_{cp}^2}{S} = \frac{10}{100} \times \frac{10,5^2}{16} = 0,689 \text{ Ом}$$

Відмічу, що не доцільно використовувати пристрій регулювання напруги під навантаженням (РПН) на стороні обмотки вищої напруги трансформаторів

16 МВА, так як регулювання напруги в мережі 10 кВ виконується пристроєм РПН трансформаторів 40 МВА на ПС «Осокорки». Результати розрахунку зведені до

Таблиця 2.5				ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 2.4

Результати розрахунку КЗ на виводах 10кВ

Таблиця струмів трифазного КЗ на виводах 10 кВ трансформатора котельні			
Режим	(-РО) (-16%)	U _{ном,тр} (0%)	(+РО) (+16%)
Індуктивний опір системи на шинах 10 кВ «Осокорки»; (Ом)	$X_C = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \times I_{кз}} = \frac{10.5}{\sqrt{3} \times 12,316} = 0,49$	$X_C = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \times I_{кз}} = \frac{10.5}{\sqrt{3} \times 10.449} = 0,58$	$X_C = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \times I_{кз}} = \frac{10.5}{\sqrt{3} \times 10.476} = 0,57$
Індуктивний опір кабельної лінії 10 кВ; Ом	$X_{л} = 0,096$	$X_{л} = 0,096$	$X_{л} = 0,096$
Індуктивний сумарний опір; Ом	$X_{\Sigma} = 0,588$	$X_{\Sigma} = 0,676$	$X_{\Sigma} = 0,675$
Активний опір кабельної лінії 10 кВ; Ом	$R_{л} = 0,209$	$R_{л} = 0,209$	$R_{л} = 0,209$
Повний сумарний опір; Ом	$Z = 0,624$	$Z = 0,708$	$Z = 0,707$
Струм трифазного КЗ приведений до напруги 10.5 кВ; кА	$\frac{10.5}{\sqrt{3} \times 0,624} = 9,715$	$\frac{10.5}{\sqrt{3} \times 0,708} = 8,562$	$\frac{10.5}{\sqrt{3} \times 0,707} = 8,575$

Врахуємо місця короткого замикання асинхронними двигунами

Так як QВ увімкнутий, тоді до збірки резервного живлення №1 підключено секції «11В», «12В», «13 В» маємо:

$$I_{НОМ} = \frac{9680}{\sqrt{3} \times 6 \times 0.8} = 1.164 \text{ кА} \quad I_{00,АД}^{(3)} = \frac{1}{0,2} \times 1.164 = 5.822 \text{ кА}$$

$$\sum I_{00}^{(3)} = I_{00}^{(3)} + I_{00,АД}^{(3)} = 7.808 + 5.822 = 13.63 \text{ кА}$$

$$B_K = 7.808^2 \times (0.12 + 0.031) + 5.822^2 \times (0.5 \times 0.07 + 0.031) + 2 \times 7.808 \times 5.822 \times (0.07 + 0.031) = 20.625 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$i_{y0} = (\sqrt{2} \times 1,8 \times 7.808) + (\sqrt{2} \times 1,65 \times 5.822) = 33.461 [\text{кА}]$$

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \times 7.808 \times e^{-\frac{0,04}{0,03}} + \sqrt{2} \times 5.822 \times e^{-\frac{0,04}{0,04}} = 5.94 [\text{кА}] \quad I_{\tau}^{(3)} = 7.808 + 5.822 \times e^{-\frac{0,04}{0,07}} = 11.096 [\text{кА}]$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.6.

					ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5

Результати розрахунку КЗ на виводах бкВ

Таблиця струмів трифазного КЗ на шинах 6 кВ котельні «Позняки»			
Положення РПН трансформатора 40 МВА на ПС «Осокорки»			
Режим	(-РО) (-16%)	U _{ном,тр} (0%)	(+РО) (+16%)
Індуктивний опір системи на виводах 10 кВ трансформатора котельні «Позняки» (Ом)	$X_{\Sigma} = 0,588$	$X_{\Sigma} = 0,676$	$X_{\Sigma} = 0,675$
Індуктивний опір трансформатора на котельні «Позняки»; (Ом)	$X_{TP} = 0,689$	$X_{TP} = 0,689$	$X_{TP} = 0,689$
Індуктивний сумарний опір; Ом	$X_{\Sigma} = 1,227$	$X_{\Sigma} = 1,365$	$X_{\Sigma} = 1,364$
Активний опір кабельної лінії 10 кВ; Ом	$R_{л} = 0,209$	$R_{л} = 0,209$	$R_{л} = 0,209$
Повний сумарний опір; Ом	$Z = 1,294$	$Z = 1,381$	$Z = 1,38$
Струм трифазного КЗ приведений до напруги 10.5 кВ; кА	$\frac{10.5}{\sqrt{3} \times 1.294} = 4.6$	$\frac{10.5}{\sqrt{3} \times 1.381} = 4.39$	$\frac{10.5}{\sqrt{3} \times 1.38} = 4.39$
Струм трифазного КЗ приведений до напруги 6,3 кВ; кА	$4.685 \times \frac{10.5}{6.3} = 7.7$	$4.39 \times \frac{10.5}{6.3} = 7.31$	$4.393 \times \frac{10.5}{6.3} = 7.3$

Таблиця 2.6 Результати розрахунку КЗ на виводах АД

Точка КЗ	Джерело живлення	$I^{(3)}_{00}$, кА	$i_{уд}$, кА	$i_{a,\tau}$, кА	$I^{(3)}_{\tau}$, кА	B_k , кА ² .с
К1 РП 10.5 кВ	Система	9.715				
	Від АД 1	-----	-----	-----	-----	-----
	Всього	9.715				
К2 Шини 6 кВ резервного Живлення (при QB+)	Система	7.808				
	Від АД 2	5.822				
	Всього	13.63	33.46 1	5.94	11.0 96	20.6 25
К3 Шини 6 кВ «11 В»	Система	12,5				
	Від АД 3	1,97				
	Всього	14,47	36,41 7	5,68 5	13,6 12	28,8 24
К4 Шини 6 кВ «12 В»	Система	12,5				
	Від АД 4	2,744				
	Всього	15,244	38,22 3	6,08 7	14,0 5	33,3 81
К5 Шини 6 кВ «13 В»	Система	12,5				
	Від АД 5	1,265				
	Всього	13,765	34,77 2	5,31 8	13,2 14	26,8 93

Арк.

ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

2.7. Вибір апаратури в мережі 6...10 кВ

В даному розділі будемо вибирати високовольтну комутаційну апаратуру: високовольтні вимикачі. У розподільчих пристроях 6...10 кВ використовуємо вакуумні вимикачі серії ВВ/TEL – 10. Даний тип вимикачів призначений до роботи в комплектних розподільчих пристроях (КРУ), та камерах стаціонарних одностороннього обслуговування (КСО) внутрішнього та зовнішнього встановлення класу напруги до 10 кВ трифазного змінного струму до 50 Гц для систем з ізольованою та заземленою нейтраллю. Вибираючи високовольтні вимикачі приймаємо струми короткого замикання при живленні від ПС «Південна», так як, вони є більшими ніж від ПС «Осокорки» (по струмам короткого замикання при живленні від даної ПС вибираємо секційний вимикач, вводи 6 кВ на збірки резерву, вводи на секції 6 кВ, вводи 10 кВ резервного живлення) Вибір проведемо на прикладі високовольтного вимикача в приєднанні вводу робочого живлення 6 кВ секції «11В».

В даній точці мережа характеризується такими параметрами: номінальна напруга $U_{мер} = 10$ кВ, струм максимального режиму $I_M = 570$ А, струм КЗ $I_{0,0} = 14.47$ кА, струм КЗ на момент відключення вимикачем $I_{0,2} = 13.612$ кА, ударний струм $i_{уд} = 36.417$ кА, тепловий імпульс $B_k = 28.824$ кА²·с.

Вибираємо вимикач типу ВВ/TEL-10-20/1000 УЗ.

- 1) Номінальна напруга вимикача дорівнює напрузі мережі $U_{ном} = 10 \geq U_{ном.мер} = 6$ кВ.
- 2) Номінальний струм вимикача більше максимального струму в даній точці мережі $I_{ном} = 1000$ А $> I_M = 570$ А.

Виконання перших двох умов означає, що вимикач придатний до роботи в довготривалих робочих режимах.

- 3) Номінальний струм відключення більше за струм трифазного КЗ в момент 0,04 с $I_{н.в} = 20$ кА $> I_{0,2} = 13.612$ кА.

- 4) Найбільший струм відключення вимикача більше за миттєве значення струму КЗ мережі, що відключається

$$\sqrt{2} \cdot I_{н.в} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{45}{100}\right) = 41 \text{ кА} > \sqrt{2} \cdot I_{0,2} + i_a = \sqrt{2} \times 13.612 + 5.685 = 24.935$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ				

Таблиця 2.7

Параметри вимикача вводу секції «13В»

	Параметри вимикача ВВ/ТЕЛ вводу робочого живлення 6 кВ секції «13В»	Умова вибору	Розрахункові параметри приєднання
1.	$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}$	\geq	$U_{\text{НОМ.мер}} = 6 \text{ кВ}$
2.	$I_{\text{НОМ}} = 1000 \text{ А}$	$>$	$I_{\text{макс}} = 263 \text{ А}$
3.	$I_{\text{н.в}} = 20 \text{ А}$	$>$	$I_{0,2} = 13,214 \text{ кА}$
4.	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{н.в}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{Н}}}{100}\right) = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{45}{100}\right) = 41 \text{ кА}$	$>$	$\sqrt{2} \cdot I_{0,2} + i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot 13,2 + 5,32 = 23,9 \text{ кА}$
5.	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$	$>$	$i_{\text{уд}} = 34,772 \text{ кА}$
6.	$I_{\text{дин}} = 20 \text{ кА}$	$>$	$I_0 = 13,765 \text{ кА}$
7.	$I_{\tau}^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$>$	$B_{\text{к}} = 26,893 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Таблиця 2.7

Результати вибору вимикача вводу резерву №1

	Параметри вимикача ВВ/ТЕЛ вводу резервного живлення 6 кВ на збірку резерву №1	Умова вибору	Розрахункові параметри приєднання
1.	$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}$	\geq	$U_{\text{НОМ.мер}} = 6 \text{ кВ}$
2.	$I_{\text{НОМ}} = 3000 \text{ А}$	$>$	$I_{\text{макс}} = 2155,441 \text{ А}$
3.	$I_{\text{н.р}} = 20 \text{ А}$	$>$	$I_{0,2} = 11,096 \text{ кА}$
4.	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{н.р}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{Н}}}{100}\right) = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{45}{100}\right) = 41 \text{ кА}$	$>$	$\sqrt{2} \cdot I_{0,2} + i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot 11 + 5,94 = 21,5 \text{ кА}$
5.	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$	$>$	$i_{\text{уд}} = 33,461 \text{ кА}$
6.	$I_{\text{дин}} = 20 \text{ кА}$	$>$	$I_0 = 13,63 \text{ кА}$
7.	$I_{\tau}^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$>$	$B_{\text{к}} = 20,625 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ

Арк.

Таблиця 2.8

Результати вибору вимикача вводу резерву №2

	Параметри вимикача ВВ/ТЕЛ вводу резервного живлення 6 кВ на збірку резерву №2	Умова вибору	Розрахункові параметри приєднання
1.	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	\geq	$U_{\text{ном.мер}} = 6 \text{ кВ}$
2.	$I_{\text{ном}} = 3000 \text{ А}$	$>$	$I_{\text{макс}} = 2155,441 \text{ А}$
3.	$I_{\text{н.р}} = 20 \text{ А}$	$>$	$I_{0,2} = 11,096 \text{ кА}$
4.	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{н.р}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{45}{100}\right) = 41 \text{ кА}$	$>$	$\sqrt{2} \cdot I_{0,2} + i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot 11 + 5,94 = 21,5 \text{ кА}$
5.	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$	$>$	$i_{\text{уд}} = 33,461 \text{ кА}$
6.	$I_{\text{дин}} = 20 \text{ кА}$	$>$	$I_0 = 13,63 \text{ кА}$
7.	$I_{\tau}^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$>$	$B_{\text{к}} = 20,625 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Таблиця 2.9

Результати вибору вимикача 1 секції 10кВ

	Параметри вимикача ВВ/ТЕЛ вводу резервного живлення 10 кВ на I секцію 10 кВ	Умова вибору	Розрахункові параметри приєднання
1.	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$	\geq	$U_{\text{ном.мер}} = 10 \text{ кВ}$
2.	$I_{\text{ном}} = 1600 \text{ А}$	$>$	$I_{\text{макс}} = 1293,265 \text{ А}$
3.	$I_{\text{н.р}} = 20 \text{ А}$	$>$	$I_{0,2} = 9,715 \text{ кА}$
4.	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{н.р}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 31,11 \text{ кА}$	$>$	$\sqrt{2} \cdot I_{0,2} + i_{a,\tau} = 20 \text{ кА}$
5.	$i_{\text{дин}} = 32 \text{ кА}$	$>$	$i_{\text{уд}} = 23 \text{ кА}$
6.	$I_{\text{дин}} = 20 \text{ кА}$	$>$	$I_0 = 9,715 \text{ кА}$
7.	$I_{\tau}^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$>$	$B_{\text{к}} = 15 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

					ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ	Адк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10

Результати вибору вимикачів для приєднання АД

	Найменування приєднання	Тип вакуумного вимикача
1.	ТП1«11В», «12В»,	ВВ/TEL-6-20/630-У3
2.	ТП2«11В», «12В»,	ВВ/TEL-6-20/630-У3
3.	ТП3«11В», «12В»,	ВВ/TEL-6-20/630-У3
4.	Резервний трансформатор ТП1 с.«13В»	ВВ/TEL-6-20/630-У3
5.	Конденсаторна батарея секції «11В», «12В», «13В»	ВВ/TEL-6-20/630-У3
6.	Асинхронний двигун 315 кВт	ВВ/TEL-6-20/630-У3
7.	Асинхронний двигун 400 кВт	ВВ/TEL-6-20/630-У3
8.	Асинхронний двигун 500 кВт	ВВ/TEL-6-20/630-У3
9.	Асинхронний двигун 560 кВт	ВВ/TEL-6-20/630-У3
10.	Асинхронний двигун 630 кВт	ВВ/TEL-6-20/630-У3
11.	Асинхронний двигун 1600 кВт	ВВ/TEL-6-20/630-У3

					<i>ДП 2410 ОА-зн81 -4-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

3 Спеціальна частина.

3.1 Актуальність теми

До теплових мереж приєднані тисячі споживачів, тому виток теплоносія неминучі. Втрати тепла в системах теплопостачання є зовнішніми втратами, які характерні саме для котелень та ТЕЦ. Втрати тепла іноді досягають декількох сотень тонн на годину. Тому в котельнях ці втрати повинні поповнюватися, причому не сирою водою, а хімічно обробленою і деаерованою. Для заповнення втрат теплоносія в мережах передбачено велика кількість обладнання, яке входить до схеми підготовки додаткової води саме для теплових мереж. До обладнання підживлення тепломережі можна віднести: підігрівачі вихідної сирої води, різноманітні фільтри хімічної водоочистки, деаератор підживлення тепломережі, підживлювальний насос і відповідні сполучні трубопроводи і арматура. витрата підживлювальної води в робочому режимі повинен компенсувати розрахункові (нормовані) втрати мережної води в системі теплопостачання. Розрахункові (нормовані) втрати мережної води в системі теплопостачання включають розрахункові технологічні втрати (витрати) мережної води і втрати мережної води з нормативної виток з теплової мережі і систем теплоспоживання. Середньорічна витік теплоносія (м³ / год) з водяних теплових мереж повинна бути не більше 0,25% середньорічного обсягу води в тепловій мережі і приєднаних системах теплопостачання незалежно від схеми приєднання (за винятком систем гарячого водопостачання, приєднаних через водоподогреватели). Технологічні втрати теплоносія включають кількість води на наповнення трубопроводів і систем теплоспоживання при їх плановому ремонті і підключенні нових ділянок мережі і споживачів, промивку, дезінфекцію, проведення регламентних випробувань трубопроводів

					ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Спеціальна частина		
Розроб.		Пупач					
Перевірив		..Прядко С.Л.					
Зав.							
Н. Контр.		Смолян					
Затверд.					Літ. Арк. Арквшів		
					КПІ ім.. Ігоря Сікорського		

і обладнання теплових мереж. Для компенсації цих розрахункових технологічних витрат (витрат) мережної води, необхідна додаткова продуктивність водопідготовчої установки і відповідного обладнання (понад 0,25% обсягу тепломережі), яка залежить від інтенсивності заповнення трубопроводів. Щоб уникнути гідравлічних ударів і кращого видалення повітря з трубопроводів максимальна годинна витрата води при заповненні трубопроводів теплової мережі з умовним діаметром не повинна перевищувати нормованих значень. При цьому швидкість заповнення теплової мережі повинна бути пов'язана з продуктивністю джерела підживлення. На рисунку 3.1 – наведено принципову схему теплопостачання від котельні

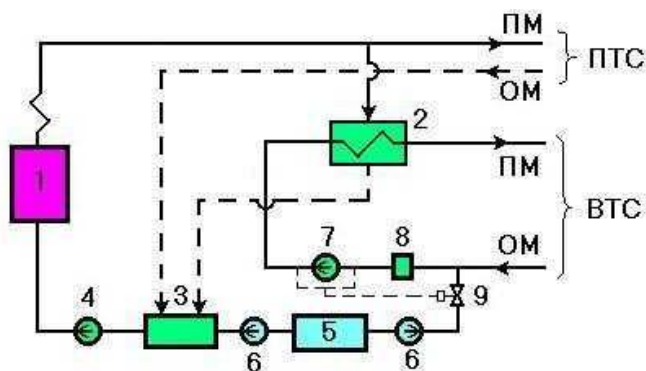


Рисунок 3.1 – Принципова схема теплопостачання від котельні де:
 1 – паровий котел, 2 – мережевий підігрівач, 3 – конденсатозбірник
 4 – насос живлення, 5 – хімічна водоочистка, 6 – підживлюваний насос,
 7 – мережевий насос, 8 – грязьовик, 9 – регулюючий клапан

Підживлювальний насос і його призначення

Ця група агрегатів працює тільки з паровими котлами з тиском понад 0,7 ати, вони служать для заповнення котла водою замість тієї кількості, яка пішла на вироблення пара і з продувкою солоної води з котла. Це дуже відповідальний агрегат, від його надійності залежить працездатність котла, і якщо він не буде підживлюватися водою, то станеться перегрів трубних поверхонь нагріву з подальшим вибухом парогенератора. Тому вимогами

що рівень тиску в трубопроводі або рівень в резервуарі впав нижче мінімуму, передається сигнал на перетворювач. Той плавно запускає електромотор насоса, ударні навантаження на трубопровід і електромережу виключаються. Слушна нагода розгону електродвигуна можна виставити самостійно. Датчики в режимі реального часу передають на перетворювач інформацію в процесі розгону насоса. Після того, як необхідні величини досягаються, ПЧ припиняє розгін і підтримує частоту обертів електродвигуна. Якщо рівень знову почне падати або зростати, мікропроцесор автоматично відрегулює тиск, змінивши продуктивність насоса. Паралельно перетворювач виконує функції захисту (відключає обладнання при сильних коливаннях напруги в електромережі). Особливо важливі частотні перетворювачі для насосів систем гарячого і холодного водопостачання, опалення. Водонапірна система з ПЧ в складі функціонує повністю в автономному режимі. При цьому якість подачі води залишається незмінним в будь-який час доби. Масштаб системи не має значення. ПЧ здатні помітно підняти ефективність промислових насосних станцій. Переваги управління насосами з перетворювачем частоти: економія електроенергії (до 30-40%); виключена ситуація «сухого ходу» (без води в системі); немає температурних стрибків при подачі гарячої води;

Узагальнена функціональна схема частотно-регульованого електроприводу зображена на рисунку 3.4

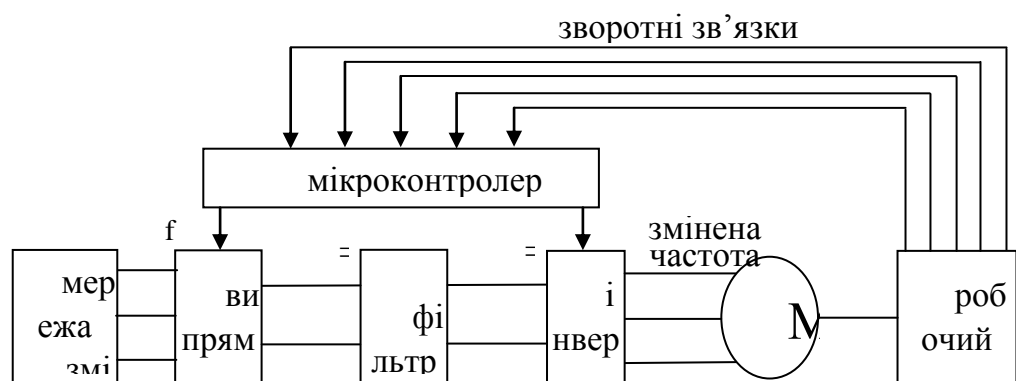


Рисунок 3.4 - Узагальнена функціональна схема частотно-регульованого Електроприводу

систем тепловодопостачання є система ПЧ-АД. Застосування частотно-регульованого приводу на станціях теплопостачання житлово-комунального господарства, що працюють з перемінним навантаженням у плинні доби, забезпечує:

- зниження витрати електроенергії на 30-50%;
- різке зменшення матеріальних витрат і трудовитрат, пов'язаних з усуненням наслідків гідроударів;
- підтримка необхідних параметрів (тиску, рівня, і т.д.)
- економію води і теплової енергії;
- збільшення терміну служби електродвигунів і приводних механізмів.

Основний вплив на споживчі властивості перетворювачів і електроприводів спричиняє їх інформаційний канал – використовувані алгоритми керування і регулювання та реалізуючі їх мікроконтролерні системи управління (МСУ). Саме останні визначають регульовальні властивості і динамічні характеристики електропривода, його функціональність і адаптивність до складних систем автоматичного керування різними технологічними процесами.

Електромагнітна сумісність електропривода з мережею живлення повинна забезпечуватися зарядкою ємності фільтрів при підключенні до мережі живлення без небезпечних для випрямляча екстраструмів і перенапруг, режимами споживання активної потужності з мережі і її генерації в мережу живлення, високим значенням вхідного коефіцієнта потужності, обмеженням радіоперешкод, які генеруються у мережу живлення, до встановлених стандартами значень, а також, струмообмеженням при аваріях у випрямлячі і ланці постійного струму.

Найбільш використовуваними варіантами забезпечення припустимих значень вхідного коефіцієнта потужності є застосування вхідних реакторів і реакторів у колі заряду фільтруючого конденсатора. Мінімізація коефіцієнта несинусоїдальності сіткових напруг і струмів мережі

					ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечується відповідним розрахунком і вибором вхідних дроселів та дроселя фільтра ланки постійного струму. Результати проведених досліджень показали, що для забезпечення прийняттого вхідного коефіцієнта потужності досить установити 1,5 – 5% вхідні реактори в залежності від індуктивності мережі живлення.

Основним джерелом генерування індустриальних перешкод є АІН через дуже високі швидкості перемикання IGBT. Вхідні реактори при використанні встановленого перед ними ємнісного фільтра радіоперешкод вирішують проблему обмеження радіоперешкод, що мають без фільтра неприпустиму величину (120–130 дБ). Фільтр зменшення радіоперешкод електроприводів виконується у вигляді окремого силового модуля і містить комбінацію різних видів дроселів і конденсаторів, сполучених за певною схемою.

Розрахуємо систему ПЧ-АД, для цього нам потрібно розрахувати параметри двигуна. Номінальні дані приведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Номінальні дані двигуна

P_n , кВт	n_n , об/хв	η , %	$\cos \varphi$	I_n , А	$\frac{I_{II}}{I_H}$	$\frac{M_{II}}{M_H}$	$\frac{M_{MAX}}{M_H}$	$J, \text{кг} \cdot \text{м}^2$
15	2940	90	0.86	29	7,5	2,0	3,2	0,047

R1	x1	R2'	x2'
0.052	0.092	0.022	0.12

3.3 Розрахунок параметрів асинхронного двигуна

Визначимо:

1. Частоту обертання магнітного поля або синхронну швидкість.
2. Ковзання при номінальному навантаженні.
3. Номінальний обертаючий момент.
4. Пусковий струм статора.
5. Пусковий момент при номінальній напрузі.

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ				

6. Максимальний момент при номінальній напрузі
7. Пусковий момент двигуна при зниженні напруги мережі на 10%.
8. Максимальний момент двигуна при зниженні напруги мережі на 10%.

1. Ковзання в номінальному режимі роботи АД складає кілька відсотків, тому частота обертання ротора незначно відрізняється від частоти обертання магнітного поля. Отже, номінальній швидкості двигуна 2940 об/хв відповідає синхронна швидкість 3000 об/хв.

2. Ковзання в номінальному режимі:

$$s = \frac{(n_1 - n)}{n_1};$$

$$s = \frac{(3000 - 2940)}{3000} = 0.02$$

3. Номінальний момент M_H двигуна визначим так:

$$P_2 = 0.105 n_H M_H, \quad \text{звідки } M_H = \frac{P_H}{0.105 n_H};$$

$$M_H = \frac{15000}{0.105 \cdot 2940} = 48.74$$

4. Пусковий струм визначимо за його кратністю:

$$\frac{I_{II}}{I_H} = 7,5;$$

$$I_{II} = 7,5 \cdot I_H = 7,5 \cdot 29 = 217,5A$$

5. Пусковий момент M_{II} визначимо за його кратністю:

$$\frac{M_{II}}{M_H} = 2,0$$

$$M_{II} = 2,0 \cdot 48,74 = 97,48Hm$$

6. Максимальний момент M_M також визначимо за його кратністю:

$$\frac{M_M}{M_H} = 2,4;$$

$$M_M = 2,4 \cdot 48,74 = 116,98Hm$$

7. Визначимо пусковий струм при зниженні напруги мережі на 10%:

$$I_{II}^C = I_{II} \frac{U}{U_H} = 0.9 \cdot I_{II} = 0.9 \cdot 217,5 = 195,75A.$$

8. Визначимо пусковий і максимальний моменти при зниженні

напруги мережі на	10%:		ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ			Лист
Зм.	Лист	№ докум.				Підпис

$$M_{II}^c = M_{II} \frac{U}{U_H^2} = 0,81 \cdot M_{II} = 0,81 \cdot 97,48 = 78,96 \text{ Нм.}$$

Відповідно максимальний момент при зниженні напруги складає

$$M_M = 0,81 \cdot 116,98 = 94,75 \text{ Нм}$$

3.4 Розрахунок параметрів системи та моделювання

$$K_M = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{M_{НОМ}}{I_{НОМ}} \qquad K_M = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{48,74}{29} = 1,37$$

Еквівалентний активний опір:

$$R_e = 2 \cdot (R_1 + R_2) + \frac{3}{\pi} \cdot (x_1 + x_2) = 2 \cdot (0,052 + 0,022) + \frac{3}{3,14} \cdot (0,092 + 0,12) = 0,307 \text{ Ом}$$

Еквівалентний індуктивний опір:

$$L_e = 2 \cdot (L_1 + L_2) = 2 \cdot (0,00029 + 0,00038) = 0,00134 \text{ Гн}$$

$$L_1 = \frac{x_1}{2 \cdot \pi \cdot f_{НОМ}} = \frac{0,092}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,00029 \text{ Гн}$$

$$L_2 = \frac{x_2}{2 \cdot \pi \cdot f_{НОМ}} = \frac{0,12}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,00038 \text{ Гн}$$

Коефіцієнт частотного перетворювача знайдемо за формулою:

$$K_{ТП} = \frac{U_{dMAX}}{U_{YMAX}} = \frac{U_{1НОМ}}{U_{YMAX}} = \frac{380}{10} = 38$$

Розрахуємо коефіцієнт зворотнього зв'язку за струмом:

$$K_T = \frac{U_{отMAX}}{I_{MAX}} = \frac{10}{85,26} = 0,117$$

Максимальний струм знайдемо за формулою:

$$I_{MAX} = \frac{M_{MAX}}{K_M} = \frac{116,98}{1,37} = 85,39 \text{ А}$$

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ

Розрахуємо коефіцієнт зворотнього зв'язку за швидкістю:

$$K_{ш} = \frac{U_{осMAX}}{\omega_{MAX}} = \frac{U_{осMAX}}{\omega_{MAX}} = \frac{10}{307.72} = 0.032$$

Передатня функція регулятора струму

Так як регулятор струму пропорційно-інтегральний, передатна функція буде мати вигляд

$$W_{PT} = \frac{T_1 p + 1}{T_2 p}$$

$$\text{де } T_1 = T_e, \text{ а } T_e = \frac{L_e}{R_e} = \frac{0.00134}{0.307} = 0.0044$$

$$T_2 = \frac{a_T \cdot T_\mu \cdot K_{III} \cdot K_T}{R_e} = \frac{0.45 \cdot 0.01 \cdot 38 \cdot 0.117}{0.307} = 0.065$$

Передатня функція регулятора швидкості

Так як регулятор швидкості пропорційний, передатна функція буде мати вигляд $W_{PC} = \frac{T_3 p + 1}{T_4 p}$

$$\text{де } T_3 = a_C \cdot a_T \cdot b_C \cdot T_\mu = 1.5 \cdot 0.45 \cdot 1.5 \cdot 0.01 = 0.027$$

$$T_4 = \frac{T_3}{K_{PC}} = \frac{0.027}{8.45} = 0.003$$

$$W_{PC} = \frac{K_T \cdot J}{a_C \cdot a_T \cdot T_\mu \cdot K_M \cdot K_C} = \frac{0.117 \cdot 0.057}{4 \cdot 0.45 \cdot 0.01 \cdot 1.37 \cdot 0.032} = 8.45$$

На цей час широке розповсюдження отримали, ПІД регулятори, які простіш реалізувати за допомогою мікропроцесорної техніки. До складу ПІД регулятора входить, диференційна складова, яка прискорює процес компенсації. Розрахунок параметрів ПІД-регулятора швидкості:

$$K_p = \frac{J}{a_w \cdot T_{uz} \cdot K_{uz0} \cdot K_\delta \cdot K_w} = 2.69$$

$$K_i = \frac{I}{a_w \cdot T_{uz} \cdot K_{uz0} \cdot K_w} = 565.2$$

$$K_w = \frac{J \cdot T_{e0}}{a_w \cdot T_{uz} \cdot K_{uz0} \cdot K_\delta \cdot K_w} = 0.016$$

Створимо m-файл для виконання:

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

```

Editor - D:\учеба\Универ\SEMESTR\П'рядко\!!!!!!!\Курсовий проєкт\!!!!!!!\kurs1.m
File Edit Text Desktop Window Help
1 Mn=1610
2 Uzс=10
3 pn=2
4 R1=0.022
5 R2=0.018
6 L1=0.0163
7 L2=0.0171
8 Lm=0.0167
9 Imax=753.7
10 Kw=0.064
11 K1=0.165
12 Mxx=0.1*Mn
13 Jmex=27
14 J=55+Jmex
15 Wn=0.105*1500
16 K=(Mn-Mxx)/(Wn^2.5)
17 Km=5.34
18 T0=0.001
19 Kmax=10/Imax
20 t1=0
21 U1=5
22 t2=6
23 U2=5
24 t3=24
25 U3=-10
26 Re=0.24
27 Le=0.00464
28 ac=2
29 aw=2
30 bw=2
31 T1=Le/Re
32 Tm=0.01
33 Ktp=66
34 Kt=0.013
35 T2=ac*Tm*Ktp*Kt/Re
36 T3=aw*ac*bw*Tm
37 Kp=82
38 Ki=0
script Ln 24 Col 6 OVR

```

. Рисунок 3.4 - m-файл

Після запуску створеного m-файлу на виконання, а також запуску на виконання Simulink-моделі системи ПЧ-АД.

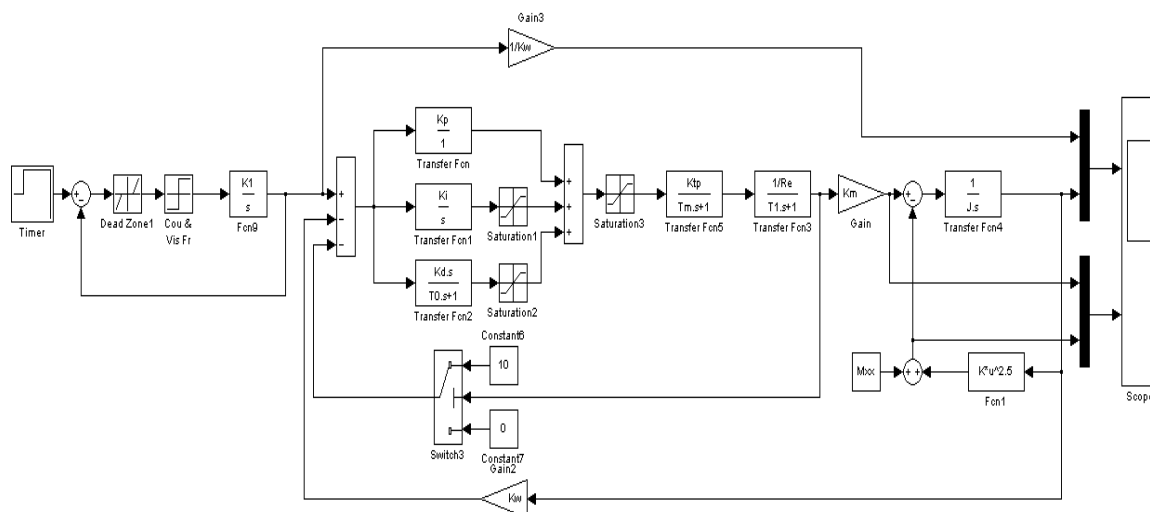


Рисунок 3.5 - Simulink-модель ПЧ-АД з ПІД регулятором.

Діаграма швидкості представлена на рисунку 3.6.

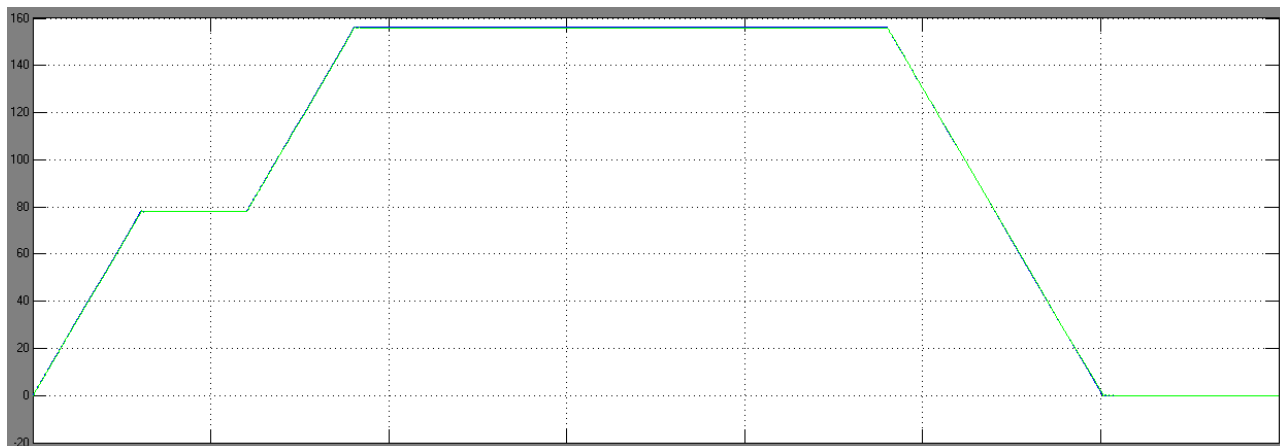


Рисунок 3.6 - Діаграма швидкості

Діаграма навантаження представлена на Рисунку 3.7

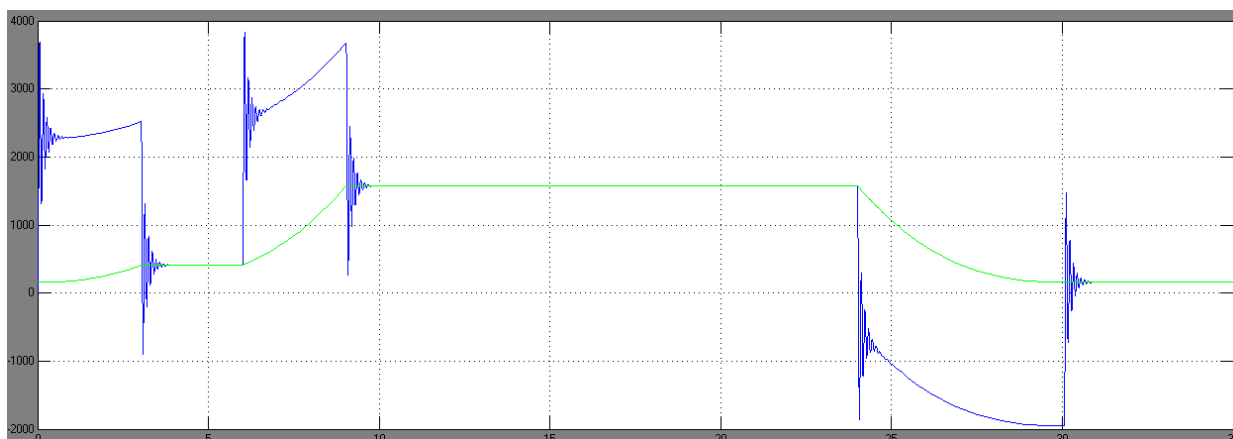


Рисунок 3.7 Діаграма навантаження

3.5 Вибір електричного обладнання

Загальні відомості про інтелектуальні силові модулі компанії Vishay

Модулі VS призначені для реалізації керування трифазними безконтактними електродвигунами - асинхронними і безконтактними двигунами постійного струму. Тому в їхній склад входить трифазний інвертор зі схемою керування і захисту. В даний час серійно виробляються дві версії модулів - "А" і "В". Версія "А" - варіант із відкритими емітерами нижніх ключів інвертора. Модуль версії "В" - модуль з вбудованим шунтом

					ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

у ланцюзі шини нульового потенціалу. Це дозволяє реалізувати різні комбінації токових зворотних зв'язків і вибрати оптимальну стосовно до конкретного випадку. У порівнянні з аналогами вони мають ряд переваг:

- Широкий діапазон частоти ШІМ

До складу модулів входить шість кристалів IGBT - транзисторів і антипаралельних ультра швидких діодів. У модулях IR використовують 600-вольтові NPT IGBT 5-го покоління, що дозволяють працювати на частотах ШІМ до 20кГц включно. До їхніх переваг також відносяться простота рівнобіжного з'єднання, прямокутна зона безпечної роботи і низький рівень втрат на переключення, особливо при вимиканні, при відносно низьких втратах на провідність. Можливість роботи на більш високих частотах ШІМ дозволяє уникнути акустичних шумів і забезпечить більш широкий діапазон регулювання швидкості.

- Низький рівень втрат

Модулі VS проектувалися з урахуванням застосування в промислових і побутових приводах, де потрібні широкі діапазони регулювання швидкості, висока динамічна точність, і в балансі втрат серйозна увага приділяється втратам на переключення. Для досягнення низьких втрат на переключення в них застосовані NPT IGBT останнього покоління. У порівнянні з транзисторами, використовуваними в інших модулях, IGBT, застосовувані в модулях IR, істотно швидше вмикаються і вимикаються і, що найбільше важливо, мають більш короткий час спаду при вимиканні, що визначає в основному втрати на переключення за рахунок більш високої швидкості спаду напруги.

За рахунок цього IGBT - транзистори VS мають істотну перевагу перед аналогами за втратами на переключеннях, хоча й уступають їм за спаданням напруги, що визначає втрати на провідність.

Проста схема підключення

Для реалізації функціонально закінченого пристрою керування

									Лист
									13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ				

трифазним електродвигуном із застосуванням інтелектуальних модулів потрібна мінімальна кількість компонентів.

Електричні перетворювачі фірми LEM

Загальна характеристика

Перетворювачі фірми LEM трансформують первинний струм на гальванічно - ізольований сигнал, пропорційний миттєвому або ефективному значенню цього струму, зі збереженням форми первинного струму в широкому діапазоні частоти 0-200 кГц. Перетворювачі застосовуються для виміру постійних і перемінних струмів до 20 кА, для дуже великих струмів у гальванічних процесах до 500 кА, також для напруг до 6400 В ефективного значення.

Перетворювачі струму для промислового застосування, відсортовані по функції збільшення номінальних струмів з 0,25А до 20 000 А. Крім того, окремо вказуються перетворювачі струму з виходом 4-20мА або 0-10 В, що застосовуються в системах керування технологічними процесами, перетворювачі напруги, а також перетворювачі спеціально виготовлені для застосування в системі електротяги.

Принцип дії, технології

З огляду на принцип дії, технологію виробництва і застосування, перетворювачі можемо розділити на чотири основні групи, що охоплюють шість технологій, що відрізняються один від одного, представники яких зазначені нижче.

1. Перетворювачі струму засновані на датчиках Halla, тобто перетворювачі з замкнутою петлею зворотного зв'язку, відкритою петлею зворотного зв'язку, перетворювачі, засновані на технології Eta.

2. Перетворювачі, засновані на датчиках магнітного потоку, що включають групи "IT", "CT", низької частоти і стандартні.

3. Перетворювачі з повітряним осердям, що включають групи LEM-flex і технологію PriME.

4. Різні перетворювачі напруги, засновані на датчиках Halla, на

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ

датчиках магнітного потоку С, а також потенціометра з ізолюючим підсилювачем серії AV.

Застосування

Головною метою застосування електричних перетворювачів є одержання ізолюваного з первинної сторони низьковольтного сигналу, що відбиває величину і форму вимірюваної електричної величини з достатньою точністю в даному діапазоні частоти. Цей сигнал може бути показаний на вимірювальному приладі, моніторі або перетворений для керування електронною системою в довільних установках і приладах, таких як:

- конвертори й інвертори;
- контролери швидкості обертання електродвигунів постійного струму;
- роботи й автомати;
- буферні і безперебійні блоки живлення;
- електрозварювальні апарати;
- тягові приводи;
- електричні і тягові підстанції.

Перетворювач струму з відкритою петлею зворотного зв'язку з аналоговим виходом напруги

тип	HAL 600 - S
струм I_n , A	600
вихідний сигнал при струмі I_n ,	4000 mV
діапазон виміру I_p , %	+/- 1000
точність виміру при I_n , %	+/- 1
напруга ізоляції, kV	3
частотний діапазон, kHz	0...50
діапазон робочих температур, °C	-10...80
напруга харчування +/-5 %, V_c -V	+/-15

					ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

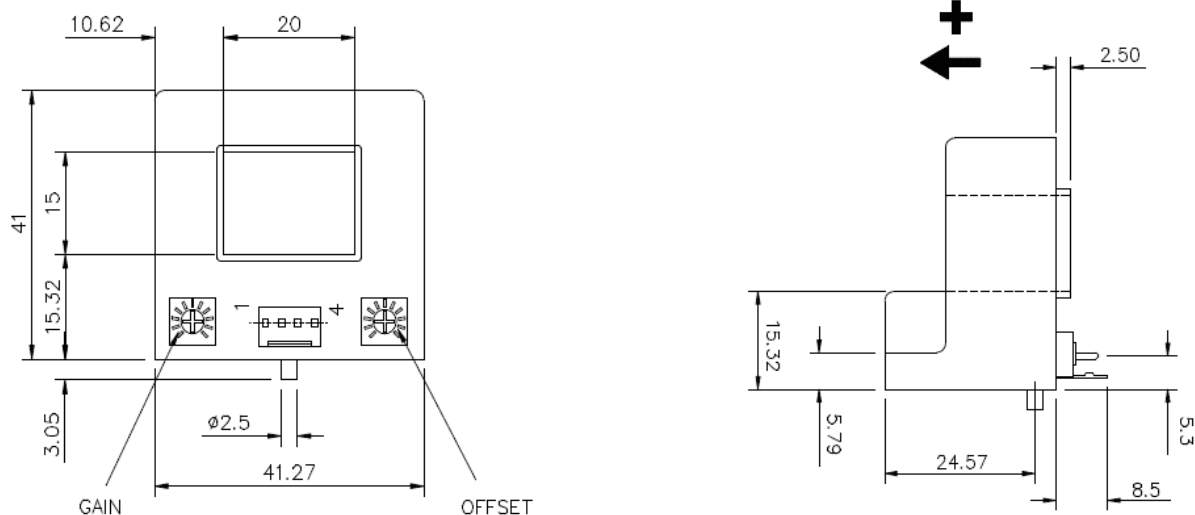


Рисунок 3.8- Зовнішній вигляд датчику струму HAL 600-S

Перетворювач напруги з замкнутою петлею зворотного зв'язку з аналоговим виходом струму

тип	LV 100
номінальна напруга	100V - 2500V
номінальний струм I_p , m	10
діапазон виміру струму, m	0 +/- 20
номінальний вторичний ток I_w , m	50
точність виміру I_w , %	+/- 0,7 %
живляча напруга, V	+/-15
напруга ізоляції, kVsk	6

Діапазон вимірюваної напруги встановлюється за допомогою додаткового резистора R1, що включається послідовно з первинною обмоткою, як показано нижче.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ

Арк.

OUTLINE DRAWING

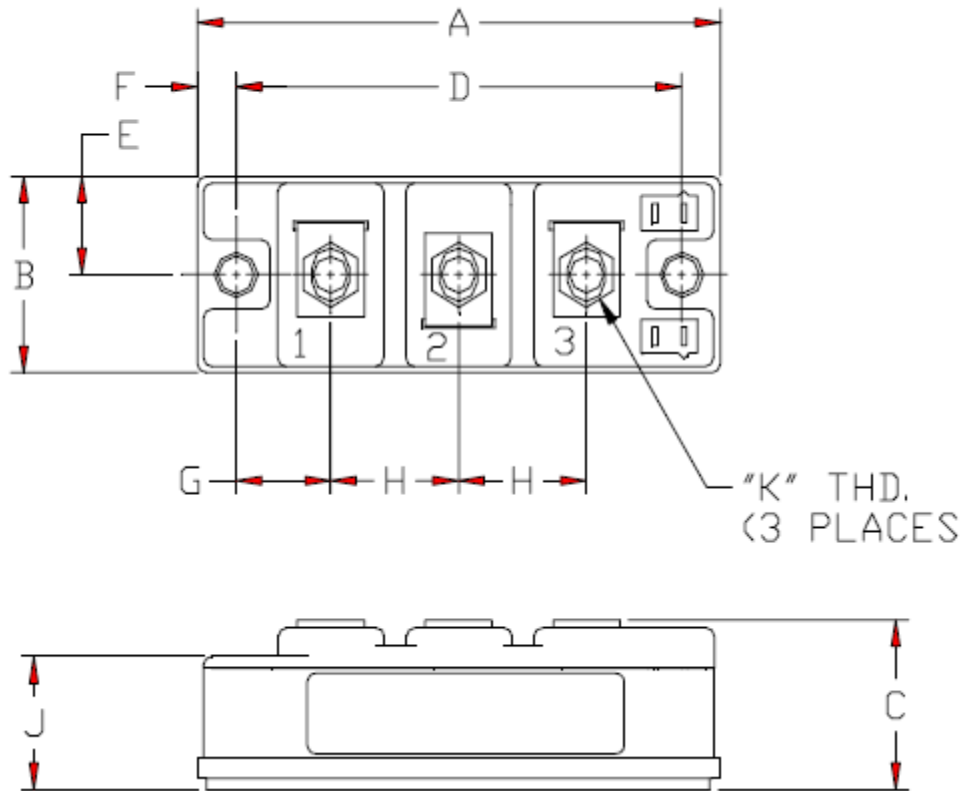


Рисунок 3.10 - Зовнішній вигляд діодного модулю QRS0660T30

3.5.6 Транзистори IGBT

тип	CM600DU-24NF
колектор-емітер, V	1200
максимальний колектор-емітер, V	1,9
безперервний струм колектор-емітер	600
потужність, W	2080
корпус	NF6

Модулі IGBT нової генерації, що мають структуру CSTBT, виготовлені по новій технології, мають дуже низькі втрати потужності, тому транзистори IGBT можуть вживатися у швидких схемах ($\approx 50kHz$). Ціни транзисторів набагато нижче в порівнянні з актуальними цінами на ринку.

					ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

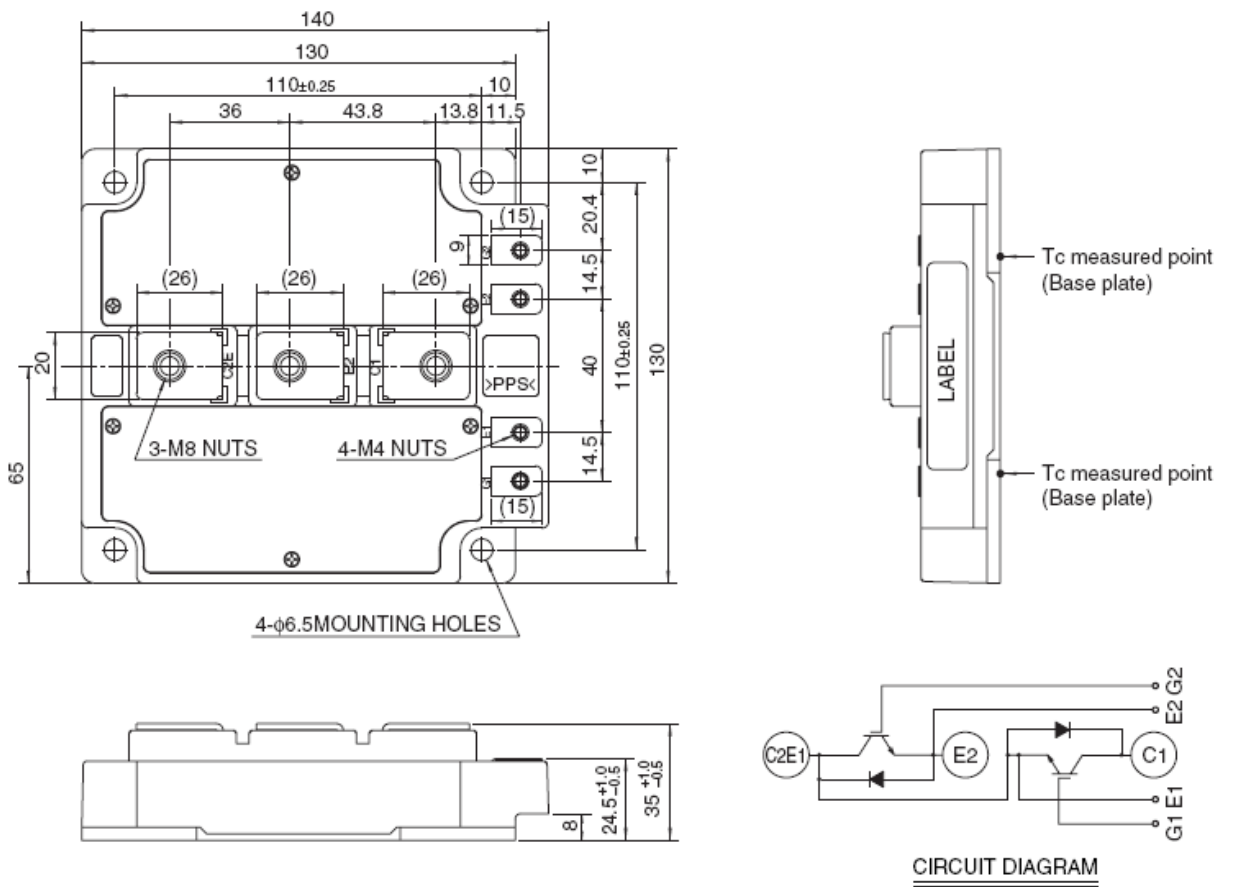


Рисунок 3.11 - Зовнішній вигляд датчику напруги LV 100-400

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ДП2410 ОА-зп81-04ПЗ					

4 Охорона праці

Охорона життя та здоров'я людей в процесі їх трудової діяльності відіграє важливу роль для сучасного виробництва. Аналіз виробничого травматизму свідчить, що основними його причинами є відсутність або недосконалість системи управління охороною праці на підприємствах, низький рівень виконавчої і техно-логічної дисципліни працюючих, порушення вимог безпеки під час роботи устаткування, машин, механізмів, незадовільний стан виробничих об'єктів, засобів виробництва, незнання працівниками правил з охорони праці. Основні охоронні заходи при роботі в приміщеннях котельні «Позняки» є:

- мікроклімат, під яким розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначаються діючою на організм людини сукупністю температури, вологості, руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь ;

-якісне освітлення ,яке підвищує продуктивність праці до 11% ;

-зменшення шуму та вібрації при роботі насосних установок.

Для аналізу умов праці обрані робочі місця обслуговуючого персоналу котельні « Позняки».

4.1 Аналіз умов праці

4.1.1 Характеристика приміщення і організація робочого місця

Робоче місце інженера-оператора знаходиться в приміщенні адміністративної будівлі котельні. Кімната площею 48 м² вміщає 6 автоматизованих робочих місць (АРМ), які укомплектовані персональними комп'ютерами і іншою периферією (рисунок 4.1). Площа, що доводиться на одне робоче місце, рівна 8 м², що відповідає нормі (норма на одне місце, оснащене персональним комп'ютером, - 6,2 м² і об'єм - 15 м³ згідно СН [245-82] і ДНАОП 0.00.-1.31-99). Об'єм доводиться на одне робоче місце - 24 м³, що також відповідає нормі. У кімнаті є одне вікно, орієнтоване на південний захід. Робоче місце інженера-оператора знаходиться на відстані 1,5 м від вікна.

					<i>ДП 2410 ОА-зн81 -04ПЗ</i>				
<i>Вим</i>	<i>Арк..</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Пупач</i>			<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>КозловС.С.</i>							
<i>Реценз.</i>					<i>Охорона праці</i> КПіім. Ігоря Сікорського АУЕК				
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затвер.</i>		<i>КозловС.С.</i>							

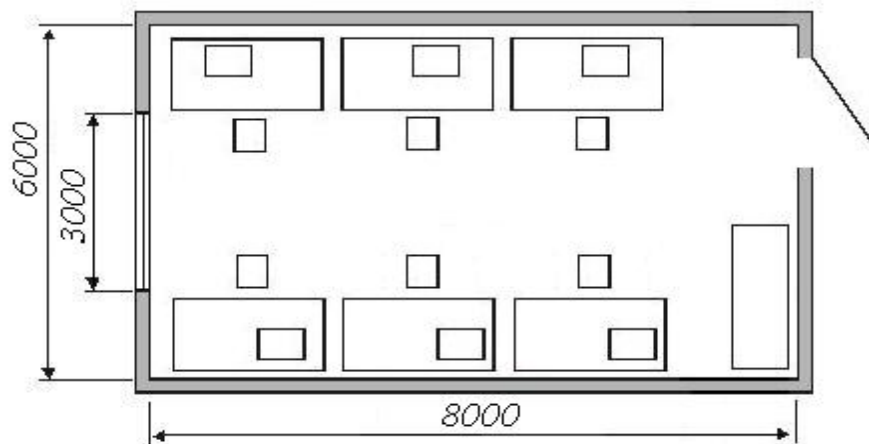


Рисунок. 4.1- Розташування робочих місць в приміщенні

4.1.2 Мікроклімат виробничого приміщення

Метеорологічні умови на виробництві або мікроклімат визначають наступні параметри: температура повітря в приміщенні, відносна вологість повітря %, рухливість повітря м/с. Згідно ДСН 12.1.005–88 «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.» робота інженера-оператора є легкою фізичною роботою і відноситься до категорії 1а, оскільки ця робота проводиться сидячи, не вимагається систематичної фізичної напруги, підняття і перенесення тяжкості, енерговитрати до 172 Дж/с (150 ккал/г). У приміщенні даного типу норми температури, згідно ДСУ 12.1.005–05, складають: у холодний період роки 22 – 24°C, а в теплий час роки 23 – 25°C. З вимірювань виходить, що в холодний період температура відповідає 22°C, а в теплу пору року 24°C. Середній рівень відносної вологості 40 – 60 % Параметри мікроклімату забезпечуються системою вентиляції, кондиціонування і опалювання виконаною відповідно до вимог Сніп 2.04.05-91.

4.1.3 Природне освітлення

У даному приміщенні освітлення є бічним одностороннім. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КЕО (e).

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c$$

де m - коефіцієнт світлового клімату; m = 0.9, оскільки приміщення знаходиться в 4 поясі світлового клімату на північ від 50° північної широти;

c-коефіцієнт сонячності клімату, c=0.8, оскільки приміщення

					ДП 2410 ОА-зп81 -04ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

знаходиться в 4 поясі світлового клімату на північ від 50° північної широти при світлових отворах орієнтованих по азимуту, який потрапляє в межі 226°-315°

$e_{нIII}$ – коефіцієнт природної освітленості, $e_{нIII} = 3\%$.

$$e_{нIV} = 2\% \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,44\% \text{ – норма КЕО.}$$

Розрахуємо фактичне значення КЕО.

При бічному освітленні:

$$e_{б} = (\varepsilon_{б} q + \varepsilon_{зд} R) r_1 \frac{\tau_0}{K_3}$$

З причини відсутності протистоячої будівлі ($\varepsilon_{зд} = 0$) - формула набуває наступного вигляду:

$$e_{б} = \varepsilon_{б} q r_1 \frac{\tau_0}{K_3}$$

де $\varepsilon_{б}$ - геометричний КЕО в розрахунковій точці при бічному освітленні, що враховує пряме світло неба.

$$\varepsilon_{б} = 0,01 n_1 n_2$$

де n_1 - кількість "променів", що проходять від неба на поперечному розрізі приміщення; n_2 - кількість "променів", що проходять від неба через світлові отвори в розрахункову точку на плані приміщення.

$$n_1 = 10 ; n_2 = 70$$

$$\varepsilon_{б} = 0,01 \cdot 10 \cdot 70 = 7$$

4.1.4 Штучне освітлення

Також передбачається штучне освітлення – люмінесцентні лампи ЛБ–40, номінальний світловий потік яких 3120 лм, оскільки вони близькі по спектральному складу до природного освітлення і мають велику економічність. У приміщенні встановлюються 6 світильників УСП-35-4*40. Ковпаки світильників виготовляють з світлорозсіювального матеріалу з коефіцієнтом пропускання не менше 0,7. Оскільки присутній ефект пульсації при включенні, необхідно забезпечити асинфазне включення ламп в ряду.

Висоту підвісу лампи визначимо по формулі:

$$h = H - h_C - h_P$$

					ДП 2410 ОА-зн81 -04-ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де H - висота приміщення; h_c - висота світильника; h_p - висота робочої поверхні. Для даного приміщення:

$$H = 4\text{м}; \quad h_c = 0.138\text{м}; \quad h_p = 0.8\text{м}$$

$$\text{Тоді: } h = 4 - 0.138 - 0.8 = 3.062\text{м}$$

Світильники розташовані в шість рядів. Відстань від ряду до стіни 1.25м. Ширина приміщення 6м, довжина 8м. Розміщення світильників зображене на рис. 4.2. Визначимо освітленість в робочій точці:

$$E = \frac{N_p \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot m \cdot \sum e_i \cdot \phi_i}{1000 \cdot k_3 \cdot h^2 \cdot l_p}$$

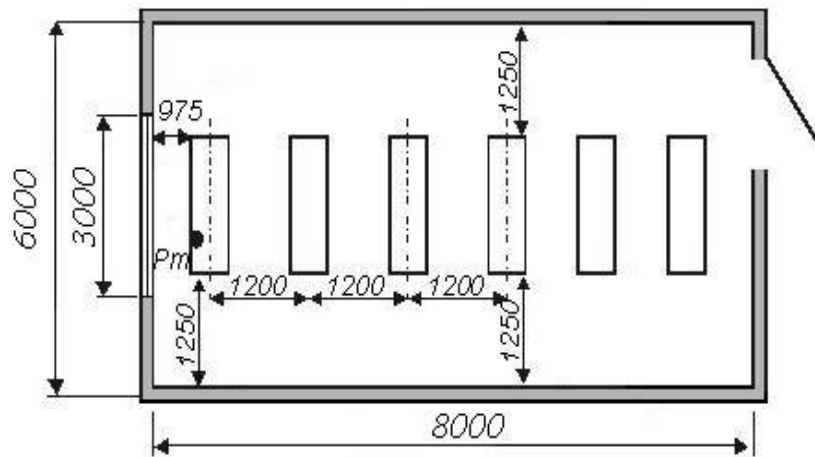


Рисунок 4.2- Схема розміщення світильників в приміщенні

де N_p - кількість світильників в ряду; n - кількість ламп в світильнику; $\Phi_{\text{л}}$ - світловий потік лампи; m - коефіцієнт, що враховує відображену складову світла; e_i - відносна освітленість в контрольній точці, створювана i -м напіврядом світильників; k_3 - коефіцієнт запасу; ϕ_i - коефіцієнт переходу від горизонтальної освітленості до освітленості похилої площини; h - висота підвісу світильників; l_p - довжина ряду світильників.

Обчислимо фактичне значення освітленості:

$$E = \frac{1 \cdot 4 \cdot 3120 \cdot 1.1 \cdot 555.92}{1000 \cdot 1.5 \cdot 9.5 \cdot 1.5} = 357.04$$

По розряду зорової роботи, робота відноситься до III типу і рівень освітленості робочого місця повинен складати 200-400лк. При роботі з документами освітленість повинна складати 300лк (згідно ДНАОП 0.00.-1.31-99).

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2410 ОА-зн81 -04ПЗ					

щити, на яких знаходяться ті засоби пожежегасіння, які можуть застосовуватися в даному приміщенні, споруді, установці. Їх розташовують на видних місцях, легкодоступних в будь-який час. Кількість первинних засобів пожежегасіння для конкретних об'єктів встановлюється нормами технологічного проектування та галузевими правилами пожежної безпеки. На підприємствах застосовуються такі вогнегасники: хімічно-пінні ОХП-10, ОПМ, ОП-9ММ, ОХВП-10; вуглекислотні ручні ОУ-2, ОУ-3, ОУ-5, У-8, а також пересувні ОУ-25, ОУ-80, ОУ-2М; повітряно-пінні ОГЖ-1,5, ОВП-5, ОВП-10; порошкові ОП-1Б, ОП-2Б, ОП-5С, ОП-10. Пінний вогнегасник ОХГНО

Мережі протипожежного водогону повинні забезпечувати потрібні за нормами витрату та напір води. До протипожежного водопостачання котельні «Позняки» відносяться бризгальний басейн, градирні, насосна станція, мережа трубопроводів з гідрантами, а також мережа трубопроводів у спорудах з пожежними кранами.

Витрачений під час гасіння пожежі запас води з резервуарів має бути відновлений у найкоротший термін, але не пізніше, як за 24 години. Пожежні резервуари повинні бути захищені від замерзання води.

Установки пожежної сигналізації (УПС) та автоматичні установки пожежегасіння (АУП) повинні бути справними та утримуватись у постійній готовності.

4.6 Захисне заземлення і занулення

При розрахунку заземлювача в однорідній землі способом коефіцієнтів використання обчислення R виконується в наступному порядку:

1. За попередньою схемою заземлювача, нанесеної на план установки, визначається довжина горизонтальних і кількість n вертикальних електродів.

2. Обчислюються значення опорів горизонтальних електродів (сумарний опір) R_r і одного вертикального електрода R_B :

$$R_r = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L_r} \ln \frac{L^2}{h \cdot \Delta t} \text{ Ом,}$$

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

$$R_B = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot I_B} \left(\ln \frac{2 \cdot I_B}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + I_B}{4 \cdot t - I_B} \right) \text{ Ом};$$

де ρ - опір ґрунту; I_B - довжина вертикального електрода, м ; d - діаметр електрода, м; t - глибина заглиблення вертикального електрода, м; L_T - довжина горизонтального електрода, м; h - товщина горизонтального електрода; At - відстань між вершиною вертикального електрода і поверхнею ґрунту.

3. За відповідними таблицями знаходяться коефіцієнти використання для вертикальних і горизонтальних електродів η_B і η_T .

4. Обчислюється розрахунковий опір заземлювача R

$$R = \frac{R_B \cdot R_T}{R_B \cdot \eta_T + R_T \cdot \eta_B \cdot n}$$

Блискавкозахист будівель та споруд на території котельні виконується відповідно «Правил улаштування електроустановок» та «Інструкції по виконанню блискавкозахисту будівель та споруд».

Захист від статичної електрики виконується за допомогою заземлення технологічного і вентиляційного устаткування, металевих вентиляційних коробів і кожухів термоізоляції трубопроводів і апаратів, в яких по умовах технологічного процесу можливе накопичення статичної електрики. Заходи по захисту від дії статичної електрики виконуються для приміщень і установок, віднесених до вибухо- та пожежонебезпечних по класифікації ПУЕ. Пристрої, що заземляються для захисту від дії статичної електрики з'єднуються з контуром захисного заземлення електричного устаткування. Захист від статичної електрики виконується у відповідності до вимог

ДНАОП 0.00-1-29-97 «Правил захисту від статичної електрики»

Розрахуємо заземлюючий пристрій для ОГСК (узагальненої головної споруди котельні). Узагальнена площа ОГЗК складає 130×140 м. Живлення котельні відбувається на напрузі 10 та 6 кВ. Довжина живлячих КЛ 10 кВ складає 11 км,

КЛ 6кВ-5км (живлячі та лінії споживачів). Кліматична зона - III. Мережі 10 та 6 кВ працюють з незаземленою нейтраллю. Власні потреби котельні отримують

					ДП 2410 ОА-зн81 -04ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

живлення від трансформаторів 6/0,4 кВ з заземленою нейтраллю на стороні 0,4 кВ. Питомий опір землі при нормальній вологості

$\rho=700$ Ом·м(пісок). В якості природного заземлювача буде використана металева технологічна конструкція, частково занурена в землю, її розрахунковий опір розтіканню (з урахуванням сезонних змін) $R_e = 15$ Ом.

Струм замикання на землю на стороні 6 та 10 кВ визначаємо за наближеною формулою:

$$I_{3_{6кВ}} = \frac{U}{350} (35 \cdot I_{к.л} + I_{н.л}) = \frac{6}{350} (35 \cdot 5 + 0) = 3 \text{ А.}$$

$$I_{3_{10кВ}} = \frac{U}{350} (35 \cdot I_{к.л} + I_{н.л}) = \frac{10}{350} (35 \cdot 11 + 0) = 11 \text{ А.}$$

Опір заземлюючого пристрою для установок 6-35 кВ при використанні його одночасно для установки власних потреб напругою до 1 кВ по

$$R_3 = \frac{125}{I_3} = \frac{125}{3} = 41,667 \text{ Ом}$$

$$R_3 = \frac{125}{I_3} = \frac{125}{11} = 11,364 \text{ Ом}$$

Опір заземлюючого пристрою нейтралі трансформатора на стороні 0,4 кВ згідно ПУЕ повинен бути не більше 4 Ом. Таким чином, остання вимога є визначальною для розрахунку $R_3 \leq 4$ Ом.

Так, як $R_e > R_3$, то необхідно спорудження штучних заземлювачів. Заземлюючий пристрій електроустановок з незаземленою чи резонансно заземленою нейтраллю виконують у вигляді прямокутника з горизонтальних та вертикальних заземлювачів.

Заземлюючий пристрій виконуємо у вигляді контуру з полоси 40×4 мм, прокладеній на глибині 0,7 м. навколо ОГЗК на відстані 2 м. від стіни споруди. Загальна довжина полоси 556 м. Приймаємо вертикальні заземлювачі - стержні довжиною 5 м, діаметром 12 мм.

Необхідний опір штучного заземлювача

$$R_{ш} = \frac{R_c \cdot R_3}{R_c - R_3} = \frac{15 \cdot 4}{15 - 4} = 5,455 \text{ Ом.}$$

									Лист	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2410 ОА-зн81 -2-ПЗ					

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту

$$\rho_{\text{розр.,г}} = \kappa_{\text{с,г}} \times \rho = 3 \times 700 = 2100$$

$$\rho_{\text{розр.,в}} = \kappa_{\text{с,в}} \times \rho = 1,2 \times 700 = 840$$

де ρ - питомий опір ґрунту, виміряний при нормальній вологості 700 Ом·м

$\kappa_{\text{с}}$ - коефіцієнт сезонності, що враховує промерзання та просихання ґрунту $\kappa_{\text{с,в}} = 1,2$, $\kappa_{\text{с,г}} = 3,0$

Визначаємо опори горизонтальних заземлювачів (з'єднувальної полоси контуру),

Ом:

$$r_{\Gamma} = \frac{0,366 \times \rho_{\text{розр.,г}}}{\ell} \times \lg \frac{2 \times \ell^2}{b \times t}, \text{ де:}$$

ℓ - довжина полоси 556 м.;

b - ширина полоси 0,4 м.;

t - глибина закладання 0,7 м.;

$$r_{\Gamma} = \frac{0,366 \times 2100}{556} \times \lg \frac{2 \times 556^2}{0,4 \times 0,7} = 8,77 \text{ Ом}$$

Попередньо приймаємо 62 вертикальних заземлювачів (по контуру) по таблиці для $a/\ell = 2$ знаходимо коефіцієнту використання полоси $\eta_{\Gamma} = 0,27$, тоді опір полоси в контурі з 62 вертикальних заземлювачів

$$R_{\Gamma} = \frac{r_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}} = \frac{8,77}{0,27} = 32,481 \text{ Ом}$$

Так як $R_{\Gamma} > R_{\text{ш}}$, то необхідні вертикальні заземлювачі загальним опором

$$R_{\text{в}} \leq \frac{R_{\text{ш}} \cdot R_{\Gamma}}{R_{\Gamma} - R_{\text{ш}}} = \frac{32,481 \times 5,455}{32,481 - 5,455} = 6,556 \text{ Ом}$$

Визначимо опір одного вертикального заземлювача (стержня),

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2410 ОА-зн81 -04-ПЗ

$$r_B = \frac{0.366 \times \rho_{\text{розр.В}}}{\ell} \times \left(\lg \frac{2 \times \ell}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot t + \ell}{4 \cdot t - \ell} \right) =$$

$$= \frac{0,366 \times 840}{5} \times \left(\lg \cdot \frac{2 \cdot 5}{12 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \times 3.2 + 5}{4 \times 3.2 - 5} \right) = 190.612 \text{ Ом}$$

де $\rho_{\text{розр.В}}=840$ Ом·м питомий опір ґрунту, ℓ -5 довжина стержня, м. ; d -0,12 діаметр стержня, м ; $t=0,7+(5/2)=3,2$ глибина закладання, що дорівнює відстані від поверхні землі до середини заземлювача, м.

Визначимо кількість вертикальних заземлювачів:

$$n_B = \frac{r_B}{R_B \times \eta_B} = \frac{190.612}{6.556 \times 0.52} = 55.912 \approx 56,$$

де η_B - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, що залежать від відстані між ними a , їх довжини та кількості.

$$\text{Опір всіх стержнів розтіканню струму } R_B = \frac{r_B}{n \times \eta_B} = \frac{190.612}{56 \times 0.52} = 6.546 \text{ Ом}$$

Опір всього заземлюючого пристрою

$$R = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B \cdot \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \cdot \eta_B \cdot n} = \frac{6.556 \cdot 32.481}{6.556 \cdot 0,27 + 32.481 \cdot 0,52 \cdot 56} = 0.225 \text{ Ом.}$$

					ДП 2410 ОА-зн81 -04ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Копирін В., Бородацький Є. Автоматизация насосной станции с применением частотно-регулируемого электропривода (Електронний ресурс) – Режим доступу до статті: [http://www.finestreet.ru/...](http://www.finestreet.ru/)
2. Якубчик П.П. «Насосы и насосные станции».- 1997. – 186-203с.
3. Автоматизированные системы оперативно-диспетчерского управления (Електронний ресурс) – Режим доступу до статті: [http://www.ingortech.ru/...](http://www.ingortech.ru/)
4. Закладний О. М., Праховник А. В., Соловей О. І., Энергосбережения засобами промислового електропривода: Навчальний посібник. – К: Кондор.- 2005. – 408с.
5. Браславский И. Я. О возможностях энергосбережения при использовании регулируемых асинхронных электроприводов / Электротехника. – 1998. - №8. – С.2-5
6. Тульчин И. К., Нудлер Г. И., Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. – 2-еизд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат.- 1990. – 480с., ил.
7. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Электрооборудование и автоматизация / Сост.: Т. В. Анчарова, В. В. Каменева, Г. В. Сербиновского. – 2-еизд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат.- 1981. – 624с., ил.
8. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. 2-е изд., перераб. и доп./Под общ. ред. А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. – М.: Энергияю.- 1980. – 576 с., ил.
9. Зорин В. В., Тисленко В. В., Система электроснабжения общего назначения. – Чернигов: ЧГТУ.- 2005. – 341с.
10. (Електронний ресурс) – Режим доступу до технічного опису комплектующих: <http://www.datasheetarchive.com/>
11. Чермалих О.В., Тишевич Б.Л., Данілін О.В. Методичні вказівки до виконання курсових та дипломних проектів „Розрахунок та комп’ютерне моделювання систем автоматизованого електропривода”, К.: Політехніка.- 2004-60с.

					ДП 2410 ОА-зн81 -04ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

28. ДНАОП 000-1.21 – 98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

29. С. С. Козлов, Методичні вказівки по виконанню розділу в дипломних проектах «Електробезпека на гірничодобувних підприємствах». Київ – 2008.

30. (Електронний ресурс) – Режим доступу до статті:
www.teploenergo.od.ua...

					<i>ДП 2410 ОА-зн81 -04ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		