

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого

Кафедра Електропостачання та електроменеджменту

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми

«Електротехніка та електротехнології»

на тему «Розробка системи електропостачання цеху помолу цементного заводу з аналізом способів регулювання продуктивності насосних, вентиляторних установок»

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ЕЛ-4-4

Кізко Богдан Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Семко Дмитро Михайлович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти Сірик А.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2020 р.

Національний університет харчових технологій

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім акад І.С. Гулого
Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма «Електротехніка та електротехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Балюта С.М./

« 08 » квітня 2020 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧА

Кізко Богдана Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка системи електропостачання цеху помолу цементного заводу з аналізом способів регулювання продуктивності насосних, вентиляторних установок»

керівник проекту (роботи) Семко Дмитро Михайлович

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 08 » 04. 2020 р. № 260- кс

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 03 червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

Характеристики споживачів цеху; генплан цеху; струм КЗ на РПВН; графік реактивної потужності

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

Розрахунок навантаження цементного цеху;

компенсація реактивної потужності;

вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху;

розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів;

якість електричної енергії;

електричне освітлення;

охорона праці;

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

План розташування електричного обладнання арматурного цеху;

однолінійна схема електропостачання цементного цеху;

конструкція цехової трансформаторної підстанції;

спеціальна частина.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____ 8 квітня 2020 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування	08.04.2020 р	
2	Розрахунок навантаження арматурного цеху	20.04.2020р	
3	Компенсація реактивної потужності	25.04.2020р	
4	Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху	30.04.2020р	
5	Розрахунок струмів короткого замикання та Вибір електричних апаратів	05.05.2020р	
6	Якість електричної енергії	10.05.2020р	
7	Електричне освітлення	15.05.2020р	
8	Спецпитання	20.05.2020р	
9	Охорона праці	22.05.2020р	
10	Оформлення пояснювальної записки	24.05.2020р	
11	Оформлення графічної частини проекту	30.05.2020р	
12	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	3.06.2020	

Здобувач

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Кізко Б.Ю. Розробка системи електропостачання цеху помолу цементного заводу з аналізом способів регулювання продуктивності насосних, вентиляторних установок

Дипломний проект на здобуття ступеня бакалавра за напрямом 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. Національний університет харчових технологій, Київ, 2020. Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновку та списку використаної літератури. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 93 стор.

Метою роботи є проектування загальної схеми електропостачання, розрахунок електричних навантажень цехових електроприймачів, вибір елементів та розрахунок цехової мережі, розрахунок електричного освітлювання ремонтного цеху.

У дипломному проекті розроблено: загальна схема, схема електропостачання цементного цеху, схема комплексної трансформаторної підстанції (КТП).

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ; ВИРОБНИЧИЙ ЦЕХ; ТРАНСФОРМАТОР;
КОНДЕНСАТОРНА УСТАНОВКА; НАПРУГА; СТРУМ

Annotation

Kizko B.Y. The development of the power supply system of the cement plant cement factory with the analysis of ways regulation the productivity of pumping, fan units.

The diploma project for the bachelor's degrees by direction 141 “Electricity, Electrical Engineering and Electromechanics”. The National University of Food Technology, Kyiv, 2020. The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusion and list of references. Total volume of the explanatory note put on 93 pages.

The purpose of the work is the designing the general scheme of the power supply, calculation of electrical loads of electric receiver department, selection of elements and calculation of shop network, calculation of electric lighting of repair department.

In the diploma project developed the following : the general scheme, the scheme of power supply of cement department, the scheme of complex transformer substation (KTS).

POWER SUPPLY; PRODUCTION SHOP; TRANSFORMER; CONDENSER
INSTALLATION; HIGH-VOLTAGE; CURRENT

Аннотация

Кизко Б.Ю. Разработка системы электроснабжения цеха помола цементного завода с анализом способов регулирования производительности насосных, вентиляторных установок.

Дипломный проект на получение степени бакалавра по направлению 141 "Электроэнергетика, электротехника и электромеханика". Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2020. Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка использованной литературы. Общий объем пояснительной записки составляет 93 стр.

Целью работы является проектирование общей схемы электроснабжения, расчет электрических нагрузок цеховых электроприемников, выбор элементов и расчет цеховой сети, расчет электрического освещения ремонтного цеха.

В дипломном проекте разработаны: общая схема, схема электроснабжения цементного цеха, схема комплексной трансформаторной подстанции (КТП).

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ; ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕХ;
ТРАНСФОРМАТОР; КОНДЕНСАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ; НАПРЯЖЕНИЕ; ТОК

Зміст

Вступ.....	8
Завдання.....	9
1.Розрахунок навантаження цеху помолу цементного заводу.....	13
2.Компенсація реактивної потужності.....	19
3.Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху.....	24
3.1.Вибір типу та розміщення цехової підстанції.....	25
3.2.Вибір кількості й потужності трансформаторів.....	26
3.3.Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв.....	28
3.4.Вибір трас та способів прокладання шинопроводів.....	30
3.5.Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній і шинопроводів.....	30
4.Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів.....	37
4.1.Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній розподільчій мережі.....	38
4.2.Вибір автоматичних вимикачів на напругу 0,38 кВ.....	41
4.3.Вибір електричних апаратів РП – 6 кВ.....	44

4.4.Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку.....	50
5.Якість електричної енергії.....	53
6.Електричне освітлення.....	55
7.Спеціальна частина.....	61
8.Охорона праці.....	81
8.1.Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання праці.....	81
8.2.Організаційні та технічні заходи з охорони праці.....	83
8.3.Практичний розрахунок.....	89
Список використаної літератури.....	92

Вступ

Електропостачання передбачає забезпечення споживачів електричною енергією. Лише за умови надійного забезпечення якісною електроенергією можливе стабільне функціонування промисловості, сільського господарства, транспорту, комунального господарства й усіх інших сфер діяльності суспільства.

Основними складовими електропостачальної системи є: електростанції, підвищувальні й понижувальні підстанції, розподільні мережі.

На електростанції електроенергію виробляють на генераторній напрузі 10 кВ. Незначну частину цієї енергії використовують приймачі власних потреб електростанцій, як високовольтні, так і низьковольтні.

Понижувальна трансформаторна підстанція власних потреб, встановлена на електростанції, забезпечує пониження генераторної напруги до номінального значення напруги низьковольтних приймачів власних потреб. Високовольтні приймачі власних потреб одержують живлення на генераторній напрузі.

Розподільні мережі забезпечують розподіл і пересилання електричної енергії до окремих приймачів та електроспоживачів.

Надійність – один з основних показників роботи електропостачальної системи. Вимоги до цього показника істотно залежать від того, які можливі наслідки від переривання електропостачання того чи іншого електроприймача можуть бути. Згідно з ПУЕ розрізняють три категорії електроприймачів щодо забезпечення надійності електропостачання.

Завдання

Розрахувати внутрішнє електропостачання цеху помолу цементного заводу.

Номер на генплані	Назва електроприймача	Кількість n , шт	Встановлена потужність , кВт	Коефіцієнт використання , K_v	$\cos\varphi/tg\varphi$
1	Сировинний млин	1	37	0,72	0.9/0.48
2	Шламовий насос	1	22	0,56	0.87/0.57
3	Змішувач	1	28	0,62	0.8/0.75
4	Подрібнювач	1	11	0,54	0.78/0.8
5	Змішувач шламу	1	15	0,38	0.92/0.43
6	Транспортер	1	7,5	0,5	0.86/0.6
7	Обертова піч	1	30	0,7	0.98/0.2
8	Димотяг	1	22	0,7	0.8/0.75
9	Холодильник	1	5	0,7	0.74/0.91
10	Уловлювач	1	4	0,6	0.91/0.46
11	Технологічний вентилятор	1	2,2	0,5	0.85/0.62
12	Електрофільтр	1	11	0,9	0.8/0.75
13	Сушарка	1	37	0,6	0.95/0.33
14	Компресор	1	90	0,75	0.82/0.7
15	Компресор	1	90	0,75	0.82/0.7
16	Компресор	1	90	0,75	0.82/0.7
17	Водонасос	1	15	0,7	0.88/0.54
18	Кермазитна ванна	1	7,5	0,65	0.85/0.62
19	Тепловий пункт	1	18	0,9	1/0
20	Сировинний млин	1	37	0,72	0.9/0.48
21	Змішувач	1	28	0,62	0.8/0.75
22	Водонасос	1	15	0,7	0.8/0.75
23	Водонасос	1	15	0,7	0.8/0.75
24	Водонасос	1	15	0,7	0.8/0.75
25	Водонасос	1	15	0,7	0.8/0.75

26	Технологічний вентилятор	1	2,2	0,5	0.85/0.62
27	Технологічний вентилятор	1	2,2	0,5	0.85/0.62
28	Технологічний вентилятор	1	2,2	0,5	0.85/0.62
29	Технологічний вентилятор	1	7,5	0,5	0.85/0.62
30	Технологічний вентилятор	1	2,2	0,5	0.85/0.62
31	Технологічний вентилятор	1	2,2	0,5	0.85/0.62
32	Технологічний вентилятор	1	7,5	0,5	0.85/0.62
33	Сировинний млин	1	37	0,72	0.9/0.48
34	Обертова піч	1	30	0,7	0.82/0.7
35	Змішувач	1	28	0,62	0.8/0.75
36	Сушильна камера	1	37	0,6	0.95/0.33
37	Сушильна камера	1	37	0,6	0.95/0.33
38	Холодильник	1	5	0,7	0.74/0.91
39	Холодильник	1	5	0,7	0.74/0.91
40	Холодильник	1	5	0,7	0.74/0.91
41	Шламовий насос	1	22	0,56	0.87/0.57
42	Технологічний вентилятор	1	7.5	0,5	0.85/0.62
43	Подрібноувач	1	11	0,54	0.78/0.8
44	Тепловий пункт	1	18	0,9	1/0
45	Димотяг	1	22	0,7	0.8/0.75

Табл.1

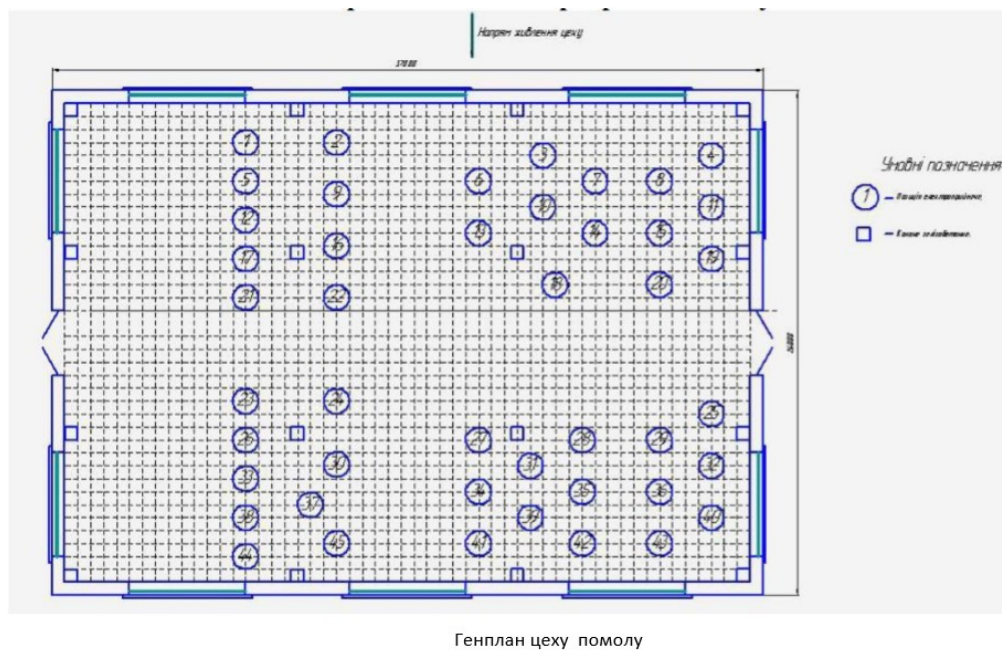


Рис.1 Цех помолу цементного заводу

t , год	$\frac{Q_t}{Q_H} * 100 , \%$
0 - 3	70
3 - 6	20
6 – 9	70
9 – 12	15
12 – 15	65
15 - 18	25
18 – 21	60
21 - 24	30
$\cos\varphi_H$	0,94

Табл.2 Додаток Б

Матеріал проводу живлення електроприймачів 380 В	Cu
Категорійність електроспоживачів	3

Табл.3 Додаток В

Номінальна потужність	500
Тип електродвигуна	СД
Кількість електродвигунів	2

Номінальна напруга	6
Коефіцієнт завантаження	0,55
Віддаль до РП ВН ,м	250

Табл.4 Додаток Г

$$T_{\text{нб}} = 2500 \text{ год.}$$

$I_{\text{кз}}^{\text{ВН}} = 10 \text{ кА}$ – струм 3-фазного КЗ з боку ВН цехової ТП;

Розміри цеху :

$$A = 52 \text{ м ;}$$

$$B = 35 \text{ м.}$$

Висота цеху – 4 м.

1. Розрахунок електричних навантажень цеху

В цеху помолу цементного заводу наявні електроприймачі зі змінним і постійним графіком навантаження. До електроприймачів з постійним графіком навантаження віднесемо тих, у кого $K_B \geq 0,75$, так їх режим роботи наближений і майже відповідає режиму роботи при постійному навантаженні в часі. Всих інших залишаємо у групі електроприймачів зі змінним графіком навантаження.

Всього в цеху 45 електроприймачів, з них 39 – зі змінним графіком навантаження, 6 – з постійним.

Розпочнемо розрахунок зі знаходження повної потужності електроприймачів зі змінним графіком навантаження.

Номінальна потужність сировинного млина:

$$P_{\text{ном.с.м.}} = n * P_{\text{вст.с.м.}} = 1 * 37 = 37 \text{ кВт}.$$

Сумарна номінальна потужність всіх електроприймачів цеху помолу цементного заводу зі змінним графіком навантаження:

$$P_{\text{номЗ}} = \sum P_{\text{номЗ.і}} = 640,7 \text{ кВт}.$$

Середня $P_{\text{см.с.м.}}$ сировинного млина за найбільш завантажену зміну:

$$P_{\text{см.с.м.}} = K_{\text{в.с.м.}} * P_{\text{ном.с.м.}} = 0,72 * 37 = 26,64 \text{ кВт}.$$

Сумарна середня потужність електроприймачів цеху помолу цементного заводу зі змінним графіком навантаження:

$$P_{\text{смЗ}} = \sum P_{\text{см.і.З}} = 413,4 \text{ кВт}.$$

Середня $Q_{\text{см.гран.}}$ сировинного млина за найбільш завантажену зміну:

$$Q_{\text{см.с.м.}} = P_{\text{см.с.м.}} * tg\varphi_{\text{с.м.}} = 26,64 * 0.48 = 12,8 \text{ квар.}$$

Сумарна середня потужність електроприймачів цеху помолу цементного заводу зі змінним графіком навантаження:

$$Q_{\text{см3}} = \sum Q_{\text{см.3.i.}} = 236,6 \text{ квар.}$$

Коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{P_{\text{см.3}}}{P_{\text{ном.3}}} = \frac{413,4}{640,7} = 0.65.$$

Ефективна кількість електроприймачів:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{\text{ном3}})^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном3}}^2 * n} = \frac{640.7^2}{16320.3} = 25,15.$$

Коефіцієнт максимуму:

$$K_M = f(n_e, K_B)$$

n_e/K_B	0.6	0.7
25	1.14	1.10
30	1.13	1.10

Табл.5

Коефіцієнт максимуму після інтерполювання:

$$K_M = 1,12.$$

Активна розрахункова потужність за відомим коефіцієнтом максимуму:

$$P_{\text{р3}} = K_M * P_{\text{см3}} = 1,12 * 413,4 = 463 \text{ кВт.}$$

Реактива розрахункова потужність за відомою кількістю електроприймачів:

$$Q_{p.3} = Q_{см3} = 236,6 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність:

$$S_{p3} = \sqrt{P_{p.3}^2 + Q_{p.3}^2} = \sqrt{463^2 + 236,6^2} = 520 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Розрахунковий струм:

$$I_{p3} = \frac{S_{p3}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{520}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 750,5 \text{ А.}$$

Електроприймачі з постійним графіком навантаження.

Просумуємо номінальні потужності всіх електроприймачів цеху помолу цементного заводу з постійним графіком навантаження:

$$P_{номП} = \sum P_{номП} = 317 \text{ кВт.}$$

Сумарне значення $P_{смП}$ цеху помолу:

$$P_{смП} = \sum P_{см.П} = 244,8 \text{ кВт.}$$

Сумарне значення $Q_{смП}$ цеху помолу:

$$Q_{смП} = \sum Q_{см.П} = 149,2 \text{ квар.}$$

Розрахункова активна потужність цеху помолу:

$$P_{рП} = P_{смП} = 244,8 \text{ кВт.}$$

Розрахункова реактивна потужність цеху помолу:

$$Q_{рП} = Q_{смП} = 149,2 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність цеху помолу цементного заводу:

$$S_{p\Pi.} = \sqrt{P_{p\Pi.}^2 + Q_{p\Pi.}^2} = \sqrt{244,8^2 + 149,2^2} = 286,7 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Розрахунковий струм:

$$I_{p\Pi.} = \frac{S_{p\Pi.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{286,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 413,8 \text{ А}.$$

Повна потужність силового навантаження цеху помолу цементного заводу:

$$S_{силове} = S_{pз.} + S_{p\Pi} = 520 + 286,7 = 806,7 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Струм силового навантаження цеху помолу:

$$I_{силове} = \frac{S_{силове}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{806,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1164,4 \text{ А}.$$

Значення пікового струму цеху помолу.

Для споживачів цеху помолу зі змінним графіком навантаження:

$$I_{пikз} = i_{пуск}^{дв} + (I_{p.з.} - K_B \cdot I_{н.}^{дв}),$$

де $i_{пуск}^{дв}$ – пусковий струм найпотужнішого двигуна цеху помолу (змінного навантаження);

$I_{p.з.}$ – розрахунковий струм електроприймачів цеху помолу зі змінним графіком навантаження;

$I_{н.}^{дв}$ – номінальний струм найпотужнішого двигуна цеху помолу (змінного навантаження).

Найпотужніший двигун цеху помолу:

сировинний млин потужністю 37 кВт.

Номинальний струм сировинного млину:

$$I_{н.}^{дв} = \frac{P_{н}^{дв}}{\sqrt{3} * U_{н.м.} * \cos \varphi * \eta_{дв.}} = \frac{37}{\sqrt{3} * 0.4 * 0.9 * 0.8} = 74,2 \text{ А}.$$

Пусковий струм сировинного млину:

$$i_{пуск}^{дв} = K_{пуск} * I_{н.}^{дв} = 5 * 74,2 = 371 \text{ А},$$

де $K_{пуск}$ – кратність пускового струму.

Піковий струм :

$$I_{пикЗ} = i_{пуск}^{дв} + (I_{р.З} - K_B * I_{н.}^{дв}) = 371 + (750,5 - 0.72 * 74.2) = 1\,068,1 \text{ А}.$$

Піковий струм П:

$$I_{пикП} = I_{р.П} = 413,8 \text{ А}.$$

Повний піковий цеху помолу цементного заводу:

$$I_{\Sigma пик} = I_{пикЗ} + I_{пикП} = 1068,1 + 413,8 = 1482 \text{ А}.$$

Освітлювальне навантаження цеху помолу цементного заводу.

Прийmemo питому потужність:

$$P_{пит} = 15 \text{ Вт/м}^2.$$

Площа цеху помолу:

$$S = A * B = 52 * 35 = 1\,820 \text{ м}^2.$$

Активна потужність освітлення цеху помолу:

$$P_{освіт.} = P_{пит} * S = 15 * 1\,820 = 21,84 \text{ кВт}.$$

Реактивна потужність освітлення цеху помолу:

$$Q_{\text{освіт.}} = P_{\text{освіт.}} * \operatorname{tg} \varphi = 21,84 * 0.33 = 7,2 \text{ квар} ,$$

де, $\cos \varphi = 0.95$ – для люмінесцентних ламп , $\operatorname{tg} \varphi = \arccos(0.95) = 0.33$.

Повна потужність освітлення цеху помолу:

$$S_{\text{освіт.}} = \sqrt{P_{\text{освіт.}}^2 + Q_{\text{освіт.}}^2} = \sqrt{21,84^2 + 7,2} = 23 \text{ кВ} * \text{А} .$$

Струм освітлення цеху помолу цементного заводу:

$$I_{\text{освіт.}} = \frac{S_{\text{освіт.}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{23}{\sqrt{3} * 0.4} = 33,2 \text{ А}.$$

Повне навантаження цеху помолу:

$$S_p = S_{\text{силове}} + S_{\text{освіт.}} = 806,7 + 23 = 829,7 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Повний струм цеху помолу:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{829,7}{\sqrt{3} * 0.4} = 1197,6 \text{ А}.$$

Тип навантаження	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВ} * \text{А}$	$I_p, \text{А}$
З	463	236,6	520	750,5
П	244,8	149,2	286,7	413,8
Загальне силове	707,8	385,8	806,7	1164,4
Освітлювальне	21,84	7,2	23	33,2
Цех	727,3	393	827,2	1197,6

Табл.6

2. Компенсація реактивної потужності

Проблема компенсації реактивної потужності дуже актуальна для електропостачальних систем.

Генерація та передавання від джерела живлення до електроприймачів великих значень реактивної енергії економічно недоцільні з таких причин:

зростають додаткові втрати активної потужності;

з'являються додаткові втрати реактивної потужності в ЛЕП;

збільшення витрат на спорудження ЛЕП. Збільшення повної потужності S , пов'язане зі збільшенням реактивної складової потужності Q , зумовлює збільшення сили струму. У свою чергу, збільшення сили струму в проводах (жилах) ЛЕП за умовами нагрівання зумовлює збільшення їх перерізу й призводить до перевитрат кольорового металу в усіх видах ЛЕП, а в повітряних ЛЕП – до збільшення витрат матеріалу на виготовлення опор;

неефективне використання потужності генераторів електростанцій. Повну потужність генератора S визначають двома складовими – активною P і реактивною Q . У разі зростання реактивної потужності, а особливо якщо її дійсні значення більші за номінальні значення, що визначають номінальним коефіцієнтом потужності генератора, активне (корисне) навантаження на генератор потрібно зменшити. Таке змушене зменшення активного навантаження спричиняє зменшення ККД генератора, тобто неефективне його використання. Зменшення ККД призводить також до збільшення питомих витрат пального;

неефективне використання потужності силових трансформаторів. Ефективність використання потужності силових трансформаторів істотно залежить від коефіцієнта потужності. Якщо до трансформатора підключені електроприймачі лише з активним характером навантаження, коефіцієнт потужності дорівнює одиниці, а повна потужність, що передається через трансформатор, дорівнюватиме активній потужності). У такому разі використання потужності трансформатора може бути найефективнішим;

збільшуються втрати напруги на всіх елементах електропостачальної системи.

Необхідна потужність КУ для цеху помолу задля повної компенсації реактивної потужності:

$$Q_{\text{КУ}} = Q_{\text{р}} = 393 \text{ квар.}$$

Обираю КУ типу УКМ58 – 0,4 – 400 – 25У1.

Перевірка за умовою:

$$Q_{\text{КУ}} \geq Q_{\text{р}}$$

$$Q_{\text{КУ}} = 400 \text{ квар} > Q_{\text{р}} = 393 \text{ квар.}$$

Оберемо автоматичний вимикач в лінію до КУ як апарат захисту:

$$I_{\text{КУ}} = 576 \text{ А,}$$

$$I_{\text{ном.розч}} = 576 \text{ А} > I_{\text{ном.КУ}} = 630 \text{ А;}$$

$$I_{\text{ном.АВ}} = 630 \text{ А} > I_{\text{ном.розч.}} = 630 \text{ А;}$$

обираю АВ типу ВА57 – 39.

Конденсаторні установки – це один із найбільш поширених засобів КРП передусім на промислових підприємствах. Це можна поснити низкою істотних

переваг цих засобів КРП, наприклад, порівнюючи із синхронними двигунами та компенсаторами.

Основною складовою конденсаторних установок є косинусні конденсатори, які класифікують за такими основними характеристиками:

номінальною напругою. Конденсатори виготовляють на такі номінальні значення напруги: 230, 400, 500, 600, 1 050, 3 150, 6 300 і 10 500 В. Конденсатори на напруги до 1 кВ виготовляють як в однофазному, так і в трифазному (у разі з'єднання секцій за схемою «трикутник») виконаннях. Конденсатори на напруги понад 1 кВ виготовляють лише однофазними;

способом установлення. Конденсатори бувають для внутрішнього й зовнішнього установлення. Конденсатори для зовнішнього установлення виготовляють з ізоляторами виводів, розрахованими на напругу, не меншу ніж 3 150 В;

видом просочення. За видом просочення конденсатори поділяють на конденсатори з просоченнями мінеральним маслом (типу КМ – косинусні масляні), синтетичними рідкими діелектриками (соволом або трихлордефінілом типу КС – косинусні синтетичні) і сухі (типу КПС).

Прикладом конденсаторної установки низької напруги регульованої можуть бути конденсаторні установки типу УКМ-0,4 для підвищення коефіцієнта потужності електрообладнання промислових підприємств і

розподільних мереж напругою 0,4 кВ і частотою 50 Гц шляхом автоматичного регулювання реактивної потужності. Такі установки призначені для експлуатації в закритих приміщеннях і допускають коливання температури навколишнього повітря в межах від +40 °С до –20 °С. Їх комплектують пожежо-вибухобезпечними сухими конденсаторами типу КПС або конденсаторними блоками на основі конденсаторних елементів для конденсаторів типу КПС.

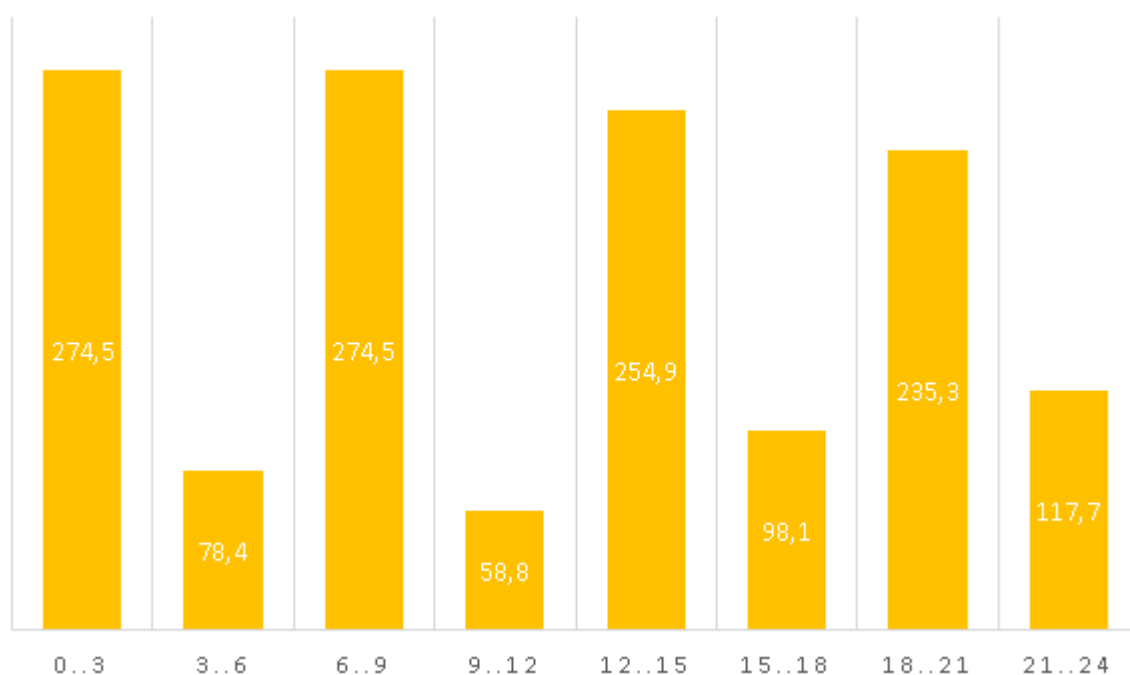


Рис.2 Реактивна потужність за добу

t , год	$\frac{Q_t}{Q_H} * 100 , \%$	U_t, B
0 - 3	70	274,5
3 - 6	20	78,4

6 – 9	70	274,5
9 – 12	15	58,8
12 – 15	65	254,9
15 - 18	25	98,1
18 – 21	60	235,3
21 - 24	30	117,7

Табл.7 Реактивна потужність за добу

3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху

Останніми роками характерною особливістю електропостачання промислових підприємств є все частіше використання компактних власних електростанцій. Наявність таких електростанцій дозволяє частково зменшити залежність підприємства від енергопостачальних організацій, але зазвичай передбачає паралельне функціонування власної електростанції з енергосистемою. Водночас схема електропостачання підприємства обов'язково передбачає наявність електричних зв'язків генераторного розподільного пристрою з розподільним пристроєм пункту приймання електроенергії від енергосистеми відповідної напруги 6, 10 або 20 кВ.

Для внутрішнього електропостачання найбільш типові радіальні й магістральні схеми.

Радіальна схема передбачає передавання електроенергії від головного розподільного пункту (ГРП) до кожної цехової ТП або силового електроприймача окремими ЛЕП без відгалужень для живлення інших електроприймачів.

Магістральна схема забезпечує почергове підключення ТП і РП та є більш поширеною за їх компактно улаштованого розміщення на території підприємства.

3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції

КТП для промислових підприємств КТП виготовляють із повністю або частково закритих шаф та блоків з умонтованими в них силовими апаратами й пристроями захисту та автоматики, поставляють на місце експлуатації в зібраному або повністю підготовленому для збирання стані. В електропостачальній системі промислового підприємства КТП використовують зазвичай як цехові трансформаторні підстанції.

Залежно від місця розміщення КТП класифікують на:

зовнішньої установки;

убудовані;

прибудовані;

дахові;

підземні;

внутрішньоцехові.

Тому, враховуючи розміри нашого цеху, і наявність в ньому вільного місця, приймаю рішення встановити внутрішньоцехову комплектну трансформаторну підстанцію (КТП).

3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів

Категорійність електроспоживачів цеху помолу цементного заводу – III , а це означає, що для встановлення в внутрішньоцехову КТП ми будемо обирати один трансформатор.

При встановленні на шинах НН УКМ58 – 0.4 – 400 – 25 У1 ми компенсували реактивну потужність, споживану цехом , і тому:

$$S_p \approx P_p = 727,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Потужність трансформатора:

$$S_{\text{тр.баж}} = \frac{S_p}{\beta_T} = \frac{727,3}{0.9} = 808,1 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

$\beta_T = 0.9$ для III-ої категорії.

Приймаю рішення встановити в цеху один трансформатор типу ТМ – 1000 / 6.

Фактичний коефіцієнт завантаження:

$$\beta_{\text{т.ф}} = \frac{S_p}{S_{\text{тр}}} = \frac{727,3}{1000} = 0,73.$$

Технічні дані ТМ – 1000 / 6 .

Тип	$S_{\text{тр.}}$, кВ*А	$U_{\text{тр.}}$, кВ		Втрати , кВт		$U_{\text{к.}}$, %	$I_{\text{х.}}$, %
		ВН	НН	$P_{\text{х}}$	$P_{\text{к}}$		
ТМ – 1000/10	1000	6	0.4	2,45	12,2	5,5	1,4

Табл.9

Реактивні втрати на холостому ходу:

$$\Delta Q_x = S_{\text{тр.}} * \frac{I_x}{100} = 1000 * \frac{1,4}{100} = 14 \text{ квар};$$

Реактивні втрати на короткому замиканні:

$$\Delta Q_k = S_{\text{тр.}} * \frac{U_k}{100} = 1000 * \frac{5,5}{100} = 55 \text{ квар.}$$

Активні втрати на холостому ходу:

$$\Delta P_{x.}' = \Delta P_x + k_e * \Delta Q_x = 2,45 + 0.05 * 14 = 3,15 \text{ кВт};$$

Активні втрати на короткому замиканні:

$$\Delta P_{k.}' = \Delta P_k + k_e * \Delta Q_k = 12,2 + 0.05 * 55 = 15 \text{ кВт.}$$

3.3. Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв

В електропостачальній системі промислового підприємства розподільні пристрої призначені для приймання й розподілу електричної енергії без трансформації в силових та освітлювальних мережах. Крім цих двох основних функцій, вони також зазвичай виконують функції захисту, контролю й обліку електричної енергії, а також забезпечують можливість виконання оперативних увімкнень/вимкнень у лініях, що відходять.

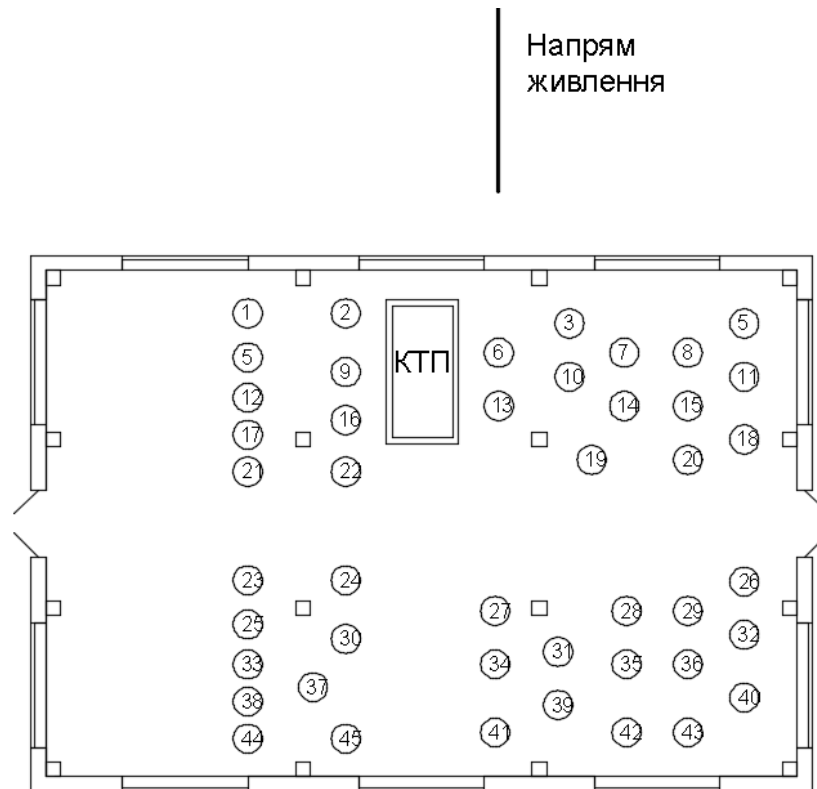


Рис.3 Схема розміщення внутрішньоцехової КТП

Враховуючи той факт, що живлення електропостачання ми будемо здійснювати шинопроводами типу ШРМ і ШММ безпосередньо від КТП, то СП і РП відсутні.

3.4. Вибір трас та способів прокладання кабельних трас і шинопроводів

Використовувати шинопроводи ми будемо з мідними жилами, згідно з завданням дипломного проекту для провідникового матеріалу.

Враховуючи висоту будівлі (4м), обираю монтувати наші шинопроводи на висоті 3,5 м від рівня підлоги.

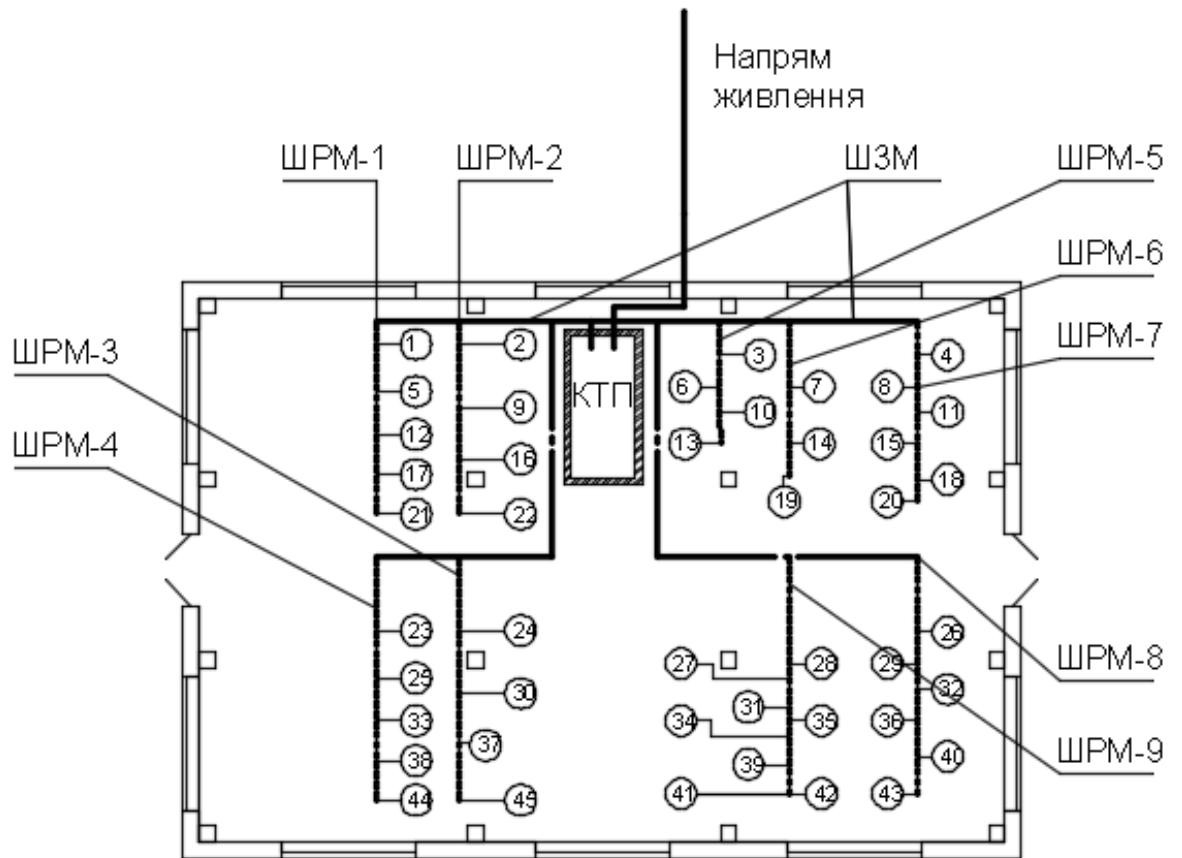


Рис.4 Схема прокладання шинопроводів

Живлення від КТП буде розподілятися по шинопроводу ШЗМ, який має одну трійникову секцію, до розподільчих шинопроводів типу ШРМ (в кількості 3-ьох для цеху помолу), далі від ШРМ відходять кабельні лінії типу ВВГ, з відгалужувальних коробок, в яких розташована комутаційна апаратура (автоматичний вимикач), кабель йде опуском в підлогу й по трубі прокладається до споживача (вийняток складає споживач 19, де шинопровід ШРМ проходить прямо над ним, і тому виконується опуск без занурення в підлогу.

Попередньо розрахуємо номінальні струми електроприймачів, що розуміти яка максимально можлива їх кількість на шинопровід типу ШРМ з максимальним номінальним струмом 250А.

В таблицю занесемо дані електроприймачів, і захисної апаратури у відгалужувальних коробках.

Джерело живлення	Електроприймач	Спосіб прокладки	Довжина траси	$I_{\text{ном.АВ}} / I_{\text{ном.розч}}, \text{А}$
ШРМ-1	1	кабель в трубі	6	160/80
	5		6	160/32
	12		6	160/25
	17		6	160/40
	21		6	160/80
ШРМ-2	2	кабель в трубі	7,5	160/50
	9		7,5	160/16
	16		7,5	250/200
	22		7,5	160/40
ШРМ-3	24	кабель в трубі	7,5	160/40
	30		5,5	160/16
	37		7,5	160/80
	45		7,5	160/50
ШРМ-4	23	кабель в трубі	6	160/40
	25		6	160/40
	33		6	160/80

	38		6	160/16
	44		6	160/40
ШРМ-5	3	кабель в трубі	5,7	160/80
	6		5,7	160/16
	10		5,7	160/16
	13		5,7	160/80
ШРМ-6	7	кабель в трубі	5,5	160/63
	14		5,5	250/200
	19		5,5	160/40
ШРМ-7	4	кабель в трубі	5	160/32
	8		5	160/50
	11		5	160/16
	15		5	250/200
	18		5	160/16
	20		5	160/80
ШРМ-8	26	кабель в трубі	5	160/16
	29		5	160/16
	32		5	160/16
	36		5	160/80
	40		5	160/16
	43		5	160/32
ШРМ-9	27	кабель в трубі	10	160/16
	28		5,6	160/16
	31		5,6	160/16
	34		10	160/80
	35		5,6	160/80
	39		5,6	160/16
	41		10	160/50
	42		5,6	160/16
ШЗМ	ШРМ-1	шинопровід	13,8	160/160
	ШРМ-2		8,5	250/200
	ШРМ-3		23,7	160/125
	ШРМ-4		29	160/160
	ШРМ-5		8,4	160/125

	ШРМ-6		12,8	250/200
	ШРМ-7		21,1	250/250
	ШРМ-8		36,3	160/100
	ШРМ-9		29,6	160/160
ТП	ШЗМ	шинопровід	2	2500/1600

Табл.10

3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній і шинопроводів

Перерізи кабельних ліній і шинопроводів типу ШЗМ і ШРМ вибираємо згідно з наступною формулою:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}},$$

де $K_{\text{прок}}$ – коефіцієнт прокладки;

k_3 - кратність струму провідника до струму апарата захисту ;

I_3 – струм розчеплювача АВ.

Так як в цеху наявна велика кількість трас, тому розрахунки всіх трас ми не будемо писати, лише для прикладу знайдемо для одного електроприймача необхідний переріз кабеля.

Визначимо площу поперечного перерізу для сировинного млина:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1.0 * 80}{1} = 80 \text{ A.}$$

Обираємо кабель 4 х ВВГ – 1 х 25 з $I_{\text{доп}} = 90 \text{ A.}$

Для прокладки в трубі , прийmemo групу складності траси – В.

Тоді внутрішній діаметр труби:

$$D \geq 1.35 * (d * n_{\text{пр}}),$$

так як маємо чотири кабеля в одній трубі :

D – внутрішній діаметр труби , мм ;

d – зовнішній діаметр кабеля ;

$n_{\text{пр}}$ – кількість кабелів.

$$D \geq 1.35 * (d * n_{\text{пр}}) = 1.35 * 9,5 * 4 = 51,3 \text{ мм.}$$

Обираю водогазопровідну трубу з умовним діаметром проходу - 50 мм .

Для інших ліній відповідні перевірки занесемо в таблицю.

Джерело живлення	Електроприймач	I_3, A	$I_{\text{доп}}, \text{A}$	Шинопровід ,КЛ	Переріз , мм^2	Кількість шин /жил	Діаметр труби, мм
ШРМ-1	1	80	90	ВВГ	25	4	50
	5	32	34	ВВГ	5	4	25
	12	25	25	ВВГ	2,5	4	20
	17	40	40	ВВГ	6	4	32
	21	80	90	ВВГ	25	4	50
ШРМ-2	2	50	50	ВВГ	10	4	40
	9	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	16	200	225	ВВГ	95	4	100
	22	40	40	ВВГ	6	4	32
ШРМ-3	24	40	40	ВВГ	6	4	32
	30	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	37	80	90	ВВГ	25	4	50
	45	50	50	ВВГ	10	4	40
ШРМ-4	23	40	40	ВВГ	6	4	32
	25	40	40	ВВГ	6	4	32
	33	80	90	ВВГ	25	4	50
	38	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	44	40	40	ВВГ	6	4	32
ШРМ-5	3	80	90	ВВГ	25	4	50
	6	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	10	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	13	80	90	ВВГ	25	4	50
ШРМ-6	7	63	75	ВВГ	16	4	40

	14	200	225	ВВГ	95	4	100
	19	40	40	ВВГ	6	4	32
ШРМ-7	4	32	34	ВВГ	5	4	25
	8	50	50	ВВГ	10	4	40
	11	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	15	200	225	ВВГ	95	4	100
	18	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	20	80	90	ВВГ	25	4	50
ШРМ-8	26	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	29	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	32	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	36	80	90	ВВГ	25	4	50
	40	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	43	32	34	ВВГ	5	4	25
ШРМ-9	27	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	28	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	31	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	34	80	90	ВВГ	25	4	50
	35	80	90	ВВГ	25	4	50
	39	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	41	50	50	ВВГ	10	4	40
	42	16	16	ВВГ	1,5	4	20
ШЗМ	ШРМ-1	160	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-2	200	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-3	125	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-4	160	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-5	125	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-6	200	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-7	250	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-8	100	100	ШРМ-75	11.2 x 3.55	4	-
	ШРМ-9	160	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
ТП	ШЗМ	1600	1600	ШЗМ-16	90 x 6	4	-

Табл.11

4 .Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів

Задача досліджень та розрахунків перехідних процесів є у тому, щоб аналізуючи особливості роботи та якісно нові властивості при кількісних змінах у системах електропостачання, передбачати проходження перехідних процесів та керувати ними.

Дослідження та розрахунок перехідних процесів є одним з необхідних умов розв'язання багатьох задач, що з'являються при проектуванні та експлуатації систем електропостачання. Ці задачі пов'язані з дослідженням електромагнітних перехідних процесів, вибором принципу дії та налаштування автоматичних пристроїв проти аварійного керування, аналізом механічних перехідних процесів з метою визначення умов стійкості електричного навантаження систем та розробки заходів для забезпечення безперервної роботи промислових підприємств в різних режимах систем електропостачання.

За дослідженнями та розрахунками перехідних процесів слід проектувати такі системи, в яких перехідні процеси закінчувалися б злагодженим потрібним стійким режимом.

В процесі експлуатації систем однією з основних причин порушення нормального режиму роботи окремих електроустановок та системи в цілому є короткі замикання, які є випадковими або спеціальними, не передбачуваними нормальним режимом роботи, електричні з'єднання різних точок електроустановки між собою або з землею.

4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній мережі

Коротке замикання у цеху помолу на напругу 0,4 кВ будемо розраховувати для наступних точок мережі:

шини НН КТП;

шинопровід ШЗМ (в місці трійникової секції);

шинопровід ШРМ (найзавантаженіший шинопровід ШРМ з усіх наявних);

на затискачах найпотужнішого двигуна, підключеного до найзавантаженішого шинопроводу типу ШРМ.

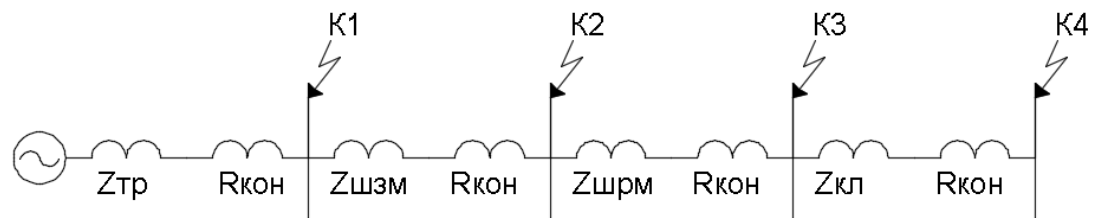


Рис.4 Схема заміщення опорів

до точок КЗ

Розрахуємо суму опорів до точки К1.

Розрахуємо значення опору системи за відомим значенням струму КЗ ВН.

$$I_{\text{кЗВН}} = 10 \text{ кА.}$$

Розрахуємо потужність короткого замикання на стороні 6 кВ:

$$S_{кз} = \sqrt{3} * I_{кзВН} * U_{НОМ} = \sqrt{3} * 10 * 6 = 103,92 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Тоді, опір системи:

$$Z_c = \frac{U_{НОМ}^2}{S_{кз}} = \frac{6^2}{103,92} = 0.35 \text{ Ом}.$$

Переведмо з Ом в МОм:

$$Z_c = 0.35 \text{ Ом} = 350 \text{ МОм}.$$

Рохрахуємо повний опір трансформатора ТМ-1000/6:

$$X_{тр} = \sqrt{\left(\frac{U_k}{100}\right)^2 - \left(\frac{P_k}{S_{НОМ тр}}\right)^2} \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ тр}} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{12,2}{1000}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1000} = 0,086 \text{ МОм},$$

$$r_{тр} = \frac{P_k}{S_{НОМ тр}} \cdot U_{НОМ}^2 = \frac{12,2}{1000} \cdot 0,4^2 = 1,95 \text{ МОм},$$

$$Z_{тр} = \sqrt{r_{тр}^2 + X_{тр}^2} = \sqrt{1,95^2 + 0,086^2} = 1,95 \text{ МОм}.$$

Прийmemo опір контактів для мідних провідників:

$$r_{кон} = 3 \text{ МОм};$$

$$X_{кон} = 0 \text{ МОм}, \text{ тоді } Z_{кон} = r_{кон} = 3 \text{ МОм}.$$

Тоді сума опорів до точки К1:

$$Z_{к1} = Z_{тр} + Z_{кон} + Z_c = 1,95 + 3 + 350 = 355 \text{ МОм}.$$

Струм короткого замикання в точці К1 з врахуванням всіх опорів:

$$I_{к1} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 355} = 0,65 \text{ кА}.$$

Аперіодична складова:

$$i_a = \sqrt{2} * I_{K1} * e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} * 0,65 * e^{-\frac{0,03}{0,002}} = 0 \text{ кА},$$

$\tau_{пв}$ - час початку розмикання струму КЗ автоматичним вимикачем :

$$\tau_p = \tau_{p.з.min} + \tau_{o.p.} = 0,01 + 0,02 = 0,03 \text{ с},$$

$\tau_{o.p.}$ – час спрацювання автоматичного вимикача .

Ударний коефіцієнт :

$$K_{уд} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,002}} = 1.$$

Ударний струм :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{K1} * K_{уд} = \sqrt{2} * 0,65 * 1 = 0,92 \text{ кА}.$$

Тепловий імпульс:

$$B_K = I_{K3}^2 * (\tau_K + T_a) = 0,65^2 * (0,01 + 0,002) = 0,0051 \text{ кА}^2 * \text{с}.$$

Мінімальна площа поперечного перерізу провідника:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{0,0051 * 10^6}}{170} = 0,42 \text{ мм}^2.$$

C – для мідних шин.

Результати занесемо в таблицю.

№	$Z_k, \text{ МОм}$	$I_{K3}, \text{ кА}$	$T_a, \text{ с}$	$i_{уд}, \text{ кА}$	$i_a, \text{ кА}$	$K_{уд}$	$B_K, \text{ кА}^2 * \text{с}$	S_{min}
1	355	0,65	0.002	0,92	0	1	0,0051	0,42
2	359,5	0,64	0.002	0,91	0	1	0,0049	0,41
3	364,4	0,63	0.002	0,9	0	1	0,0048	0,4
4	368,4	0,63	0.002	0,9	0	1	0,0048	0,4

Табл.12 Дані розрахунків точок КЗ

4.2. Вибір автоматичних вимикачів

на напругу 0.38 кВ

Перевірка для автоматичних вимикачів виконується згідно з наступними умовами:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м}};$$

$$2) I_{\text{розч}} \geq I_{\text{ном}};$$

$$3) I_{\text{ном.ав.}} \geq I_{\text{розч}};$$

$$4) I_{\text{спр.}} \geq 1.25 * I_{\text{пik}};$$

$$5) I_{\text{кз}} \leq I_{\text{max.в.}}$$

$$6) i_{\text{ел.д.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

Підберемо і перевіримо АВ для сировинного млина:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м}}$$

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В};$$

$$2) I_{\text{розч.}} \geq I_{\text{ном}};$$

$$80 \text{ А} > 78,18 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{ном.ав.}} \geq I_{\text{розч}};$$

$$160 \text{ А} > 80 \text{ А}$$

$$4) I_{\text{спр.}} \geq 1.25 * I_{\text{пik}};$$

$$1600 \text{ A} > 1.25 * 5 * 78,18 = 488,63 \text{ A}$$

$$5) I_{\text{кз}} \leq I_{\text{max.в.}}$$

$$0,63 \text{ кА} < 45 \text{ кА}$$

$$6) i_{\text{ел.д.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$3 \text{ кА} > 0,9 \text{ кА.}$$

Для сировинного млина обираю АВ типу АЗ716Б.

Електроприймач	$I_{\text{розч.}}, \text{ A}$	$I_{\text{ном.ав.}}, \text{ A}$	$I_{\text{спр.}}, \text{ кА}$	$I_{\text{max.в.}}, \text{ кА}$	$I_{\text{кз}}, \text{ A}$	$i_{\text{ел.д.}}, \text{ кА}$	$i_{\text{уд.}}, \text{ кА}$	Назва АВ
6,9,10,11,18,26,27, 28,29,30,31,32,38, 39,40,42	16	160	630	45	0,63	3	0,9	АЗ715Б
12	25	160	630	45	0,63	3	0,9	АЗ715Б
4,5,43	32	160	1600	45	0,63	3	0,9	АЗ716Б
17,19,22,23,24,25,44	40	160	1600	45	0,63	3	0,9	АЗ716Б
2,8,41,45	50	160	1600	45	0,63	3	0,9	АЗ716Б
7	63	160	1600	45	0,63	3	0,9	АЗ716Б
1,3,13,20,21,33,34, 35,36,37	80	160	1600	45	0,63	3	0,9	АЗ716Б
ШРМ-8	100	160	1600	45	0,63	3	0,9	АЗ716Б
ШРМ-3,ШРМ-5	125	160	1600	45	0,63	3	0,9	АЗ716Б
ШРМ-1,ШРМ- 4,ШРМ-9	160	160	1600	45	0,63	3	0,9	АЗ716Б
14,15,16, ШРМ-2 ШРМ-6	200	250	2500	75	0,63	3	0,9	АЗ726Б
ШРМ-7	250	250	2500	75	0,63	3	0,9	АЗ726Б
ШЗМ	1600	2500	2000	65	0,65	7	0,92	Е25В
ТП	1600	2500	2000	65	0,65	7	0,92	Е25В

Табл.13

Для насосів, компресорів і вентиляторів оберемо теплові реле і магнітні пускачі.

Умови перевірки обраних МП (магнітних пускачів) і ТР (теплових реле):

$$U_{\text{ном.п.}} \geq U_{\text{мер}}$$

$$I_{\text{пуск.}} \geq I_{\text{дв.}}$$

$$P_{\text{пуск.}} \geq P_{\text{дв.}}$$

$$I_{\text{РТ}} > I_{\text{дв.}}$$

Оберемо магнітний пускач для шламового насосу:

Параметри пускача	Умови	Параметри двигуна
$U_{\text{ном.п.}} = 380 \text{ В}$	=	$U_{\text{дв.}} = 380 \text{ В}$
$I_{\text{пуск.}} = 63 \text{ А}$	>	$I_{\text{дв.}} = 45,6 \text{ А}$
$P_{\text{пуск.}} = 30 \text{ кВт}$	>	$P_{\text{дв.}} = 22 \text{ кВт}$
$I_{\text{РТ}} = (38 \div 52) \text{ А}$	=>	$I_{\text{дв.}} = 45,6 \text{ А}$

Табл.14

Для шламового насосу потужністю 22 кВт обираю:

МП – ПМЛ – 4220;

ТР – РТЛ 2057.

Електроприймач			Магнітний пускач			Телове реле	
Назва	$I_{\text{дв.}}, \text{А}$	$P_{\text{дв.}}, \text{кВт}$	Назва	$I_{\text{пуск.}}, \text{А}$	$P_{\text{пуск.}}, \text{кВт}$	Назва	Діапазон регулювання
Шламівий насос	45,6	22	ПМЛ-4220	63	22	РТЛ 2057	(38...52),А
Технологічний вентилятор	4,7	2,2	ПМЛ-1220	10	5,5	РТЛ 1010	(3,8...6),А
Технологічний вентилятор	15,9	7,5	ПМЛ-1220Д	16	7,5	РТЛ 1021М	(13...19),А
Компресор	198	90	ПМЛ-7220	250	110	РТЛ 3270М	(165...270),А
Водонасос	30,8	15	ПМЛ-3220	40	18,5	РТЛ 2053М	(23...32),А
Димотяг	49,6	22	ПМЛ-4220	63	22	РТЛ 2057	(38...52),А

Табл.15

4.3. Вибір електричних апаратів РП - 6 кВ

На стороні ВН КТП струм КЗ відомий (з завдання дипломного проєкту).
Потрібно розрахувати його параметри, а саме:

струм аперіодичної стійкості;

ударний струм;

тепловий імпульс.

Розрахуємо значення повної потужності на шинах ВН з врахування втрат в трансформаторі і під'єднаних до РП ВН двигунів типу СД (синхронні двигуни).

Втрати в трансформаторі ТМ-1000/6:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_x + \Delta Q_k = 14 + 55 = 69 \text{ квар};$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_x + \Delta P_k = 3.15 + 15 = 18.15 \text{ кВт.}$$

Повні втрати:

$$\Delta S_{\text{тр}} = \sqrt{\Delta P_{\text{тр}}^2 + \Delta Q_{\text{тр}}^2} = \sqrt{18.15^2 + 69^2} = 71.4 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Потужність одного приєднаного синхронного двигуна:

$$P_{\text{дв}} = 500 \text{ кВт.}$$

Потужність 2 – ьох приєднаних двигунів СД:

$$P_{\text{номдв}} = n * P_{\text{дв}} = 2 * 500 = 1000 \text{ кВт.}$$

Потужність двигунів СД з врахування коефіцієнта завантаження:

$$P_{\text{номдв}\beta} = \beta * P_{\text{номдв}} = 0,55 * 1000 = 550 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність двигунів, враховуючи що $\cos\varphi = 0.9$:

$$Q_{\text{номдв}\beta} = P_{\text{номдв}\beta} * \operatorname{tg}\varphi = 550 * 0.484 = 266,2 \text{ квар.}$$

Повна потужність СД (синхронного двигуна):

$$S_{\text{дв}} = \sqrt{P_{\text{номдв}\beta}^2 + Q_{\text{номдв}\beta}^2} = \sqrt{550^2 + 266,2^2} = 611 \text{ кВ} * \text{А.}$$

Повна потужність одного двигуна СД:

$$S_{\text{дв1}} = \frac{S_{\text{дв}}}{n} = \frac{611}{2} = 305,5 \text{ кВ} * \text{А.}$$

Повна сумарна потужність на шинах НН КТП:

$$S_{\text{ВН}} = S_{\text{дв}} + \Delta S_{\text{тр}} + S_{\text{НН}} = 611 + 71,4 + 827,2 = 1\,509,6 \text{ кВ} * \text{А.}$$

Виберемо кабельну лінії до РП ВН для його живлення розрахувавши номінальний струм для неї:

$$I_{\text{ВН}} = \frac{S_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{1509,6}{\sqrt{3} * 6} = 145,3 \text{ А.}$$

Кабельна лінія:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{ВН}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{145,3}{3} = 48,43 \text{ мм}^2,$$

де $j_{\text{ек}}$ – при $T_{\text{max}} = 2500$ год , $j_{\text{ек}} = 3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ для мідних провідників.

Обираю СБ – 3 х 50 , з допустимим струмом для 6 кВ – 200 А.

Поправка на температуру, враховуючи що КЛ буде прокладатися у землі:

$$I_{\text{доп}}' = I_{\text{доп}} * \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{ф.с.}}}{t_{\text{доп}} - t_{\text{опт.}}}} = 200 * \sqrt{\frac{65 - 20}{65 - 15}} = 189,74 \text{ A.}$$

Втрата напруги в СБ – 3 х 50:

$$r_0 = 0,37 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0.083 \text{ Ом/км}.$$

Втрата напруги у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.25 * 145,3 * (0.94 * 0,37 + 0.34 * 0,083) = 19.2 \text{ В.} \end{aligned}$$

У відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{мережі}}} * 100\% = \frac{19,2}{6000} * 100 = 0.32 \% < 5\% .$$

Виберемо кабельну лінії від АД до РП ВН:

$$I_{\text{дв1}} = \frac{S_{\text{дв1}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{305,5}{\sqrt{3} * 6} = 29,4 \text{ A.}$$

Кабельна лінія:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{дв1}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{29,4}{3} = 9,8 \text{ мм}^2.$$

Обираю СБ – 3 х 10 , з допустимим струмом для 6 кВ – 80 А.

Поправка на температуру, враховуючи що КЛ буде прокладатися у землі:

$$I_{\text{доп}}' = I_{\text{доп}} * \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{ф.с.}}}{t_{\text{доп}} - t_{\text{опт.}}}} = 80 * \sqrt{\frac{65 - 20}{65 - 15}} = 75,9 \text{ A.}$$

Втрата напруги в СБ – 3 х 10:

$$r_0 = 1,84 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0.11 \text{ Ом/км}.$$

Величина втрат напруги у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.25 * 29,4 * (0.9 * 1,84 + 0.484 * 0.11) = 17,8 \text{ В}. \end{aligned}$$

У відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} * 100\% = \frac{17,8}{6000} * 100 = 0.3\% < 5\%.$$

Параметри короткого замикання за відомим струмом КЗ на стороні ВН.

Струм КЗ:

$$I_{\text{кз}}^{\text{ВН}} = 10 \text{ кА}.$$

Аперіодична складова :

$$i_a = \sqrt{2} * I_{\text{кз}}^{\text{ВН}} * e^{-\frac{\tau_{\text{пв}}}{T_a}} = \sqrt{2} * 10 * e^{-\frac{0.09}{0.045}} = 1,9 \text{ кА}.$$

Ударний коефіцієнт :

$$K_{\text{уд}} = 1,8 - \text{для збірних шин 6...10 кВ}.$$

Ударний струм :

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} * I_{\text{кз}}^{\text{ВН}} * K_{\text{уд}} = \sqrt{2} * 10 * 1.8 = 25,5 \text{ кА}.$$

Тепловий імпульс :

$$B_k = I_{\text{кз}}^{\text{ВН}^2} * (\tau_k + T_a) = 10^2 * (0.4 + 0.045) = 44,5 \text{ кА}^2 * \text{с}.$$

Умови вибору вимикачів:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}};$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}};$$

$$3) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{птр.}};$$

$$4) \sqrt{2} * I_{\text{роз}} * \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} * I_{\text{пр}} + i_{\text{а}};$$

$$5) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}};$$

$$6) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{п0.}};$$

$$7) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

Для захисту лінії СБ – 3 х 50 встановлюю вакуумний вимикач типу ВРС – 10 – 31,5 - /630. Виконаємо його перевірку:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}};$$

$$10 \text{ кВ} > 6 \text{ кВ.}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}};$$

$$630 \text{ А} > 145,3 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{роз.}} \geq I_{\text{птр.}};$$

$$31,5 \text{ кА} > 10 \text{ кА.}$$

$$4) \sqrt{2} * I_{\text{ном.р.}} * \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} * I_{\text{пр}} + i_{\text{а}};$$

$$\sqrt{2} * 31,5 * \left(1 + \frac{40}{100}\right) = 62,4 \text{ кА} > \sqrt{2} * 10 + 1,9 = 16,04 \text{ кА.}$$

$$5) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}};$$

$$52 \text{ кА} > 25,5 \text{ кА.}$$

$$6) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{п0.}};$$

$$20,4 \text{ кА} > 10 \text{ кА.}$$

$$7) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_K.$$

$$1200 \text{ кА}^2 * \text{с} > 44,5 \text{ кА}^2 * \text{с}.$$

Занесемо відповідні перевірки в таблицю.

Кабельна лінія	$U_{\text{мкВ}}$	$U_{\text{ввкВ}}$	$I_{\text{р}}, \text{А}$	$I_{\text{вв}}, \text{А}$	Тип
СБ – 3 х 50	6	10	145,3	630	ВРС – 10 – 31,5 - /630
СБ – 3 х 10	6	10	29,4	630	ВРС – 10 – 31,5 - /630

Табл.16

Високовольтні ро'єднувачі для тих же кабельних ліній.

Кабельна лінія	$U_{\text{ном.мкВ}}$	$U_{\text{ном.ввкВ}}$	$I_{\text{р}}, \text{А}$	$I_{\text{р.вв}}, \text{А}$	Тип
СБ – 3 х 50	6	10	145,3	400	РЛНДЗ- 10/400У1
СБ – 3 х 10	6	10	29,4	400	РЛНДЗ- 10/400У1

Табл.17

4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку

Електрична енергія – це товар, на виробництво, пересилання, розподіл і перетворення якої витрачають значні кошти. Для фінансових розрахунків між окремими суб'єктами господарювання, які взаємодіють в усіх цих процесах, та аналізу ефективності функціонування кожної ділянки електропостачальної системи від джерела до споживача необхідний постійний облік електричної енергії.

Характерною особливістю обліку електричної енергії є те, що обсяги її виробництва й споживання майже збігаються в часі, а тому помилки, що можуть виникнути в процесі обліку, неможливо виправити повторними вимірюваннями. Їх усувають лише безпосередньо розрахунковим шляхом, але похибка таких розрахунків значно вища від тієї, що дають сучасні прилади й системи обліку електричної енергії. Тому всі електроустановки з виробництва, розподілу, пересилання та перетворення електричної енергії обов'язково обладнують приладами або системами обліку, що повинні забезпечувати постійний, надійний і точний її контроль.

Результати обліку електричної енергії використовують із такою метою:

для визначення техніко-економічних показників енергосистеми;

для визначення техніко-економічних показників споживачів;

для фінансових розрахунків між електропередавальною організацією та споживачем;

для фінансових розрахунків між електропередавальною організацією та споживачем.

Умови вибору трансформатора струму:

$$1) U_{1\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м.}}$$

$$2) I_{1\text{та}} \geq I_{\text{нн}}$$

$$3) i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$$

$$4) I_{\tau}^2 * \tau \geq B_{\text{к}}$$

$$5) Z_{2\text{та}} \geq Z_{2\text{факт}}$$

В коло НН обираємо SRE12505 BG81.

Тип ТС	Дані за каталогом	Умова		Розрахункові дані
		Перевірки	Фактична	
SRE12505 BG81	$U_{1\text{ном}} = 0.66 \text{ кВ}$	$\geq$	$>$	$U_{\text{ном.м}} = 0.38 \text{ кВ}$
	$I_{1\text{ном}} = 2500 \text{ А}$	$\geq$	$>$	$I_{\text{р.нн}} = 1197,6 \text{ А}$
	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$	$\geq$	$>$	$i_{\text{уд}} = 0,92 \text{ кА}$
	$I_{\tau}^2 * \tau = 992,3 \text{ кА}^2 * \text{С}$	$\geq$	$>$	$B_{\text{к}} = 0,0051 \text{ кА}^2 * \text{С}$
	$Z_{2\text{ном}} = 1.2 \text{ Ом}$	$\geq$	$>$	$Z_2 = 0,49 \text{ Ом}$

Табл.18

Прилад	Тип приладу	Навантаження , В*А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е - 378	0.1	-	-
Лічильник	Меркурій 230	2.5	-	2.5

активної енергії				
Лічильник реактивної енергії	Меркурій 230	2.5	-	2.5
Усього		5.1	-	5

Табл.19

Визначимо опір приладів, встановлених в фазі А, так як вона найбільш завантажена:

$$Z_{\Sigma \text{ прл}} = \frac{S_{\Sigma \text{ прил}}}{I_{2\text{ ном}}^2} = \frac{5.1}{5^2} = 0.21 \text{ Ом}$$

Опір проводів :

$$r_{\text{пр}} = Z_{2\text{ ном}} - r_{\text{прл}} - r_{\text{кн}} = 1.2 - 0.21 - 0.05 = 0.94 \text{ Ом},$$

де $r_{\text{кн}}$ – опір контактних приєднань.

Довжина провідників $l = 20 \text{ м}$.

Мінімально – допустимий переріз проводів до трансформатора струму:

$$S = \frac{\rho * l}{r_{\text{пр}}} = \frac{0.0172 * 20}{0.94} = 0,37 \text{ мм}^2.$$

Опір проводів при вибраному перерізі:

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho * l}{S} = \frac{0.0172 * 20}{1.5} = 0.23 \text{ Ом}.$$

Опір вторинної обмотки :

$$Z_2 = r_{\text{пр}} + r_{\text{прл}} + r_{\text{кн}} = 0.23 + 0.21 + 0.05 = 0,49 \text{ Ом}.$$

5 . Якість електричної енергії

Чинним стандартом встановлені два види норм ЯЕ: нормально допустимі та граничнодопустимі. Оцінювання відповідності показників ЯЕ вказаним нормам здійснюють за час розрахункового періоду, що дорівнює 24 год, за винятком тривалості провалу напруги, імпульсу напруги та коефіцієнта тимчасової перенапруги.

Відхилення напруги характеризується показником усталеного відхилення Напруги, для якого встановлені такі норми:

- нормально допустимі та граничнодопустимі значення усталеного відхилення напруги δU_u на виводах електроприймачів дорівнюють відповідно $\pm 5 \pm 10 \%$ від номінальної напруги електричної мережі;
- нормально допустимі та граничнодопустимі значення напруги в точках загального приєднання споживачів електричної енергії до електричних мереж напругою 0,38 кВ і більше повинні бути встановлені в договорах на використання електричної енергії з врахуванням необхідності дотримання норм чинного стандарту на виводах електроприймачів.

Відхилення частоти напруги змінного струму в електричних мережах характеризується показником відхилення частоти, для якого встановлені такі норми:

- нормально допустиме та граничнодопустиме відхилення частоти відповідно дорівнюють 0,2 та 0,4 Гц.

Значення вторинної напруги трансформатора ТМ-1000/6 приведені до його первинної напруги:

$$U_2^{\text{HH}} = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}};$$

де U_2^{HH} – напруга на НН шинах;

$\Delta U_{\text{л}}$ – втрати напруги в кабелі СБ – 3 х 50;

$\Delta U_{\text{тр}}$ – втрати в трансформаторі ТМ – 1000 / 6.

Втрати напруги в ТМ – 1000/6 у відсотках:

$$U_{\text{ка}} = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{тр}}} * 100 = \frac{12.2}{1000} * 100 = 1.12 \%,$$

$$U_{\text{кр}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{ка}}^2} = \sqrt{5.5^2 - 1.12^2} = 5.39\%.$$

Втрати напруги в ТМ – 1000/6 у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{тр}} &= \frac{U}{S_{\text{тр}}} * (U_{\text{ка}} * (S_{\text{HH}} * \cos \varphi) + U_{\text{кр}} * (S_{\text{HH}} * \sin \varphi)) \\ &= \frac{6}{1000} * (1.12 * (827.2 * 0.94) + 5.39 * (827.2 * 0.34)) = 14,3 \text{ В.} \end{aligned}$$

Значення U_2^{HH} :

$$U_2^{\text{HH}} = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}} = 6000 - 19,2 - 14,3 = 5\,966,5 \text{ В.}$$

Коефіцієнт трансформації для ТМ – 1000/6:

$$K_{\text{т}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{6}{0.4} = 15.$$

Фактична напруга на НН шинах:

$$U_2^{\text{Факт}} = \frac{U_2^{\text{HH}}}{K_{\text{т}}} = \frac{5\,966,5}{15} = 397,8 \text{ В.}$$

6. Електричне освітлення

У цехах, на складах та інших виробничих об'єктах все частіше встановлюють LED-світильники. Вони забезпечують умови для ефективної й безпечної праці, є більш економічними та простими в обслуговуванні, ніж інші моделі. Пропонуємо дізнатися більше про світлодіодних рішення та їхнє використання на виробництві.

Світлодіодне освітлення є в наш час найперспективнішим напрямком серед усього розмаїття технологій штучного освітлення. Джерелом світла в такому освітленні використовуються світлодіоди.

Освітлення на виробництві потрібне не лише під час робочих змін, але й для охорони, швидкої евакуації в разі аварії тощо. Вирішувати ці та інші завдання допомагають різні світлодіодні світильники: панелі, лінійні та консольні пристрої, прожектори та інші.

В галузі застосовують штучне чи комбіноване світло. Останнє передбачає одночасне використання світильників і природного сонячного світла.

Також освітлення на виробництві буває загальним і місцевим. Перше необхідне, щоб освітити всю площу. Воно може бути досить яскравим і передбаченим для роботи або невеликої інтенсивності — для орієнтації в просторі.

Місцеве світло використовують тільки як додаткове, наприклад, там, де ведуться роботи зі значним зоровим навантаженням. На виробництвах заборонено встановлювати лише місцеві джерела, оскільки контраст між світлом і тінню збільшує число травм.

Крива сили світла для лінійних LED - світильників Д - рівномірна.

На висоті 3,5 від підлоги прокладен шинопроводи, тому аби вони нам не заважали, розташуємо світильники нижче рівня шинопроводів

$$H_p = H - h_c - h_p = 4 - 0.5 - 0.5 = 3 \text{ м},$$

де H – висота цеху ;

h_c – вістань від стелі до шинопроводу;

h_p – рівень робочої поверхні .

Визначимо площу цеху помолу цементного заводу:

$$S = A \times B = 52 \times 35 = 1\,820 \text{ м}^2.$$

Нормована освітленість для виробничих приміщень - $E_n = 200$ лк.

Відстань між центрами світильників з врахування КСС для LED – світильників:

$$L = \lambda * H_p = (1,8 \dots 2,6) * 3 = 5,3 \dots 7,8 \text{ м},$$

λ – для LED освітлення - $\lambda = 1.8 \dots 2,6$.

Прийmemo $L = 7 \text{ м}$.

Числов рядів:

$$n_B = \frac{B}{L} = \frac{35}{6} = 5,83 \approx 6.$$

Число світильників в ряду:

$$n_A = \frac{A}{L} = \frac{52}{6} = 8,67 \approx 9.$$

Кількість світильників для цеху помолу:

$$N_{\text{св}} = n_A * n_B = 9 * 6 = 54.$$

Індекс форми приміщення цеху помолу цементного заводу:

$$i = \frac{S}{H_p * (A + B)} = \frac{1\,820}{3 * (52 + 35)} = 6,97.$$

Прийmemo :

$$\rho_{\text{стелі}} = 50\%; \rho_{\text{стіни}} = 30\%; \rho_{\text{підлоги}} = 10\%.$$

Коефіцієнт використання світлового потоку LED - світильників:

$$\eta = 0.8;$$

$$\text{коефіцієнт запасу } \kappa_3 = 1.5;$$

$$\text{коефіцієнт } z = 1.15.$$

Світловий потік цеху помолу цементного заводу:

$$\Phi_p = \frac{E_n * S * \kappa_3 * z}{N_l * \eta} = \frac{200 * 1820 * 1.5 * 1.15}{54 * 0.8} = 14\,534,7 \text{ лм.}$$

Обираю LED - лампу М – LED – 60 x 70 - 2000 з номінальним світловим потоком $\Phi_n = 16\,416 \text{ лм.}$

Відхилення Φ_p від Φ_n :

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_n - \Phi_p}{\Phi_p} * 100\% = \frac{16\,416 - 14\,534,7}{14\,534,7} * 100 = 13 \%,$$

дане значення входить в діапазон допустимого рівня відхилення світлового потоку -10...+20 %.

Відхилення для робочого освітлення його освітленості від нормованого показника:

$$E_{\Phi.p} = \frac{\Phi_n}{\Phi_p} * E_n = \frac{16\,416}{14\,534,7} * 200 = 225,9 \text{ лк.}$$

$$E_{\Phi.p} \% = \frac{E_{\Phi.p}}{E_n} * 100 = \frac{225,9}{200} * 100 = 112,95 \%,$$

тобто фактична освітленість складає 112,95% від нормованої.

Потужність споживана LED - лампами при освітленні цеху помолу в робочому режимі:

$$P_{LED.p.} = N_l * P_n = 54 * 110 = 5\,940 \text{ Вт} = 5,94 \text{ кВт.}$$

Питома потужність:

$$P_{\text{пит.р.}} = \frac{P_{\text{о.р.}}}{S} = \frac{5940}{1\,820} = 3,26 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Прийmemo до уваги, що в цеху встановлена КТП – 1000/6 , висота якої складає 2,65 метра , тому над нею ми розміщувати світильники не будемо.

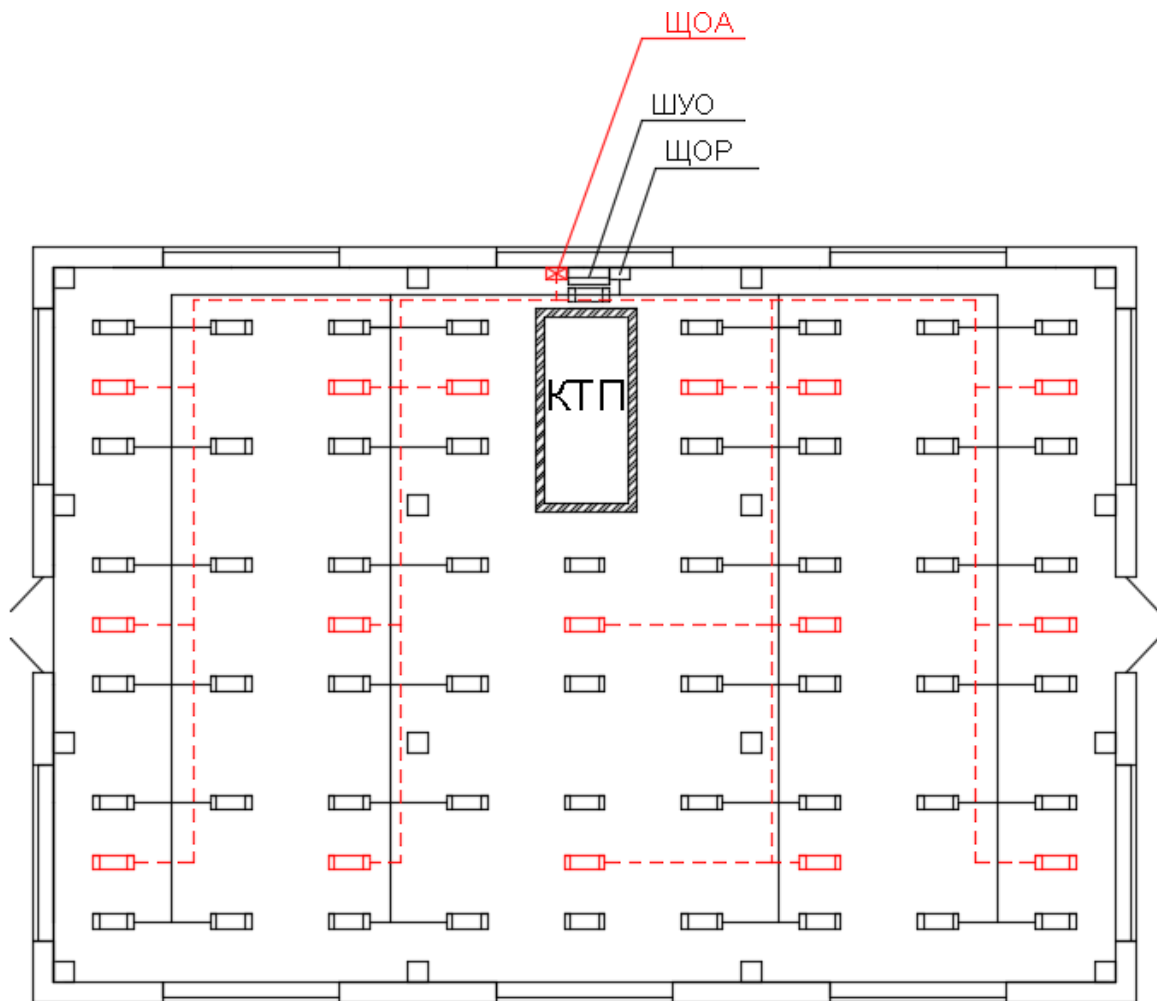


Рис.6 План розміщення робочих і аварійних світильників

LED – світильники будуть кріпитися до лотків.

Навантаження LED - ламп:

$$P_{LEDp} = K_n * P_{LED.p.} = 0.95 * 5,94 = 5,64 \text{ кВт},$$

де $K_n = 0.95$ – для виробничих будівель.

Розрахуємо струм трифазний струм для живлення LED – ламп робочого освітлення:

$$I_{LEDp} = \frac{P_{LEDp}}{\sqrt{3} * U_{л} * \cos\varphi} = \frac{5,64}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,95} = 9 \text{ A}.$$

Для шафи ШУО, на її ввід обраємо захисний апарат – автоматичний вимикач.

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq I_p;$$

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{ном.розч.}};$$

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq \mathbf{1.4} * I_p;$$

$$I_{\text{ном.розч.}} = \mathbf{16 \text{ A}} > I_p = \mathbf{9 \text{ A}}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = \mathbf{63 \text{ A}} > I_{\text{ном.розч.}} = \mathbf{16 \text{ A}};$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 16 \text{ A} > 1.4 * I_p = 1.4 * 9 = 12,6 \text{ A},$$

приймаємо АВ типу ВА21-29.

Для шафи ШУО (шафи управління освітленням) обираємо кабель ВВГ.

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1 * 16}{1} = 16 \text{ A},$$

але, враховуючи що це живлячий кабель, і для мінімізації втрат напруги обираємо кабель ВВГ – 5 х 2,5 , з $I_{\text{доп}} = 30 \text{ A}$.

В ЩОР на ввіді АВ:

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq I_p;$$

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{ном.розч.}};$$

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq \mathbf{1.4} * I_p;$$

$$I_{\text{ном.розч.}} = \mathbf{16 \text{ A}} > I_p = \mathbf{10,6 \text{ A}}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = \mathbf{63 \text{ A}} > I_{\text{ном.розч.}} = \mathbf{16 \text{ A}};$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 16 \text{ A} > 1.4 * I_p = 1.4 * 9 = 12,6 \text{ A}.$$

АВ ВА21-29.

В ЩОР на ввіді кабель:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1 * 16}{1} = 16 \text{ A},$$

12,6

на ввід до ЩОР обираємо кабель ВВГ – 5 х 2,5 .

На відхідні лінії в ЩОР приймаємо кабелі ВВГ- 5 х 1,5.

Аварійне освітлення.

Сумарна потужність LED – ламп аварійного освітлення:

$$P_{LED.a} = N_{\text{л}} * P_{\text{н}} = 16 * 110 = 1760 \text{ Вт} = 1,76 \text{ кВт}.$$

Струм при цьому:

$$I_{LED.a} = \frac{P_{LED.a}}{\sqrt{3} * U_{\text{л}} * \cos \varphi} = \frac{1,76}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,95} = 2,8 \text{ A}.$$

В ЩОА на вводі встановити автоматичний вимикач ВА21-29 .

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq I_{\text{р}};$$

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{ном.розч.}};$$

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1.4 * I_{\text{р}};$$

$$I_{\text{ном.розч.}} = 4 \text{ A} > I_{\text{р}} = 2,8 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 63 \text{ A} > I_{\text{ном.розч.}} = 4 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.розч.}} = 4 \text{ A} > 1.4 * I_{\text{р}} = 1.4 * 2,8 = 3,92 \text{ A}.$$

В ЩОА на вводі кабель:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1 * 4}{1} = 4 \text{ A},$$

але для мінізації втрат напруги при далеких відстаннях і для забезпечення більшої механічної міцності траси приймаю рішення на ввід до ЩОА вибрати кабель ВВГ – 5 х 1,5 , з $I_{\text{доп}} = 23 \text{ A}$.

Для кожної відхідної від ЩОА лінії, обираю кабель ВВГ – 5 х 1,5.

7. Спеціальна частина

Способи регулювання продуктивності насосних, вентиляторних установок

Під час експлуатації відцентрових вентиляторів застосовують кілька способів регулювання їхньої продуктивності. Всі регульовальні пристрої залежно від їхнього впливу на характеристику або мережу, або на характеристику і мережу, поділяються на три групи. До першої групи входять пристрої, що змінюють частоту обертання робочого колеса. До другої групи входять пристрої, які змінюють характеристику мережі способом дроселювання. До третьої групи входять пристрої, що одночасно змінюють характеристики як мережі, так і вентилятора.

Регулювання продуктивності змінюванням частоти обертання колеса вентилятора

Робота вентилятора на мережу під час зміни частоти обертання колеса відбувається, зазвичай, за незмінного коефіцієнта корисної дії. Таке регулювання є найкращим з точки зору економності роботи самого вентилятора, оскільки під час зниження продуктивності внаслідок зниження частоти обертання колеса споживана потужність N зменшується пропорційно третій степені відношення частот обертання n , а ККД установки при цьому не змінюється:

$$N_2/N_1 = (n_2/n_1)^3$$

Регулювання зміни частоти обертання здійснюється в бік зменшення тиску вентилятора, тому що електродвигун, зазвичай, вибирається за потужністю, що відповідає максимальному тиску і продуктивності.

Регулювання продуктивності може бути дискретне (ступінчасте) та плавне. Плавного регулювання можна досягнути різними способами:

1. Системою Леонарда «Генератор – Двигун»

2. Електроприводом з асинхронним двигуном, що регулюється за участю дроселя з підмагнічуванням. Недоліками обох методів є те, що обладнання для регулювання є надто складним та громіздким.

3. Електроприводом з використанням асинхронного двигуна з реостатом. Незважаючи на те, що обладнання є простим за конструкцією, воно вимагає особливого спостереження і незручне в експлуатаванні.

4. Електропривід з двома асинхронними двигунами (метод Сандлера). Недоліком способу є те, що обладнання є надто громіздким.

5. Регулювання гідравлічною муфтою є одним із найпростіших способів регулювання. Остання складається з двох співвісних роторів: ведучого, що насаджується на вал двигуна, і веденого, що насаджується на вал вентилятора. Кільцевий простір, в якому знаходяться лопатки ротора, заповнений оливою, і обертання вала двигуна викликає обертання вала вентилятора. Частота обертання є тим меншою, чим менше там знаходиться рідини або чим менший там тиск. Перевагами цього способу є простота конструкції обладнання та широкий спектр регулювання. До недоліків такого регулювання відноситься його дорожнеча та невисокий ККД при значному діапазоні регулювання. Тому таке регулювання доцільно застосовувати для вентиляторів великих розмірів.

6. Регулювання за допомогою електромуфти, що діє за принципом електромагнітної індукції. Електромуфта являє собою індуктор, вал якого з'єднується з валом вентилятора, а статор - з валом двигуна. При збільшенні або зменшенні струму збудження змінюється сила магнітного потоку і взаємодія між якорем і статором індуктора. Внаслідок цього змінюється частота обертання колеса вентилятора. Переваги цього методу полягають в можливості регулювання частоти обертання колеса вентилятора в широких межах, а також у можливості дистанційного управління. Недоліками такого регулювання є дороговизна обладнання та невисокий ККД при значному діапазоні регулювання.

7. Ще одним способом є застосування пасового варіатора швидкостей. Принцип дії полягає в зміні передавального відношення шківів пасового привода. Перевагою способу є простота конструкції обладнання.

8. Застосування приводу з двигуном змінного струму, частота обертання якого залежить від частоти струму і кількості пар полюсів магнітної системи. Недоліком способу є дороговизна та громіздкість обладнання.

Регулювання продуктивності шляхом зміни характеристики мережі

1. Введення у вентиляційну мережу додаткового опору

Наступний спосіб регулювання полягає в штучному введенні у мережу допоміжного опору, наприклад, шибера. Оскільки опір мережі при цьому

збільшується, то характеристика мережі стає крутішою і робоча точка переміщується з положення т. А по характеристиці вентилятора вліво вгору, займаючи положення т. В, т. С. Такий спосіб застосовується лише для зменшення продуктивності. З графіка видно, що під час дроселювання зменшується потужність на валу вентилятора і разом з тим підвищується частка енергії, що витрачається на регулювання. Тому до недоліків цього способу відносять його неекономічність (економія потужності на 40% менша у порівнянні з іншими способами), а також можливість регулювання лише у бік зменшення продуктивності. На рис.7.1 показано залежність витрати у мережі від ступеня відкриття шиберу S , %.

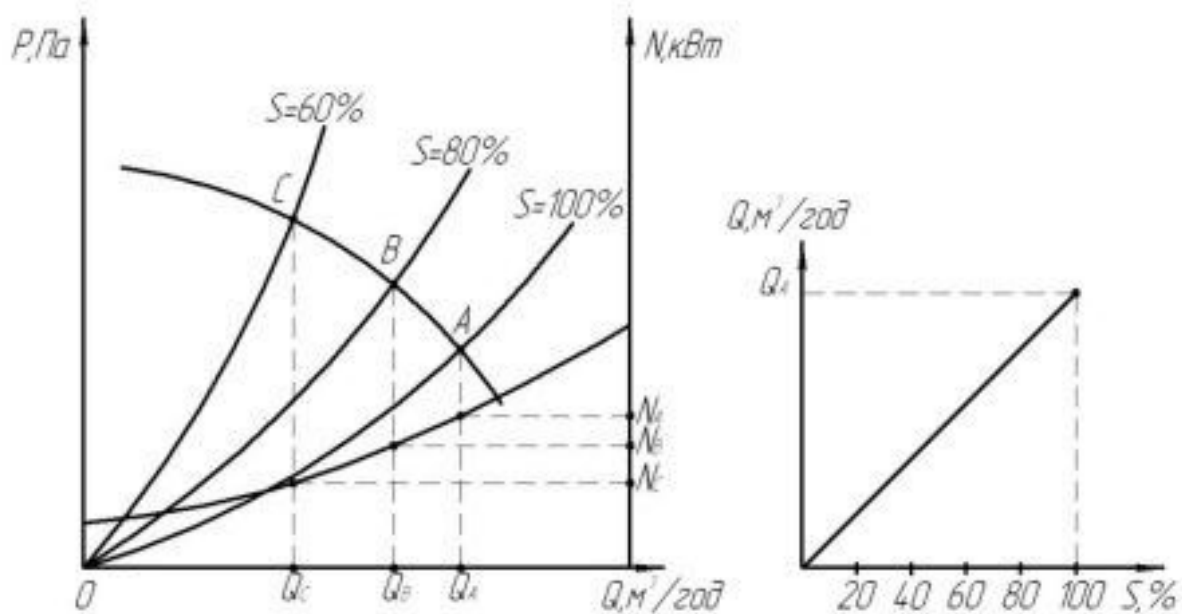


Рис 7.1 - залежність витрати у мережі від ступеня відкриття шиберу

Таким чином можна плавно змінювати витрату від максимального значення до нуля.

2. Зміна відносної швидкості

Цей спосіб застосовується до вентиляторів з лопатками, загнутими назад, і полягає в зміні ширини робочого колеса за допомогою пересувних дисків, що обертаються разом з колесом. Під час перестановлення диска частина робочого колеса не працює і не бере участі в створенні активного потоку. Перевага цього способу в тому, що є можливим регулювання в бік збільшення продуктивності практично при незмінному ККД. Однак даний спосіб представляє певні труднощі в експлуатації.

3. Закручення потоку повітря, що входить в колесо вентилятора

Для регулювання продуктивності вентилятора застосовують лопаткові напрямні апарата, що встановлюються перед всмоктувальним отвором. Під час повороту лопаток апарата змінюється швидкість закручування потоку, що входить у колесо, в результаті чого змінюються тиск і продуктивність, а отже змінюється безрозмірна характеристика вентилятора (характеристика в координатах продуктивність – тиск). Перевагою цього способу є те, що ККД вентилятора знижується в меншій мірі, ніж під час регулювання продуктивності дроселюванням.

Вентиляторні установки головного провітрювання є одним з найвідповідальніших і найенергоємніших агрегатів шахти. Режими роботи вентилятора змінюються і залежать від багатьох чинників. Параметри витрати і депресії змінюються на достатню величину, тому необхідно забезпечити можливо більшу область економічних режимів.

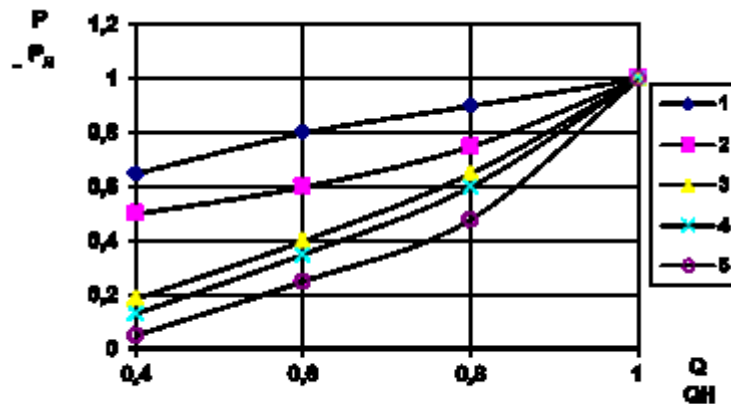
При виборі раціонального способу і діапазону регулювання швидкості електроприводу необхідно враховувати таке:

- сезонне коливання тиску і температури навколишнього середовища вимагає регулювання продуктивності в межах 10...15%;
- за період експлуатації шахти продуктивність може зрости в 1,5...2 рази;
- зміна добового ритму гірських робіт (вибухові роботи в кінці змін) вимагає підвищення продуктивності на 15...20%;
- в святкові і ремонтні дні продуктивність може складати 30...50% робочої.

Закони пропорційності або закони експлуатації турбомашин формулюються: зі зміною частоти обертання робочого колеса турбомашини при постійній характеристиці зовнішньої мережі подача (продуктивність) змінюється пропорційно першому степеню, напір – пропорційно квадрату, а споживана потужність – пропорційно кубу частоти обертання:

Аналіз кривих показує, що найбільш економічним способом регулювання продуктивності вентиляторів головного провітрювання є регулювання за допомогою зміни швидкості обертання, найменш економічне – дросельне регулювання. Розрахунки показують, що регульований привід дозволяє значно скоротити витрату споживаної електроенергії (до 40%). Більше половини енергії заощаджується за рахунок скорочення споживання її в неробочі дні,

коли продуктивність вентилятора може бути зменшена до 50% від граничного значення.



На рис. 7.2 зображені криві, які характеризують економічність регулювання установок вентиляторів різними способами. Тут: 1– дросельне регулювання; 2– направляючим апаратом; 3– муфтами ковзання; 4– реостатне з АД; 5– каскадними схемами з АД.

До переваг способу регулювання частоти обертання належать: висока економічність роботи; постійний ККД вентилятора при регулюванні з постійним еквівалентним отвором; простота конструкції вентилятора за рахунок виключення направляючого і поворотного пристроїв; збільшення області економічної роботи і зниження енергоспоживання.

Регулювання швидкості обертання проводиться на ходу і дозволяє здійснити настройку вентилятора на необхідний режим роботи. Регульований електропривод найбільш зручно поєднувати зі схемами автоматизації і автоматичного регулювання провітрювання. Існує практична можливість тривалої роботи установок вентиляторів зі зниженою в порівнянні з розрахунковою продуктивністю.

Використання регульованого електроприводу додатково дає:

- зняття обмежень за газовим фактором на ведення технологічного процесу видобутку і можливість підвищення продуктивності шахти при тому ж устаткуванні і витратах;
- істотне збільшення області економічної роботи вентилятора, зменшення числа типорозмірів вентиляторів, підвищення серійності і зниження вартості вентилятора;

- збільшення терміну служби вентилятора за рахунок роботи в полегшених режимах при зниженій швидкості обертання;
- зниження витрат на виробництво, передачу і розподіл електроенергії, який обумовлений скороченням її споживання майже в два рази.

Додатково нова технологія енергозбереження в установках вентиляторів з великою сумарною потужністю дозволяє регулювати потужність у години максимуму навантаження і тим самим скоротити витрати на електроенергію при двоставочному тарифі.

Електропривод і система регулювання вентиляторів головного провітрювання вугільних шахт повинні забезпечувати:

- глибину регулювання за витратою 1:2, по тиском 1:3 при плавному характері зміни параметрів;
- якомога більшу зону економічної роботи вентилятора;
- високі енергетичні показники – ККД і коефіцієнт потужності;
- стійку швидкість при падінні або кидку навантаження і коливаннях напруги мережі живлення;
- можливість оперативного регулювання режиму роботи вентилятора.

Наведений порівняльний аналіз показує безумовну доцільність устаткування потужних шахтних вентиляторів регульованим електроприводом.

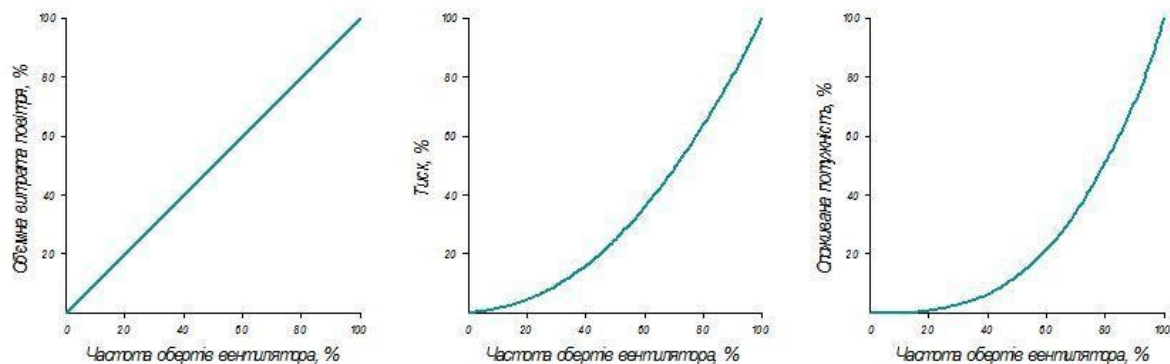
Аналізуючи всі способи регулювання режиму роботи вентилятора, можна зробити наступні висновки:

1. Регулювання лопатковими напрямними апаратами дає меншу економію, ніж регулювання швидкості обертання колеса вентилятора, але лопаткові апарати простіші і дешевші за варіатори швидкості.

2. Регулювання продуктивності зміною прохідних перерізів колеса допускає таку ж економію потужності, як і регулювання лопатковими напрямними апаратами, але конструктивно є складнішими. Основним недоліком цих способів є те, що регулювання здійснюється через створення додаткового опору в мережі. Це зумовлює те, що енергія, яка могла б бути заощадженою при зменшенні продуктивності вентилятора, витрачається на подолання додаткового опору.

3. Найощадливішим способом регулювання є регулювання зміною швидкості обертання колеса вентилятора. Це пояснюється тим, що тільки під час такого регулювання, зменшення продуктивності вентилятора зумовлене зменшенням навантаження на електродвигун.

Проаналізуємо детально залежність між зміною швидкості (частотою обертання колеса вентилятора) та споживаною потужністю. Відношення між змінними величинами, такими як тиск, витрата, число обертів вала (колеса вентилятора), і споживаною потужністю виражається через закони подібності. Із цих законів видно, що витрати підвищуються прямо пропорційно числу обертів, у той час як значення тиску зростає пропорційно квадрату числа обертів, а значення споживаної потужності зростає пропорційно третьому степеню від швидкості або частоти обертів. Це свідчить про те, що навіть мінімальне зниження числа обертів може призвести до значної економії споживання електроенергії. З рис 7.3. видно, що за умови роботи вентилятора при 75% числа обертів від номінального значення досягається 75% витрати повітря від значення продуктивності, що можна було б отримати для номінального значення числа обертів. Однак споживання електроенергії становить всього 42% від споживання, що було б при максимальній витраті.



Якщо об'єм витрати повітря становитиме 50%, то споживання електроенергії зменшується до 12,5 %. Виходячи з цього можна зробити висновок, що вже при незначному зменшенні продуктивності досягається значна економія електроенергії. Тому за умови змінної роботи вентилятора необхідним є регулювання продуктивності останнього.

Задача полягає у застосуванні такого способу регулювання продуктивності станції, при якому забезпечується точне значення подачі в широких межах і споживається найменша кількість ЕЕ. Якщо ж кількість рідини, яку генерує НС в МВ буде відрізнятися від кількості рідини, яку в даний момент може спожити споживач, то це негативно проявлятиметься на роботі всієї

системи водопостачання і виливати- меться в додаткові затрати енергії та скорочення терміну роботи обла- днання.

Установка на двигунах потужних насосів перетворювачів частоти (ПЧ) дозволяє зменшити кількість споживаної ними енергії пропорційно кубу зменшення швидкості обертання. Такий спосіб регулюван- ня продуктивності визнаний як найбільш ефективний з точки зору енергозатрат, але є одним з найдорожчих з точки зору капітальних затрат.

Найкращий ефективніший метод для забезпечення точного значення продуктивності та узгодженої роботи насосів дає установка ПЧ на всі працюючі двигуни. Але оскільки це пов'язано з суттєвими затратами на їх прид- бання та установку, то вдаються до зменшення кількості ПЧ. Розгля- немо задачу визначення кількості регульованих по частоті НА, при якій забезпечується зміна продуктивності станції в заданих межах.

Продуктивність групи насосів, що працюють паралельно, можна регулювати будь-якою кількістю регульованих НА. Складність поля- гає в тому, що чим більше насосів працює паралельно, тим менший вплив одного з них на продуктивність всієї групи. Виходячи з цих уявлень максимальну кількість насосів, що працюють паралельно, об- межують.

Потреби міста у воді задаються графіком водоспоживання, зображеним на рисунку 7.4.

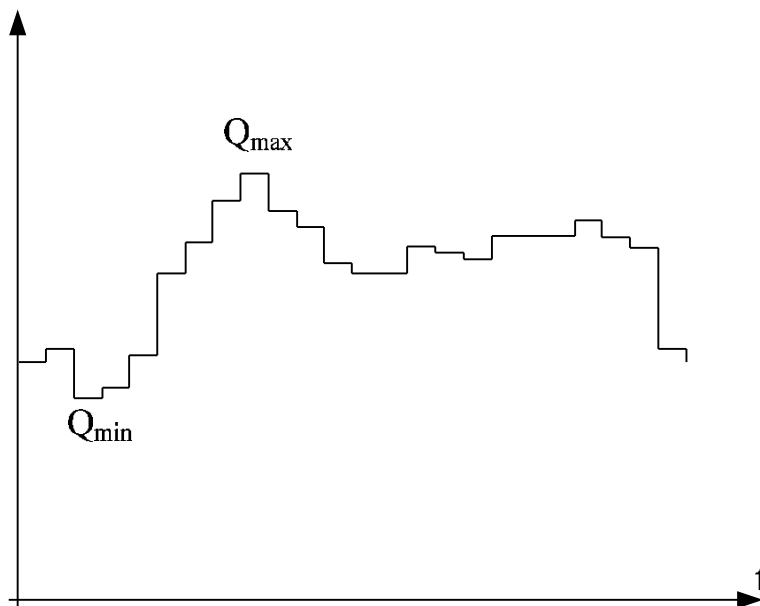


Рис. 7.4 - Графік водопостачання НС другого підйому

Для спрощення прийнято, що кожну годину потреби міста у воді постійні, тому графік має ступеневу форму.

Якщо гідравлічна система не має ємності, яка акумулює певний об'єм рідини, то в будь-який момент насоси повинні давати в мережу об'єм рідини, рівний потребам споживача.

При проходженні пікової частини графіка насоси повинні забезпечувати максимальне значення продуктивності $Q_{\max}$.

Якщо установка складається лише із одного робочого насоса, то він повинен бути обраний на подачу не меншою ніж $Q_{\max}$ і мати можливість глибокого регулювання до мінімально потрібного значення $Q_{\min}$. Оскільки регулювання пов'язане з втратами енергії, то такий насос буде мати низький експлуатаційний ККД. Крім того, вимога безперебійності подачі води в мережу зумовлює необхідність установки резервного насоса з подачею не меншою ніж $Q_{\max}$, тому що при одному робочому насосі вимагається резерв 100 %.

Такий варіант буде не- вигідним через високу вартість резерву і втрати енергії при експлуатації або значні капітальні затрати на забезпечення регулювання .

Установка двох однакових насосів може суттєво підвищити енергетичну ефективність експлуатації і знизити аварійний резерв до 50 %

На основі викладеного більшість НС виконується у вигляді ряду насосів, які вмикаються в мережу паралельно. Якщо на одну лінію паралельно вмикається декілька насосів, то продуктивність в лінії буде рівна сумі продуктивностей всіх насосів, що працюють, а тиски, які вони розвиватимуть, будуть фактично однаковими Ця обставина дозволяє побудувати сумарну характеристику для всієї групи насосів, що працюють паралельно.

Способи регулювання режимів роботи насосних установок

В разі доволі частої зміни режимів водопостачання доводиться оперативно регулювати режими роботи насосних установок.

Таке регулювання може здійснюватися зміною кількості робочих агрегатів, зміною гідравлічної схеми насосної установки, дроселюванням напірних ліній, зміною частоти обертання робочих коліс всіх або окремих насосів, шляхом скидання частини води з напірних комунікацій до всмоктуючих.

Для можливості регулювання характеристики, насосні установки можуть включати в себе декілька насосних агрегатів, які з'єднуються паралельно або послідовно, або змішаним способом. За допомогою комбінації різних типів з'єднання декількох насосів і змінюючи число працюючих насосів можна змінювати сумарну напірну характеристику насосної установки. При виборі насоса чи групи насосів, які включаються в роботу, при даному способі регулювання, необхідно враховувати значення та характер зміни подач, період роботи установки із заданою подачею та мінімальне число включень та виключень насосних агрегатів при цьому.

Однак лише правильний підбір складу працюючих насосів не забезпечує мінімальну витрату електроенергії на перекачку рідини. При різнотипних насосних агрегатах слід, крім того, правильно розділити навантаження між ними та визначити межі їх найвигіднішого використання в усьому діапазоні зміни подач насосної станції.

Даний метод регулювання має ступеневий характер зміни продуктивності і тому доцільний лише при тривалому характері зміни навантаження. Також ще одним з недоліків описаного способу керування характеристиками насосної станції є необхідність у приміщенні відносно великої площі для розміщення всіх насосних агрегатів.

При визначенні кількості працюючих насосів для забезпечення потрібного значення продуктивності в кожну годину доби, запропоновано враховувати спожиту двигунами насосів електричну енергію, тривалість безперервної роботи агрегатів та кількість реалізованих їхніми двигунами прямих пусків. Це дає можливість зменшити споживання електричної енергії та продовжити термін роботи системи водопостачання за рахунок рівномірного розподілу між двигунами насосів ресурсу за тривалістю роботи та кількістю прямих пусків

Також одним з найбільш поширених методів зміни характеристики мережі є спосіб дроселювання засувкою, яка встановлена на напірній лінії насоса. Даний метод не потребує встановлення додаткового обладнання, що є основною його перевагою. Дросельне регулювання полягає у введенні додаткового опору в напірний трубопровід системи, завдяки чому

характеристика $Q-H$ мережі стає більш крутою і змінює робочу точку рухаючись по напірній характеристиці насоса до необхідного значення подачі Q , як це показано на графіку рис. 7.5, де $Q-H_{тр}$ – характеристика трубопроводу без додаткового обору (засувка повністю відкрита), $Q-H'_{тр}$ – характеристика трубопроводу при закритій засувці на половину. Однак при цьому насос розвиває відповідний напір в заданій точці характеристики, який перевищує значення, що потребує системи.

Як наслідок, втрачається енергія за рахунок збільшення місцевого опору у засувці. Через такі недоліки як неекономічність та можливість регулювання тільки в сторону зменшення подачі, метод дросельного регулювання можна застосовувати з невеликими насосними агрегатами, які мають плавну характеристику та в тому випадку, коли регулювання необхідне протягом короткого часу.

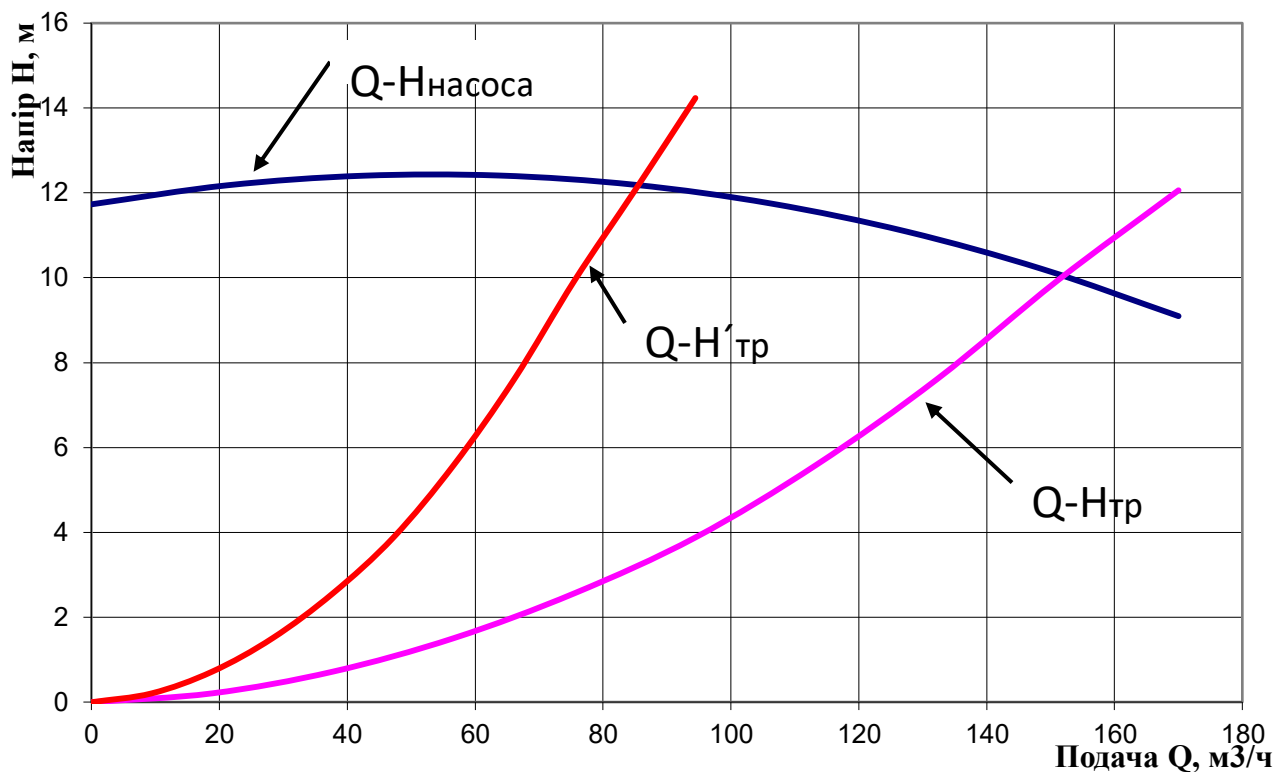


Рисунок.7.5. – Характеристики системи при регулюванні шляхом дроселювання

Ефективність у роботі насосного агрегата досягається підтриманням максимального значення його ККД. Останнє забезпечується застосуванням частотного способу регулювання. Регульовані електроприводи насосів дозволяють оптимізувати їхню роботу в різних режимах, забезпечують плавний пуск, безступінчасте регулювання швидкості, роботу з необхідною швидкістю, високі енергетичні показники електроприводу (ККД, коефіцієнт потужності).

Це дозволяє досягти підвищення якості та ефективності роботи системи водопостачання. В порівнянні з регульованими приводами постійного струму, частотно-регульовані електроприводи дозволяють скоротити витрати на експлуатацію, оскільки будуються на асинхронних двигунах.

Сучасні частотно-регульовані приводи, які мають внутрішню мікропроцесорну систему управління і оснащені стандартизованими інтерфейсами, надають інформацію про енергетичні (потужність, споживана електроенергія, коефіцієнт потужності, струми і напруга), виробничі (тривалість роботи, час пуску, час зупинки, аварійні ситуації) і технологічні (витрати, тиск, температура, відхилення поточного значення контрольованого параметра від заданого) параметри роботи самого приводу і технологічного устаткування.

Розглянуті способи регулювання хоча і знижують витрату електроенергії але не забезпечують мінімально можливого її використання і мають обмежену область застосування. Більш високу ефективність забезпечують способи регулювання, які полягають в зміні частоти обертання робочого колеса відцентрового насосу. Робота насосу зі змінною частотою обертання робочого колеса забезпечує підтримку мінімальних значень напору на виході насосної установки в усьому діапазоні змін її подачі.

Це досягається завдяки тому, що робота насосу на різних частотах обертання робочого колеса забезпечує переміщення робочої точки насосу по характеристиці трубопроводу, а не насосу, як це видно з графіка на рис. 7.6. Тобто надлишковий напір в даному випадку відсутній. Завдяки ліквідації перевищення напору, витрата електроенергії насосної станції зменшується до можливого мінімуму.

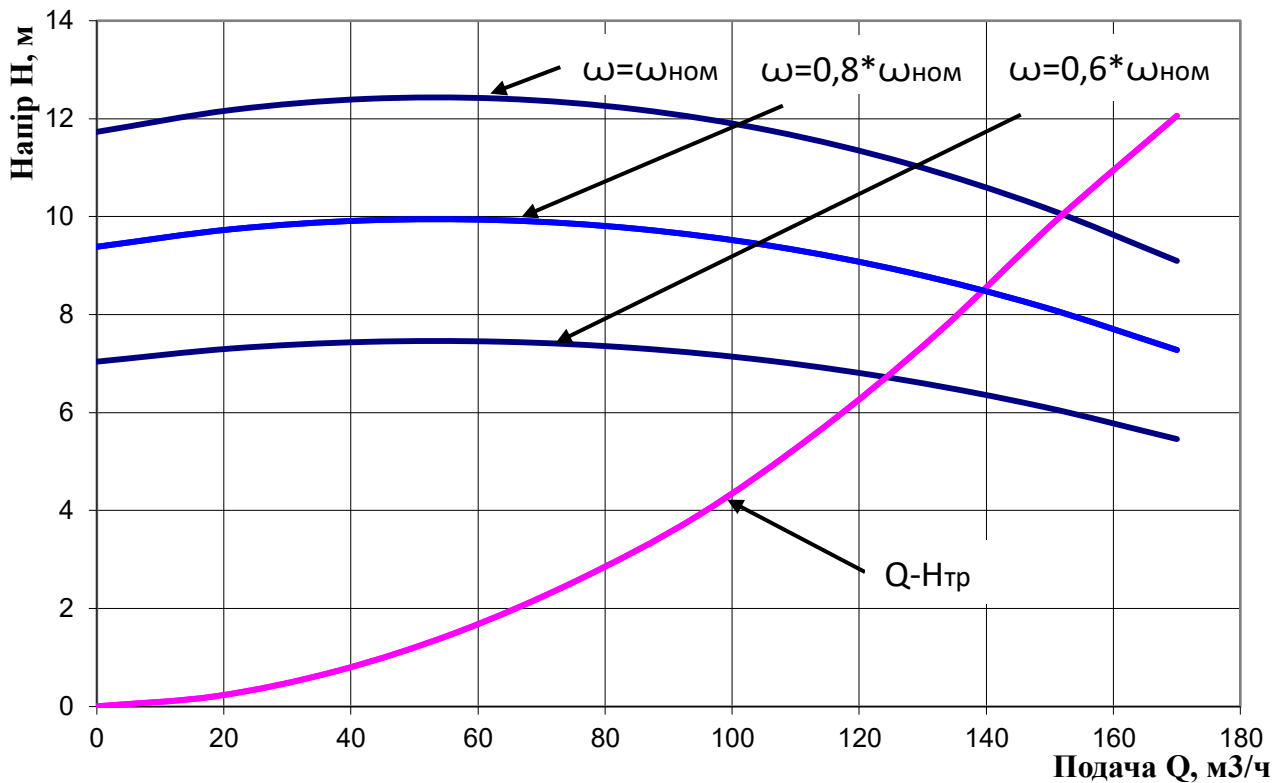


Рисунок 7.6. –Характеристики системи при регулюванні шляхом зміни швидкості

Найефективнішим способом регулювання швидкості обертання робочого колеса насоса є використання регульованого електроприводу. Цей метод, у порівнянні зі зміною гідравлічних параметрів трубопроводу чи насоса, дає можливість розширити діапазон регулювання продуктивності насосного агрегату за суттєвого зменшення споживання його двигуном електричної енергії. Не дивлячись на порівняно високу вартість перетворювального обладнання, його термін окупності незначний і може становити декілька місяців

Розрахунок ефективності впровадження регульованого електроприводу в насосних установках Наведена методика розрахунку економії електричної енергії при впровадженні регульованого електроприводу насосних установок. В методиці враховані додаткові втрати в електродвигуні від несинусоїдальності струму живлення, а також ККД двигуна і перетворювача.

Намічені напрями удосконалення методики розрахунку. перетворювач частоти, асинхронний двигун, насос, регулювання продуктивності, напір з ростом вартості електричної енергії стає більш актуальним питання енергозбереження взагалі та в насосних установках зокрема. Підвищити

енергоефективність насосних установок можливо шляхом регулювання режиму їх роботи, адже системи водопостачання, як промислових так і побутових споживачів, характеризуються нерівномірністю добового графіка споживання води .

Традиційним способом регулювання подачі насосних установок є дроселювання та зміна кількості працюючих агрегатів. Зазначені способи регулювання не враховують енергетичні аспекти транспортування води. Традиційне регулювання призводить до підвищення тиску в мережі, перевитрат електроенергії, збільшення витоків та невірних витрат води, підвищеного зношування устаткування.

Найбільш ефективним способом регулювання режиму роботи насосних установок є кількісний, тобто, зміною подачі за допомогою регульованого електроприводу. Розвиток перетворювальної техніки дозволив більш широко використовувати перетворювачі частоти для створення регульованого електроприводу в насосних установках. З метою вирішення питання впровадження частотно-регульованого електроприводу необхідний розрахунок його ефективності, який полягає у зменшенні споживання електроенергії

На сьогодні існує велика кількість методик розрахунку ефективності застосування частотно-регульованого електроприводу для насосних установок. Більшість з них базується на методиці наведеної в та орієнтовані на розрахунок економії електроенергії від зняття надлишкового тиску в мережі. Недоліком запропонованої в формули для розрахунку економії електроенергії є неврахування змінного графіку споживання води та відповідно змінного графіку надлишкового тиску. Отримана економія електроенергії стосується лише насосу і не враховує ККД двигуна та перетворювача частоти.

Більш зручною є методика розрахунку споживання потужності наведеної в Вона дозволяє врахувати змінний графік надлишкового тиску шляхом розбиття та обчислення споживаної потужності по окремим ділянкам графіка з незмінною витратою води. Недоліком цієї методики є відсутність прямої залежності ККД насосу від частоти обертання та неврахування додаткових втрат від несинусоїдальності переверненого струму. Отже, створення методики розрахунку ефективності впровадження регульованого електроприводу в насосних установках залишається актуальним та невирішеним питанням.

Метою даної роботи є розробка методики розрахунку економії електричної енергії шляхом застосуванні регульованого електроприводу насосних установок для оцінки ефективності його впровадження. Можливості

зниження потужності, споживаної двигуном насоса, при регулюванні швидкості електропривода в порівнянні з регулюванням дросельною заслінкою ілюструє рисунок 7.6.

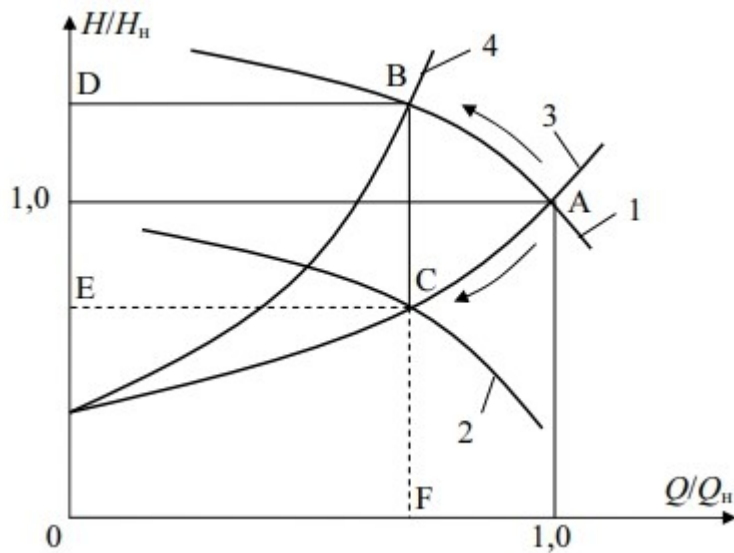


рисунок 7.7.- Можливості зниження потужності, регулюванням дросельною заслінкою

При номінальній витраті і напорі насос працює в точці А, що відповідає характеристиці магістралі 3 і характеристиці Q-H насоса (крива 1) при номінальній швидкості двигуна. Зі зменшенням витрати при нерегульованому електроприводі за рахунок дросельного регулювання відбувається зміна опору магістралі (крива 4). Насос працює в точці В кривої 4, що призводить до зростання напору, який стає більшим від номінального.

Потужність, споживана насосом, пропорційна площі прямокутника ODBF. При використанні регульованого електропривода за рахунок зниження швидкості насос працює при зниженні витрати в точці С, що відповідає іншій характеристиці Q-H (крива 2) при незмінній характеристиці магістралі (крива 3). Потужність, споживана електроприводом у цьому випадку, пропорційна OEFC, що наочно ілюструє можливості істотного зниження енергоспоживання при впровадженні регульованих електроприводів насосів.

Питома енергія, що передається потоку рідини у відцентровій машині, істотно залежить від умов входу на робочі лопаті. Закручування потоку, що надходить до робочого колеса, впливає на напір і при заданій характеристиці трубопроводу змінює подачу машини.

Звідси виникає можливість регулювання дією на потік, що входить до турбомеханізму, за допомогою лопатевого напрямного апарата.

Напрямні апарати слід розташовувати в безпосередній близькості від входу в колесо. Тільки в цьому випадку досягається ефективне регулювання. При такому регулюванні характеристика мережі залишається незмінною, а характеристика насоса повертається за годинниковою стрілкою (рис. 7.8).

Зменшення споживаної потужності при регулюванні даним способом визначається заштрихованою ділянкою між лініями N1 і I–II–III, що підтверджує економічність даного методу регулювання відцентрових насосів.

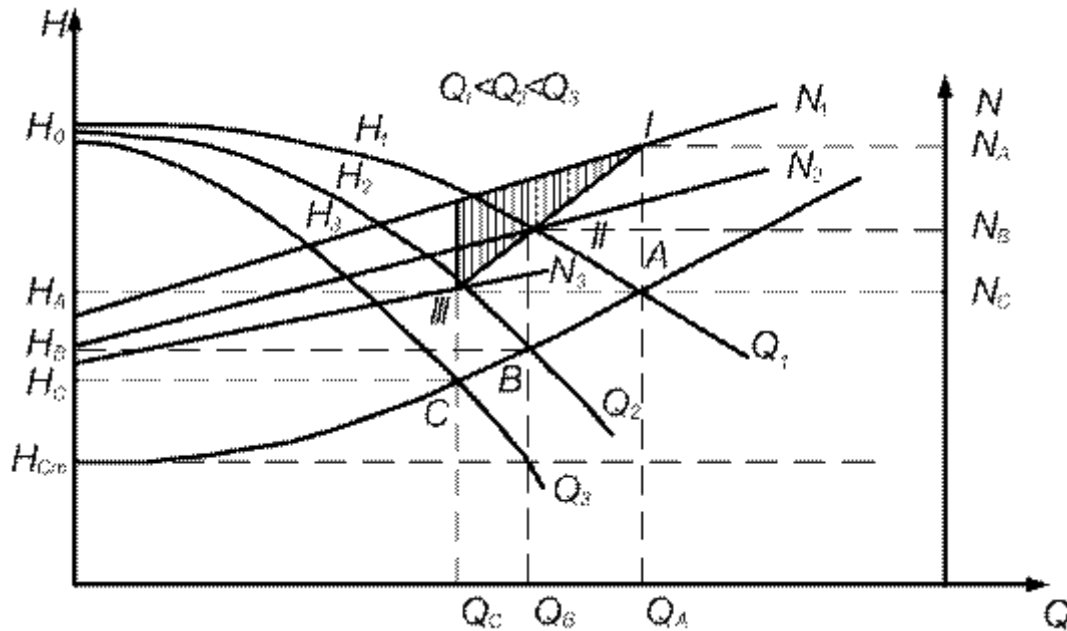


Рисунок 7.8 – Регулювання продуктивності НУ впливом на турбомеханізм

Характеристики НУ і мережі при регулюванні подачі води дроселюванням наведено на рис. 7.9.

При повністю відкритій засувці точка робочого режиму A визначає режим роботи установки, тобто подачу Q_A , напір H_A , потужність N_A та ККД η_A машини. У разі прикриття дроселя на напірній трубі положення характеристики трубопроводу зміниться і точка A пересунеться вліво вгору і займе положення B . Подальше прикриття дроселя викликає зсув характеристики трубопроводної системи ще вище, і точка A пересунеться в точку C , визначивши нові значення параметрів Q_C , H_C , N_C , η_C .

Отже, дросельне регулювання при постійній швидкості обертання насоса досягається введенням додаткового гідравлічного опору в мережу трубопроводів турбомеханізму.

Оскільки найбільша подача досягається при повністю відкритому дроселі, дросельне регулювання застосовують тільки з метою зменшення подачі. З рис. 1.10 видно, що дроселювання зменшує потужність на валу насоса і разом з тим підвищує частку енергії, що витрачається при регулюванні; тому воно неекономічне.

Так, при регулюванні до подачі Q_c з напором, що непродуктивно витрачається в дроселі, визначається відрізком $H_{зд}$, а потужність, що

$$\Delta N = \frac{\rho Q_c g H_{зд}}{1000 \eta_c}.$$

втрачається при цьому, буде дорівнювати

Чим глибше здійснюється процес регулювання дроселюванням, тим більш непродуктивною є витрата потужності.

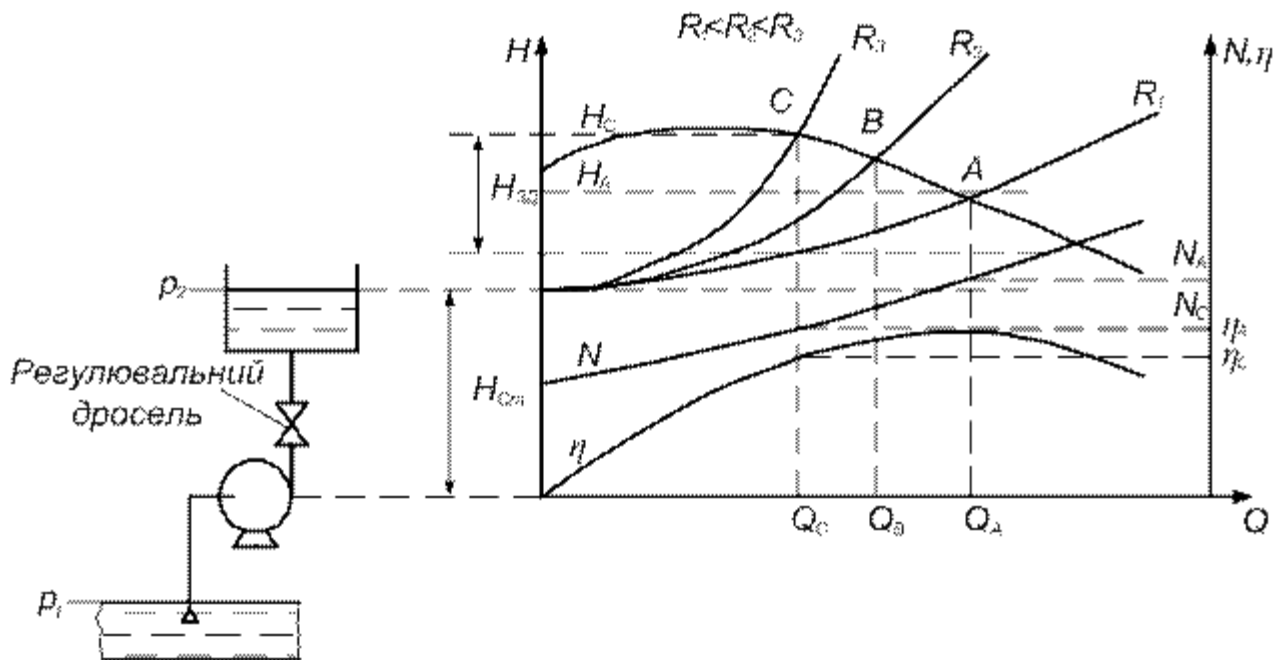


Рисунок 7.9 – Регулювання продуктивності насоса дроселюванням

На рис. 7.10 показано положення напірних характеристик при регулюванні подачі зміною частоти обертання робочого колеса

насоса $n_1 > n_2 > n_3 > n_4$. Оскільки положення засувки залишається незмінним,

загальний опір трубопроводу не змінюється і положення його характеристики буде колишнім.

При зменшенні частоти обертання робочого колеса точка робочого режиму A переміщатиметься по характеристиці $H-Q_{\text{мережі}}$, подача і напір насоса зменшуватимуться. Зменшення швидкості обертання з метою регулювання продуктивності має сенс тільки до певної величини, при якій напір турбомеханізму стає таким, що дорівнює статичному (точка D рис. 1.11).

Продуктивність насоса при цьому знижується до нуля. При подальшому зниженні продуктивності напір, що розвивається турбомеханізмом, буде недостатній, щоб подолати статичний напір у мережі. Потужність і ККД можуть бути визначені з кривих потужності і ККД за наявними значеннями подачі Q_A , Q_B . На рис. 7.10 це показано для частоти обертання n_3 .

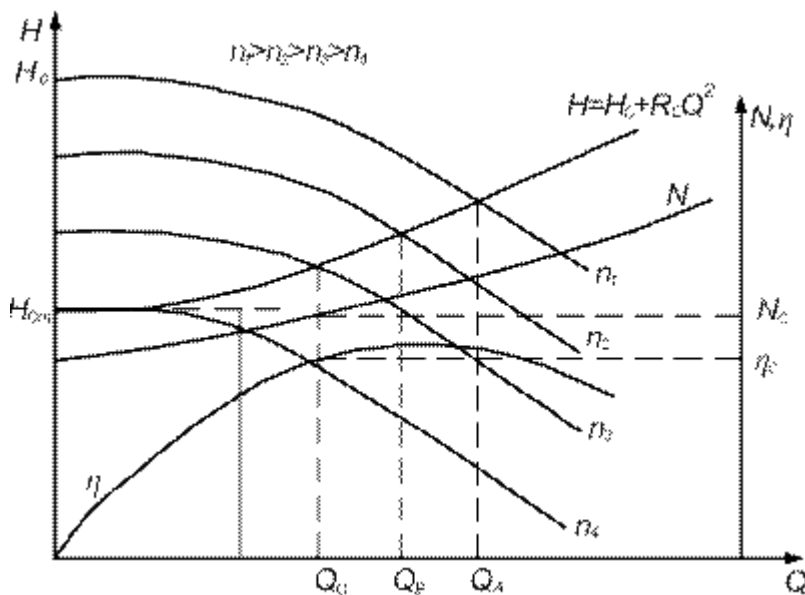


Рисунок 7.10 – Регулювання продуктивності насоса зміною частоти обертання.

Регулювання зміною частоти обертання робочого колеса є набагато ефективнішим і економічнішим способом, оскільки при цьому відсутня непродуктивна втрата потужності.

За наявності на НС агрегатів з різною подачею, залежно від зміни водоспоживання, вмикаються в тій або іншій послідовності різні насоси.

При цьому часте вмикання (відключення) насосів знижує надійність технологічного устаткування; у мережі можливі гідравлічні удари, що нерідко призводять до аварійності та збоїв у роботі системи водопостачання.

На рис. 7.11 зображена східчаста крива продуктивності паралельно працюючих k насосів ($k=5; k=4; k=3...$) та апроксимуюча залежність необхідної зміни продуктивності НС у часі $Q(t)$.

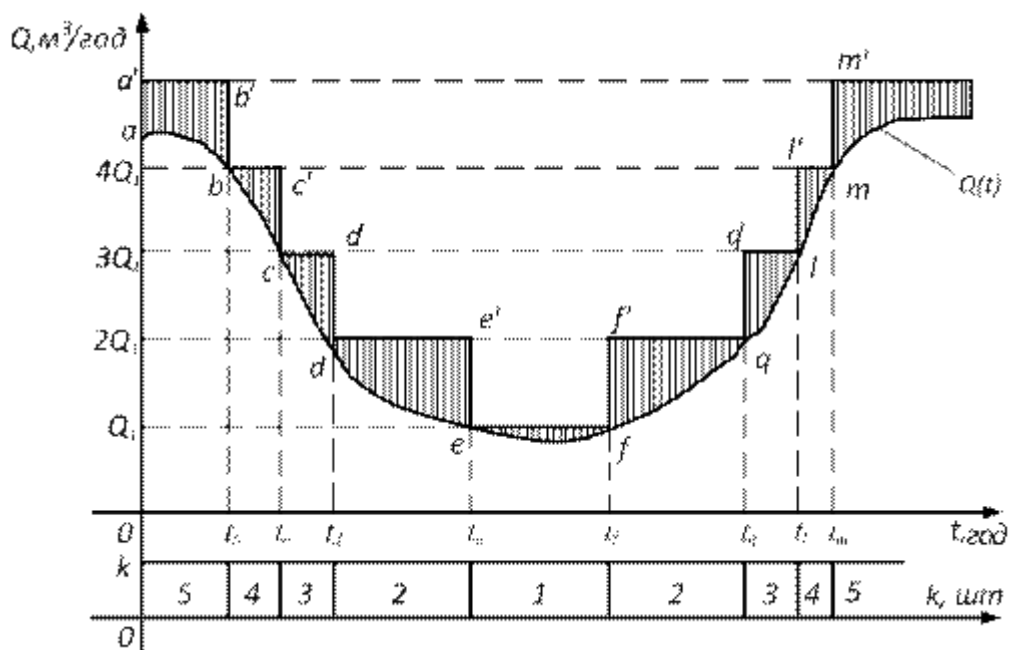


Рисунок 7.11 – Продуктивності НУ при зміні числа паралельно

Висновки:

1. Аналіз методик розрахунку ефективності впровадження регульованого електроприводу в насосних установках показує, що вони потребують подальшого удосконалення та узагальнення.
 2. Запропоновано удосконалена методика розрахунку ефективності впровадження регульованого електроприводу в насосних установках, яка враховує змінний графік витрати води, ККД перетворювача частоти та двигуна, зміну ККД насосу при регулювання частоти обертання, додаткові втрати від несинусоїдальності перетвореного струму.
 3. Серед напрямів подальшого удосконалення запропонованої методики розрахунку слід зазначити наступні:
 - необхідно врахувати залежність ККД електродвигуна від частоти живлення;
 - необхідно врахувати залежність ККД перетворювача від вихідної частоти;
 - орієнтовне значення додаткових втрат від несинусоїдальності перетвореного струму вимагає подальшого уточнення його значення.
- Нез'ясованою залишається і залежність цих втрат від частоти живлення електродвигуна.

8. Охорона праці

8.1 Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання

Конденсаторної установкою називається електроустановка, що складається з конденсаторів, що відноситься до них допоміжного електроустаткування (вимикачів, роз'єднувачів, розрядних резисторів, пристроїв регулювання, захисту та ін.) та ошиновки. Встановлюємо їх в підстанції на стороні 0.4 кВ в зв'язку з простотою монтажу і нечастою необхідністю обслуговувати.

Конденсаторні установки можуть приєднуватися до мережі через окремий апарат, призначений для включення і відключення тільки конденсаторів, або через загальний апарат з силовим трансформатором, асинхронним електродвигуном або іншим електроприймачем. Ці схеми можуть застосовуватися при будь-якій напрузі конденсаторної установки. Конденсаторні установки із загальною масою масла понад 600 кг в кожній повинні бути розташовані в окремому приміщенні, що відповідає вимогам вогнестійкості.

В одному приміщенні з конденсаторами допускається установка належних до них розрядних резисторів, роз'єднувачів, вимикачів навантаження, малооб'ємних вимикачів і вимірювальних трансформаторів. На конденсаторної встановлення повинні передбачатися пристосування для заземлення несучих металевих конструкцій, які можуть перебувати під напругою при роботі установки.

При поділі конденсаторної батареї на частини рекомендується розташовувати їх таким чином, щоб була забезпечена безпека робіт на кожній з частин при включених інших.

8.2 Організаційні та технічні заходи з охорони праці

Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою. Воно складається (рис. 8.2.1) з заземлювача **З** (металевих провідників, що знаходяться в землі з гарним контактом з нею) і заземлювального провідника **2**, що з'єднує металевий корпус електроустановки **1** із заземлювачем.

Сукупність заземлювача і заземлювальних проводів називають заземлювальним пристроєм. Захисне заземлення застосовують у трифазних трипровідних і однофазних двопровідних мережах змінного струму напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю (так звана *система IT*), а також у мережах напругою вище 1000 В змінного і постійного струму із кожним режимом нейтралі.

Захисна дія заземлювального пристрою заснована на зниженні до безпечної величини струму, що проходить через людину в момент торкання їм пошкодженої електроустановки. При попаданні напруги на корпус електроустановки людина, торкнувшись її і маючи хороший контакт із землею, замикає собою електричну ланцюг: фаза **З** - корпус електроустановки **1** - людина - земля - ємнісні **X A**, **X B**) і активні **R A**, **R B** опору зв'язку проводів із землею, фази **A** і **B**. За людині піде струм. Незважаючи на те що електричні дроти мережі встановлені на ізолюваних опорах, між ними і землею існує електрична зв'язок. Вона виникає за рахунок недосконалості ізоляції проводів та опор і наявності ємності між проводами і землею. При великому протязі проводів цей зв'язок стає значною, а її активне **R** і ємнісне **X** опору знижуються і стають порівнянними з опором тіла людини. Ось чому, незважаючи на відсутність видимого зв'язку, людина, що знаходиться під напругою і має контакт із землею, замикає собою електричну ланцюг між різними фазами мережі.

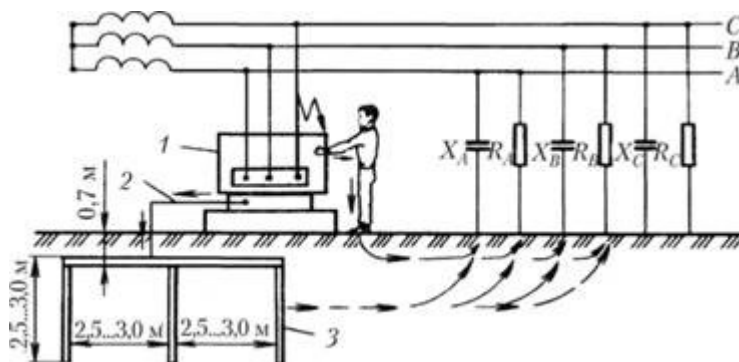


Рис. 8.2.1. Схема захисного заземлення (система IT):

1 - електроустановка; **2** - заземлюючий провідник; **3** - заземлювач

При наявності заземлювального пристрою утворюється додаткова ланцюг: фаза **3** - корпус електроустановки - заземлювальний пристрій - земля - опору X_A, R_A, X_B, R_B - фази **A** і **B**. У результаті струм замикання розподіляється між заземлювальним пристроєм і людиною. Так як опір заземлювача (воно не повинне перевищувати 10 Ом) у багато разів менше опору людини (1000 Ом), то через тіло людини буде проходити малий струм, який не викликає його поразки. Основна частина струму піде по ланцюгу через заземлювач.

Заземлювачі можуть бути природними і штучними. В якості природних заземлювачів використовують металеві конструкції і арматуру будівель і споруд, що мають хороше з'єднання із землею, прокладені в землі водопровідні, каналізаційні та інші трубопроводи (за винятком трубопроводів горючих рідин, горючих і вибухонебезпечних газів і трубопроводів, покритих ізоляцією для захисту від корозії).

Як штучні заземлювачі застосовують одиночні або з'єднані в групи металеві електроди довжиною 2,5-3,0 м, забиті вертикально в землю з відстанню один від одного 2,5-3,0 м або укладені горизонтально в землю. Електроди виготовляють з відрізків металевих труб, кутової сталі, швелерів з товщиною стінок не менше 4 мм. Більш тонкі профілі внаслідок корозії швидко виходять з ладу.

Вертикальні електроди в груповому заземлювачі з'єднують між собою за допомогою зварювання перемичкою, виконаної з аналогічних матеріалів і тих же перетинів, що й самі електроди. Заземлюючий пристрій повинен мати висновок назовні (на поверхню землі), виконане на зварюванні з таких же матеріалів. Воно служить для під'єднання заземлювального провідника.

Для здійснення заземлюючих функцій опір заземлюючого пристрою в електроустановках напругою до 1000 В в мережі з ізольованою нейтраллю повинен бути не більше 4 Ом. При потужності генераторів і трансформаторів, що живлять мережу, 100 кВ • А і менше допускається опір заземлювачів не більше 10 Ом. Необхідний опір досягають установкою відповідної кількості електродів в заземлювачі, визначається розрахунком. Для глинистих, вологих ґрунтів зазвичай буває достатньо двох-трьох електродів, на сухих піщаних або кам'янистих ділянках цього може не вистачити.

Опір заземлювального пристрою - це відношення напруги на заземлювальному пристрої до струму, який стікає із заземлювача в землю.

Розрізняють виносне і контурне заземлюючі пристрої. Виносний пристрій розташовують за межами майданчика з заземлювальним обладнанням. Його перевага полягає в можливості вибору ґрунту з найменшим питомим опором. Контурне заземлення виконують забиванням електродів по контуру заземлюється обладнання та між ним. Така установка електродів створює додатковий захисний ефект за рахунок підвищення і вирівнювання (більш рівномірного розподілу) потенціалів землі в зоні знаходження людини.

Занулення - це навмисне електричне з'єднання металевих неструмоведучих частин електроустановок, які можуть опинитися під напругою, з глухозаземленою нейтраллю джерела струму (генератора або трансформатора).

У чотирипровідних або п'ятипровідних мережах з нульовим проводом і глухозаземленою нейтраллю джерела струму напругою до 1000 В (так звана

система TN) занулення - основний засіб захисту. Заземлення в таких мережах неефективно.

Підключення корпусів електроустановок до нейтралі джерела струму здійснюють за допомогою нульового захисного провідника (PE - провідника). Його не можна плутати з нульовим робочим проводом (N -провідником), який також з'єднаний з нейтраллю джерела, але служить для живлення однофазних електроустановок. Нульовий захисний провідник PE прокладають по трасі фазних проводів, в безпосередній близькості від них. Систему, де присутні нульовий робочий провід N і нульовий захисний провідник PE , і вони розділені на всьому протязі траси, називають системою $TN-S$. Буква S означає розділення вказаних провідників на всьому їх протязі.

В якості нульового захисного провідника в мережах до 1000 В в першу чергу рекомендується використовувати нульовий робочий провідник (крім спеціально обумовлених випадків), до яких під'єднують корпусу електроустановок. У цьому випадку його називають поєднаним нульовим захисним і нульовим робочим провідником (PEN -провідником), а саму систему - системою $TN-C$. Це система TN , в якій нульовий захисний і нульовий робочий провідники поєднані в одному провіднику на всьому її протязі (рис. 8.2.2).

Якщо ж функції нульового захисного і нульового робочого провідників поєднані в одному провіднику тільки в якійсь її частині, починаючи від джерела живлення, а далі вони йдуть роздільно (перший з них служить для захисту електроустановок, а другий - для живлення однофазних електроустановок), то таку систему називають системою $TN-CS$.

Згідно з вимогами ПУЕ знову об'єднувати ці розділення провідники вже не можна.

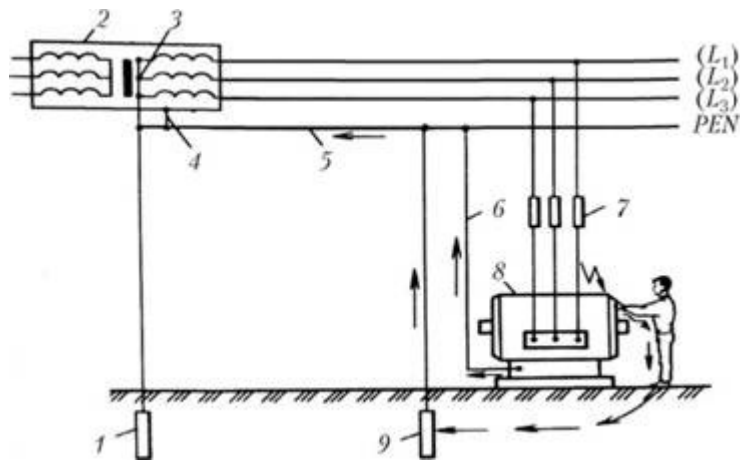


Рис. 8.2.2. Схема занулення (система TN-C):

1 - заземлювач нейтралі трансформатора; 2 - джерело струму (трансформатор); 3 - нейтраль джерела струму; 4 - занулення корпусу трансформатора; 5 - нульовий робочий (він же і нульовий захисний) провід мережі; 6 - нульовий захисний провід електроустановки; 7 - запобіжник; 8 - електроустановка; 9 - повторне заземлення нульового захисного проводу мережі; L_2 , L_3 - фазні дроти; **PEN** - нульовий робочий провідник і нульовий захисний провідник, суміщені в одному

Згідно ПУЕ не допускається використовувати як **PE** провідників:

- металеві оболонки ізоляційних трубок і трубчастих проводів, несучі троси при тросовій електропроводці, металорукава, а так само свинцеві оболонки проводів та кабелів;
- трубопроводи газопостачання та інші трубопроводи горючих і вибухонебезпечних речовин і сумішей, труби каналізації та центрального опалення;
- водопровідні труби при наявності в них ізолюючих вставок.

Захисна дія занулення заснована на зниженні до безпечної величини струму, що проходить через людину в момент торкання їм пошкодженої електроустановки, та подальшому відключенні цієї установки від мережі. Працює занулення наступним чином. При попаданні напруги на корпус занулення електроустановки 8 (рис. 8.2.2) велика частина струму з нього піде в

мережу через нульовий захисний провід 6. Через тіло людини по ланцюгу: корпус електроустановки 8 - людина - земля - заземлювальний пристрій 9 - нульовий робочий провід 5 піде незначний струм, що не викликає його поразки (зважаючи більш високого опору цього ланцюга в порівнянні з опором ланцюга через нульовий захисний провід 6). Одночасно з цим замикання на корпус фазного проводу при такій схемі захисту автоматично перетворюється на однофазне коротке замикання між фазним і нульовим робочим проводом 5 мережі, внаслідок чого через 0,2-7 з спрацьовує струмовий захист (перегорає запобіжник 7, вимикається автоматичний вимикач та ін.) і електроустановка, а разом з нею і людина, повністю обесточиваються. Таким чином, в початковий момент занулення працює аналогічно захисного заземлення, а в подальшому воно повністю припиняє дію струму на людину. Тільки при цьому струм, що проходить через тіло людини до спрацьовування захисту, буде в кілька разів менше, тому що опір зануляється провідника зазвичай не перевищує 0,3 Ом, а допустимий опір заземлювача - 4 Ом.

У занулених електроустановках до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю з метою надійного забезпечення автоматичного відключення аварійної ділянки провідність фазних і нульових захисних провідників та їхніх сполук повинна забезпечити струм короткого замикання, не менш ніж у три рази перевищує номінальний струм плавкого елемента найближчого запобіжника або автоматичного вимикача, що має розчіплювач з зворотнозалежною від струму характеристикою (тепловий розчіплювач), в 1,4 рази - для автоматичних вимикачів з електромагнітними розчіплювач з силою номінального струму до 100 А і в 1,25 рази - з величиною струму більш 100 А.

Нульовий захисний провід 5 мережі повинен забезпечувати надійне з'єднання корпусів електроустановок з нейтраллю джерела. Тому всі з'єднання виконують зварними. У ньому забороняється установка запобіжників і вимикачів (за винятком випадку одночасного відключення і фазних проводів).

Нульовий захисний провід 5 мережі заземлюють: у джерела струму за допомогою заземлювача **1**; на кінцях повітряних ліній (або відгалужень від них) довжиною понад 200 м; на вводах повітряної лінії до електроустановок. Повторні заземлення **9** необхідні для зменшення небезпеки ураження електричним струмом при обриві нульового проводу і замиканні фази на корпус електроустановки за місцем обриву, а також для зниження напруги на корпусі в момент спрацьовування струмового захисту. Згідно ПУЕ опір заземлювального пристрою, до якого приєднана нейтраль джерела струму, з урахуванням природних і повторних заземлювачів нульового проводу має бути не більше 2, 4 і 8 Ом відповідно при лінійних напругах джерела трифазного струму 660, 380 і 220 В. Опір кожного повторного заземлювача в окремо повинно бути не більше 15, 30 і 60 Ом відповідно при тих же напругах.

У мережі, де застосовують занулення, не можна заземлювати корпусу електроустановок без їх занулення, так як у випадку замикання фази на корпус заземленою, але не занулення електроустановки йод напругою опиняться всі корпуси інших занулених електроустановок. У той же час додаткове заземлення занулених електроустановок вельми корисно. Воно підвищує надійність заземлення нульового проводу.

Якщо в приміщенні знаходиться декілька електроустановок, то кожену з них заземлюють або зануляють, під'єднуючи до магістралі заземлення (занулення), що представляє собою металевий провідник перерізом не менше 100 мм² (наприклад, сталева смуга 40 х 4 мм), укріплений по периметру приміщення. Магістраль з'єднують з заземлювачем, або з нульовим захисним провідником (залежно від прийнятої системи захисту), або з тим і іншим одночасно.

Послідовне заземлення або занулення електроустановок (одна від іншої) не вирішується (рис. 8.2.3).

Заземлювачі з магістраллю занулення заземлення з'єднують не менше ніж двома провідниками, під'єднуючи їх до заземлювача в різних місцях.

Приєднання заземлюючих провідників до заземлювача і заземлювальним конструкціям виконують зварюванням, а до головного заземлюючого затискачу, корпусів апаратів, машин і опорам ЛЕП - болтовим з'єднанням (для забезпечення можливості виробництва вимірів) з прийняттям заходів проти ослаблення контакту і його корозії.

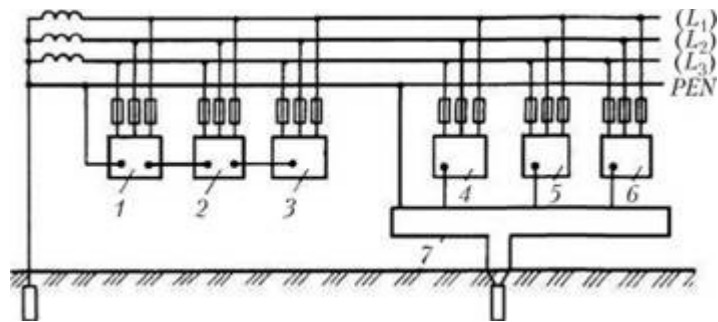


Рис. 8.2.3 Схема групового занулення електроустановок:

1, 4, 5 і 6 - правильне занулення електроустановки; 2 і 3 - неправильне занулення електроустановки; 7 - магістраль заземлення (занулення)

8.3. Практичний розрахунок

Розрахувати заземлюючий пристрій для нульової точки трансформатора потужністю 60 кВ*А і напругою 6/0,38 кВ у чотирьохпровідній трифазній мережі з глухозаземленою нейтраллю. Заземлювач виконати з сталевих труб діаметром 0.06 м, довжиною 2 м, з розміром сталевий з'єднувальній стрічки 40 х 4 мм, питомий опір ґрунту 20 Ом*м, кліматичний коефіцієнт ґрунту 1.4. Допустимий опір заземлюючого пристрою прийняти $R \leq 10$ Ом.

Значення питомого опору ґрунту:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho * \Psi = 20 * 1,4 = 28 \text{ Ом} * \text{м},$$

Ψ – коефіцієнт сезонності;

ρ – питомий опір ґрунту, Ом*м.

Значення опору розтікання струму вертикального заземлювача:

$$R_B = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 * \pi * l} * \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right)$$

$$= \frac{28}{2 * 3,14 * 2} * \left(\ln \frac{2 * 2}{0,06} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * 1,8 + 2}{4 * 1,8 - 2} \right) = 10,41 \text{ Ом},$$

де t – відстань від поверхні ґрунту до середини заземлювального електроду;

$$t = h_b + \frac{l}{2} = 0,8 + \frac{2}{2} = 1,8 \text{ м},$$

де h_b – глибина закладання заземлювачів, 0,8 м.

Визначимо кількість вертикальних заземлювачів, не враховуючи коефіцієнт використання:

$$n = \frac{R_B}{R_d} = \frac{10,41}{10} = 1,04 \approx 1.$$

З врахування коефіцієнта використання:

$$n_B = \frac{R_B}{R_d * \eta_B} = \frac{10,41}{10 * 0,85} = 1,22 \approx 1,$$

де η_B – коефіцієнт використання, для заземлювачів.

Довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача для одного вертикального електроду:

$$L_c = 1,05 * l_B = 1,05 * 2 = 2,1 \text{ м}.$$

Опір розтікання струму горизонтального заземлювача:

$$R_\Gamma = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 * \pi * l_c} * \ln \frac{L_c}{d * h_c} = \frac{28}{2 * 3,14 * 2,1} * \ln \frac{2,1}{0,143 * 0,8} = 6,18 \text{ Ом},$$

де h_c – глибина закладання заземлювачів;

d – еквівалентний діаметр смуги шириною $b = 0,15$ м, $d = 0,95 * b$.

Визначимо результуючий опір заземлюючого електроду:

$$R_3 = \frac{R_B * R_\Gamma}{R_B * \eta_c + R_\Gamma * \eta_B * n_B} = \frac{10,41 * 6,18}{10,41 * 0,85 + 6,18 * 0,85 * 1} = 4,56 \text{ Ом},$$

$$R_3 < R_d$$

$$4,56 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом.}$$

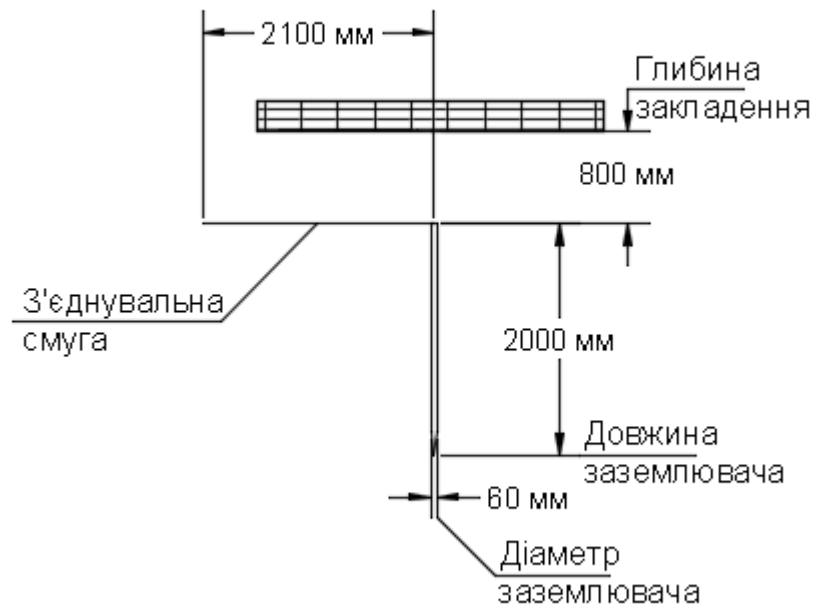


Рис.8.3.1 Заземлення

Список використаної літератури

1. Основи електроенергетики та електропостачання : Підручник. – 2 – ге вид., переоб., і доп. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 436 с.
2. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
3. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Черкаси: видавець Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
4. Споживачі електричної енергії. Електричне освітлення : навч. посіб. / О. І. Соловей, А. В. Чернявський, О. О. Ситник, В. Ф. Ткаченко, Г. В. Курбака ; за ред. Солов'я О. І. ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ФОП Гордієнко Є.І., 2018. – 132 с.
5. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств : навч. посіб. / В.Є.Шестеренко ; М-во освіти і науки України як, підруч. / В. Є. Шестеренко ; НУХТ. — Вінниця : Нова Книга, 2011. — 656 с.
6. Електро постачання промислових мереж : навч. посіб. / В.Є.Шестеренко, О.В. Шестеренко ; М-во освіти і науки України, як посібник до курсового та дипломного проекту, Київ 2013. – 424 с.

7. Системи електроспоживання: навч. посіб. / О.М.Сірий ;розрахування та вибір обладнання. Київ, 2011р.

8. . Методичні вказівки до виконання самостійних робіт студентів.: навч. посіб. / В.Є.Шестеренко Київ, УДУХТ. 1995р.