

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад.

І.С. Гулого

Кафедра _____ Електропостачання та енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту(декан факультету)

Завідувач кафедри

_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) прізвище та (ініціали)

_____ Сергій БАЛЮТА
(підпис) прізвище та ініціали

« ___ » _____ 2024 р.

« ___ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми « Електротехніка та інформаційні технології »
на тему: « Розробка системи електропостачання заводу по виробництву автомобільних комплектуючих» Дослідження регульованого електроприводу вентиляторної установки.

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ 5-8ск

_____ Горбенко Олександр Васильович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник ст. викладач Изволенський Ігор Євгенович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Грищенко А.Г _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Я, як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____

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»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехніка та інформаційні технології»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“_01_” _листопада_ 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Горбенко Олександр Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи електропостачання заводу по виробництву автомобільних комплектуючих» Дослідження регульованого електроприводу вентиляторної установки.

керівник роботи ст. викладач Изволенський Ігор Євгенович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 01.11.2023 року № 917 -кв

2. Строк подання здобувачем роботи 25.01.2024р.

3. Вихідні дані до роботи Опис підприємства і його розміри. Перелік обладнання і його потужність. Розташування технологічного обладнання в цеху. Освітлення цеху.

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

Вибір силових трансформаторів цеху. Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів. Вибір автоматичних вимикачів.

Розрахунок струмів КЗ. Розгляд питань охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Генеральний план з картограмою навантажень.

2. Однолінійна схема електричних з'єднань .

3. План освітлення цеху.

4. План-розріз трансформаторної підстанції.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| ОП | доц.Сірик А.О. | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 12.11.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Пор. № | Назва етапів проекту | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|--------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1 | Визначення потужності підприємства | 15.11.2023 р. | |
| 2 | Побудова картограми. | 23.11.2023 р | |
| 3 | Вибір трансформаторів ТП. | 30.11.2023 р | |
| 4 | Вибір трансформаторів ТП на основі ТЕР | 05 12.2023 р | |
| 5 | Розрахунок струмів короткого замикання | 12.12.2023 р | |
| 6 | Вибір електрообладнання | 20.12.2023 р | |
| 7 | Розрахунок електроосвітлення | 25.12.2023 р | |
| 8 | Релейний захист. | 04.01.2024 р | |
| 9 | Вибір компенсуючих пристроїв | 10.01.2024 р | |
| 10 | Випин відхилень напруги на роботу електроприймачів | 15.01.2024 р | |
| 11 | Охорона праці | 18.01.2024 р | |
| 12 | Оформлення графічної частини проекту | 21.01.2024 р. | |
| | Оформлення пояснювальної записки проекту | 25.01.2024 р. | |

Здобувач _____
(підпис)

Олександр ГОРБЕНКО

Керівник роботи _____

Ігор ІЗВОЛЕНСЬКИЙ

| | |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. | Технологія пошуку пошкоджень електрообладнання..... |
| 3.1. | Енергетична сутність проблеми..... |
| 3.2. | Комбінаційний метод пошуку пошкоджень..... |
| 3.3. | Послідовний метод..... |
| 3.4. | Евристичний метод..... |
| 3.5. | Можливий підхід до економічної оцінки провадження навчальних технологій пошуку місць пошкодження..... |
| 4. | Охорона праці..... |
| 4.1. | Техніка безпеки при обслуговуванні електрообладнання цеху..... |
| 4.2. | Розрахунок мережі занулення..... |
| 4.3. | Протипожежні заходи |
| 5. | Спецпитання..... |
| 6. | Література..... |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Передмова

В умовах незалежності і самостійності України гостро стоїть питання вибору оптимальних шляхів розвитку енергетичної галузі. Якщо не вживати рішучих заходів по стабілізації становища, економіку України може вразити глибока енергетична криза..

Що ж являє собою енергетичний комплекс України і які заходи забезпечать його нормальну життєдіяльність?

Електроенергетичний потенціал держави має такі складові частини:

- 35,2% - не ТЕС на органічному паливі;
- 50,5% - АЕС;
- 10.0% - ГЕС та ГАЕС;
- 4,3% - відомчі блок - станції різних міністерств і відомств, які працюють для задоволення власних потреб.

Можливості АЕС обмежені умовами ядерної безпеки, а частка ГЕС, і без того незначна, взимку зменшується через недостатню кількість гідроресурсів.

Сьогодні підприємства галузі відчують великі труднощі із забезпеченням ТЕС паливом внаслідок різкого скорочення постачання газу та нафтопродуктів. За таких умов графіки електричного і теплового навантажень базуватимуться тільки на наявному паливі, а енергопостачання буде переорієнтоване на житло, дитячі дошкільні заклади, школи, установи охорони здоров'я, які забезпечують життєдіяльність народу і держави.

Особлива увага приділяється електричним мережам. Це пояснюється як їх значною довжиною, так і відкритим розміщенням мереж, що в умовах зими значно ускладнює їх експлуатацію і призводить до збільшення кількості пошкоджень.

| | | | | | | | |
|-----------|------|----------------------|--------|------|--------------------------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 141 | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розробив | | <i>Горбенко О.В.</i> | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | <i>Ізволєнський</i> | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | Передмова ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8 | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М</i> | | | | | |

З урахуванням цих обставин крім обов'язкових регламентних робіт, які виконуються в період підготовки електричних мереж до зими, також розроблено організаційно -технічні заходи , пов'язані з проведенням аварійно - відновлювальних робіт під час ліквідації наслідків стихійних явищ.

Незважаючи на те, що 98% енергопідприємств галузі отримали прибуток в своїй фінансовій діяльності, їх фінансове становище було і є досить складним. Перед енергетиками постав ряд фінансових проблем, які пов'язані із зниженням платоспроможності споживачів за використану електроенергію. Відповідно зростає заборгованість Міненерго перед своїми партнерами. Фактично, енергетика, віддаючи свою продукцію в борг, кредитує всі інші галузі промисловості, на маючи змоги при цьому своєчасно розрахуватись за паливо, устаткування , запчастини, матеріали. Тому енергетичним об'єднанням і підприємствам, які займаються реалізацією енергії споживачам , необхідно докорінно перебудувати свою роботу з ними на правових засадах, які приймаються урядом дія нормалізації енергозабезпечення України.

Щоб поліпшити становище країни запроваджено жорсткий режим обмеження споживання і економії палива, електричної і теплової енергії на виробництві, в сфері обслуговування і побуті. За рахунок обмеження енергопостачання промисловим споживачам та повної зупинки найбільш енергомістких виробництв необхідно значно знизити загальне споживання електроенергії. Цей захід частково перекриває падіння темпів паливо забезпечення.

Значні резерви для економії електроенергії є у побуті. Кількість індивідуальних абонентів в Україні сягає 16 млн, населення щорічно споживає близько 25 млрд кВт*год електроенергії, що становить 12% від її загального споживання.

Мільярди кВт*год електроенергії і мільйони Гікакалорій тепла втрачаються через недосконалість техніки і технологій, немає ні законодавства, ні економічного механізму раціоналізації енерговикористання.

Основними напрямками зовнішньо-економічної діяльності об'єднань та підприємств галузі стало створення спільних підприємств із закордонними

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

партнерами. Прикладом успішно працюючих може бути підприємство „Wind - енерго”, створене ВАО „Крименерго” з американською компанією „Windpower”ти англійською фірмою „РНВ” по виготовленню на безвалютній основі вітрогенераторів та інші. Ведеться велика спільна робота з Світовим банком та Європейським банком реконструкції та розвитку по вивченню технічного стану ТЕС України, визначенню об’єктів та обсягів фінансування для їх реконструкції. Встановлено тісні зв’язки з національними енергокомпаніями Франції, Австрії, Німеччини, Канади.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. Загальні відомості про підприємство

1.1 Відомості про технологічні процеси

Підприємство спеціалізується з випуску металевих конструкцій для автомобільної промисловості, а також продукції побутового призначення. За характером технологічного процесу підприємство відноситься до складального виробництва, коли частина комплектуючих вузлів, що виготовляються на інших заводах, збираються, налагоджуються, випробовуються. На підприємстві використовуються ливарні технології, технології порошкової металургії та холодної обробки металів. В цілому за ступенем надійності електропостачання підприємство належить до II категорії.

Основне електрообладнання живиться напругою 380 В промислової частоти, умови приміщення - нормальні

1.2 Відомості про електричні навантаження

Дані про електричні характеристики технологічного обладнання механічного відділення інструментального цеху наведені в таблиці 1.1.

| | | | | | | | |
|-----------|------|----------------------|--------|------|-----------------------------------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 141 | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розробив | | <i>Горбенко О.В.</i> | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | <i>Ізволєнський</i> | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | Загальні відомості ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8 | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М</i> | | | | | |

Таблиця 1.1. Дані про технологічне обладнання механічного відділення інструментального цеху

| № на плані | Найменування ЕП | К-сть | P, кВт | K _B | cos φ | Тип |
|------------|--------------------------------------------------|-------|--------|----------------|-------|--------|
| 1 | Пилка ножовочна | 1 | 1,8 | 0,4 | 0,7 | 872М |
| 3 | Верстат для стругання пуансонів | 1 | 1,3 | 0,15 | 0,5 | 749 |
| 4 | Поперечно-стругальний верстат | 1 | 8,0 | 0,15 | 0,65 | 7М36 |
| 5,6 | Поперечно-стругальний верстат | 2 | 4,5 | 0,17 | 0,5 | 7В35 |
| 8 | Токарно-гвинторізний верстат | 1 | 10,0 | 0,15 | 0,65 | 1К62В |
| 9 | Токарно-гвинторізний верстат | 1 | 10,0 | 0,15 | 0,65 | 1К62 |
| 10 | Токарно-револьверний верстат | 1 | 3,4 | 0,17 | 0,5 | 1Н325 |
| 11 | Токарно-револьверний верстат | 1 | 14,0 | 0,17 | 0,65 | 1П365 |
| 12,13 | Токарно-затилочний напівавтомат | 2 | 6,5 | 0,2 | 0,6 | 1811 |
| 14,15 | Двосторонній центрувальний верстат | 2 | 0,6 | 0,17 | 0,5 | BC-150 |
| | Вентилятор | 1 | 1,7 | 0,6 | 0,65 | PC-6 |
| 73 | Верстат відрізний абразивний | 1 | 10,0 | 0,17 | 0,65 | МП-42 |
| 72 | Кругова ділильна машина | 1 | 0,27 | 0,2 | 0,65 | 972 |
| 71 | Універсальний ультразвуковий прошивочний верстат | 1 | 0,4 | 0,17 | 0,5 | 4770 |
| 70 | Універсальний копіювально-прошивочний верстат | 1 | 1,7 | 0,17 | 0,5 | 4В721 |
| 69 | Анодно-механічний відрізний верстат | 1 | 7,0 | 0,14 | 0,65 | 4820 |
| 68 | Ультразвуковий прошивочний верстат | 1 | 1,5 | 0,14 | 0,5 | 4А772 |
| 67,66 | Вертикально-свердлильний верстат | 2 | 4,3 | 0,14 | 0,5 | 2Н135 |
| 65 | Вертикально-свердлильний верстат | 1 | 2,9 | 0,14 | 0,5 | 2Н125 |
| 74 | Копіювально-фрезерний верстат | 4 | 0,27 | 0,14 | 0,5 | 6А643 |

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|-----|-----|-----------|-------|-------|-----|
| 20 | Їдальня | 300 | 0,9 | 0,85/0,62 | 0,008 | 3706 | II |
| 21 | Друкарня | 80 | 0,7 | 0,8/0,74 | 0,005 | 7624 | II |
| 22 | Термопластавтоматів | 960 | 0,8 | 0,8/0,74 | 0,005 | 4151 | II |
| 23 | КСК „Маяк” | 40 | 0,9 | 0,85/0,62 | 0,008 | 882 | III |
| 24 | Корпус порошкової металургії | 80 | 0,7 | 0,8/0,74 | 0,004 | 14082 | II |

Можливе джерело живлення підприємства підстанція „Західна” 110/10 кВ. потужність короткого замикання на шинах 110 кВ становить 100 МВА. На підстанції „Західна” встановлено два трансформатора типу ТДТНГ 20000/110.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

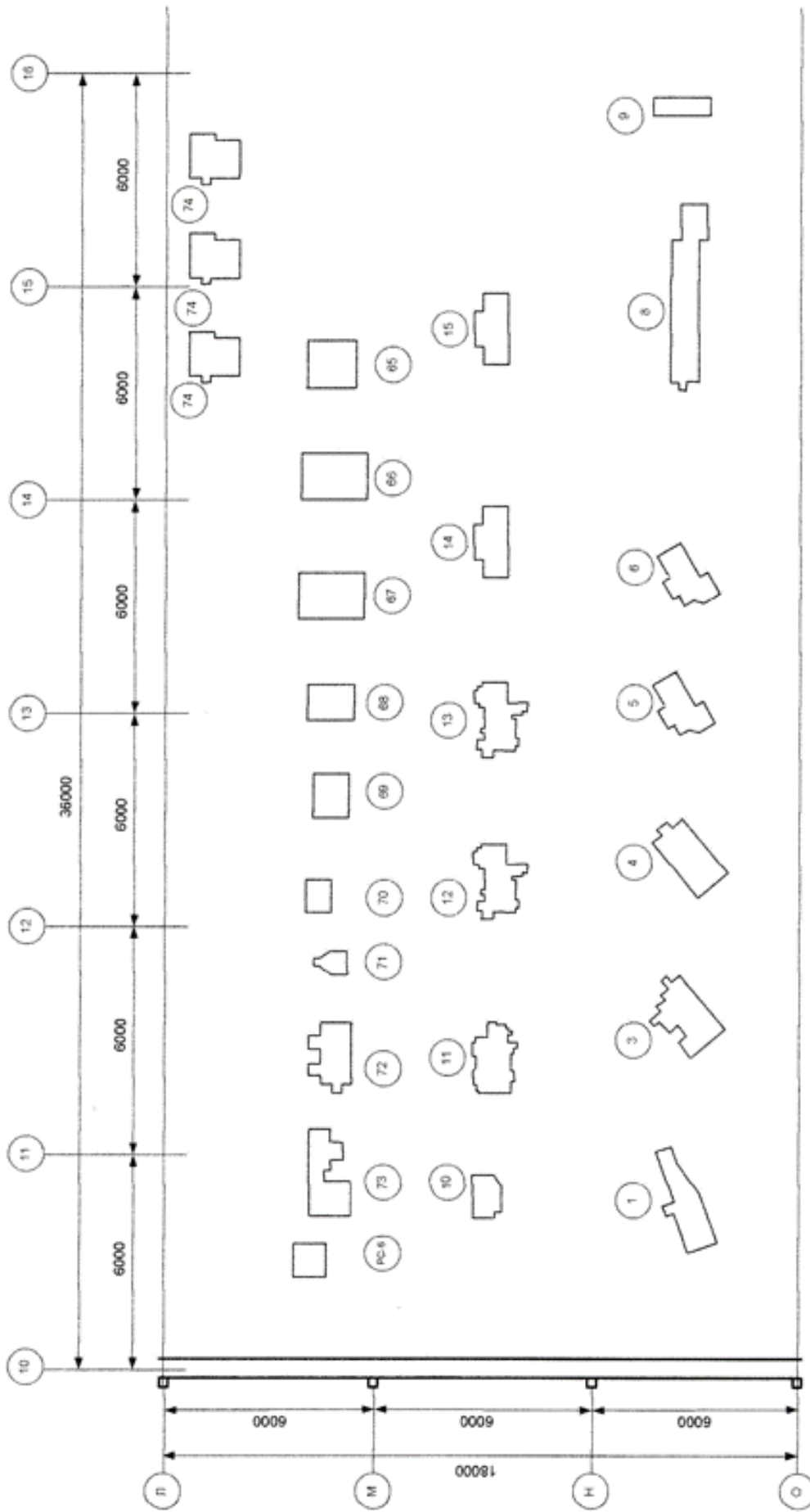


Рис. 1.1 Технологічне планування механічного відділення інструментального цеху

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| | | | | |

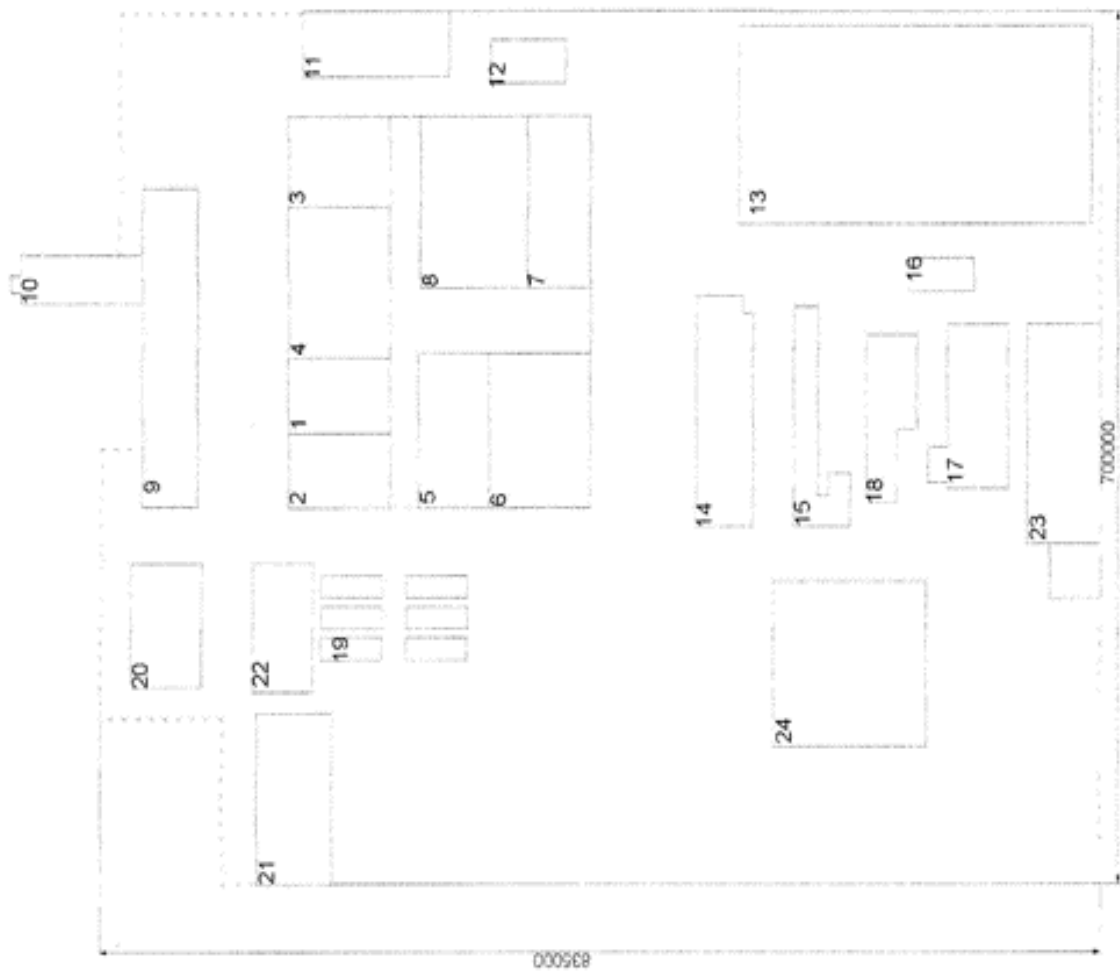


Рис. 1.2 Генплан підприємства

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДП 2024 141

Арк.

2. Аналіз системи електропостачання підприємства

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.1.1 Розрахунок електричних навантажень механічного відділення інструментального цеху підприємства

Для вибору потужності силових трансформаторів та розрахунку силових мереж виконаємо розрахунок навантажень ділянки інструментального цеху підприємства. Нормативні документи регламентують виконувати цей розрахунок за методикою методу упорядкованих діаграм. Розрахункове навантаження визначається за формулою:

$$P_p = K_m \cdot P_{cm} = K_m \cdot K_v \cdot P_n, \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

де P_{cm} - середньозмінне навантаження робочих електроприймачів за найбільш завантаженою зміну, кВт;

P_n - сумарна номінальна активна потужність робочих електроприймачів, кВт;

K_v - коефіцієнт використання активної потужності;

K_m - коефіцієнт максимуму активної потужності.

Коефіцієнт максимуму активної потужності визначається по таблиці [11] в залежності від величини групового коефіцієнту використання та ефективного числа електроприймачів, що розраховується за формулою:

$$n_e = \frac{[\sum_n P_n]^2}{\sum_n P_n^2}. \quad (2.2)$$

В групі з п'яти та більше приймачів n_e допускається рахувати рівним фактичному при величині співвідношення.

$$m = \frac{P_{n \max}}{P_{n \min}} \leq 3, \quad (2.3)$$

| | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 141 | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розробив | | Горбенко О.В. | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | Изволеньський | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | Аналіз системи електропостачання ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8 | | |
| Затвердив | | Балюта С.М | | | | | |

Таблиця 2.1 Розрахунок електричних навантажень механічного відділення інструментального цеху

| Вузли живлення та гр. спож. | Кількість споживачів | Встановлена потужність приведена до ПВ=100%, кВт | | m | K _в | cosφ / tgφ | Середнє навантаження за макс. звантаж.змін | | n _т | K _ш | Максимальне навантаження | | | | I _р |
|----------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------|---------|----|----------------|------------|--------------------------------------------|------------------------|----------------|----------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|------|----------------|
| | | одно-го | загална | | | | Р _{ср} , кВт | Q _{ср} , квар | | | Р _р , кВт | Q _р , квар | S _р , кВА | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| Лінія №1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.Ножовочна пилка 872М | 1 | 1,8 | 1,8 | | 0,4 | 0,7/1,02 | 0,72 | 0,73 | | | | | | | |
| 3.Верстат для стругання пуансонів 749 | 1 | 1,3 | 1,3 | | 0,15 | 0,5/1,73 | 0,2 | 0,34 | | | | | | | |
| 4.Вертикально-стругальний верстат 7М36 | 1 | 8,0 | 8,0 | | 0,15 | 0,65/1,17 | 1,2 | 1,4 | | | | | | | |
| 5,6.Поперечно-стругальний верстат 7В35 | 2 | 4,5 | 9,0 | | 0,17 | 0,5/1,73 | 1,5 | 2,6 | | | | | | | |
| 8.Токарно-гвинторізний верстат універсальний ІК62В | 1 | 10,0 | 10 | | 0,15 | 0,65/1,17 | 1,5 | 1,8 | | | | | | | |
| 9.Токарно-гвинторізний верстат універсальний ІК62 | 1 | 10,0 | 10 | >3 | 0,15 | 0,65/1,17 | 1,5 | 1,8 | | | | | | | |
| Всього по лінії №1 | 7 | | 40,1 | | 0,17 | | 6,62 | 8,67 | 7 | 2,4 | 15,9 | 9,5 | 18,5 | 26,8 | |
| Лінія №2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10.Токарно-револьверний верстат | 1 | 3,4 | 3,4 | | 0,17 | 0,5/1,73 | 0,6 | 1,0 | | | | | | | |
| 11.Токарно-револьверний верстат | 1 | 14,0 | 14,0 | | 0,17 | 0,65/1,17 | 2,4 | 2,8 | | | | | | | |

Продовження табл. 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----------------------------------------------------|----|------|------|------|----------|-----------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 2,13.Токарно-заттиловочний напівавтомат | 2 | 6,5 | 13,0 | 0,2 | 0,6/1,33 | 2,6 | 3,5 | | | | | | | |
| 14,15. Двосторонній центральний верстат | 2 | 0,6 | 1,2 | 0,17 | 0,5/1,73 | 0,2 | 0,35 | | | | | | | |
| Всього по лінії №2 | 6 | | 31,6 | 0,18 | | 5,8 | 11,45 | 5 | 2,6 | 15,0 | 12,6 | 19,6 | | |
| Лінія №3 | | | | | | | | | | | | | | |
| Вентилятор | 1 | 1,7 | 1,7 | | 0,6 | 0,65/1,17 | 1,02 | 1,2 | | | | | | |
| 73.Верстат відрізний абразивний | 1 | 10,0 | 10,0 | | 0,17 | 0,65/1,17 | 1,7 | 2,0 | | | | | | |
| 72.Кругова ділильна машина | 1 | 0,27 | 0,27 | | 0,2 | 0,65/1,17 | 0,05 | 0,06 | | | | | | |
| 71.Універсальний ультразвуковий прошивочний верстат | 1 | 0,4 | 0,4 | | 0,17 | 0,5/1,73 | 0,07 | 0,12 | | | | | | |
| 70.Універсальний копіювально-прошивочний верстат | 1 | 1,7 | 1,7 | | 0,17 | 0,5/1,73 | 0,3 | 0,5 | | | | | | |
| 69.Анодно-механічний відрізний верстат | 1 | 7,0 | 7,0 | | 0,14 | 0,65/1,17 | 0,98 | 1,2 | | | | | | |
| 68.Ультразвуковий прошивочний верстат | 1 | 1,5 | 1,5 | | 0,14 | 0,5/1,73 | 0,2 | 0,4 | | | | | | |
| 67,66.Вертикально-свердильний верстат | 2 | 4,3 | 8,6 | | 0,14 | 0,5/1,73 | 1,2 | 2,0 | | | | | | |
| 65.Вертикально-свердильний верстат | 1 | 2,9 | 2,9 | | 0,14 | 0,5/1,73 | 0,4 | 0,7 | | | | | | |
| 74.Копіювально-фрезерний верстат | 4 | 0,27 | 1,08 | | 0,14 | 0,5/1,73 | 0,15 | 0,26 | | | | | | |
| Всього по лінії №3 | 14 | | 35,2 | | 0,17 | | 6,07 | 8,5 | 7 | 2,4 | 14,6 | 9,4 | 17,3 | 25,0 |
| Щиток освітлення | 1 | | | | | | | | | | 2,75 | 0 | | |
| Всього по дільниці цеху | 27 | | | | | | | | | | 48,3 | 31,5 | 57,7 | 83,3 |

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

ДП 2024

141

Арк.

2.1.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Для вибору потужності живлячих трансформаторів, їх кількості, ступеню завантаження, перевірки струмопровідних частин за умовою нагрівання та втрати напруги виконується розрахунок електричних навантажень по підприємству в цілому.

Розрахунок проводимо методом коефіцієнту попиту для силового навантаження та методом питомих потужностей для освітлювального навантаження [8].

Суть методу полягає в тому, що розрахункове навантаження для групи однорідних за режимом роботи споживачів визначається за виразами:

$$P_p = K_c * P_{\text{уст}} \quad (2.7)$$

$$Q_p = P_p * \text{tg}\varphi; \quad (2.8)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (2.9)$$

де P_p , Q_p , S_p - відповідно активна, реактивна і повна розрахункові потужності об'єкту.

Необхідні дані для виконання розрахунку, що характеризують роботу електроспоживачів, знаходяться в таблиці 1.2. Розрахункове навантаження по підприємству в цілому визначається як сума навантажень окремих цехів

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{\left(\sum_1^n P_{pi}\right)^2 + \left(\sum_1^n Q_{pi}\right)^2} * K_{pм}, \quad (2.10)$$

де $K_{pм}$ - коефіцієнт різночасності максимумів навантаження окремих груп споживачів: приймається дія даного виробництва рівним -0,9.

Виконаємо розрахунок максимального навантаження для механічного цеху.

Розрахункова потужність силового навантаження:

$$P_p = P_{\text{уст}} * K_c = 200 * 0,8 = 160 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p * \text{tg}\varphi = 160 * 0,74 = 118,4 \text{ квар.}$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Врахуємо потужність освітлювального навантаження

$$P_{po} = K_{co} \omega_{пит} * F, \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

де $\omega_{пит}$ - питома потужність освітлювального навантаження, кВт/м²;

F - площа приміщення, м²;

K_{co} - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження, $K_{co} = 0,7 - 0,9$.

$$P_{po} = 0,85 * 0,005 * 6094 = 25,9 \text{ кВт.}$$

Повне розрахункове навантаження механічного цеху

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{po})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(160 + 25,9)^2 + 118,4^2} = 220,4 \text{ кВА.}$$

Результати аналогічних розрахунків по іншим виробничим підрозділам наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Розрахунок електричних навантажень підприємства

| № поз | Найменування цеху | $P_{вст}$ | K_p | $\cos \varphi, \text{ tg } \varphi$ | $P_{розр}, \text{ кВт}$ | $Q_{розр}, \text{ квар}$ | $S_{розр}$ |
|-------|---------------------------------------|-----------|-------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------|
| 1 | Механічним | 200 | 0,8 | 0,8/0,74 | 160 | 118,4 | 199 |
| 2 | Заготівельний | 200 | 0,8 | 0,8/0,74 | 160 | 118,4 | 199 |
| 3 | Ковальсько-штамповочний | 300 | 0,7 | 0,7/1,02 | 210 | 214,2 | 300 |
| 4 | Зварювальний | 500 | 0,6 | 0,7/1,02 | 300 | 306 | 482,5 |
| 5 | Намоточний | 900 | 0,6 | 0,8/0,74 | 480 | 355,2 | 597,2 |
| 6 | Сталеалюмінієвого лиття | 1100 | 0,6 | 0,85/0,62 | 660 | 409,2 | 776,6 |
| 7 | Інструментальний | 360 | 0,7 | 0,8/0,74 | 252 | 186,5 | 313,5 |
| 8 | Лакофарбових і гальванічних покриттів | 800 | 0,6 | 0,85/0,62 | 480 | 297,6 | 564,8 |
| 9 | Збирально-монтажний | 210 | 0,8 | 0,8/0,74 | 168 | 124,3 | 209 |
| 10 | Адмінкорпус | 70 | 0,9 | 0,9/0,48 | 63 | 30,2 | 69,9 |
| 11 | Ремонтно-механічний | 280 | 0,6 | 0,8/0,74 | 168 | 124,3 | 209 |
| 12 | Очисні споруди | 150 | 0,8 | 0,85/0,62 | 120 | 74,4 | 141,2 |

Арк.

ДП 2024 141

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|------|-----|-----------|------|-------|--------|
| 13 | Субабоненти | 1050 | 0,8 | 0,8/0,74 | 840 | 621,6 | 1045 |
| 14 | Печатних плат | 260 | 0,8 | 0,85/0,62 | 208 | 129 | 244,7 |
| 15 | Відділ випробувань | 180 | 0,7 | 0,8/0,74 | 126 | 93,2 | 156,7 |
| 16 | Будівельно-монтажний | 50 | 0,6 | 0,7/1,02 | 30 | 30,6 | 42,9 |
| 17 | Нестандартного обладнання | 200 | 0,6 | 0,8/0,74 | 120 | 88,8 | 149,3 |
| 18 | Тарно-пакувальний | 40 | 0,6 | 0,7/1,02 | 24 | 24,5 | 34,3 |
| 19 | Склади ОМТС | 60 | 0,6 | 0,8/0,74 | 36 | 26,6 | 44,8 |
| 20 | Ідальня | 300 | 0,9 | 0,85/0,62 | 270 | 167,4 | 317,7 |
| 21 | Друкарня | 80 | 0,7 | 0,8/0,74 | 56 | 41,5 | 69,7 |
| 22 | Термопластавтоматів | 960 | 0,8 | 0,8/0,74 | 768 | 568,3 | 955,4 |
| 23 | КСК „Маяк” | 40 | 0,9 | 0,85/0,62 | 36 | 22,3 | 42,4 |
| 24 | Корпус порошкової металургії | 80 | 0,7 | 0,8/0,74 | 56 | 41,5 | 69,7 |
| | Разом | | | | 5791 | 4214 | 7161,9 |

Розрахуємо навантаження по підприємству з урахуванням освітлювального навантаження. Результати розрахунку зведені до табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Розрахунок повного навантаження по підприємству

| № поз | Найменування цеху | $P_{розр}$, кВт | $\omega_{лит}$, кВт/м ² | F , м ² | $P_{ро}$, кВт | $P_{розр} + P_{ро}$, кВт | $Q_{розр}$, квар | $S_{розр}$, кВА |
|-------|-------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------|---------------------------|-------------------|------------------|
| 1 | Механічний | 160 | 0,005 | 6094 | 25,9 | 185,9 | 118,4 | 220 |
| 2 | Заготівельний | 160 | 0,005 | 6094 | 25,9 | 185,9 | 118,4 | 220 |
| 3 | Ковальсько-штамповочний | 210 | 0,005 | 6094 | 25,9 | 235,9 | 228,5 | 328,4 |
| 4 | Зварювальний | 300 | 0,003 | 8894 | 22,7 | 322,7 | 333 | 463,7 |
| 5 | Намоточний | 480 | 0,006 | 8470 | 43,2 | 523,2 | 426,3 | 674,9 |
| 6 | Сталеалюмінієвого лиття | 660 | 0,006 | 12198 | 62,2 | 722,2 | 476,2 | 865 |
| 7 | Інструментальний | 252 | 0,005 | 6353 | 27 | 279 | 198,9 | 342,6 |

| | | | | | |
|----|------------------------------|-------|------|------|-------|
| 11 | Ремонтно-механічний | 190 | 22 | 3,5 | 41,7 |
| 12 | Очисні споруди | 124,9 | 4,9 | 2,8 | 14,2 |
| 13 | Субабоненти | 840 | | | |
| 14 | Печатних плат | 238,4 | 30,4 | 3,9 | 45,9 |
| 15 | Відділ випробувань | 144,9 | 18,9 | 3,0 | 47 |
| 16 | Будівельно-монтажний | 32,7 | 2,7 | 1,44 | 29,7 |
| 17 | Нестандартного обладнання | 140 | 20 | 3,0 | 51,4 |
| 18 | Тарно-пакувальний | 33,9 | 9,9 | 1,5 | 105,2 |
| 19 | Склади ОМТС | 43,8 | 7,8 | 1,7 | 64,1 |
| 20 | Їдальня | 295,2 | 25,2 | 4,3 | 31,0 |
| 21 | Друкарня | 88,4 | 32,4 | 2,4 | 131,9 |
| 22 | Термопластавтоматів | 785,6 | 17,6 | 7,0 | 8,0 |
| 23 | КСК „Маяк” | 42 | 6 | 1,6 | 51,6 |
| 24 | Корпус порошкової металургії | 103,9 | 47,9 | 2,6 | 166 |

Розрахунок картограми навантажень виконано при $m = 5 \text{ кВт/см}^2$.

2.2.2 Вибір та розміщення цехових ТП

Потужність і число цехових ТП істотно впливають на техніко-економічні показники як заводської, так і цехових мереж. Встановлено, що при виборі вирішальним є вплив цехових мереж.

На основі експериментальних досліджень обґрунтовано, що номінальну потужність цехових ТП доцільно вибирати за питомою густиною навантаження на 1 м^2 площі цеху. Причому, при $S_{\text{птг}} < 0.4 \text{ кВА/м}^2$ більш раціональним є використання однієї трансформаторної ТП. Інтервали економічних потужностей трансформаторів:

$$S_{\text{н тр}} = 630,1000 \text{ кВА при } S_{\text{птг}} < 0.2 \text{ кВА/м}^2;$$

$$1600 \text{ кВА при } S_{\text{птг}} = 0.2 - 0.3 \text{ кВА/м}^2;$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

2500 кВА при $S_{\min} = 0,3 - 0,4$ кВА/м².

При визначенні числа і потужності трансформаторів цехових ТГІ враховують:

1. Надійність електропостачання.
2. Доцільність уніфікації підстанцій, що забезпечить можливість використання меншого числа резервних трансформаторів.

Визначимо середнє питоге навантаження на 1 м² площі підприємства

$$S_{\text{шт}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{6973,4}{167731} = 0,042 \text{ кВА/м}^2.$$

Отже слід вибрати трансформаторні підстанції з потужністю трансформаторів 630, 1000 кВА. Зважаючи на наявність споживачів II категорії за надійністю електропостачання підстанції проектуємо двотрансформаторними. Розглянемо два варіанти.

При $S_{\text{ном.тр}} = 630$ кВА число ТП

$$N = \frac{S_{\max}}{S_{\text{ек}} \cdot K_3} = \frac{6973,4}{2 \cdot 630 \cdot 0,7} \approx 8,$$

- де K_3 , - коефіцієнт завантаження трансформатора. При переважанні споживачів II та III категорії приймається рівним 0,7 - 0,8.

При $S_{\text{ном.тр}} = 1000$ кВА число ТП

$$N = \frac{S_{\max}}{S_{\text{ек}} \cdot K_3} = \frac{6973,4}{2 \cdot 1000 \cdot 0,7} \approx 5.$$

Для остаточного вибору потрібно провести техніко-економічні розрахунки. При цьому необхідно зіставляти приведені витрати як цехових, так і заводських електромереж. Такий аналіз є надзвичайно складним, тому з точки зору економії корисних виробничих площ, зручності в експлуатації та забезпечення взаємозамінності зупинимось на варіанті з меншою кількістю підстанцій.

Отже для електропостачання підприємства вибрано 5 внутрішньоцехових типових підстанцій з встановленою потужністю трансформаторів 1000 кВА.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Розташування цих ТП визначимо, врахувавши центри електричних навантажень груп виробничих підрозділів, що доцільно від них жити. Для цього виконаємо компоновку споживачів по ТП і аналогічно наведеним вище розрахункам вирахуємо координати ЦЛІ для окремих цехових ТП. Результати розрахунку зведені до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. Визначення навантажень цехових ТП

| Назва об'єкту | $P_p + P_{осв.}$ кВт | $X, см$ | $Y, см$ | $Q, квар$ | $S_p, кВА$ | $K_{тр}$ |
|-------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-----------|------------|----------|
| ТП -1 | | | | | | |
| 5. Намоточний цех | 523,2 | 365 | 540 | 426,3 | | |
| 6. Цех сталелегатурного лиття | 721,2 | 365 | 470 | 476,2 | | |
| Всього по ТП №1 | 1244,4 | $X_{ц}=365$ | $Y_{ц}=499$ | 902,5 | 1537,2 | 0,77 |
| ТП-2 | | | | | | |
| 19. Склади ОМПС | 43,8 | 215 | 590 | 26,6 | | |
| 20. Ідальня | 295,2 | 210 | 780 | 167,4 | | |
| 21. Типографія | 88,4 | 70 | 675 | 41,5 | | |
| 22. Цех термопластавтоматів | 785,6 | 205 | 685 | 568,3 | | |
| Всього по ТП №2 | 1213 | $X_{ц}=197$ | $Y_{ц}=704$ | 803,8 | 1455,2 | 0,72 |
| ТП-3 | | | | | | |
| 1. Механічний цех | 185,9 | 400 | 635 | 118,4 | | |
| 2. Заготівельний цех | 185,9 | 330 | 635 | 118,4 | | |
| 3. Ковальсько-штампов. цех | 235,9 | 575 | 635 | 228,5 | | |
| 4. Зварювальний цех | 322,7 | 485 | 635 | 333 | | |
| 9. Збирально-монтажний цех | 211 | 430 | 775 | 170,5 | | |
| 10. Адмінкорпус | 217 | 485 | 850 | 27,6 | | |
| Всього по ТП №3 | 1358,4 | $X_{ц}=459$ | $Y_{ц}=691$ | 996,4 | 1684,7 | 0,84 |
| ТП -4 | | | | | | |
| 7. Інструментальний цех | 279 | 550 | 445 | 198,9 | | |

єдиний доцільний варіант - живлення ЦРП двома кабельними лініями за радіальною схемою. Вибір кабельних ліній обумовлений тим, що вони проходять по території міста і є найбільш доцільними.

Радіальні схеми використовують в тих випадках, коли навантаження розміщені в різних напрямках від джерела живлення для споживачів 1,11, 111 категорій.

Переріз кожної з кабельних ліній вибирається відповідно до наступних вимог:

1. Найменший переріз кабелю за умовою нагрівання найбільшим розрахунковим струмом визначається за формулою:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p \text{ max}} \quad (2.15)$$

2. Найменший переріз кабелів 10 кВ за умовою нагрівання при роботі з перевантаженням визначається для тих ліній, які у випадку аварії на підстанції можуть бути тимчасово перевантаженими. При цьому повинна виконуватись умова:

$$K_{\text{п}} I_{\text{доп}} \geq I_{p \text{ max}} \quad (2.16)$$

де $K_{\text{п}}$ припустима кратність перевантаження, приймається за табл. 3,2 [4]
 $K_{\text{п}} = 1,25$.

3. Перевірка термічної стійкості кабелю визначається шляхом визначення найменшого термічностійкого перерізу:

$$S_{\text{min}} = \frac{I_{\infty} * \sqrt{t_{\text{ф}}}}{C} \quad (2.17)$$

де I_{∞} - сталий струм КЗ, А;

$t_{\text{ф}}$ - фіктивний час, С;

$C = 88$ для кабелів з алюмінієвими жилами і паперовою ізоляцією.

4. За економічною щільністю струму і тривалістю використання максимуму навантаження:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_p}{j_{\text{ек}}}, \text{ мм}^2, \quad (2.18)$$

$$\text{де } I_p = \frac{S_p}{2 * \sqrt{3} * U_H} = \frac{6973,4}{2 * \sqrt{3} * 10} = 201,5 \text{ А};$$

$$S_{\text{ек}} = \frac{201,5}{1,4} = 144 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо 2 трижильних кабелі з паперовою ізоляцією ААБ(3* 150) з $I_{\text{доп}} = 275 \text{ А}$. Перевіримо вибраний переріз за наведеними вище умовами.

$275 \geq 201,5$ умова виконується;

$$I_{p \text{ max}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{6973,4}{\sqrt{3} * 10} = 403 \text{ А},$$

$1,35 * 275 < 403$ - ця умова вибору не виконується, тому виберемо кабель ААБ(3* 185) з $I_{\text{доп}} = 310 \text{ А}$

$310 > 201,5$ умова виконується;

$1,35 * 310 > 403$ - умова виконується.

Таким чином, остаточно для живлення ЦРП прийнято 2 кабелі ААБ(3*185). Перевірку вибраного перерізу на термічну дію струмів КЗ виконаємо після відповідних розрахунків.

2.3.2. Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП

2.3.2.1. Розрахунок струмів КЗ

Коротке замикання, як правило, супроводжується збільшенням струмів у пошкоджених фазах, значно перевищуючих номінальні значення.

Проходження струмів КЗ призводить до збільшення втрат електроенергії в провідниках, контактах, що викликає їх підвищене нагрівання.

Нагрівання в свою чергу прискорює старіння ізоляції, її пошкодження, викликає зварювання та вигоряння контактів, втрату механічної міцності шин

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

та проводів. Тому провідники та апарати повинні без пошкоджень переносити нагрівання струмами короткого замикання, бути термічно стійкими.

Протікання струмів короткого замикання супроводжується також електродинамічними зусиллями між провідниками. Якщо не прийняти запобіжних заходів, під дією цих зусиль струмопровідні частини та їх ізоляція можуть зруйнуватись. Для запобігання цих руйнувань необхідно визначити величину струму короткого замикання та характер його зміни в часі.

Для спрощення практичних розрахунків струмів короткого замикання прийнято не враховувати ряд факторів, які можуть існувати, але не можуть визначально впливати на величину струмів КЗ та їх фазного співвідношення. Як правило, не враховується перехідний опір в місці КЗ і всі пошкодження розглядаються як металеві КЗ двох або трьох фаз або КЗ однієї фази на землю.

Опори всіх трьох фаз трансформаторів, ліній та інших елементів мережі вважаються однаковими. Не враховуються струми намагнічування трансформаторів. Вважається, що при будь-яких КЗ в мережі НН напруга мережі на стороні ВН трансформатора залишається незмінною.

Дія такого розрахунку складається розрахункова схема. Живляча система до шин ВН підстанції позначається своїм повним або індуктивним опором. Якщо точка КЗ віддалена від генеруючих джерел, можна вважати, що така гілка живиться від джерела необмеженої потужності. Струм КЗ приймається незатухаючим. [6,7]

$$I_k = I = I_{0,2} = I_{\infty}. \quad (2.19)$$

Дія вибору електрообладнання 10 кВ обмежимося результатами розрахунку трифазного короткого замикання на шинах ЦРП підприємства, адже струми короткого замикання в інших вузлах мережі 10 кВ будуть дещо меншими.

Електрична схема та схема заміщення для розрахунку струмів КЗ мають вигляд рис. 2.1

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Потужність короткого замикання на шинах 10 кВ системної підстанції складає $S'' = 100$ МВА. Трансформаторна підстанція живиться двома кабельними лініями ААБ(3*І85) довжиною 0.85 км. (довжина траси кабельної лінії за планом).

Розрахунок параметрів опорів схеми заміщення виконаємо при базисних умовах: $U_6 = 10,5$ кВ: $S_6 = 100$ МВА.

Обчислення параметрів виконаємо у відносних базисних одиницях за формулами точного приведення.

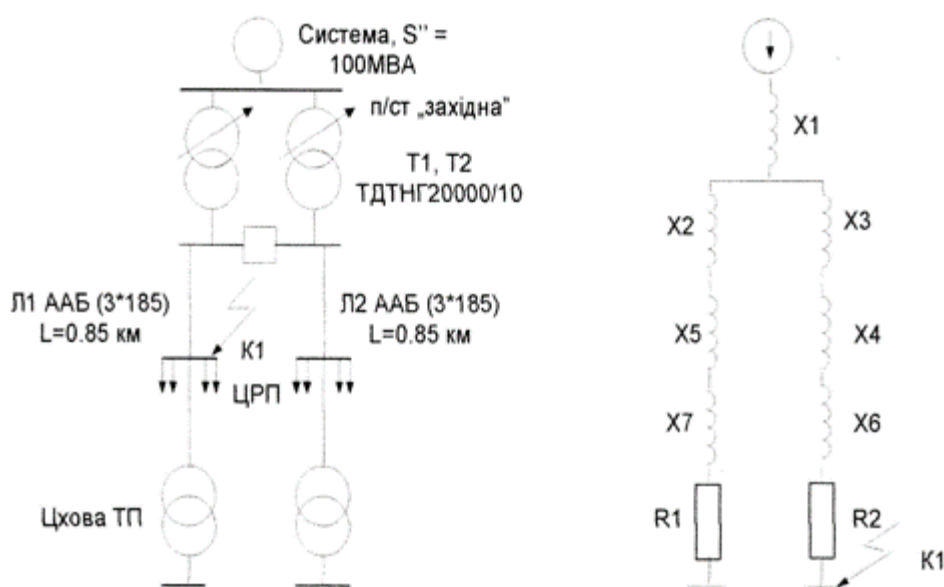


Рис 2.1. Однолінійна схема та схема заміщення для розрахунку струму короткого замикання

$$X_1 = \frac{S_6}{S''} = \frac{100}{100} = 1; \quad (2.20)$$

$$X_2 = X_3 = \frac{e_k S_6}{100 S_H} = \frac{11,6 * 100}{100 * 20} = 0,58; \quad (2.21)$$

$$X_4=X_5=X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_6^2}, \quad (2.22)$$

де X_0 - питомий реактивний опір кабельної лінії, Ом /км;

L - довжина кабельної лінії;

$$X_4=X_5=0,07 \cdot 0,85 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,053;$$

$$R_1=R_2=R_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_n^2};$$

де R_0 - питомий активний опір кабельної лінії, Ом/км

$$R_1=R_2=0,179 \cdot 0,85 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,14;$$

Визначимо сумарний опір, яким обмежується струм короткого замикання в точці K_1

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2} = \sqrt{0,14^2 + (1 + 0,58 + 0,053)^2} = 1,64.$$

Струм короткого замикання в даному випадку не змінюється в часі. Тому діюче значення струму КЗ визначиться таким чином:

$$I_*'' = \frac{1}{Z_{\Sigma}} = \frac{1}{1,64} = 0,61. \quad (2.23)$$

Те ж в іменованих одиницях, приведених до напруги 10 кВ

$$\vec{I} = I_*'' \cdot I_6 = 0,61 \cdot \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 3,35 \text{ кА.}$$

Миттєве значення ударного струму:

$$I_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot \vec{I}; \quad (2.24)$$

де K_y -ударний коефіцієнт, K_y залежить від $\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}$. При $\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{1,633}{0,14} = 11,66$

$$K_y = 1,75,$$

$$i_y = 1,75 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,35 = 8,29 \text{ кА.}$$

Потужність короткого замикання:

$$S_k = \sqrt{3} U_{cn} \cdot \vec{I} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 3,35 = 60,85 \text{ МВА.}$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

2.3.2.2 Вибір електрообладнання 10 кВ ЦРП та перевірка живильних кабелів

Враховуючи вимоги надійності електропостачання на ЦРП встановлюються камери КРУ з вакуумними вимикачами серії ВВ/TEL. Вакуумні вимикачі серії ВВ/TEL встановлюються на живлячих лініях і на лініях, що відходять.

Вибір вакуумних вимикачів виконаємо у табличній формі.

Таблиця 2.7. Вибір вакуумних вимикачів серії ВВ/TEL

| № | Умови вибору | Довідникові дані | Розрахункові дані |
|---|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | $U_{н.дов} \geq U_{н.розр}$ (кВ) | 10 | 10 |
| 2 | $I_{н.дов} \geq I_{р.мах2}$ (А) | 1600 | 247 |
| 3 | $i_{пр.св.} \geq i_{уд}$ (кА) | 32 | 8,29 |
| 4 | $I^2_{12} \cdot t_{12} \geq I^2_{\infty} \cdot t_{пр2}$ (кА ² ·с) | $12,5^2 \cdot 3 = 468,8$ | $3,35^2 \cdot 4 = 44,89$ |
| 5 | $I_{откл} \geq I''_2$ (кА) | 32 | 3,35 |

$$\text{де } I_{р.мах} = \frac{S_{рмах}}{\sqrt{3} * 2 * U_{н}} = \frac{6973,4}{\sqrt{3} * 2 * 10} = 247 \text{ А.}$$

Перевірка термічної стійкості кабелю визначається шляхом визначення найменшого термічно стійкого перерізу :

$$S_{min} = \frac{I_{\infty} * \sqrt{t_{\phi}}}{C}, \quad (2.25)$$

де I_{∞} - сталий струм КЗ, А;

t_{ϕ} - фіктивний час, С;

$C = 88$ для кабелів з алюмінієвими жилами і паперовою ізоляцією.

$$S_{min} = \frac{3350 * \sqrt{4}}{88} = 76,1 \text{ мм}^2,$$

Таким чином, вибраний кабель термічно стійкий до струмів короткого замикання.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

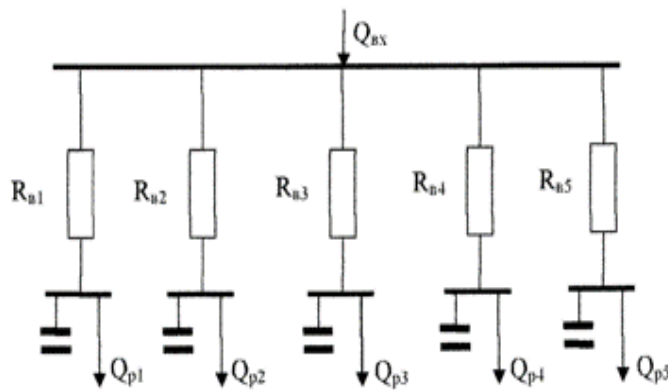


Рис. 2.2 Схема заміщення розподільної мережі

Розрахуємо еквівалентний опір, виходячи із перерізів кабелів та довжин ліній, а також опорів трансформаторів. Питомий опір кабелю ААБ(3*95), яким живляться всі цехові підстанції підприємства, - 0,35 Ом/км. Довжини кабелю від ЦРП підприємства до відповідної цехової підстанції у відповідності до плану електричних мереж підприємства (лист 1 графічної частини проекту) та їх опори:

ЦРП-ТП1: - $L=0,025$ км; $R_{л1}=0,009$ Ом;

ЦРП-ТП2: - $L=0,525$ км; $R_{л2}=0,184$ Ом;

ЦРП-ТП3: - $L=0,275$ км; $R_{л3}=0,096$ Ом;

ЦРП-ТП4: - $L=0,075$ км; $R_{л4}=0,026$ Ом;

ЦРП-ТП5: - $L=0,5$ км; $R_{л5}=0,175$ Ом.

Опори трансформаторів ТМ 1000/10, приведені до напруги 10 кВ:

$$R_T = \Delta P_K \left(\frac{U_6}{S_H} \right)^2 = 12,2 \left(\frac{10,5}{1000} \right)^2 = 1,34 \text{ Ом} \quad (2.28)$$

Еквівалентні опори розподільної мережі :

$$R_{e1} = 0,009 + 1,34 = 1,349 \text{ Ом};$$

$$R_{e2} = 0,184 + 1,34 = 1,52 \text{ Ом};$$

$$R_{e3} = 0,096 + 1,34 = 1,436 \text{ Ом};$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

$$Q_{\text{БКЗ}} = 996,4 - 80,0 = 916,4 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{БК4}} = 962,8 - 84,2 = 878,6 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{БК5}} = 829,3 - 75,9 = 753,4 \text{ квар};$$

Виберемо комплектну конденсаторну установку серії ККУ-0,4-

На КТП 1:

ККУ-0,4-390/13-30-21 УЗ потужністю 390 квар в кількості 2 шт (по одній на кожну секцію збірних шин КТП) Кожна установка маг по 13 секцій керування по 30 квар. Загальна потужність встановлених батарей становить: 780 квар.

На КТП 2:

ККУ-0,4-360/12-30-21 УЗ потужністю 360 квар в кількості 2 шт (по одній на кожну секцію збірних шин) Кожна установка маг по 12 секцій керування по 30 квар. Загальна потужність встановлених батарей становить: 720 квар.

На КТП 3:

ККУ-0,4-300/12-25-21 УЗ потужністю 300 квар в кількості 4 шт (по дві на кожну секцію збірних шин) Кожна установка маг по 12 секцій керування по 25 квар. Загальна потужність встановлених батарей становить: 900 квар.

На КТП4:

ККУ-0,4-200/10-20-2УЗ потужністю 200 квар в кількості 4 шт (по дві на кожну секцію збірних шин) Кожна установка мас по 10 секцій керування по 20 квар. Загальна потужність встановлених батарей становить: 800 квар.

На КТП:

ККУ-0,4-150/8-10-21 УЗ потужністю 150 квар в кількості 2 шт (по одній на кожну секцію збірних шин) Кожна установка мас по 8 секцій керування по 10 квар. та ККУ-0,4-200/10-20-21 УЗ потужністю 200 квар в кількості 2 шт (по одній на кожну секцію збірних шин). Кожна установка мас по 10 секцій керування по 20 квар. Загальна потужність встановлених батарей становить: 700 квар.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Наявність секцій керування КУ дозволить здійснювати керування в залежності від споживання реактивних навантажень по підприємству.

Конденсаторні установки даного типу комплектуються автоматичними мікропроцесорними регуляторами реактивної потужності. Регулятор передбачає два режими управління реактивною потужністю - ручний і автоматичний.

За допомогою ручного режиму здійснюється довільне керування потужністю КУ.

В автоматичному режимі виконується регулювання потужності установки в функції поточного значення $\cos \varphi$.

Регулятор допускає попереднє мультипрограмування експлуатаційних параметрів (чутливість, діюче значення $\cos \varphi$, час реакції, код управління - при необхідності і т. і.)

Установки споряджаються пристроями захисту при:

- коливаннях живлячої напруги;
- струмовому перевантаженні;
- появі струмів вищих гармонік.

Можливі комбінації перерахованих захистів.

Установки захищені від перегрівання, мають термін гарантії 1 рік.

За результатами прийнятих рішень перевіримо завантаження вибраних Трансформаторів.

Коефіцієнт завантаження трансформаторів КТП1 у нормальному режимі:

$$K_{3,н} = \frac{S_p}{2S_n} = \frac{\sqrt{1244^2 + (902,5 - 780)^2}}{2 * 1000} = 0,625;$$

Де S_n = номінальна потужність трансформатора.

Коефіцієнт завантаження у після аварійному режимі (при виході з ладу одного з трансформаторів)

$$K_{3,пав} = \frac{S_p}{S_n} = \frac{\sqrt{1244^2 + (902,5 - 780)^2}}{1000} = 1,25.$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Вторинне навантаження трансформатора напруги становить:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{33^2 + 34^2} = 47,38 \text{ ВА,}$$

що менше допустимого 120 ВА, то трансформатор буде працювати в заданому класі точності.

Для захисту трансформатора від коротких замикань встановлюємо з боку 10 кВ запобіжники типу ПКТ-10 з граничним струмом відключення 50 кА.

2.4. Розрахунок системи електропостачання цеху

2.4.1. Вибір схеми цехової мережі

Враховуючи розміщення технологічного обладнання на плані цеху, доцільно використати магістральну схему електропостачання споживачів з використанням модульної мережі, рис 2.3. Використанню модульної мережі сприяє той факт, що технологічне обладнання механічного відділення інструментального цеху достатньо рівномірно розміщене по території цеху і має відносно невелику одиничну потужність. Модульна мережа дозволяє змінювати технологічне планування без реконструкції електричної мережі, що є важливим в сучасних ринкових умовах.

Назва модульних мереж пов'язана з тим, що на їх лініях на певних відстанях один від одного - на модулях - в підлозі підготовлені місця для приєднання силових електроспоживачів. Відстань між місцями приєднань зазвичай не перевищує 2 - 3 м.

В підлозі в трубах прокладаються ізольовані проводи ліній розподільної силової мережі і до цих проводів в коробках, прикріплених до труб, приєднують відгалужувальні зажими. До них в подальшому можуть приєднуватись розподільні пристрої - колонки на 2, 4 або 6 відгалужені. До проводів однієї лінії зазвичай приєднують зажими 4-8 коробок.

Цехова розподільна мережа, що спроектована, буде економічною, тому що виконана магістральною, зручною в експлуатації та в монтажі, який можна виконувати індустріальним способом.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

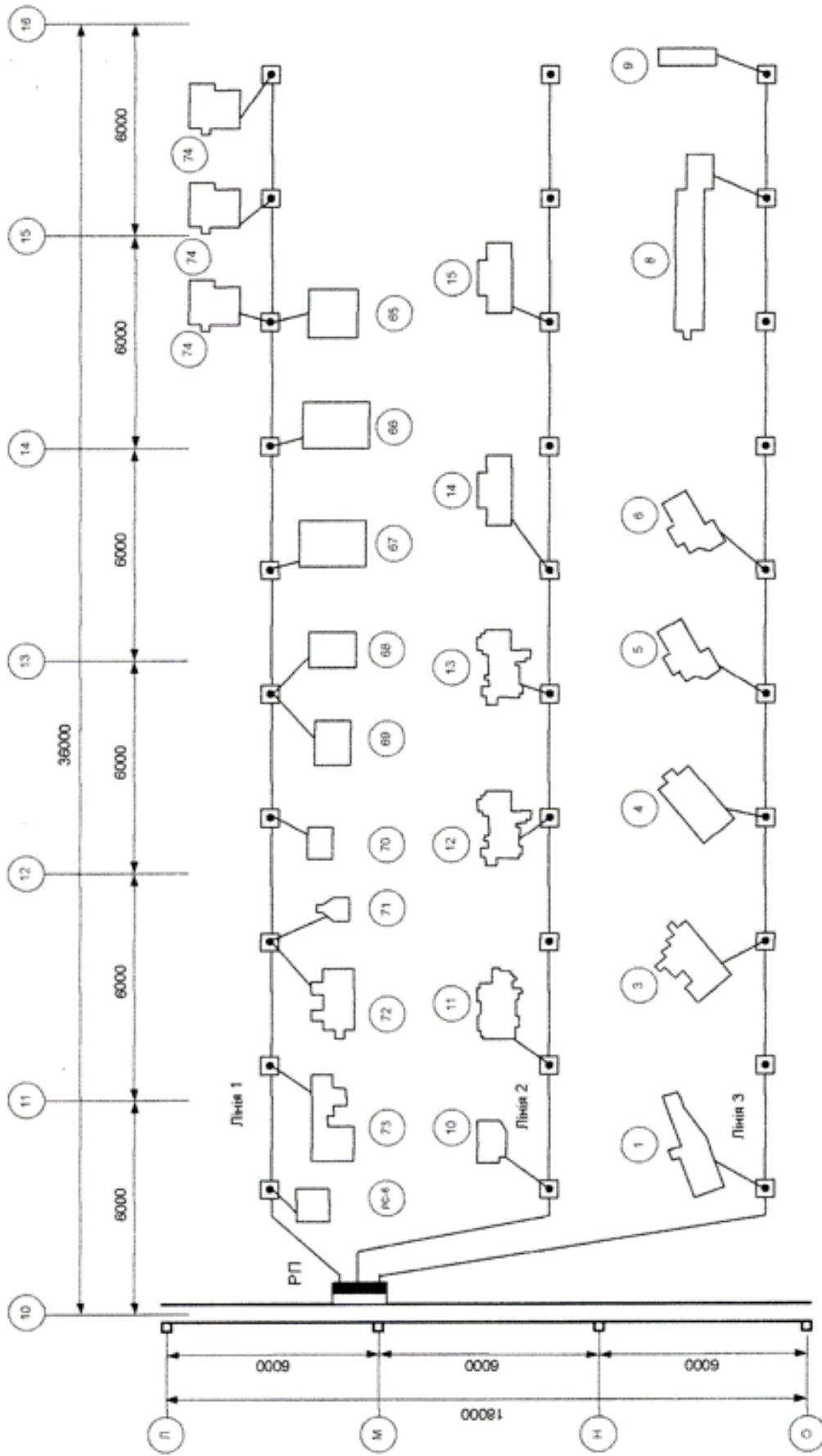


Рис. 2.3. Схема електропостачання механічного відділення інструментального цеху

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|

Під'єднання силових споживачів до модульної мережі здійснюється проводом АПВ, прокладеним в металевих тонкостінних трубах.

Вибір розмірів труб для прокладки в них проводів визначається їх кількістю та перерізом, а також конфігурацією трубопроводу. Для спрощення монтажу мережі, економії провідників та труб підключення технологічного обладнання до лінії виконаємо по можливості прямими лініями.

Розрахуємо силову мережу цеху у відповідності до вимог ПУЕ (1), згідно з якими мережі даного класу напруги повинні розраховуватися за умовою нагрівання та по допустимій втраті напруги.

Розрахунок по допустимій втраті напруги забезпечує умови роботи електроприймачів близькі до номінальних, а по допустимому нагріванню - нормальні умови роботи ізоляції. Для вибору провідника по допустимому нагріванню необхідно визначити величину розрахункового струму лінії, а потім, в залежності від ізоляції провідника, вибирати за таблицею переріз.

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_n}, \quad (2.30)$$

де K_n - коефіцієнт умов прокладки проводу; $K_n=1$;

I_p - розрахунковий струм;

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_n}; \quad S_p = \frac{P_n}{\cos\varphi}. \quad (2.31)$$

Для живлення окремих споживачів ділянки приймемо до встановлення провід АПВ. для живлення ліній теж провід АПВ, що значно здешевить схему електропостачання цеху. Результати розрахунку провідників магістральних ділянок зведені до табл. 2.13.

Таблиця 2.13 Вибір провідників магістральної мережі ділянки цеху

| Ділянка мережі | S_p , кВА | I_p , А | Переріз та марка провідника | $I_{\text{доп}}$, А |
|----------------|----------------|--------------|--------------------------------|-------------------------|
| №1 | 18,5 | 26,8 | АПВ4(1*6) | 30 |
| №2 | 19,6 | 28,3 | АПВ4(1*6) | 30 |

| | | | | |
|----------------------------------------|------|------|-------------|----|
| 69.Анодно-механічний відрізний верстат | 10,7 | 16,4 | АПВ4(1*6) | 30 |
| 68.Ультразвуковий прошивочний верстат | 3,0 | 0,45 | АПВ4(1*2,5) | 19 |
| 67,66.Вертикально-свердлильний верстат | 8,6 | 13,8 | АПВ4(1*2,5) | 19 |
| 65.Вертикально-свердлильний верстат | 5,8 | 8,82 | АПВ4(1*2,5) | 19 |
| 74.Копіювально-фрезерний верстат | 5,4 | 8,21 | АПВ4(1*2,5) | 19 |

Вибрані провідники у відповідності до вимог ПУЕ перевіримо за допустимими втратами напруги.

Величина втрати напруги на ділянці мережі перерізом .4 визначається за формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_p * r_0 * l * \cos\varphi, \quad (2.32)$$

де I_p - розрахунковий струм ділянки, А;

r_0 - питомий опір провідника, Ом/км;

l - довжина провідника, км: $\cos(\varphi)$ - коефіцієнт потужності.

Відхилення напруги в процентах визначається за виразом:

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_n} * 100\%. \quad (2.33)$$

Розрахуємо ділянку мережі від РП до найбільш віддаленого модуля лінії 1 :

$$\Delta U = \sqrt{3} * 26,8 * 5,5 * 0,03 * 0,85 = 6,5, \text{ В,}$$

$$\text{де } \cos\varphi = \frac{P_{\text{розр}}}{S_{\text{розр}}} = \frac{15,9}{18,5} = 0,85.$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{6,5}{380} * 100 = 1,71\%.$$

Подальші розрахунки зведені до табл. 2.15.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

3. Технологія пошуку пошкоджень електрообладнання

3.1. Енергетична сутність проблеми

Необхідність своєчасного знаходження та усунення дефектів важко переоцінити, так як чим досконаліше та продуктивніше електрообладнання, тим більші економічні збитки від нього простою або нераціонального використання навіть в короткі проміжки часу. Іноді в паспортах на електрообладнання наводяться переліки можливих дефектів. їх причини та способи усунення.

Але іншим можливим шляхом для пошуку пошкоджень є логічно послідовна технологія, яка передбачає використання спеціальних та універсальних технічних засобів. Володіючи такою технологією в поєднанні із знанням рекомендацій технічного паспорта електрообладнання з причин можливих пошкоджень можна швидко знайти пошкодження.

В залежності від послідовності виконання технологічних переходів і правил переходу від одного до іншого відрізняють такі методи пошуку пошкоджень - комбінаційний, послідовний та евристичний.

3.2. Комбінаційний метод пошуку пошкоджень

Комбінаційний метод пошуку пошкоджень полягає в тому, що після встановлення факту існування пошкодження виконують в довільній послідовності технологічні переходи, мета яких - визначення параметрів (характеристик) електрообладнання або його елементів. Метод характеризується тим, що результати виконання попередніх технологічних переходів не впливають на виконання наступних. Потім проаналізувавши результати виконання всіх переходів, визначають причину дефекту.

| | | | | | | | |
|-----------|------|----------------------|--------|------|---------------------------------------------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 141 | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розробив | | <i>Горбенко О.В.</i> | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | <i>Ізволєнський</i> | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | Технологія пошуку пошкоджень ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8 | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М</i> | | | | | |

вигляді додаткових елементів або включають їх в склад тих, що виділені раніше.

При використанні такої моделі пошук пошкоджень полягає в тому, що об'єкт контролю справне тоді, коли справні всі його елементи. Тому при пошуку пошкодження доводиться виконувати крім першого переходу, яким був встановлено факт існування пошкодження, ще стільки переходів, скільки елементів в моделі.

Використання більш складної моделі об'єкта контролю, що враховує реальні зв'язки між елементами і їх взаємовплив, дозволяють зменшити кількість необхідних для пошуку дефектів перевірок.

Модель, в якій враховані зв'язки, характерна тим, що справність елемента, який перевіряється, стає залежною не тільки від його стану, але від стану всіх тих елементів, які називаються попередніми, сигнали від яких поступають на вхід того, що перевіряється. При перевірці елемента, який зв'язний з попередніми, можна отримати чотири результату. Перший відповідає допустимому значенню вхідного сигналу і справному значенню вхідного сигналу та справному стану елемента контролю. В цьому випадку параметр контролю має допустиме значення. В трьох інших випадках, що відповідають або недопустимому значенню вхідного сигналу, або несправності об'єкту контролю, або тому та іншому одночасно, контрольований параметр має недопустиме значення.

Таким чином, елемент, що перевіряється справний, якщо при перевірці значення контрольованого параметру допустиме. Але зворотне твердження про те, що при недопустимим значенні контрольованого параметру елемент, що перевіряється справний, неправильне, оскільки причиною несправності може бути несправність попередніх елементів. Використовуючи такий підхід, можна знизити складність пошуку пошкодження, розділивши об'єкт, що розглядається, на окремі блоки, справність яких перевіряють при контролі вихідного об'єкта.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

3.3. Послідовний метод

При послідовному методі пошуку пошкодження результат кожного технологічного переходу аналізується і за його результатом або вважають, що причина пошкодження знайдена, або приймають рішення про необхідність виконання наступного технологічного переходу. Порядок виконання переходів при цьому методі пошуку може бути фіксованим та визначеним попередньо, так і умовою, яка залежить від результатів виконання попередніх переходів.

Приклад 2. Послідовний метод пошуку пошкодження за моделлю контролю. Для пошуку пошкодження в системі пуску асинхронного двигуна, рис. 3.2, скористаємось моделлю, рис. 3.3, яка являє собою об'єкт контролю у вигляді 9 послідовно з'єднаних блоків. Це можливо тому, що відмова будь-якого із блоків приводить до відмови всього об'єкту контролю.

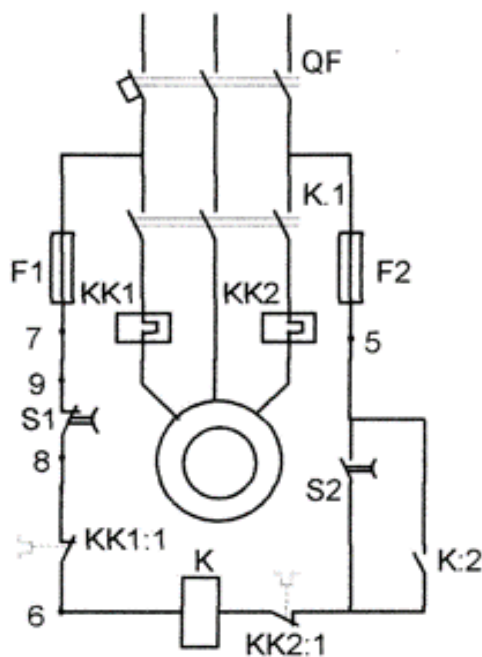


Рис.3.2. Схема прямого пуску асинхронного електродвигуна

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

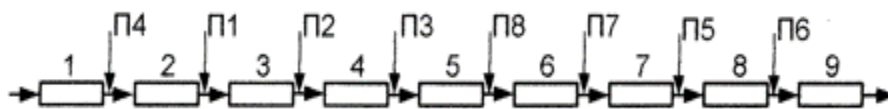


Рис. 3.3 Модель системи пуску асинхронного електродвигуна

В блок 1 входить автоматичний вимикач QF в блок 2 - запобіжники F1 та F2, в блок 3 - контакт кнопки S1, в блок 4 - контакти кнопки S2 та контактора К, в блок 5 - контакти КК1:1 та КК2:1 теплових реле, в блок 6 - котушка контактора К, головні контакти якого входять в блок 7, в блоки 8 і 9 - відповідно головні кола електротеплових реле КК1 та КК2 і електродвигун М.

Нехай пошкодження проявляється в тому, що після запуску кнопкою SB2 та деякого часу роботи двигун М зупиняється. Спроби запуску його знову кнопкою S2 результату не дають.

Для пошуку пошкодження виконаємо першу перевірку П1 на виході блока 2, тобто після перевірки запобіжників F1, F2, що відповідає наявності напруги між точками 5 та 7 схеми, рис. 3.2. При наявності напруги між цими точками можна стверджувати, що справним є не тільки блок 2, але і блок 1, оскільки напруга поступає на точки контролю через контакти QF.

Другу перевірку П2 виконаємо на вході блока 3, тобто після запобіжника F2 та контакту кнопки S2, що відповідає зміні напруги між точками 5-8 схеми. Нехай вольтметр показує відсутність напруги, тобто контрольований параметр має недопустиме значення. Т. я. перевірка П1 виконувалась на вході блока 3, а перевірка П2 - на його виході, то можна стверджувати, що причина пошкодження - обрив в колі кнопки S1. Послідовність перевірок показана на рис. 3.4, а.

Приклад 3. Вплив місця знаходження пошкодження на послідовність перевірок. Нехай при пошуку пошкодження в результаті перевірки П1 вольтметр покаже відсутність напруги в вузлах 5 - 7. Це свідчить про те, що один із блоків 1 та 2 несправний. Перевіримо блок 2 за вхідним сигналом

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

(перевірка П4), тобто за наявності або відсутності напруги після автомата ОР. При наявності напруги в точках контролю справний блок 1 та несправний блок 2, а при відсутності його несправний блок 1, а справний блок 2. Послідовність цих перевірок приведена на рис. 3.4, б.

Для випадку, коли необхідно здійснити перевірку всіх блоків, логічна послідовність їх виконання приведена на рис. 3.4, в.

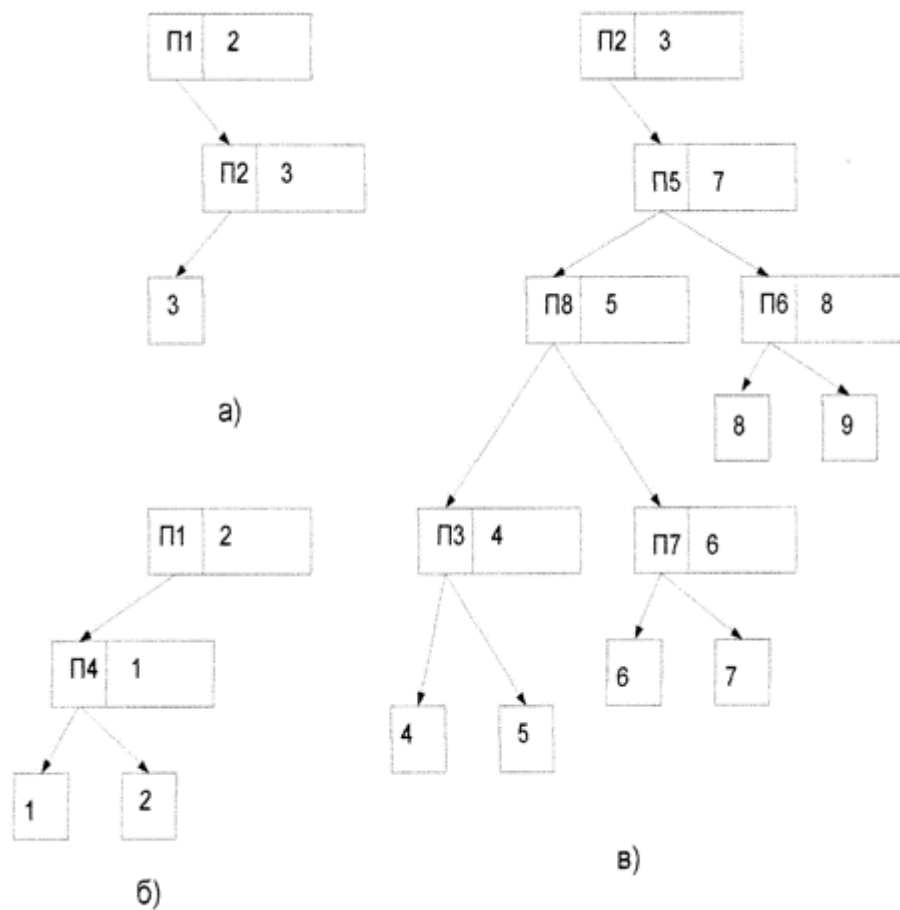


Рис. 3.4. Послідовність виконання та результати перевірок при визначенні пошкодженого елемента схеми пуску АД

3.4. Евристичний метод

Евристичний метод пошуку пошкоджень на відміну від поширених не дає жорстких та обов'язкових правил виконання технологічних переходів і не потребує попереднього складання переліку всіх можливих дефектів в об'єкті контролю та розробки складних моделей. За своєю сутністю евристичний метод можна назвати методом гіпотез, т. я. пошук пошкодження починають, висуваючи гіпотезу про можливі пошкодження. При отриманні результатів виконання тих або інших переходів висуваються уточнюючі гіпотези при причині дефекту., які також перевіряють і так чинять до знаходження пошкодження. Можливий алгоритм для процесу знаходження пошкодження за евристичним методом зображений на рис. 3.5.

Наведена послідовність хоча і не дає повної гарантії швидкого знаходження пошкодження за наперед визначене число перевірок, але суттєво підвищує ймовірність того, що пошкодження буде знайдено. Такий алгоритм робить пошук пошкодження цілеспрямованим і суттєво підвищує ефективність дій.

Всі дії та результати, які отримані при виконанні тих або інших технологічних переходів, необхідно оцінювати критично. Якщо результат виконання того або іншого переходу викликає сумнів, то його необхідно повторити. Будь-який результат, отриманий після виконання переходу, можна використати лише при повній впевненості в його достовірності. Якщо відразу не вдається висунути абсолютно правильну гіпотезу, не можна вважати, що час на перевірку непідтвердженої гіпотези втрачено даремно. Результати перевірки, що заперечують гіпотезу, точно також наближають до істини тому, що обмежують коло несправних елементів і, як наслідок, уточнюють інформацію про причину пошкодження.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

3.5. Можливий підхід до економічної оцінки впровадження навчальних технологій пошуку місць пошкодження

Обслуговуючий та ремонтний електроперсонал повинен володіти технікою швидкого пошуку пошкоджень електрообладнання та електричних мереж. Наявність таких навичок зменшує сумарний час усунення простоїв технологічного обладнання (час простою складається із часу, необхідного для пошуку пошкодження та часу на його усунення). Відключення електричних мереж та простій технологічного обладнання супроводжується недовипуском основної продукції, і як наслідок збитками для підприємства. Практичне використання навичок обслуговуючого електроперсоналу, які дозволяють швидко знайти пошкодження, дозволять зменшити рівень цих збитків.

Для чисельної оцінки цих збитків можна скористатись методами математичної статистики. Для цього на підставі статистичного матеріалу визначити найбільш ймовірний час (математичне очікування), необхідний для знаходження пошкодження електроперсоналом до проведення навчань з даного $T^{\text{до}}$ год та відповідний час після такого навчання – $T^{\text{після}}$, год.

Маючи статистику із частоти пошкоджень електрообладнання, наприклад, протягом року - та питомих збитків для підприємства за годину простою - ДЗ, грн./год, можна розрахувати сумарну річну величину збитків, що мали місце до та після проведених навчань:

$$Z_{\Sigma}^{\text{до}} = T_{\text{п}}^{\text{до}} \times N \times \Delta Z, \text{ грн./рік};$$

$$Z_{\Sigma}^{\text{після}} = T_{\text{п}}^{\text{після}} \times N \times \Delta Z, \text{ грн./рік}.$$

Величину річного економічного ефекту - E можна визначити таким чином:

$$E = Z_{\Sigma}^{\text{до}} - Z_{\Sigma}^{\text{після}}, \text{ грн./рік}.$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Економічна ефективність даного заходу може бути оціненою шляхом порівняння цього економічного ефекту із капіталовкладеннями - К, наприклад, в створення автоматизованої системи навчання, де будуть комп'ютерні тренажери із набування досвіду в пошуках пошкодження в електричних мережах та електрообладнанні. Для цього можна порахувати термін окупності капітальних вкладень -Т:

$$T = \frac{K}{E}, \text{ років}$$

Такі тренажери мають розроблятися з врахуванням виробничих умов конкретного виробництва (із врахуванням того електрообладнання, схем електричних мереж, що використовуються).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4. Охорона праці

1. Техніка безпеки при обслуговуванні електрообладнання цеху

На кожному верстаті, що знаходиться в приміщенні цеху, необхідно зазначити його інвентарний номер. Біля верстата або групи верстатів необхідно вивісити список працівників, які мають право виконувати роботу' на ньому або на них, а також табличку із зазначенням посадової особи зі складу спеціалістів, яка відповідає за утримання у справному стані верстатного обладнання в цеху (на ділянці) та за його безпечну експлуатацію.

На робочому місці біля верстата необхідно вивісити інструкцію з охорони праці, в якій повинні зазначатись вимоги щодо безпечного виконання робіт.

Органи ручного керування обладнання та верстатів необхідно виконати і розмістити так, щоб користування ними було зручним, не призводило до затиснення та нашттовхування руки на інші органи керування та частини верстата і щоб повністю унеможлилювалась випадкова дія на ці органи.

Не дозволяється працювати на несправних верстатах та обладнанні, а також на верстатах з несправними або незакріпленими засобами захисту.

Струмівідні частини обладнання повинні бути: або ізольовані, або обгороджені, або розміщені у місцях, недоступних для дотику до них.

Металеві частини обладнання, які можуть внаслідок пошкодження ізоляції потрапити під напругу, необхідно заземлити (занудити) відповідно до вимог "Правил устроюства електроустановок".

Стаціонарні верстати необхідно устанавлювати на міцних фундаментах або підмурках, ретельно вивіряти, надійно закріплювати та фарбувати відповідно до вимог ГОСТ 12.4.026.

| | | | | | | | |
|-----------|------|----------------------|--------|------|---------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| | | | | | ДП 2024 141 | | |
| | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Охорона праці Літ. Арк. Аркушів ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8 | | |
| Розробив | | <i>Горбенко О.В.</i> | | | | | |
| Перевірив | | <i>Ізволеньський</i> | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М</i> | | | | | |

Щойно установлене обладнання (верстати) або обладнання після капітального ремонту необхідно вводити в роботу тільки після прийняття його комісією і складання відповідного акту, який повинен затверджувати.

Внутрішні поверхні дверцят, що закривають рухомі травмонебезпечні елементи верстатів (наприклад, шестерні, шківни), до яких періодично необхідний доступ для налагоджування, замінювання пасів та ін., необхідно фарбувати у жовтий колір.

Якщо зазначені рухомі елементи закривають знімними захисними загородженнями (кришками, кожухами), то фарбуванню у жовтий колір підлягають повністю або частково звернені до них поверхні рухомих елементів або суміжні з ними нерухомі деталі, які закривають огороженнями.

Із зовнішнього боку огорожень необхідно нанести застережний знак безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026 (рівносторонній трикутник жовтого кольору вершиною догори з чорною облямівкою і чорним знаком оклику всередині). Під цим знаком безпеки необхідно встановлювати табличку згідно з ГОСТ 12.4.026 з пояснювальним написом "У разі увімкненого верстата не відкривати!".

Верстати та обладнання необхідно забезпечити пристроями (екранами) — для запобігання небезпеки травмування верстатника і тих, хто перебуває поблизу верстата стружкою, що відлітає, та змащувально-охолоджувальною рідиною. Ці пристрої (екрани) також не повинні допускати забруднення підлоги стружкою та рідиною. У разі неможливості, згідно з технічними умовами, застосування захисних пристроїв під час виконання робіт необхідно користуватись захисними окулярами або щитками.

Захисні пристрої повинні бути надійно закріплені, — щоб унеможливилось їхнє самовідкривання. Пристрої, що підтримують огороження у відкритому положенні, повинні надійно утримувати його у такому положенні'. Оброблювані на верстатах заготовки або деталі необхідно міцно та надійно закріплювати. Верстати, у разі технічної необхідності, повинні оснащуватись згідно з ГОСТ 12.2.009 індивідуальним підймальним пристроєм — для

| | | | | | | | | | |
|-----|------|-----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № док.ум. | Підпис | Дата | | | | | |

установлювання заготовок масою більше 8 кг, а також інструментів та пристосувань масою більше 20 кг. Підймальний пристрій повинен утримувати вантаж у будь-якому положенні, навіть у разі несподіваного припинення подавання електроенергії, мастила та повітря. Для установлення заготовок масою більше 25 кг необхідно застосовувати внутрішньоцехові підймальні засоби.

Ширина цехових проходів та проїздів, відстань між металорізальними верстатами та елементами будівель повинна встановлюватись залежно від обладнання, що застосовується, транспортних засобів, оброблюваних заготовок, матеріалів та відповідно до вимог норм технологічного проектування.

Електрообладнання верстат) повинно проходити випробування у разі введення в експлуатацію, після капітального ремонту електродвигуна, а також не рідше 1 разу на 6 років.

Випробування електрообладнання необхідно проводити підвищеною напругою. Під час проведення випробувань повинні також проводитись вимірювання опору ізоляції і перевірятись неперервність кола захисту (занулення).

Опір ізоляції електрообладнання верстата, вимірний мегомметром на напругу 500-1000 В між замкненими накоротко проводами силових та з'єднаних безпосередньо з ними кіл керування та сигналізації, з одного боку, та колом захисту, що включає в себе корпус верстата, з іншого боку, повинен бути не менше 1 МОм.

Якщо кола керування не мають безпосереднього з'єднання з силовими колами, необхідно провести окремі вимірювання між:

- силовими колами та колом захисту;
- силовими колами та колами керування і сигналізації;

Електрообладнання верстата необхідно протягом 1 хв перевіряти підвищеною напругою, яка підводиться між:

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

- закороченими провідниками силових кіл, до складу яких входять будь-які кола керування та сигналізації, що з'єднані безпосередньо із силовими колами та колом захист)', у тому числі корпусом верстата;

- колами керування та сигналізації (у разі наявності їх) номінальною напругою від 50 В і вище, які безпосередньо не з'єднані з силовими та захисним колами.

Значення підвищеної (випробної) напруги повинно становити 85 % значення найнижчої напруги, за якої усі елементи та пристрої випробовувались на підприємстві-виробнику, — за мінімального значення 1500 В змінного струму.

У разі введення верстата в експлуатацію та після його капітального ремонту, верстат необхідно випробувати в роботі на холостому ходу протягом 1 год, а також під навантаженням, що становить не менше 50 % номінального, — для перевірки правильності та справності робот всіх частин електрообладнання і дотримання послідовності керування. У цьому разі необхідно звернути увагу на надійність роботи елементів аварійного вимкнення та перевірити справність кола занулення.

2. Розрахунок мережі занулення.

При доторканні людини до струмоведучих частин електричної установки, що знаходиться під напругою, або до металевих частин, що опиняються під напругою внаслідок пробою чи несправності ізоляції, може виникнути ураження людини електричним струмом.

Ураження людини електричним струмом проявляється у вигляді електричного удару та електричних травм. В результаті електричного удару в людини можуть з'явитись судоми, виникнути втрата свідомості, зупинитись дихання та кровообіг. Електричний удар може призвести до летального випадку. Смертельні враження людини електричним струмом спостерігались при напругах 12 В та вище.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Для виключення випадкового доторкання людини до голих струмопровідних частин, встановлюють огорожі або розміщують струмоведучі частини на відповідні висоті.

Щоб забезпечити безпеку людей, що працюють в електроустановках напругою до 1000 В та вище, необхідно споруджувати заземлюючі або зануляючі установки і заземляти або зануляти металеві частини металевих електрообладнання чи електроустановок. Заземлюючі або зануляючі установки повинні відповідати вимогам, зумовленим режимом роботи мереж та захисту від перенапруги.

В електроустановках з глухозаземленою нейтраллю при замиканнях на заземлені частини повинно бути забезпечене надійне автоматичне відточення пошкоджених ділянок мережі з найменшим часом відключення. Для цього в електроустановках напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю, а також в трипровідних мережах постійного струму з глухозаземленою середньою точкою обов'язково присутній металевий зв'язок корпусів електрообладнання з заземленою нейтраллю електроустановки. Такий зв'язок називається зануленням.

В установках напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю провідність занулюючих провідників вибирають за умовою забезпечення автоматичного вимкнення пошкодженої ділянки, при замиканні між фазою та занулюючим провідником, в якій точці мережі воно не виникло б, повинен виникнути струм короткого замикання, перевищуючий щонайменше в 3 рази номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника, або струм вставки максимального розчеплювача автомата із зворотньо залежною від струму характеристикою. Повна провідність нульового захисного провідника повинна бути не менше 50% провідності фазного провідника, а нульовий робочий провідник повинен бути розрахований на тривале протікання струму.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

В якості захисних апаратів в мережах напругою до 1000 В застосовують автоматичні вимикачі і запобіжники, для успішного спрацювання яких потрібно забезпечити протікання в колі однофазного замикання достатнього по величині струму

$$K_3 * I_3 \leq I_k \quad (4.1)$$

де K_3 - допустима кратність струму однофазного замикання до струму спрацювання електромагнітного розчеплювача автоматичного вимикача. За даними заводу-виготовлювача гарантована точність уставки автоматичних вимикачів типу ВА5135 становить $\pm 15\%$. Прийнявши коефіцієнт запасу рівним 1,1 отримаємо $K_3 = 1,1 * 1,15 = 1,27$

Величина струму, що буде протікати під час короткого замикання, буде складати

$$I_3 = \frac{U_\phi}{z_n + z_T} \quad (4.2)$$

де U_ϕ - фазна напруга мережі - 220 В

z_n - опір петлі фаза-нуль, Ом

z_T - опір трансформатора, $Z_T = 0,026$ Ом для трансформатора ТМ 1000/10

Опір петлі фаза - нуль для споживача №69 визначимо відповідно до схеми цехової мережі (креслення 3).

Опір петлі фаза - нуль діляниць мережі:

АВВГ(4*50) - 2,22 Ом/км

АВВГ(4*35) - 4,77 Ом/км

АВВГ(4*2,5) - 29,64 Ом/км

$$z_{\text{п}} = 2,22 * 0,075 + 4,77 * 0,03 + 29,64 * 0,003 = 0,399 \text{ Ом} \quad (4.3)$$

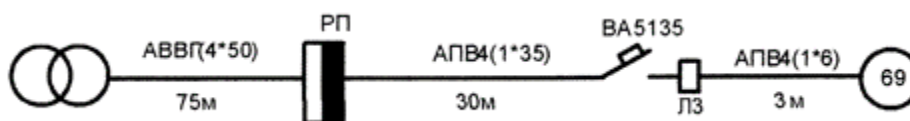


Рис 4.1. Розрахунок мережі занулення

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Покривало призначається для гасіння невеликих осередків пожеж у разі займання речовин, горіння яких не може відбутися без доступу повітря. Покривала слід застосовувати для гасіння пожеж класів А, В, Д, Е.

Бочки з водою встановлюють у виробничих, складських та інших приміщеннях, спорудах у разі відсутності внутрішнього протипожежного водогону та за наявності горючих матеріалів на території об'єктів тощо. Їх кількість у приміщенні визначається з розрахунку установки однієї бочки на 200-300 м² площі, яка захищається.

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння відповідно до ГОСТ 009-83 повинні мати ємність не менше 0,2 м³ і бути укомплектованими відрами місткістю не менше 0,008 м³

До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщуються на пожежному щиту, входять:

1. Вогнегасники типу ВУ-4 - 3 шт;
2. Ящик з піском місткістю 0,5 м³ з совковою лопатою - 1 шт;
3. Покривало з негорючою теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2м*2м - 1 шт;
4. Гаки -3 шт;
5. Лопати - 2 шт;
6. Ломи - 2 шт;
7. Сокири- 2 шт.

Електроустановки до 1 кВ змінного струму прийняті з глухозаземленою нейтраллю трансформаторів, напруга живлення силового електрообладнання, робочого і аварійного електроосвітлення прийнята 380/220 В.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

5. Спецпитання

Дослідження регульованого електроприводу вентиляторної установки

Одним із шляхів енергозбереження в електроприводі є перехід від нерегульованого електроприводу до регульованого. При такому переході економія електроенергії часто досягається за рахунок процесу, який привід обслуговує. Іноді економія електроенергії може перевищувати власне споживання електроприводу. Так, перейшовши від постійної швидкості транспортера, що доставляє різні деталі в гартівну піч, до гнучко керованої, вдається оптимізувати термічний процес, зокрема, з енергетичного критерію. Очевидно, що потужності процесів повільної транспортування і загартування відрізняються на декілька порядків. Також для отримання корисних ефектів від переходу до регульованого електроприводу часто потрібні зміни координат (швидкість, момент) електроприводу в дуже невеликих межах при обмежених вимогах до якості регулювання. Яскравим прикладом може бути невелика зміна швидкості насоса, що подає гарячу воду в будівлю, що в свою чергу призводить до економії гарячої води [19]. Переваги асинхронного короткозамкненого двигуна в порівнянні з двигунами постійного струму, такі як висока надійність, менша вартість, простота виготовлення і експлуатації, в поєднанні з високими регульовальними і динамічними показниками перетворюють асинхронний частотно-регульований електропривод в домінуючий тип регульованого електроприводу, масове застосування якого дозволяє вирішувати не тільки технологічні завдання, а й проблему енергозбереження [20].

| | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|----------------------------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 141 | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розробив | | Горбенко О.В. | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірів | | Ізволеньський | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | Спецпитання ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8 | | |
| Затвердив | | Балюта С.М. | | | | | |

На сьогоднішній день чітко простежується тенденція до зниження енергетичних витрат. Особливо актуальною вона є для великих промислових підприємств, де основними споживачами електроенергії є електродвигуни, які використовуються для різних механізмів. Серед електроприводів промислових механізмів можна виділити групу турбомеханізмів (вентилятори, насоси, компресори), які, як правило, працюють в тривалому режимі і споживають близько 25% усієї вироблюваної електроенергії [20]. У зв'язку з досить високою встановленою потужністю двигунів і тривалим режимом роботи, дані установки представляють особливий інтерес для реалізації заходів по економії електроенергії.

Важливим є дослідження енергетичних показників регульованого електроприводу вентилятора і визначення найбільш ефективних методів їх поліпшення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розробити математичну модель вентиляційної установки з частотно-регульованим асинхронним електроприводом і проаналізувати на підставі досліджень на математичній моделі різні методи поліпшення енергетичних характеристик електроприводу вентилятора;
2. На підставі проведеного аналізу визначити найбільш ефективні методи енергозбереження для вентиляційної установки з регульованим електроприводом;
3. Перевірити реалізацію обраного методу енергозбереження на експериментальній установці.

Плановані результати:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- правого обертання – якщо колесо обертається за годинниковою стрілкою;
- лівого обертання – якщо колесо обертається проти годинникової стрілки;
- по розташуванню вихідного отвору: верхнє типу В; праве – П; ліве – Л; нижнє – Н;
- за способом приводу: на ременній передачі або на одному валу з двигуном.

Конструктивна схема відцентрового вентилятора виглядає наступним чином:

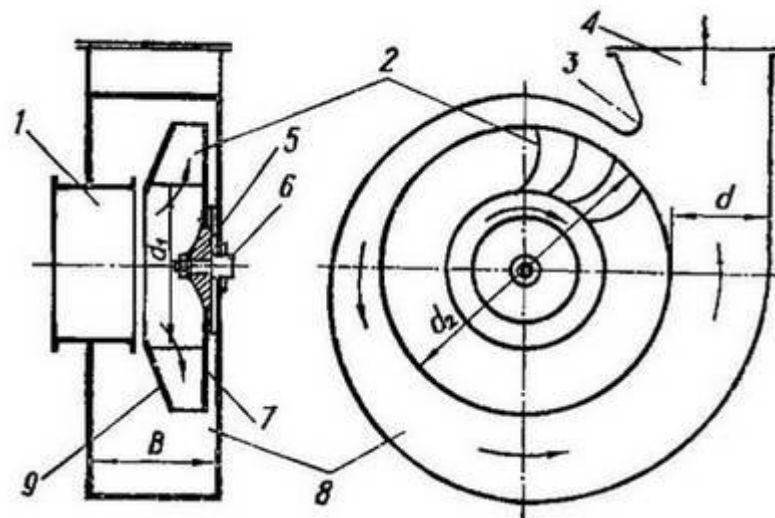


Рисунок 5.1 – Конструктивна схема відцентрового вентилятора

Повітря надходить у вентилятор через вхідний патрубок 1 і направляється в робоче колесо 2, яке складається з маточини 5, ведучого диска 7, лопатей і покривного кільцевого диска 9. Зазвичай робоче колесо приводиться в обертання за допомогою маточини 5, насадженої на робочий вал 6, який передає рух безпосередньо від двигуна або за допомогою трансмісійної передачі. На маточині змонтований провідний

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

диск, до якого прикріплені лопаті робочого колеса. З боку входу на лопатях робочого колеса кріпиться покривний кільцевий диск 9.

Робоче колесо, що обертається, розміщується в нерухомому спіральному кожусі 8, який має на виході патрубков 4, що розширюється. Повітря або газ, яке потрапляє через вхідний патрубок 1 в робоче колесо 2, лопатями відкидається з великою швидкістю до периферії. Частина цієї енергії внаслідок силового впливу лопатей робочого колеса виходить у вигляді потенційної енергії тиску. Інша частина, в залежності від ступеня реактивності робочого колеса, виходить у вигляді кінетичної енергії (швидкісного напору).

Повітря, що надходить з великою швидкістю з робочого колеса, гальмується в кожусі вентилятора. При цьому швидкісний напір перетворюється в потенційну енергію тиску. Спіральна форма кожуха сприяє цьому процесу. Надлишок тиску на виході з вентилятора в патрубку 4 йде на подолання опорів і протитиску в нагнітальній системі трубопроводів.

Щоб уникнути витoku повітря, який був підданий стиску в вентиляторі, встановлюють різного типу ущільнення і здійснюють сполучення вхідного патрубка вентилятора і вхідної кромки робочого колеса з мінімальним зазором 1 мм. З цією метою язик 3 спіральної камери підводять якомога ближче до зовнішнього обода робочого колеса [21].

Розташування кожуха вентилятора може змінюватися в залежності від потрібного напрямку подачі повітря. На рисунку 5.2 представлені різні варіанти розташування кожуха вентилятора.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

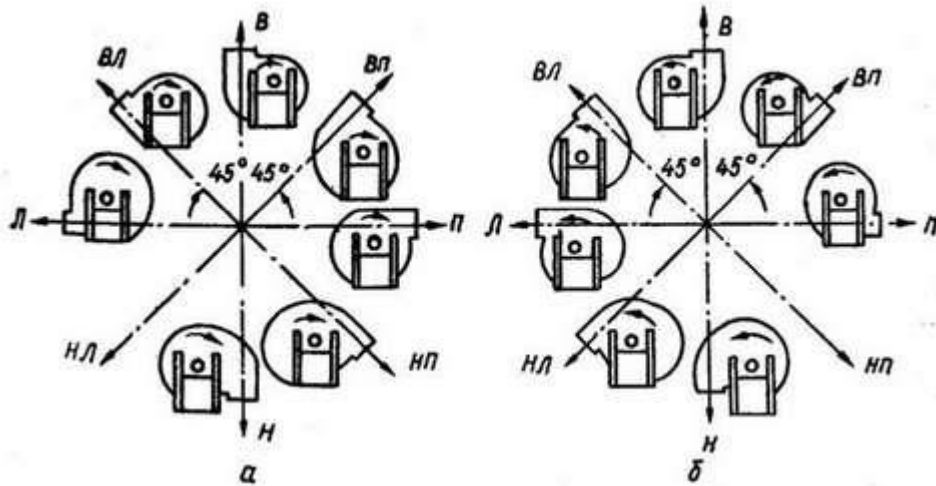


Рисунок 5.2 – Розташування кожухів відцентрових вентиляторів
(а – вентиляторів правого обертання; б – вентиляторів лівого обертання)

Продуктивність вентиляторів залежить від багатьох факторів, основним з яких є швидкість обертання робочого колеса. На рисунку 5.3 представлені як приклад аеродинамічні характеристики вентилятора ВДН-18, що використовується в повітрорудках.

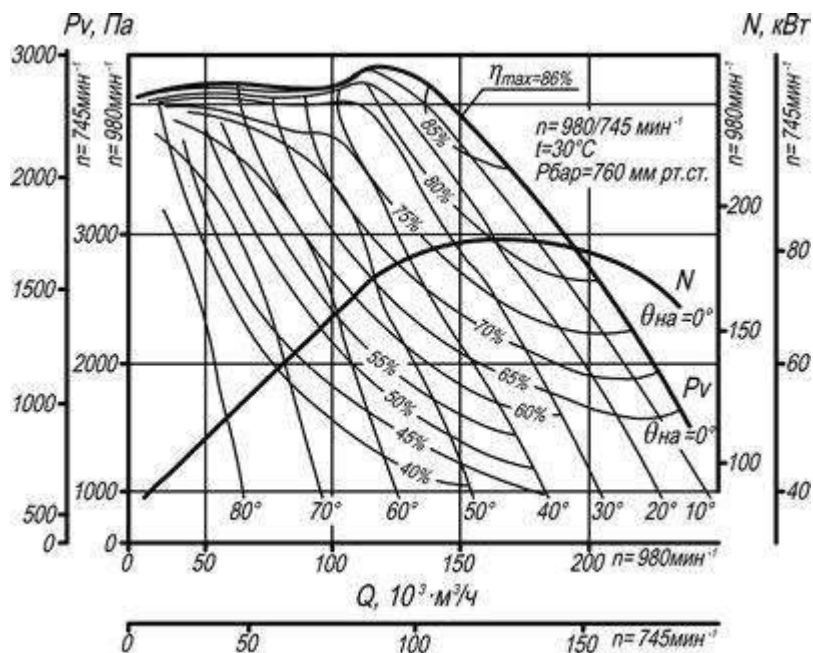


Рисунок 5.3 – Аеродинамічні характеристики вентилятора ВДН-18

[22]

| | | | | | | | | | | |
|-------------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |
| ДП 2024 141 | | | | | | | | | | |

Найпоширенішими способами регулювання продуктивності відцентрових вентиляторів є [23],[24]:

1. Регулювання поворотом лопатей направляючого апарату;
2. Регулювання шибером перетину вихідного каналу вентилятора;
3. Регулювання зміною частоти обертання валу вентилятора.

У першому випадку продуктивність регулюється зменшенням перетину вхідного каналу і закручуванням потоку на вході в робоче колесо. Цей спосіб відрізняється простотою, однак ККД всієї установки буде знижуватися.

Другий спосіб має на увазі установку заслінки (шибера) в вихідний канал вентилятора, за допомогою якої і відбувається регулювання подачі повітря. Такий спосіб ще називають дроселюванням. Незважаючи на конструктивну простоту, регулювання шибером призводить до збільшення витрат електроенергії, тому цей спосіб є самим неекономічним.

Третій спосіб передбачає використання частотно-регульованого електроприводу. За рахунок регулювання швидкості обертання можна не тільки збільшувати або зменшувати подачу повітря, а й підтримувати ККД установки постійним на всьому діапазоні регулювання. На сьогоднішній день цей спосіб регулювання є найефективнішим з точки зору витрат електроенергії, проте вартість такої установки збільшиться.

Для турбомеханізмів робота на низьких швидкостях протягом тривалого часу може призвести до зниження споживання енергії, усунути різкі коливання температури або витрати та інші втрати системи, пов'язані з включенням/відключенням звичайних одношвидкісних систем.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

процесами випрямляча, допоміжними колами і інвертором, а також приймає і обробляє інформацію про роботу кожного елемента перетворювача.

Випрямляч виконується або на діодах для перетворювачів малої та середньої потужності, або на тиристорах для перетворювачів середньої і великої потужності. Випрямляч з'єднується з інвертором через ємнісний або індуктивно-ємнісний фільтр. Чисто ємнісні фільтри між випрямлячем і інвертором встановлюють на перетворювачах малої потужності. Індуктивно-ємнісні фільтри встановлюють в перетворювачах середньої потужності. Індуктивні фільтри встановлюються перед випрямлячем і разом з ємнісним фільтром, встановленим між випрямлячем і інвертором, утворює індуктивно-ємнісний фільтр. Фільтр в ланці постійного струму виконує наступні функції:

- підвищує коефіцієнт потужності;
- згладжує напругу випрямляча;
- приймає на себе індуктивну енергію фази в моменти відключення приводу і енергію двигуна в разі коливань між електричною і механічною частиною;
- обмежує похідну напруги ланки постійного струму при попаданні перетворювача в режим генераторного гальмування приводного двигуна, щоб система управління встигла вжити необхідних заходів для запобігання аварійної ситуації, коли відбувається перезаряд ємностей ланки постійного струму.

Інвертор служить для формування заданої системою управління напруги на обмотках статора двигуна. Змінюючи напругу за певними законами, можна за допомогою системи управління формувати необхідні

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

двигуну частоту і струм. Двигун можна підключати до інвертору через фільтр Φ_2 , який буває двох типів:

- du-dt-фільтр, що обмежує похідні напруги;
- синусоїдальний фільтр, який відфільтровує широтно-імпульсну складову напруги для роботи на довгі лінії [27].

Найбільшого поширення набули перетворювачі частоти з ланкою постійного струму, в яких форма струму статора, близька до синусоїдальної, досягається застосуванням інверторів з широтно-імпульсною модуляцією. [26].

Суть широтно-імпульсної модуляції полягає в наступному. Управління транзисторами здійснюється з фіксованим за часом періодом $T_{\text{ШИМ}}$. Протягом цього періоду транзистор вмикається на час $t_{\text{вкл}}$ і вимикається на час $t_{\text{выкл}} = T_{\text{ШИМ}} - t_{\text{вкл}}$. Відношення включеного стану до всього періоду ШІМ називається скважністю і позначається літерою γ :

$$\gamma = \frac{t_{\text{вкл}}}{T_{\text{ШИМ}}}$$

Система управління задає скважність для певного періоду ШІМ. При цьому скважність змінюється в межах від нуля (транзистор вимкнений) до одиниці або 100% (транзистор ввімкнений).

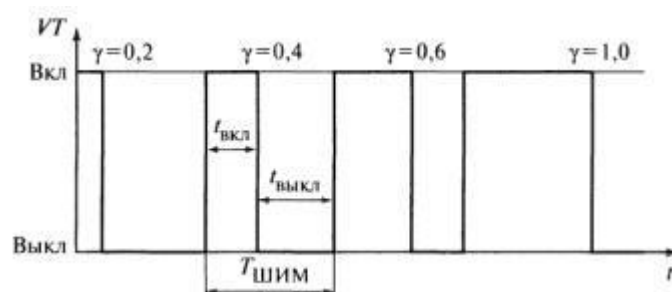


Рисунок 5.5 – ШІМ для одиночного транзистора

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Зазвичай для стойки з двома транзисторами використовується комплементарний спосіб управління, тобто коли верхній ключ замкнутий, а нижній в цей момент розімкнута і навпаки.

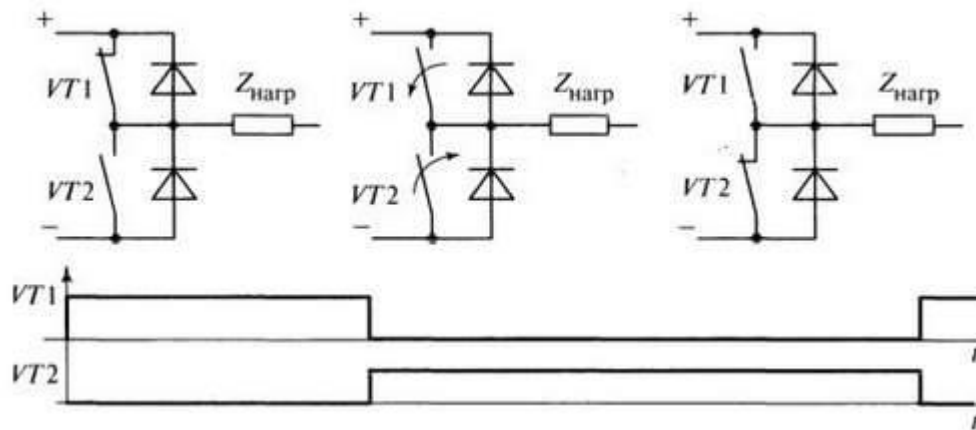


Рисунок 5.6 – Комплементарне управління транзисторами стойки

На практиці час спрацювання транзисторів відрізняється від нуля. Це може привести до виникненнянаскрізного струму, коли один транзистор вимкнувся, а другий не встиг включитися. Такий струм може привести до аварійної ситуації, тому в сучасних системах управління транзисторами використовується генератор мертвого часу. Цей генератор затримує позитивний фронт сигналу, що управляє якраз на період т.зв. мертвого часу.



Рисунок 5.7– Генерація мертвого часу

IGBT-транзистори вимагають мертвого часу від 2,5 мкс для малої потужності і 5-7 мкс при потужностях 100 кВт і більше [27].

6. ЛІТЕРАТУРА

1. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учебник для учащихся техникумов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1981.-367 с, ил.

2. Методичні вказівки та завдання до курсового проектування з курсу «Електропостачання промислових підприємств» для студентів спеціалізацій 10.04. 01. «Електропостачання промислових підприємств» / Укл. М.А. Денисенко, О.І. Соловей, СМ. Іншеков - К.: КПІ, 1994. - 64 с.

3. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга. Л.: «Энергия», 1976.

4. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). К. 2017., 736

5. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - с: ил.

6. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного: Учебное пособие для вузов. - 4-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.

7. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Электрооборудование и автоматизация/ Сост.: Т.В. Анчарова, В.В. Каменева, А.А. Катарская; Под общ. Ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновско-го. -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1981.—624 с, ил.

8. Электротехнический справочник: В 3-х т. Т.3. Кн.1. Производство, передача и распределение электрической энергии/Под общ. Ред. В. Г. Герасимова, П.Г. Грудинского, Л.А. Жукова и др. -6-е изд. Испр. и доп. -М.: Энергоиздат, 1982. -656 с, ил.

9. Сірій О.М., Шестеренко В.Є. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств: Навч. посібник - К: ІСДО, 1993.-592 с.

| | | | | | | | | |
|-----------|------|----------------------|--------|------|-----------------------|------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 141 | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ЛІТЕРАТУРА | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Розробив | | <i>Горбенко О.В.</i> | | | | | | |
| Перевірив | | <i>Ізволеньський</i> | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М</i> | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8 | | |
| | | | | | | | | |

24. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с., ил.

25. Онищенко Г.Б., Юньков М.Г. Электропривод турбомеханизмов. М., Энергия, 1972. – 240 с., ил.

26. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – Москва, Асадема 2006. – 265 с.

27. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.: ил.

28. Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування. – Київ, 2013 – 424 с.

29. <https://e-stock.com.ua>

30. <https://www.avtomats.com.ua>

31. <http://www.megommetr.com>

32. <http://ukrsk.com.ua>

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ДП 2024 141 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |