

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Факультет енергетики і комп'ютерних технологій

«На правах рукопису»
УДК 621.3

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. зав. каф. “Електротехніка і електромеханіка
імені професора В.В. Овчарова”
доц. _____ Сергій ЧАУСОВ
“16” червня 2025 р.

Пояснювальна записка
до кваліфікаційного проекту здобувача ступеня вищої освіти “Бакалавр”
(ступінь вищої освіти)

на тему: “Електрифікація цеху з виробництва сухого молока ТОВ “Погребисьенський
маслосирзавод” м. Погребище Вінницької області з розробкою системи керування
силовим електрообладнанням ділянки підготовки молока до згущення”

41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу, групи 41ЕЕ
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
за ОПП “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”
(шифр і назва спеціальності та ОПП)

Максим ГРИНЮК

(підпис)

Керівник: доц. _____

Олександр ВОВК

(підпис)

Консультант: доц. _____

Михайло ЗОРЯ

(підпис)

Консультант: доц. _____

Світлана ПЛОТНІЧЕНКО

(підпис)

Нормоконтроль: доц. _____

Сергій ЧАУСОВ

(підпис)

Рецензент: проф. _____

Ольга ЛИСЕНКО

(підпис)

Запоріжжя - 2025 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Факультет: Енергетики і комп'ютерних технологій

Кафедра: Електротехніка і електромеханіка імені професора В.В. Овчарова

Ступінь вищої освіти: Бакалавр

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

"Електротехніка і електромеханіка
імені професора В.В. Овчарова"

к.т.н., доц. _____

" 10 " березня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ

Гринюку Максиму Едуардовичу

1. Тема проєкту: Електрифікація цеху з виробництва сухого молока
ТОВ «Погребищенський маслосирзавод» м. Погребище Вінницької області
з розробкою системи керування силовим електрообладнанням ділянки
підготовки молока до згущення
керівник проєкту: Вовк О.Ю., к.т.н., доцент.
затверджені наказом ректора університету від 30 вересня 2024 року № 451-С.
2. Строк подання здобувачем проєкту: 12 червня 2025 року.
3. Вихідні дані до проєкту: статистичні дані, технічне завдання на
кваліфікаційний проєкт, матеріали виробничих та переддипломної практик,
нормативні документи, науково-технічна література, електронні ресурси та ін.
4. Зміст пояснювальної записки
(перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ.
1. Виробничо-господарська діяльність
ТОВ «Погребищенський маслосирзавод».
2. Технологія виробничих процесів.
3. Електротехнічна частина.
4. Система керування силовим електрообладнанням
ділянки підготовки молока до згущення.
5. Охорона праці.
6. Техніко-економічні розрахунки.
Висновки.
Список використаних джерел.

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

1. Цех з виробництва сухого молока. Схема скомбінована функційна.
2. Цех з виробництва сухого молока. Технологічне та електросилове обладнання. Схема електрична розташування.
3. Цех з виробництва сухого молока. Мережа внутрішньоцехова силова розподільча. Схема електрична принципова.
4. Ділянка підготовки молока до згущення. Схема автоматизації функційна.
5. Ділянка підготовки молока до згущення. Система керування. Схема електрична принципова.
6. Цех з виробництва сухого молока. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів (підрозділ) проєкту

Розділ (підрозділ)	П.І.Б, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
5	Зоря М.В., к.т.н., доцент		
6	Плотніченко С.Р., к.е.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: 10 березня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1. Виробничо-господарська діяльність ТОВ «Погребищенський маслосирзавод».	17.03.2025 р.	виконано
2. Технологія виробничих процесів.	31.03.2025 р.	виконано
3. Електротехнічна частина.	21.04.2025 р.	виконано
4. Система керування силовим електрообладнанням ділянки підготовки молока до згущення.	19.05.2025 р.	виконано
5. Охорона праці.	28.05.2025 р.	виконано
6. Техніко-економічні розрахунки.	09.06.2025 р.	виконано
7. Підпис керівником роботи.	12.06.2025 р.	виконано
8. Підпис завідувачем кафедри.	16.06.2025 р.	виконано

Здобувач _____ М. Е. Гринюк

Керівник проєкту, к.т.н., доцент _____ О. Ю. Вовк

№ рядка	Формат	Познака			Найменування	Кільк. аркушів	№ примірн.	Примітка
1	A4	41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ			Електрифікація цеху	84	—	
2					з виробництва сухого молока			
3					ТОВ «Погребищенський			
4					маслосирзавод» м. Погребище			
5					Вінницької області			
6					з розробкою системи			
7					керування силовим			
8					електрообладнанням ділянки			
9					підготовки молока до згущення.			
10					Пояснювальна записка			
11	A1	41ЕЕД.9683887.06.25.210000С2			Цех з виробництва сухого	1	—	
12					молока. Схема скомбінована			
13					функційна			
14	A1	41ЕЕД.9683887.06.25.310000Э7			Цех з виробництва сухого	1	—	
15					молока. Технологічне та			
16					електросилове обладнання.			
17					Схема електрична розташунок			
18	A1	41ЕЕД.9683887.06.25.320000Э3			Цех з виробництва сухого	1	—	
19					молока. Мережа			
20					внутрішньоцехова силова			
21					розподільча. Схема			
22					електрична принципова			
23	A1	41ЕЕД.9683887.06.25.410000A2			Ділянка підготовки молока	1	—	
24					до згущення. Схема			
25					автоматизації функційна			
					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ТП			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата	Відомість технічного проекту	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Гринюк		10.06.25				
Перев.		Вовк		12.06.25			1	2
Т. контр.						ТДАТУ, 2025		
Н. контр.		Чаусов		14.06.25				
Затв.		Чаусов		16.06.25				

№ рядка	Формат	Познака			Найменування	Кільк. аркушів	№ примірн.	Примітка
26	A1	41ЕЕД.9683887.06.25.420000ЭЗ			Ділянка підготовки молока	1	—	
27					до згущення. Система			
28					керування. Схема електрична			
29					принципова			
30	A1	41ЕЕД.9683887.06.25.610000ТБ			Цех з виробництва сухого	1	—	
31					молока. Показники техніко-			
32					економічні. Таблиця			
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ТП			Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата				2

РЕФЕРАТ

Гринюк М.Е. Електрифікація цеху з виробництва сухого молока ТОВ «Погребищенський маслосирзавод» м. Погребище Вінницької області з розробкою системи керування силовим електрообладнанням ділянки підготовки молока до згущення : кваліфікаційний проєкт. Запоріжжя : ТДАТУ. 2025. 84 с.

У кваліфікаційному проєкті розглянуто технологічну лінію виробництва сухого молока на базі ТОВ «Погребищенський маслосирзавод» м. Погребище Вінницької області.

На основі аналізу стану електрифікації виробничого об'єкту розраховано і обрано технологічне і електросилове обладнання лінії виробництва сухого молока, розроблено схему електричну принципову системи керування процесом підготовки молока до згущення, складено схему електричну функційну. Розроблено схеми електричні розташування технологічного і електросилового обладнання і принципову внутрішньоцехової силової електричної мережі.

Розглянуто питання охорони праці, запропоновано заходи щодо їх поліпшення.

Проведено техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень.

Кваліфікаційний проєкт складається з 6 розділів пояснювальної записки загальним обсягом 84 сторінок та 6 аркушів графічної частини формату А1.

Ключові слова: СУХЕ МОЛОКО, ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ, СУШАРКА, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, ФУНКЦІЙНА СХЕМА, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ.

Табл. 8

Іл.3

Бібл.45

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
						6
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ	
ТОВ «ПОГРЕБИЩЕНСЬКИЙ МАСЛОСИРЗАВОД»	12
1.1 Виробничо-економічна діяльність.....	12
1.2 Стан електрифікації технологічних процесів	14
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційного проєкту	14
2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ	15
2.1 Технологія виробництва сухого молока	15
2.2 Характеристика виробничих приміщень	16
2.3 Вибір і розміщення технологічного обладнання	16
2.4 Технологічні вимоги до проєкту електрифікації	19
3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	20
3.1 Вибір і перевірка приводних електродвигунів	20
3.2 Проєктування внутрішньої розподільчої мережі	24
3.2.1 Вибір схеми живлення електроустановок	24
3.2.2 Визначення розрахункових навантажень	25
3.2.3 Вибір марки і перерізу проводів та кабелів	28
3.2.4 Вибір і перевірка апаратів керування та захисту	30
3.2.5 Вибір низьковольтних комплектних установок	40
3.2.6 Розробка схеми внутрішньоцехової силової розподільчої мережі	40
3.2.7 Розробка схеми розташування технологічного та електросилового обладнання цеху з виробництва сухого молока	41
3.3 Специфікація на матеріали і обладнання	41
4 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СИЛОВИМ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯМ ДІЛЯНКИ ПІДГОТОВКИ МОЛОКА ДО ЗГУЩЕННЯ	45
4.1 Вимоги до системи керування силовим електрообладнанням	45
4.2 Вибір параметрів контролю і керування	46

4.3 Розробка функційної схеми автоматизації	47
4.4 Розробка схеми електричної принципової керування силовим електрообладнанням	48
4.5 Вибір технічних засобів контролю і керування	54
4.6 Оцінка надійності елементів системи керування	57
4.7 Перелік матеріалів і обладнання	58
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	61
5.1 Аналіз нормативно-правової бази з охорони праці підприємства	61
5.2 Аналіз стану охорони праці та електробезпеки на підприємстві	62
5.3 Порядок допуску працівників до робіт по обслуговуванню електрообладнання на підприємстві	65
5.4 Обґрунтування вибору і призначення пристрою технічної безпеки ...	67
5.4.1 Вибір параметрів захисту пристрою безпеки. Технічна характеристика пристрою безпеки	67
5.4.2 Опис конструкції і роботи схеми електричної принципової пристрою технічної безпеки	67
5.5 Висновки	70
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	71
6.1 Загальні положення оцінки економічної ефективності капітальних вкладень	71
6.2 Визначення капітальних вкладень	71
6.3 Розрахунок показників економічної ефективності	72
6.4 Техніко-економічні показники проекту	77
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80

ВСТУП

Протягом багатьох століть люди вживали свіже молоко, тому що воно містить всі необхідні для життєдіяльності людини речовини і вітаміни. Молочна галузь активно розвивалася, збільшувалися обсяги виробленого молока. Виникла необхідність робити запаси молока на тривалий час і можливістю його транспортування на далекі відстані.

У 1802 році штаб-лікарем Осипом Кричевським вперше був отриманий продукт, який нині відомий як сухе молоко. Комерційне виробництво сухого молока вперше розпочато в 1832 році. А в 1885 році був виданий патент на виробництво цього продукту [1].

Сухе молоко являє собою розчинний порошок, отриманий в результаті висушування пастеризованого коров'ячого молока в спеціальних установках. Воно володіє прекрасними якісними характеристиками і має широку сферу застосування. Цей продукт не містить в своєму складі речовин немолочного походження. Вживається в якості напою, для виготовлення якого сухий порошок розводять кип'яченою водою. Готовий продукт володіє тими ж корисними властивостями, що і свіже пастеризоване молоко, і застосовується в основному для приготування кулінарних страв, є складовим елементом дитячого харчування.

Сухе молоко має високу харчову і енергетичну цінність: у сухому цілісному молоці міститься 25,6% білків, 25% жиру, 39,4% лактози, а в знежиреному сухому молоці 37,9% білків і 50,3% лактози. У цих продуктах також високий вміст вітамінів і мінеральних речовин. Енергетична цінність 100 г сухих молочних продуктів складає 1500...2500 ккал. Вологість сухого молока не перевищує 4%, що забезпечує значну тривалість його зберігання в герметичній упаковці (до 8 місяців). Одним з основних фізико-хімічних показників сухого молока є розчинність, величина якої може складати від 80 до 99,5% в залежності від способу сушіння [2].

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		9

Сухе порошкове молоко отримують з коров'ячого молока в результаті складного технологічного процесу, що складається з декількох етапів, головним з яких є сушка. На сьогодні існує декілька способів сушки, але класичним способом вважається вальцова сушка. Принцип дії вальцової сушарки полягає в нагріванні згущеного молока, що наноситься тонким шаром на стінки гарячого барабана. Від сильного нагріву з молока випаровується волога, яка в подальшому виводиться за допомогою постійно діючого насоса. Сухий продукт знімають зі стінок барабана спеціальними ножами [3].

Сушка молока – це енергоємний процес, який вимагає стабільних сировинних ресурсів (молока) для його виробництва. Для отримання 1 кілограма сухого незбираного молока використовується 8,7 літра незбираного коров'ячого молока, а для 1 кілограма сухого знежиреного молока – 11,7 літра знежиреного коров'ячого молока [4].

Тому електрифікація і автоматизація технологічного процесу виробництва сухого молока, які призведуть до скорочення енерговитрат на виробництво продукції, є актуальними. У дипломному проекті вони розглянуті на прикладі цеху з виробництва сухого молока ТОВ «Погребищенський маслосирзавод» м. Погребище Вінницької обл.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		10

1 ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ

ТОВ «ПОГРЕБИЩЕНСЬКИЙ МАСЛОСИРЗАВОД»

1.1 Виробничо-економічна діяльність

Виробниче підприємство ТОВ «Погребищенський маслосирзавод» є сучасним підприємством молочної промисловості, яке займається переробкою молока. Воно засновано у 2003 році, знаходиться за адресою: 22200, Вінницька обл., Погребищенський р-н, м. Погребище, вул. Київська, 61.

На підприємстві виробляють пастеризоване молоко, кефір, ряжанку, йогурт, вершки, масло, сир, сметану, молоко згущене, молоко сухе. Для виробничих цілей задіяні такі цехи: молочний цех, цех з виробництва кіло-молочних продуктів, цех з виробництва сиру, цех з виробництва сметани, цех з виробництва згущеного молока, цех з виробництва сухого молока, цех з виробництва масла. Окрім вказаних цехів на підприємстві є котельня, за допомогою якої здійснюється обігрів усіх споруд підприємства, бойлерна, де відбувається виробництво пари та крижаної води для технологічних потреб, лабораторія, у якій здійснюється контроль якості сировини і виробленої продукції, адміністративна будівля, трансформаторна підстанція, ремонтний цех, гараж.

Підприємство переробляє до 220 тон молока за зміну, для чого задіяно близько 140 працівників підприємства. Постачальниками молока є кращі сільськогосподарські виробники району та області, загалом молоко на підприємство постачають 28 підприємств.

Комплексний підхід дозволяє підприємству оперативно реагувати на сезонні зміни умов гри на молочному ринку і забезпечувати споживачів якісною продукцією за прийнятними цінами. У число клієнтів і ділових партнерів входять відомі українські торгові мережі. Беручі за основу такі цінності як

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		11

професіоналізм, порядність, надійність, стабільність і новації, підприємство індивідуально підходить до кожного клієнта і прагне до тривалого, взаємовигідного співробітництва.

Прямі поставки, власна логістика, постійний моніторинг цін на молочному ринку України, дилерські відносини і сувора політика в галузі якості дозволяють сформувати конкурентно спроможні пропозиції, що відповідають потребам клієнтів.

1.2 Стан електрифікації технологічних процесів

На тепер цех з виробництва сухого молока повністю електрифікований, а технологічні процеси, що пов'язані з виробництвом сухого молока працюють в напіваавтоматичному режимі.

Електропостачання цеху з виробництва сухого молока виконується від трансформаторної підстанції КТП 10/0,4 потужністю 630 кВА. Ввід здійснюється кабелем марки АВВГ, який прокладений в ґрунті. Ввідним пристроєм в цех є силова розподільча шафа СПУ-62-311 закритого виконання з запобіжниками марки НПН. Від силової шафи живлення передається по проводам марки АПВ, які прокладені в трубах, до пульту керування, шафам керування, щиту освітлення, електроприводам машин.

На технологічному обладнанні встановлені асинхронні електродвигуни застарілої серії АО2, пуско-захисна апаратура: магнітні пускачі серії ПМЕ, теплові реле – ТРН, автоматичні вимикачі серії А-3100, не повністю дотримані правила вибору електрообладнання в цеху за ступенем захисту та за умовами навколишнього середовища.

Подача пари і крижаної води для технологічних цілей в цех здійснюється в ручному режимі.

Керування технологічним процесом здійснюється оператором з пульту керування, який розташований на площадці. На випадок аварійної ситуації будь-

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		12

якої машини передбачене ручне аварійне керування машинами та обладнанням на місцях.

Технологічна лінія виробництва сухого молока не передбачає захист від неповнофазних режимів роботи асинхронних електродвигунів.

На сьогодні цех освітлюється лампами розжарювання, які встановлені в світильниках типу НСПО1-100 з проводкою АПВ. Проводка та світильники розташовані на тросах. Керування освітленням виконується з освітлювального щитка типу ЩО.

Електропроводка також знаходиться в незадовільному стані.

1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційного проєкту

На підставі проведеного аналізу виробничої діяльності цеху з виробництва сухого молока можна виділити такі негативні риси електрифікації і автоматизації цього об'єкту: електрообладнання – застаріле, автоматизація технологічного процесу – часткова, тому тема дипломного проєкту актуальна. Отже у проєкті ставляться наступні задачі: виконати модернізацію електричної частини цеху, що дозволить знизити витрати електроенергії на виробництво продукції. Зокрема – замінити застарілі типи електрообладнання і пуско-захисної апаратури на нові. Трифазні асинхронні двигуни серії АО2 замінити на АИР, магнітні пускачі серії ПМЕ замінити на ПММ, теплові реле ТРН замінити на РТ2М, автоматичні вимикачі серії А-3100 замінити на АВ2000 та АВ3000. Перевірити електрообладнання за потужністю, ступенем захисту та умовами навколишнього середовища. Провести автоматизацію ділянки підготовки молока, що дозволить зменшити витрати енергії на виробництво продукції, покращити якість випускаємої продукції, а отже призведе до зниження собівартості продукції.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		13

2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

2.1 Технологія виробництва сухого молока

На підприємство молоко надходить у автоцистернах. Після органолептичної оцінки, визначення температури, кислотності, відбору середньої проби та сортування по якості молоко відцентровим насосом 1 перекачується через ваги 2 у бак для приймання молока 3. З баку насосом 4 перекачується у резервуар проміжного зберігання 5, звідки насосом 6 перекачується до трубчастого підігрівача 7, де за допомогою пари підігрівається до температури від 40 до 45°C, після чого надходить у сепаратор-молокоочисник 8. Далі очищене молоко потрапляє у пластинчастий охолоджувач 9, у якому за допомогою холодної води охолоджується до температури від 10 до 15°C. Після охолодження молоко надходить у резервуар 10, де зберігається до переробки. Тут молоко стандартизується до жирності від 22 до 26 % шляхом додавання вершків. Стандартизоване молоко відцентровим насосом 11 спрямовується на пастеризацію в трубчастий пастеризатор 12, де відбувається пастеризація за температури від 85 до 90°C без витримки у часі, і далі – у проміжний резервуар 13 [6].

Гаряче стандартизоване молоко з проміжного резервуару під дією розрідження надходить у вакуум-випарний апарат 14, де за температури від 65 до 75 °C відбувається згущення молока до концентрації сухих речовин від 48 до 50 %. Згущене молоко відсмоктується роторним насосом 15 і спрямовується у проміжний резервуар 16. Гаряче згущене молоко роторним насосом 17 подається у гомогенізатор 18, де за температури від 55 до 60°C і тиску від 10 до 15 МПа відбувається його гомогенізація. Далі гомогенізоване згущене молоко потрапляє у проміжний резервуар 19, звідки роторним насосом 20 подається у вальцову сушильну установку 21, де за допомогою вальців, нагрітих паром до температури від 110 до 130°C,

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		14

відбувається сушіння молока. Після сушіння молоко просіюється та охолоджується у сушильній установці, після чого надходить на фасування [6].

2.2 Характеристика виробничих приміщень

Цех з виробництва сухого молока складається з наступних приміщень: приймальне відділення, виробниче приміщення, електрощитова, склад готової продукції, кімната персоналу, санвузол. Повний перелік та характеристика виробничих і додаткових приміщень зведена до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика виробничих приміщень цеху з виробництва сухого молока

Найменування приміщення	Характеристика за умов	
	навколишнього середовища	за ступенем електробезпеки
Приймальне відділення	вологе	з підвищеною небезпекою
Виробниче приміщення	вологе	з підвищеною небезпекою
Електрощитова	сухе	особливо небезпечне
Склад готової продукції	сухе	без підвищеної небезпеки
Кімната персоналу	сухе	без підвищеної небезпеки
Санвузол	вологе	без підвищеної небезпеки

План цеху з виробництва сухого молока представлений на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.310000Э7 графічної частини проєкту.

2.3 Вибір і розміщення технологічного обладнання

У відповідності до вимог технологічного процесу вибираємо технологічне обладнання лінії з виробництва сухого молока. Воно складається з

наступних робочих машин: насоси відцентрові – 4 шт., насоси роторні – 3 шт., ваги молока, бак для приймання молока, резервуари – 5 шт., трубчастий підігрівач, сепаратор-молокоочисник, пластинчастий охолоджувач, трубчастий пастеризатор, вакуум-випарний апарат, гомогенізатор, вальцова сушильна установка, апарат фасувально-пакувальний. Поєднання робочих машин між собою здійснюється за допомогою молокопроводів. Обране обладнання технологічної лінії узгоджено за продуктивністю 90 кг сухого молока за годину (для виробництва якого необхідно витратити 1000 л молока), узгодження усього обладнання проведено за вальцовою сушильною установкою.

Технічні характеристики вибраного технологічного обладнання зводимо до таблиці 2.2 [7, 8].

Таблиця 2.2 – Паспортні дані технологічного обладнання лінії

Найменування робочої машини	Кількість	Тип	Продуктивність	Встановлена потужність, кВт	Габаритні розміри, мм×мм×мм
Насос відцентровий	1	ОНЦ 10/10К5- 0,75/2	10000 л/год	1,0	365×190×161
Ваги молока	1	ВПП-10	40 ... 10000 кг	–	1500×1500×220
Бак для приймання молока	1	ОМГ-10	10000 л	1,5	4300×2270×2825
Насос відцентровий	3	ОНЦ 1,5/15К5- 0,55/2	1500 л/год	0,75	290×160×180
Резервуар	5	РМВ-2	2000 л	0,75	1510×1510×2290
Трубчастий підігрівач	1	П8-ОАВ	5000 л/год	–	1320×880×1210
Сепаратор- молокоочисник	1	ОМ-1А	1000 л/год	1,9	650×370×740
Пластинчастий охолоджувач	1	ОП-1000М	1000 л/год	–	850×500×1300
Трубчастий пастеризатор	1	ПТ-1	1000 л/год	–	1180×610×1200
Вакуум-випарний апарат	1	ВВА-1000	1000 л/год	8,4	1250×3230×1250

Продовження таблиці 2.2

Найменування робочої машини	Кількість	Тип	Продуктивність	Встановлена потужність, кВт	Габаритні розміри, мм×мм×мм
Насос роторний	3	B3-OP2-A2	2000 л/год	0,75	610×210×255
Гомогенізатор	1	K5-OF2A-500	500 л/год	6,4	970×650×1100
Вальцова сушильна установка	1	СДА-250	90 кг/год	12,3	1720×5720×3806
Апарат фасувально- пакувальний	1	АФ-45-Ш	1800 уп./год	2,5	2000×1500×1600

Крім переліченого вище технологічного обладнання при виробництві сухого молока задіяні дві припливно-витяжні вентиляційні установки з рекуперацією тепла, які встановлені в приміщенні цеху і на складі готової продукції. Генератор пари і генератор крижаної води, пара та вода з яких застосовується у технологічному процесі, встановлені не в цеху для виробництва сухого молока, а в спеціальному приміщенні на території молокозаводу.

Технічні характеристики вентиляційної установки зводимо до таблиці 2.3 [9].

Таблиця 2.3 – Паспортні дані вентиляційної установки

Найменування робочої машини	Кількість	Тип	Продуктивність, м³/год	Встановлена потужність, кВт	Габаритні розміри, мм×мм×мм
Вентиляційна установка	2	ВУТ 3000 ПВ ЕС- П-А7	3000	1,99	1835×1265×881

Схема скомбінована функційна цеху з виробництва сухого молока представлена на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.210000Э7 графічної частини проєкту.

2.4 Технологічні вимоги до проєкту електрифікації

У відповідності з прийнятою технологією виробництва сухого молока були встановлені наступні технологічні вимоги до проєкту електрифікації:

- встановлене технологічне обладнання повинно забезпечувати потрібну продуктивність;
- для всіх робочих машини і механізмів передбачити автоматизований електропривод із застосуванням асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором;
- комутація силового електрообладнання повинна здійснюватися за допомогою магнітних пускачів;
- силове електрообладнання повинно бути захищене від коротких замикань і перевантажень;
- в усіх приміщеннях цеху передбачити штучне освітлення на основі люмінесцентних ламп у відповідності до норм освітлення виробничих приміщень;
- силові розподільчі пункти та шафи управління повинно бути встановлене в спеціальних приміщеннях – електрощитових;
- розподільчі мережі у технологічному приміщенні повинні бути виконані мінімальної довжини з використанням проводів і кабелів, які прокласти з врахуванням умов навколишнього середовища.

3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір і перевірка приводних електродвигунів

Силовим електрообладнанням цеху є електродвигуни, вибір яких потребує особливої ретельності, тому що від нього залежить керованість електроприводу, його регулюючі властивості, надійна робота, енергетичні показники та експлуатаційні характеристики. Основними показниками вибору є такі [10, 11]: відповідність кліматичного виконання, категорії розміщення та ступеня захисту електродвигуна умовам навколишнього середовища; відповідність електродвигуна параметрам мережі; відповідність електродвигуна умовам номінального режиму роботи, пуску, перевантажувальній здатності.

Підприємство ТОВ «Погребищенський маслосирзавод» знаходиться у місті Погребище Вінницької області, Україна, тобто розташоване у помірному кліматичному поясі. Цех з виробництва сухого молока розміщений в ангарі, де він повністю захищений від погодних умов і де існує штучна вентиляція і опалення. Тому для приводу робочих машин технологічної лінії обираємо електродвигуни серії АИ з кліматичним виконанням для помірного клімату (У) та для роботи у закритих приміщеннях, де коливання температури і вологості значно менші, ніж зовні (з категорією розміщення 3) зі ступенем захисту IP44.

Електродвигуни приводів робочих машин цеху працюють протягом всієї зміни при незмінному навантаженні, за час їх роботи перевищення температур усіх частин електродвигунів досягає установленного значення, тому номінальним режимом їх роботи є тривалий (S1).

Для вибору асинхронних двигунів було визначено потужності приводів робочих машин, встановлених у цеху з виробництва сухого молока. Розрахунок здійснено відповідно до [7, 8]. Нижче, як приклад, показаний розрахунок потужності приводу сепаратора-молокоочисника.

Потужність приводу сепаратора-молокоочисника P , кВт, дорівнює [8]:

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		19

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \quad (3.1)$$

де P_1 – потужність, яка витрачається на подолання кінематичної енергії рідини, що відводиться від сепаратору без протитиску, кВт;

P_2 – потужність, яка витрачається на надання кінематичної енергії рідини, що відводиться від сепаратору з протитиском на виході рідинної фракції, кВт;

P_3 – потужність, яка необхідна для подолання сил тертя барабану о повітря, кВт;

P_4 – потужність, яка витрачається на подолання сил тертя в основі барабана, кВт.

$$P_1 = \frac{\Pi \cdot \omega^2 \cdot r^2 \cdot \gamma_p \cdot \varphi}{2 \cdot 1000 \cdot g}, \quad (3.2)$$

де Π – продуктивність сепаратора-молокоочисника, м³/с, $\Pi = 0,0003$ м³/с [7];

ω – кутова швидкість барабана, рад./с, $\omega = 837,33$ рад./с [7];

r – відстань від осі обертання до вихідних отворів, м, $r = 0,22$ м [7];

γ_p – щільність рідини, кг/м³, для молока $\gamma_p = 1070$ кг/м³ [7];

φ – коефіцієнт, що враховує реальну швидкість обертання, $\varphi = 1 - 1,02$ [8];

g – прискорення вільного падіння, м²/с, $g = 9,81$ м²/с [8].

$$P_2 = \frac{\Pi \cdot p}{\eta \cdot 1000}, \quad (3.3)$$

де p – тиск рідини на виході, який створюється напірним диском, Па/м², $p = 310000$ Па/м² [8];

η – коефіцієнт корисної дії напірного диска, $\eta = 0,25$ [8].

$$P_3 = 1,55 \cdot \beta \cdot \rho \cdot n^3 \cdot R^5 \cdot \left(\frac{1}{\cos \alpha} + 5 \cdot \frac{H}{R} + 1 \right), \quad (3.4)$$

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		20

де β – експериментальний коефіцієнт, $\beta = 18 \cdot 10^{-5}$ [8];

ρ – щільність повітря, кг/м^3 , $\rho = 1,2 \dots 1,3 \text{ кг/м}^3$ [7];

n – частота обертання барабана, об./с , $n = 133,33 \text{ об./с}$ [7];

R – зовнішній радіус барабана, м , $R = 0,12 \text{ м}$ [7];

α – кут нахилу утворюючої тарілки, градус., $\alpha = 50^\circ$ [7];

H – висота циліндричної частини барабана, м , $H = 0,08 \text{ м}$ [7].

$$P_4 = \frac{\mu \cdot m \cdot \pi \cdot d_s \cdot n \cdot g}{60 \cdot 1000}, \quad (3.5)$$

де μ – коефіцієнт тертя, $\mu = 0,3$ [8];

m – маса частин сепаратора, що обертаються (маса барабана і рідини у ньому), кг , $m = 80 \text{ кг}$ [8];

d_s – діаметр шийки веретена, м , $d_s = 0,03 \text{ м}$ [7].

$$P_1 = \frac{0,0003 \cdot 837,33^2 \cdot 0,22^2 \cdot 1070 \cdot 1,01}{2 \cdot 1000 \cdot 9,81} = 0,6 \text{ кВт.}$$

$$P_2 = \frac{0,0003 \cdot 310000}{0,25 \cdot 1000} = 0,4 \text{ кВт.}$$

$$P_3 = 1,55 \cdot 18 \cdot 10^{-5} \cdot 1,25 \cdot 133,33^3 \cdot 0,12^5 \cdot \left(\frac{1}{\cos 50^\circ} + 5 \cdot \frac{0,08}{0,15} + 1 \right) = 0,1 \text{ кВт.}$$

$$P_4 = \frac{0,3 \cdot 80 \cdot 3,14 \cdot 0,03 \cdot 133,33 \cdot 9,81}{60 \cdot 1000} = 0,05 \text{ кВт.}$$

$$P = 0,6 + 0,4 + 0,1 + 0,05 = 1,15 \text{ кВт.}$$

Потужність, яка споживається робочою машиною на валу електродвигуна $P_{роз}$, кВт, дорівнює [12]:

$$P_{роз} = K_3 \cdot P, \quad (3.6)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,2$ [12].

$$P_{роз} = 1,2 \cdot 1,15 = 1,38 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун за умовою [12]:

$$P_n \geq P_{роз}. \quad (3.7)$$

За [13] обрано електродвигун типу АИР80В4У3, для якого

$$P_n = 1,5 \text{ кВт} \geq P_{роз} = 1,38 \text{ кВт},$$

тобто умова виконується.

Вибраний електродвигун перевірено за умовами пуску [12]:

$$M'_{n.ов} \geq M_{зр}, \quad (3.8)$$

де $M'_{п.дв}$ – пусковий момент електродвигуна при зниженій напрузі, Н·м;

$M_{зр}$ – момент зрушення робочої машини, Н·м.

$$M'_{n.ов} = k_u^2 \cdot \mu_n \cdot M_n, \quad (3.9)$$

де k_u – коефіцієнт зниження напруги, $k_u = 0,9$ [14];

μ_n – кратність пускового моменту електродвигуна, $\mu_n = 2,2$ [13];

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
						22
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

M_H – номінальний момент електродвигуна, Н·м, $M_H = 10,3$ Н·м [13].

$$M_{зр} = (0,2 \dots 0,3) \cdot M_H. \quad (3.10)$$

$$\omega_H = \frac{2\pi \cdot 1395}{60} = 146 \frac{\text{рад.}}{\text{с}};$$

$$M_H = \frac{1500}{146} = 10,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{н.дв} = 0,9^2 \cdot 2,2 \cdot 10,3 = 18,4 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{зр} = 0,2 \cdot \frac{1500}{146} = 2,1 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{н.дв} = 18,4 \geq M_{зр} = 2,1.$$

Умова (3.8) виконується, тобто вибраний електродвигун задовольняє умовам пуску.

Вибраний електродвигун перевірено за умовами перевантаження [12]:

$$M'_{мак.дв} \geq M_{о.мак.рм}, \quad (3.11)$$

де $M'_{мак.дв}$ – максимальний момент електродвигуна при зниженій напрузі, Н·м;

$M_{о.мак.рм}$ – максимальний момент опору робочої машини, Н·м.

$$M'_{мак.дв} = k_u^2 \cdot \mu_{мак} \cdot M_H, \quad (3.12)$$

де $\mu_{мак}$ – кратність максимального моменту електродвигуна, $\mu_{мак} = 2,2$ [13].

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		23

$$M_{оп.мак.рм} = \frac{P_{оп.мак}}{\omega_n}, \quad (3.13)$$

де $P_{оп.мак}$ – максимальна потужність з навантажувальної діаграми, Вт, $P_{оп.мак} = 2500$ Вт.

$$M'_{мак\delta в} = 0,9^2 \cdot 2,2 \cdot 10,3 = 18,4 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{оп.мак.рм} = \frac{2500}{146} = 17,1 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{мак\delta в} = 18,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq M_{о.мак рм} = 17,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Умова (3.11) виконується, тобто вибраний електродвигун задовольняє умовам перевантаження.

Аналогічним чином з [13] вибрані електродвигуни для приводу інших робочих машин цеху з виробництва сухого молока. Дані показані на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.320000ЭЗ графічної частини кваліфікаційного проєкту.

3.2 Проєктування внутрішньої розподільчої мережі

3.2.1 Вибір схеми живлення електроустановок

Електропостачання цеху з виробництва сухого молока здійснюється від комплектної трансформаторної підстанції КТП1 10/0,4 кВ потужністю 630 кВА. Електричний ввід виконано кабелем АВВГ4×50 довжиною 250 м, прокладеним в землі.

В електрощитовій знаходяться силовий розподільчий пункт А1 навісного виконання та шафи керування електрообладнанням. Від розподільчого пункту А1 отримують живлення шафи А2, А3, А4, А5 та щиток освітлювальний А6. Схема живлення електрообладнання цеху з виробництва сухого молока приведена на рисунку 3.1.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		24

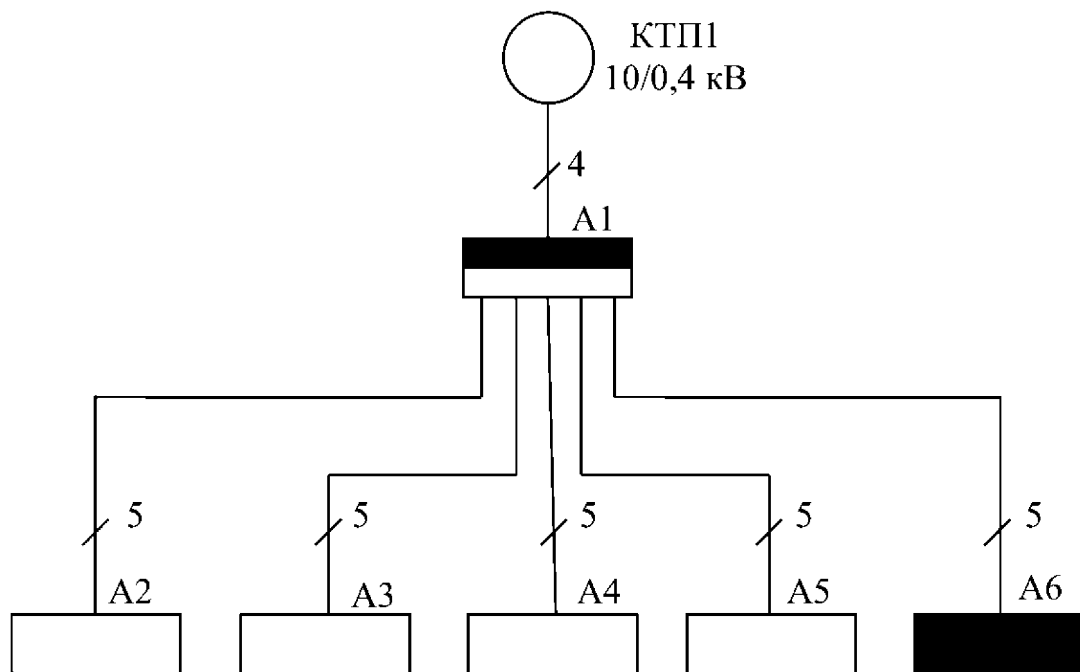


Рисунок 3.1 – Схема живлення електрообладнання цеху з виробництва сухого молока

3.2.2 Визначення розрахункових навантажень

Розрахункові струми трифазних асинхронних двигунів $I_{розр}$, А, визначено за формулою [14]:

$$I_{розр} = \frac{P_{ном} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном} \cdot \eta_{ном}}, \quad (3.14)$$

де $P_{ном}$ – номінальна потужність електродвигуна, Вт;

K_3 – коефіцієнт завантаження електродвигуна;

$U_{ном}$ – номінальна напруга, В;

$\cos \varphi_{ном}$ – номінальний коефіцієнт потужності;

$\eta_{ном}$ – номінальний ККД електродвигуна.

В якості прикладу приведемо розрахунок навантаження в колі живлення електродвигуна сепаратора-молокоочисника (=8–М6) типу АИР80В4У3. Приймаємо $K_3 = 1$, значення інших величин наведено у [13], тоді

$$I_{розр} = \frac{1500 \cdot 1}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,78 \cdot 0,87} = 3,52 \text{ А.}$$

Аналогічно визначено розрахункові струми інших споживачів, результати розрахунків занесено в розподільчу електросилову мережу, яка представлена на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.320000ЭЗ графічної частини проекту.

Розрахункові струми на магістралі між розподільчим пунктом і шафами керування визначено за формулою [14]:

$$I_{розр.м.} = k_o \cdot \sum_{i=1}^n I_{ном.i}, \quad (3.15)$$

де $\sum_{i=1}^n I_{ном.i}$ – сума номінальних (розрахункових) струмів споживачів, А;

k_o – коефіцієнт одночасної роботи споживачів електроенергії;

n – кількість споживачів.

В якості прикладу приведемо визначення розрахункового струму між розподільчим пунктом А1 і шафою керування А3, від якої отримують живлення такі споживачі: електродвигуни насосів відцентрових (=4–М3, =6–М5, =11–М8) типу АИР63В2У3 з паспортними даними: $P_{ном} = 0,55 \text{ кВт}$, $I_{розр} = 1,31 \text{ А}$; електродвигуни резервуарів (=5–М4, =10–М7, =13–М9) типу АИР71В6У3 з паспортними даними: $P_{ном} = 0,55 \text{ кВт}$, $I_{розр} = 1,74 \text{ А}$, електродвигун сепаратора-молокоочисника (=8–М6) типу АИР80В4У3 з паспортними даними: $P_{ном} = 1,5 \text{ кВт}$, $I_{розр} = 3,52 \text{ А}$.

Приймаємо $k_o = 1$, тоді розрахунковий струм магістралі А1-А3 дорівнює:

$$I_{розр.м.} = 1,31 \cdot 3 + 1,74 \cdot 3 + 3,52 = 12,67 \text{ А.}$$

Аналогічно визначено розрахункові струми інших магістралей, результати розрахунків занесено в розподільчу електросилову мережу, яка представлена на

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		26

аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.320000ЭЗ графічної частини кваліфікаційного проєкту.

Розрахунковий струм на магістралі між розподільчим пунктом А1 і щитком освітлювальним А6 $I_{розр.осв}$, А, визначено за формулою [15]:

$$I_{розр.осв} = \frac{P_{ном.осв}}{3 \cdot U_{ном.осв} \cdot \cos \varphi_{ном.осв}}, \quad (3.16)$$

де $P_{ном.осв}$ – номінальна потужність освітлювальної мережі, Вт;

$U_{ном.осв}$ – номінальна напруга освітлювальної мережі, В, $U_{ном.осв} = 220$ В [15];

$\cos \varphi_{ном.осв}$ – номінальний коефіцієнт потужності освітлювальної мережі; для люмінесцентного освітлення $\cos \varphi_{ном.осв} = 0,7$ [15].

$$P_{ном.осв} = 1,2 \cdot \sum (P_{nut.i} \cdot S_n), \quad (3.17)$$

де $P_{nut.i}$ – питома потужність відповідного приміщення, Вт/м²; для виробничого приміщення $P_{nut} = 10 - 15$ Вт/м², для допоміжних виробничих приміщень $P_{nut} = 8 - 10$ Вт/м² [15];

S_n – площа відповідного приміщення, м².

$$P_{ном.осв} = 1,2 \cdot (11 \cdot 600 + 9 \cdot 200) = 10080 \text{ Вт};$$

$$I_{розр.осв} = \frac{10080}{3 \cdot 220 \cdot 0,7} = 21,82 \text{ А.}$$

Розрахунковий струм на ділянці від трансформаторної підстанції КТП1 до ввідного розподільчого пункту А1 визначено за формулою [14]:

$$I_{розр.м.} = k_o \cdot \sum_{i=1}^n I_{розр.м.i}. \quad (3.18)$$

Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата

41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ

Арк.

27

Від ввідного розподільчого пункту А1 отримують живлення наступні шафи: А2 з $I_{\text{розр.м}} = 4,8$ А, А3 з $I_{\text{розр.м}} = 12,67$ А, А4 з $I_{\text{розр.м}} = 35,55$ А, А5 з $I_{\text{розр.м}} = 34,64$ А, А6 з $I_{\text{розр.м}} = 21,82$ А. Тому розрахунковий струм магістралі від КТП1 до А1 дорівнює:

$$I_{\text{розр.м.}} = 1,0 \cdot (4,8 + 12,67 + 35,55 + 34,64 + 21,82) = 109,5 \text{ А.}$$

3.2.3 Вибір марки і перерізу проводів та кабелів

З урахуванням умов навколишнього середовища для живлення силових струмоприймачів цеху вибираємо провід марки АПВ [14]. Провід одножильний (чотири одножильних проводи), прокладається у трубі.

Перерізи проводів (кабелів) вибираємо за допустимо тривалим струмом, виходячи з умови [14]:

$$I_{\text{доп.тр.п.}} \geq I_{\text{розр.м.}} \quad (3.19)$$

де $I_{\text{доп.тр.п.}}$ – допустимо тривалий струм, на який розрахований провід (кабель), що обирається, А;

$I_{\text{розр.м.}}$ – розрахунковий струм, який протікає через провід (кабель), що обирається, А.

Значення $I_{\text{доп.тр.п.}}$ вибирається з урахуванням матеріалу проводу, кількості жил, виду ізоляції, способу прокладання [14].

Для прикладу наведено вибір марки та перерізу проводу для електродвигуна приводу сепаратора-молокоочисника (=8–М6) типу АИР80В4УЗ. Для живлення цього електродвигуна вибрано провід АПВ4(1×2,5) з $I_{\text{доп.тр.п.}} = 19$ А [14], тоді

$$I_{\text{доп.тр.п.}} = 19 \text{ А} \geq I_{\text{розр.м.}} = 3,52 \text{ А.}$$

Умова виконується, отже вибір перерізу проводу виконаний вірно.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		28

Вибір марки та перерізу проводів і кабелів для інших струмоприймачів виконано аналогічно. Результати вибору занесено до схеми електричної принципової розподільчої мережі, яка представлена на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.320000ЭЗ графічної частини кваліфікаційного проєкту.

Прокладку проводів виконано в трубах, внутрішній діаметр яких розраховано за формулою [14]:

$$d_{mp} = d_{np} \sqrt{\frac{n}{k_3}}, \quad (3.20)$$

де $d_{тр}$ – діаметр проводу з ізоляцією, мм;

n – кількість провідників;

k_3 – коефіцієнт заповнення, $k_3 = 0,5$ [14].

У якості прикладу наведемо розрахунок внутрішнього діаметру труби для прокладки проводу живлення електродвигуна приводу сепаратора-молокоочисника. Діаметр проводу АПВ4(1×2,5) становить 3,9 мм [14], тоді

$$d_{mp} = 3,9 \sqrt{\frac{4}{0,5}} = 11 \text{ мм.}$$

Прийнято стандартний переріз труби 15 мм та обрано трубу марки Ду 15 (21,3×2,5) [16].

Розрахунок внутрішніх діаметрів труб для прокладки проводів до інших споживачів та вибір стандартних перерізів і марок труб проведено аналогічно. Результати занесено до схеми електричної принципової розподільчої мережі, яка представлена на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.320000ЭЗ графічної частини кваліфікаційного проєкту.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		29

3.2.4 Вибір і перевірка апаратів керування та захисту

Для керування та захисту електродвигунів застосовано електромагнітні пускачі та теплові реле.

Вибір електромагнітних пускачів проведено за такими умовами [14, 17]:

1 За типом або серією.

2 За номінальною напругою магнітного пускача $U_{\text{ном.МП}}$, В, із умови:

$$U_{\text{ном.МП}} \geq U_{\text{мережі}}, \quad (3.21)$$

де $U_{\text{мережі}}$ – напруга мережі, на яку вмикається котушка магнітного пускача, В.

3 За номінальним струмом магнітного пускача $I_{\text{ном.МП}}$, А, із умови:

$$I_{\text{ном.МП}} \geq I_{\text{розр.}} \quad (3.22)$$

4 За виконанням.

5 За номінальним струмом неспрацювання теплового реле $I_{\text{ном.н.т.р.}}$, А, із умови:

$$I_{\text{ном.н.т.р.}} \geq I_{\text{ном АД}} \text{ або } I_{\text{ном.н.т.р.}} \geq I_{\text{розр.}} \quad (3.23)$$

з подальшим регулюванням струму неспрацювання теплового реле, яке забезпечує рівність

$$I_{\text{ном.н.т.р.}} = I_{\text{ном АД}} \text{ або } I_{\text{ном.н.т.р.}} = I_{\text{розр.}} \quad (3.24)$$

6 За ступенем захисту та наявністю кнопок "Пуск" та "Стоп".

7 За кількістю контактів допоміжного кола.

8 За родом струму та напругою котушки втягування.

9 За кліматичним виконанням та категорією розміщення.

10 За виконанням на комутаційну зносостійкість.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

В якості прикладу наведено вибір електромагнітного пускача та теплового реле для електродвигуна сепаратора-молокоочисника (=8–М6) типу АИР80В4У3.

У відповідності з перерахованими вище умовами вибрано електромагнітний пускач типу ПММ-1/6 20 У3 з номінальною напругою $U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$ та тепловим реле типу РТ 2М-25 (2,5-4) в 20 У3 з $I_{\text{ном.т.р.}} = 25 \text{ А}$ [18].

Перевірка за вищеперерахованими умовами (3.22), (3.23), (3.24):

$$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В} \geq U_{\text{мережі}} = 220 \text{ В};$$

$$I_{\text{ном.МП}} = 6 \text{ А} \geq I_{\text{розр}} = 3,52 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.т.р.}} = 25 \text{ А} \geq I_{\text{розр}} = 3,52 \text{ А}.$$

Всі умови виконуються, отже вибір виконаний вірно.

Магнітні пускачі та теплові реле для захисту інших споживачів вибрано аналогічно, результати вибору занесено до схеми електричної принципової внутрішньоцехової розподільчої силової мережі на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.320000ЭЗ графічної частини кваліфікаційного проекту.

Вибір автоматичних вимикачів здійснено за наступними умовами [14, 17]:

1 За типом або серією.

2 За номінальною напругою автоматичного вимикача $U_{\text{ном.АВ}}$, В, із умови:

$$U_{\text{ном.АВ}} \geq U_{\text{мережі}} \quad (3.25)$$

3 За номінальним струмом автоматичного вимикача $I_{\text{ном.АВ}}$, А, із умови

$$I_{\text{ном.АВ}} \geq I_{\text{розр}} \quad (3.26)$$

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
						31
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

4 За виконанням.

5 За номінальним струмом теплового розчіплювача $I_{\text{ном.т.р.}}$, А:

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{ном АД}}. \quad (3.27)$$

6 За струмом відсічки електромагнітного розчіплювача $I_{\text{відс.р.м.}}$, А, із умови:

$$I_{\text{відс.р.м.}} \geq I_{\text{н.розр}}, \quad (3.28)$$

де $I_{\text{н.розр.}}$ – розрахункове значення пускового струму в мережі, А.

При цьому для захисту електричного кола з одним асинхронним двигуном розрахункове значення пускового струму в мережі визначається за формулою:

$$I_{\text{н розр.}} = (1,5 \dots 1,8) \cdot I_{\text{н АД}}, \quad (3.29)$$

- для захисту електричної мережі з декількома асинхронними двигунами:

$$I_{\text{н розр.}} = (1,5 \div 1,8) \cdot \left[\sum_{i=1}^n I_{\text{ном.і}} + (I_{\text{н.нб}} - I_{\text{ном.нб}}) \right], \quad (3.30)$$

де $\sum_{i=1}^n I_{\text{ном.і}}$ – сума номінальних струмів n одночасно працюючих двигунів, А;

$(I_{\text{н.нб}} - I_{\text{ном.нб}})$ – різниця між значеннями пускового і номінального струмів асинхронного двигуна, у якого ці струми найбільші, А.

7 За кліматичним виконанням, категорією розміщення, ступенем захисту.

В якості прикладу наведено вибір автоматичних вимикачів в колі живлення електродвигуна сепаратора-молокочисника (=8–М6) типу АИР80В4У3 та мережі живлення А1-А3. Для цього електродвигуна $I_{\text{н АД}} = 19,36$ А [13], тоді

$$I_{\text{н розр.}} = 1,6 \cdot 19,36 = 30,98 \text{ А.}$$

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
						32
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Струм відсічки електромагнітного розчіплювача $I_{\text{відс.р.м.}}$, А, дорівнює [14]:

$$I_{\text{відс.р.м.}} = I_{\text{ном розч.}} \cdot K, \quad (3.31)$$

де $I_{\text{ном розч.}}$ – номінальний струм відсічки електромагнітного розчіплювача, А;

K – кратність струму відсічки автоматичного вимикача.

Для встановлення обрано автоматичний вимикач серії АВ2000 з типом захисної характеристики С. Для двигуна АИР80В4У3 з $I_{\text{ном АД}} = 3,52$ А вибрано найближче стандартне значення $I_{\text{ном розч.}} = 4$ А. Кратність струму відсічки автоматичного вимикача з типом захисної характеристики С дорівнює $K = 10$ [19]. Тоді

$$I_{\text{відс.р.м.}} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ А};$$

$$I_{\text{відс.р.м.}} = 40 \text{ А} > I_{\text{н розр.}} = 30,98 \text{ А},$$

тобто умова виконується.

Для асинхронного двигуна АИР80В4У3 вибрано автоматичний вимикач АВ2000/3-С4 230/400-У3 з такими характеристиками: $I_{\text{ном АВ}} = 4$ А; $U_{\text{ном АВ}} = 380$ В; $I_{\text{ном.т.р.}} = 4$ А; $I_{\text{відс.р.м.}} = 40$ А [19].

Від шафи керування А3 отримують живлення наступні споживачі електроенергії: електродвигуни насосів відцентрових (=4–М3, =6–М5, =11–М8) з $I_{\text{розр}} = 1,31$ А, електродвигуни резервуарів (=5–М4, =10–М7, =13–М9) з $I_{\text{розр}} = 1,74$ А, електродвигун спеаратора-молокоочисника (=8–М6) з $I_{\text{розр}} = 3,52$ А [13]. Тоді

$$I_{\text{розр.м.}} = 1,31 \cdot 3 + 1,74 \cdot 3 + 3,52 = 12,67 \text{ А};$$

$$I_{\text{н розр.}} = 1,7 \cdot [(1,31 \cdot 3 + 1,74 \cdot 3 + 3,52) + (3,52 \cdot 5,5 - 3,52)] = 48,47 \text{ А}.$$

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		33

Для встановлення обрано автоматичний вимикач серії АВ2000 з типом захисної характеристики С та $I_{\text{ном розч}} = 16 \text{ А}$. Кратність струму відсічки в цьому випадку $K = 10$ [19]. Тоді

$$I_{\text{відс.р.м.}} = 16 \cdot 10 = 160 \text{ А};$$

$$I_{\text{відс.р.м.}} = 160 \text{ А} > I_{\text{н розр}} = 48,47 \text{ А},$$

тобто умова виконується.

Для мережі живлення А1-А3 вибрано автоматичний вимикач типорозміру АВ2000/3-С16 230/400-У3 з такими характеристиками: $I_{\text{ном АВ}} = 16 \text{ А}$; $U_{\text{ном АВ}} = 380 \text{ В}$; $I_{\text{ном.т.р.}} = 16 \text{ А}$; $I_{\text{відс.р.м.}} = 160 \text{ А}$ [19].

Вибір автоматичних вимикачів для решти струмоприймачів та мереж живлення проведено аналогічно. Дані вибору з [19, 20] занесено до схеми електричної принципової внутрішньоцехової розподільчої силової мережі на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.3200000ЭЗ графічної частини проєкту.

Перевірка вибраних автоматичних вимикачів проведена за наступними умовами [14, 17]:

1 На неспрацювання автоматичного вимикача при пуску електродвигунів [14, 17]:

$$I_{\text{відс.р.м.}} \geq I_{\text{н розр}}, \quad (3.32)$$

де $I_{\text{відс.р.м.}}$ — струм відсічки електромагнітного розчіплювача, А;

$I_{\text{н розр}}$ — розрахункове значення пускового струму в мережі, А.

Перевірка автоматичного вимикача в колі живлення електродвигуна сепаратора-молокоочисника (=8–М6) типу АИР80В4У3 та мережі живлення проведена в п.3.2.4.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		34

Для електродвигуна $I_{відср.м.} = 40 \text{ А} > I_{н розр} = 30,98 \text{ А}$.

Для мережі живлення $I_{відср.м.} = 160 \text{ А} > I_{н розр} = 48,47 \text{ А}$.

2 На узгодження струму розчіплювачів автоматичного вимикача з допустимо тривалим струмом проводів та кабелів [21]:

$$\frac{I_{ном.т.р.}}{I_{доп.тр.п.}} \leq k, \quad (3.33)$$

де $I_{доп.тр.п.}$ – допустимий тривалий струм провідника, А.

k – нормативне значення кратності струму уставки, $k = 1$ [21].

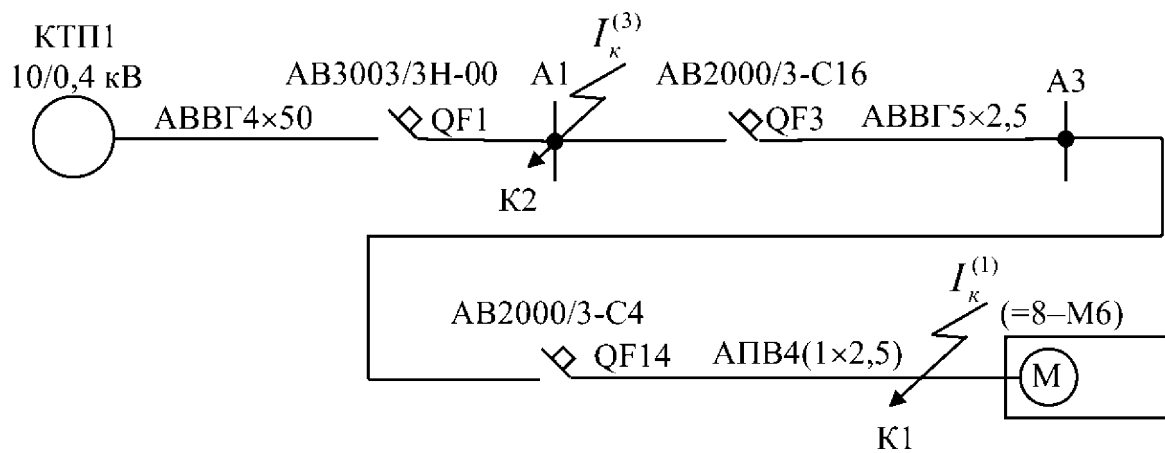
Для прикладу проведено узгодження розчіплювача з $I_{доп.тр.п.}$ проводу в мережі живлення сепаратора-молокоочисника (=8–М6). Живлення електродвигуна виконано проводом АПВ4(1×2,5) з $I_{доп.тр.п.} = 19 \text{ А}$. Для захисту мережі АЗ – (=8–М6) встановлений автоматичний вимикач АВ2000/3-С4 230/400-У3 з $I_{ном АВ} = 4 \text{ А}$, $I_{ном.т.р.} = 4 \text{ А}$. Тоді

$$\frac{I_{ном т.р.}}{I_{доп.тр.п.}} = \frac{4}{19} = 0,21 < 1,$$

тобто умова виконується.

3 На чутливість або надійність спрацьовування при струмах однофазного короткого замикання для автоматичних вимикачів найбільш віддалених від джерела живлення (ТП) [22].

Для прикладу наведено перевірку автоматичного вимикача АВ2000/3-С4 230/400-У3 в колі живлення електродвигуна сепаратора-молокоочисника (=8–М6) типу АИР80В4У3. Для визначення струмів однофазного короткого замикання використано електричну схему розподільчої мережі, яка представлена на рисунку 3.2.



$I_k^{(1)}$ – струм однофазного к.з.; $I_k^{(3)}$ – струм трифазного к.з.

Рисунок 3.2 – Електрична схема розподільчої мережі сепаратора-молокоочисника

Так як $I_{ном АВ} < 100$ А, то перевірка виконується за умовами [14]:

- для автоматичних вимикачів, що мають тільки електромагнітний розчіплювач:

$$I_k^{(1)} \geq 1,4 I_{відср.м.}, \quad (3.34)$$

- для автоматичних вимикачів, що мають тепловий розчіплювач, і мереж, розташованих в приміщеннях з нормальним середовищем:

$$I_k^{(1)} \geq 3 I_{номт.р.} \quad (3.35)$$

Струм однофазного к.з. визначається за рівнянням [22]:

$$I_k^{(1)} \geq \frac{U_{ном.ф}}{\frac{Z_{mk}^{(1)}}{3} + Z_n}, \quad (3.36)$$

де $U_{ном.ф}$ – номінальна фазна напруга обмоток низької напруги трансформатора, В, $U_{ном.ф} = 230$ В [22];

$Z_{mk}^{(1)}$ – повний опір силового трансформатора однофазному струму к.з. на корпусі, Ом;

Z_n – повний опір петлі «фаза – нейтральний провід», Ом.

З достатньою для практичних розрахунків точністю для силових трансформаторів справедливо [22]:

$$\frac{Z_{mk}^{(1)}}{3} \approx \frac{26}{S_{ном,т}}, \quad (3.37)$$

де $S_{ном,т}$ – номінальна повна потужність трансформатора, кВА.

Цех з виробництва сухого молока живиться від трансформатора з $S_{ном,т} = 630$ кВА. Тому

$$\frac{Z_{mk}^{(1)}}{3} = \frac{26}{630} = 0,0413 \text{ Ом.}$$

Повний опір проводів петлі «фазний провід – нейтральний провід», Z_n , Ом, визначається за формулою [22]:

$$Z_n = \sum z_{noi} \cdot l_i, \quad (3.38)$$

де z_{noi} – питомий опір проводів «фазний провід – нейтральний провід» на i -й ділянці мережі, Ом/км;

l_i – довжина i -ої ділянки, км.

$$Z_n = 1,29 \cdot 0,25 + 25,2 \cdot 0,01 + 25,2 \cdot 0,02 = 1,08 \text{ Ом.}$$

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{230}{0,0413 + 1,08} = 205,2 \text{ А.}$$

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		37

Для автоматичного вимикача QF14 типу АВ2000/3-С4 230/400-У3 приводу сепаратора-молокоочисника $I_{\text{номт.р.}} = 4 \text{ А}$; $I_{\text{відс.р.м.}} = 40 \text{ А}$, тоді

$$I_{\kappa}^{(1)} = 205,2 \text{ А} > 1,4 \cdot I_{\text{відср.м.}} = 1,4 \cdot 40 = 56 \text{ А};$$

$$I_{\kappa}^{(1)} = 205,2 \text{ А} > 3 \cdot I_{\text{нт.р.}} = 3 \cdot 4 = 12 \text{ А}.$$

Отже умова надійного спрацьовування автоматичного вимикача (QF14) АВ2000/3-С4 230/400-У3 в колі керування електродвигуна сепаратора-молокоочисника при струмах однофазного к.з. виконується.

Решта автоматичних вимикачів перевірена аналогічно.

4 На граничну вимикаючу здатність струмів трифазного к.з.

Проводиться для автоматичних вимикачів мережі, які встановлені поблизу джерела живлення – ТП, за умовою [14]:

$$I_{\text{гр.АВ}} \geq I_{\kappa, \text{уд}}^{(3)}; \quad (3.39)$$

$$I_{\kappa, \text{уд}}^{(3)} = I_{\kappa}^{(3)} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}}, \quad (3.40)$$

де $I_{\text{гр.АВ}}$ – граничний струм, що вимикається апаратом, кА;

$I_{\kappa, \text{уд}}^{(3)}$ – ударний струм трифазного к.з., кА;

$I_{\kappa}^{(3)}$ – струм трифазного короткого замикання, кА;

$K_{\text{уд}}$ – ударний коефіцієнт, що залежить від параметрів силового трансформатора, приймаємо $K_{\text{уд}} = 1,2 - 1,4$ [22].

Проведено перевірку автоматичного вимикача (QF1) АВ3003/3Н-00У3 на вводі розподільчого пункту А1 з $I_{\text{гр.АВ}} = 25 \text{ кА}$.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		38

Струм трифазного к.з. на шинах 0,4 кВ трансформаторів визначався за формулою [14]:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_{\text{ном.л}}}{\sqrt{3} \cdot (Z_{\text{т}} + Z_{\text{п}})}, \quad (3.41)$$

де $U_{\text{ном.л}}$ – номінальна лінійна напруга обмоток низької напруги трансформатора, В, $U_{\text{ном.л}} = 400$ В [14];

$Z_{\text{т}}$ – повний опір трансформатора 10/0,4 кВ, приведений до напруги 0,4 кВ, Ом, $Z_{\text{т}} = 14 \cdot 10^{-3}$ Ом [14].

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (0,014 + 1,29 \cdot 0,25)} = 687,1 \text{ А};$$

$$I_{\kappa, \text{уд}}^{(3)} = 687,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,3 = 1263,2 \text{ А};$$

$$I_{\text{гр. АВ}} = 25000 \text{ А} \geq I_{\kappa, \text{уд}}^{(3)} = 1263,2 \text{ А}.$$

Отже, умова на граничну вимикаючу здатність автоматичного вимикача (QF1) АВ3003/3Н-00 виконується.

5 На селективність роботи розчіплювачів автоматичних вимикачів, включених в мережі послідовно.

Вона забезпечується, якщо номінальні струми розчіплювачів наступних автоматичних вимикачів від джерела живлення на 2-3 ступені нижче уставок струмів попередніх автоматичних вимикачів [14].

$$I_{\text{номт.р. QF1 КТП1}} > I_{\text{номт.р. QF3 А1}} > I_{\text{номт.р. QF14 А3}}, \quad (3.42)$$

де $I_{\text{номт.р. QF1 КТП1}}$, $I_{\text{номт.р. QF3 А1}}$, $I_{\text{номт.р. QF14 А3}}$ – номінальні струми розчіплювачів автоматів, включених в мережі послідовно, А.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		39

$$I_{\text{номт.р.}QF1\text{ КТП1}} = 125 \text{ А} > I_{\text{номт.р.}QF3\text{ А1}} = 16 \text{ А} > I_{\text{номт.р.}QF14\text{ А3}} = 4 \text{ А}.$$

Отже, умова селективності роботи автоматичних вимикачів виконується. Аналогічно перевірено селективність роботи інших автоматичних вимикачів.

3.2.5 Вибір низьковольтних комплектних установок

У відповідності з прийнятою схемою живлення електрообладнання цеху з виробництва сухого молока та значеннями розрахункових струмів в мережах, згідно [14] вибрано низьковольтні комплектні установки та шафи керування.

Встановлено один ввідний силовий розподільчий пункт А1 типу ПР11Д-3060-54-У3 з ввідним автоматом АВ3003/3Н на номінальний струм 225 А і п'ятьма триполюсними фідерними автоматичними вимикачами АВ2000 на струми 5 А, 16 А, 25 А, і два на 40 А. Для керування електроприводами встановлено наступні шафи керування: А2 – ШАУ 5101-2774У3, А3 – ШАУ 5102-3274У3, А4 – ШАУ 5103-3674У3, А5 – ШАУ 5104-3674У3. Для керування освітленням встановлено щит освітлювальний типорозміру ЩОГ-611-1-1-54У3.

3.2.6 Розробка схеми внутрішньоцехової силової розподільчої мережі

Схеми внутрішньоцехова силової розподільчої мережі розроблена згідно [22] в однолінійному виконанні. На ній відображено взаємні зв'язки основних елементів внутрішньої мережі: вводу, розподільчих пристроїв, магістральної мережі, апаратів захисту і керування, групової мережі, окремих розгалужень і струмоприймачів.

На принциповій схемі розподільчої мережі наведена інформація про типи або серії НКУ, що використовуються, дані про вибрані апарати керування та захисту, відомості про марки, перерізи і способи прокладки проводів та кабелів, характеристика струмоприймачів. Вона представлена на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.320000ЭЗ графічної частини кваліфікаційного проекту.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		40

3.2.7 Розробка схеми розташування технологічного та електросилового обладнання об'єкту

Технологічне обладнання цеху з виробництва сухого молока скомпоновано у виробничому приміщенні з врахуванням вимог техніки безпеки, взаємного розташування і габаритів існуючого технологічного обладнання, зручності обслуговування і поточності виробництва.

При компоновці обладнання передбачена відстань між окремими машинами 0,8 м і більше. Двері або ворота для проходу людей влаштовуються окремо від дверей (комір) для вантажного транспорту.

З урахуванням наведених вимог складено план розташування технологічного обладнання, який наведено на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.310000Э7 графічної частини проєкту.

3.3 Специфікація на матеріали і обладнання

Специфікація на матеріали і обладнання для силової внутрішньоцехової розподільчої мережі цеху з виробництва сухого молока наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Специфікація на матеріали і обладнання для силової внутрішньоцехової розподільчої мережі цеху з виробництва сухого молока

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	Електродвигуни асинхронні		
М1	АИР71А2У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_n = 0,75$ кВт
М2	АИР80В6У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_n = 1,1$ кВт
М3, М5	АИР63В2У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	2	$P_n = 0,55$ кВт
М4, М7	АИР71В6У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	2	$P_n = 0,55$ кВт
М6	АИР80В4У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_n = 1,5$ кВт
М8	АИР63В2У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_n = 0,55$ кВт
М9, М13	АИР71В6У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	2	$P_n = 0,55$ кВт
М10	АИР112МА6У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_n = 3,0$ кВт

Продовження таблиці 3.1

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
M11	АИР100L4У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_H = 4,0$ кВт
M12, M14	АИР71А4У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	2	$P_H = 0,55$ кВт
M15	АИР112М4У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_H = 5,5$ кВт
M16	АИР71В6У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_H = 0,55$ кВт
M17	АИР71А4У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_H = 0,55$ кВт
M18	АИР132S4У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_H = 7,5$ кВт
M19	АИР90L4У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_H = 2,2$ кВт
M20	АИР71В4У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_H = 0,75$ кВт
M21	АИР100L6У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_H = 2,2$ кВт
M22–M25	ЕС-990 У3, ЕВ № 327/2011	4	$P_H = 0,99$ кВт
Вимикачі автоматичні			
QF1	АВ3003/3Н-00У3, ТУ 31.2-25019584-006:2004	1	$I_{нрт} = 125$ А
QF2	АВ2000/3-С5 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{нрт} = 5$ А
QF3	АВ2000/3-С16 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{нрт} = 16$ А
QF4, QF5	АВ2000/3-С40 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	2	$I_{нрт} = 40$ А
QF6	АВ2000/3-С25 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{нрт} = 25$ А
QF7, QF9	АВ2000/3-С2 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	2	$I_{нрт} = 2$ А
QF8, QF12	АВ2000/3-С4 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	2	$I_{нрт} = 4$ А
QF10, QF11	АВ2000/3-С2 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	2	$I_{нрт} = 2$ А
QF13-QF15	АВ2000/3-С2 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	3	$I_{нрт} = 2$ А
QF16, QF20	АВ2000/3-С16 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	2	$I_{нрт} = 16$ А
QF17-QF19	АВ2000/3-С2 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	3	$I_{нрт} = 2$ А
QF21, QF22	АВ2000/3-С2 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	2	$I_{нрт} = 2$ А
QF23	АВ2000/3-С16 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{нрт} = 16$ А
QF24, QF26	АВ2000/3-С6 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	2	$I_{нрт} = 6$ А
QF25	АВ2000/3-С3 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{нрт} = 3$ А
QF27, QF28	АВ2000/3-С4 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	2	$I_{нрт} = 4$ А

Продовження таблиці 3.1

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	Пускачі магнітні		
КМ1–КМ9	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	9	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ10, КМ11	ПММ-1/9 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	2	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ12-КМ14	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	3	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ15	ПММ-1/12 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ16	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ17	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ18	ПММ-1/16 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ19	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ20	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ21	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
	Реле теплові струмові		
КК1, КК4	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	2	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК2, КК6	РТ 2М-25 (2,5-4) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	2	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК3	РТ 2М-32 (1-1,4) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 32 \text{ А}$
КК5	РТ 2М-32 (1-1,4) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 32 \text{ А}$
КК7	РТ 2М-25 (4-6) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК8	РТ 2М-32 (1-1,4) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 32 \text{ А}$
КК9	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК10	РТ 2М-25 (5,5-8) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК11	РТ 2М-25 (7-10) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК12	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК13	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК14	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК15	РТ 2М-25 (9-13) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК16	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК17	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$

Продовження таблиці 3.1

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
КК18	РТ 2М-25 (12-18) в 20 УЗ, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{нрт} = 25 \text{ А}$
КК19	РТ 2М-25 (4-6) в 20 УЗ, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{нрт} = 25 \text{ А}$
КК20	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 УЗ, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{нрт} = 25 \text{ А}$
КК21	РТ 2М-25 (4-6) в 20 УЗ, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{нрт} = 25 \text{ А}$
	Низковольтні комплектні пристрої		
A1	ПР11Д-3060-54-УЗ, ТУ У 31.2-40905126-004:2016	1	$I_n = 250 \text{ А}$
A2	ШАУ 5101-2774УЗ, ТУ У 31.2-30034641-013:2008	1	$I_n = 5 \text{ А}$
A3	ШАУ 5102-3274УЗ, ТУ У 31.2-30034641-013:2008	1	$I_n = 16 \text{ А}$
A4	ШАУ 5103-3674УЗ, ТУ У 31.2-30034641-013:2008	1	$I_n = 40 \text{ А}$
A5	ШАУ 5104-3674УЗ, ТУ У 31.2-30034641-013:2008	1	$I_n = 40 \text{ А}$
A6	ЩОГ-611-1-1-54УЗ, ТУ У 31.2-30034641-013:2008	1	$I_n = 32 \text{ А}$
	Провід, кабель		
	АВВГ4×50, ТУ У 31.3-31549003-007:2006	250м	$I_{трдоп} = 132 \text{ А}$
	АВВГ5×10, ТУ У 31.3-31549003-007:2006	14 м	$I_{трдоп} = 46 \text{ А}$
	АВВГ5×4, ТУ У 31.3-31549003-007:2006	8 м	$I_{трдоп} = 26 \text{ А}$
	АВВГ5×2,5, ТУ У 31.3-31549003-007:2006	13 м	$I_{трдоп} = 19 \text{ А}$
	АПВ4(1×2,5), ТУ У 31.3-31549003-007:2006	386м	$I_{трдоп} = 19 \text{ А}$
	Труба сталеві		
T15	Ду 15 (21,3×2,5), ГОСТ 3262-75	386м	

4 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СИЛОВИМ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯМ ДІЛЯНКИ ПІДГОТОВКИ МОЛОКА ДО ЗГУЩЕННЯ

4.1 Вимоги до системи керування силовим електрообладнанням

Технологічна лінія виробництва сухого молока складається з наступних ділянок: приймання молока, підготовки молока до згущення, згущення молока, сушіння молока, фасування сухого молока. До ділянки підготовки молока до згущення відносяться такі робочі машини: насоси відцентрові 4, 6, 11, резервуари 5, 10, 13, трубчастий підігрівач 7, сепаратор-молокоочисник 8, пластинчастий охолоджувач 9, трубчастий пастеризатор 12.

Відповідно до технології виробництва сухого молока і електротехнічної частини система керування силовим електрообладнанням ділянки підготовки молока до згущення має задовольняти таким вимогам:

- живлення силового кола і кола керування від мережі трифазного змінного струму напругою 380/220 В та частотою 50 Гц;
- захист силового електрообладнання від струмів короткого замикання та перевантаження за допомогою автоматичних вимикачів та теплових реле;
- наявність ручного та автоматичного режимів роботи;
- сигналізація про пуск ділянки технологічної лінії і початок роботи кожної робочої машини;
- послідовність запуску електродвигунів всіх робочих машин ділянки згідно технологічного процесу;
- контроль заповнення і спорожнення резервуарів 5, 10 і 13;
- включення відцентрового насосу 4 при відсутності молока у резервуарах 5 і 10;
- одночасне включення відцентрового насосу 4 і мішалки резервуару 5;
- відключення відцентрових насосів 4 і 6, подача пари в трубчастий підігрівач 7 і крижаної води у пластинчастий охолоджувач 9, включення сепаратор-молокоочисника 8 і мішалка резервуару 10 при заповненні резервуару 5;

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		45

- відключення мішалки резервуару 5 і відцентрового насосу 6, припинення подачі пари в трубчастий підігрівач 7 і крижаної води у пластинчастий охолоджувач 9, відключення сепаратора-молокоочисника 8 при заповненні резервуару 10;
- включення відцентрового насосу 11 і мішалки резервуару 13, початок подачі пари в трубчастий пастеризатор 12 через 1 годину після заповнення резервуару 10 при відсутності молока у резервуарі 13;
- відключення мішалки резервуару 10 і відцентрового насосу 11, припинення подачі пари в трубчастий пастеризатор 12 при заповненні резервуару 13;
- відключення подачі пари у трубчастий нагрівач 7 у разі збільшення температури молока понад 45°C при його нагріванні і повернення молока на повторне нагрівання у разі зниження температури молока після нагрівання менше 40°C;
- відключення подачі крижаної води у пластинчастий охолоджувач 9 у разі зниження температури молока після охолодження більше 10°C і повернення молока на повторне охолодження у разі збільшення температури молока після охолодження більше 15°C;
- відключення подачі пари у трубчастий пастеризатор 12 у разі збільшення температури молока після пастеризації більше 90°C і повернення молока на повторну пастеризацію у разі зниження температури молока після пастеризації менше 85°C.

4.2 Вибір параметрів контролю і керування

Згідно вимог до системи керування силовим електрообладнанням, викладених вище, параметри контролю і керування наступні:

- верхній рівень молока резервуару 5;
- нижній рівень молока резервуару 5;
- верхній рівень молока резервуару 10;

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		46

- нижній рівень молока резервуару 10;
- верхній рівень молока резервуару 13;
- нижній рівень молока резервуару 13;
- час нормалізації молока у резервуарі 10;
- максимальна температура молока на вихідному молокопроводі з трубчастого підігрівача 7;
- мінімальна температура молока на вихідному молокопроводі з трубчастого підігрівача 7;
- максимальна температура молока на вихідному молокопроводі з пластинчастого охолоджувача 9;
- мінімальна температура молока на вихідному молокопроводі з пластинчастого охолоджувача 9;
- максимальна температура молока на вихідному молокопроводі з трубчастого пастеризатора 7;
- мінімальна температура молока на вихідному молокопроводі з трубчастого пастеризатора 7.

4.3 Розробка функційної схеми автоматизації

На функційній схемі автоматизації згідно [23] за допомогою умовних графічних і літерних позначень вказано технологічне обладнання, комунікації, органи керування, прилади і засоби автоматизації із зазначенням зв'язків між ними. Схема функційна автоматизації ділянки підготовки молока до згущення представлена на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.410000С2 графічної частини.

Для керування технологічним процесом встановлено наступні датчики:

- датчик верхнього рівня молока резервуару 5 (LE 21-1);
- датчик нижнього рівня молока резервуару 5 (LE 22-1);
- датчик верхнього рівня молока резервуару 10 (LE 27-1);
- датчик нижнього рівня молока резервуару 10 (LE 28-1);

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		47

- датчик верхнього рівня молока резервуару 13 (LE 32-1);
- датчик нижнього рівня молока резервуару 13 (LE 33-1);
- датчик максимальної температури молока (45°C) на вихідному молокопроводі з трубчастого підігрівача 7 (TE 23-1);
- датчик мінімальної температури молока (40°C) на вихідному молокопроводі з трубчастого підігрівача 7 (TE 24-1);
- датчик мінімальної температури молока (10°C) на вихідному молокопроводі з пластинчастого охолоджувача 9 (TE 25-1);
- датчик максимальної температури молока (15°C) на вихідному молокопроводі з пластинчастого охолоджувача 9 (TE 26-1);
- датчик максимальної температури молока (90°C) на вихідному молокопроводі з трубчастого пастеризатора 12 (TE 30-1);
- датчик мінімальної температури молока (85°C) на вихідному молокопроводі з трубчастого пастеризатора 12 (TE 31-1);

Крім вказаних датчиків, у системі керування застосовано реле часу (KE 29-1) для контролю часу нормалізації молока (1 год.) у резервуарі 10.

Виконавчими органами є електродвигуни робочих машин ділянки технологічної лінії та двоходові та триходові електромагнітні клапани, які встановлені на трубчастому підігрівачу 7, пластинчастому охолоджувачі 9 і трубчастому пастеризаторі 12. Робота виконавчих органів здійснюється відповідно до вимог, описаних у п.4.1.

4.4 Розробка схеми електричної принципової керування силовим електрообладнанням

У відповідності до функційної схеми складена принципова електрична схема автоматизованого керування ділянки підготовки молока до згущення, яка наведена на аркуші 41ЕЕД.9683887.06.25.420000ЭЗ графічної частини проєкту.

В ручному режимі схема працює наступним чином.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		48

Пакетний перемикач SA1 встановлюється в положення «Р». Вмикаються автоматичні вимикачі QF1 та з QF9 по QF15, а також автоматичний вимикач SF1 захисту кола керування. Сигналізація про початок роботи ділянки технологічної лінії подається шляхом натискання на кнопку SB1. Внаслідок цього вмикається дзвоник HA1, час роботи якого вручну регулює обслуговуючий персонал.

Електродвигун приводу відцентрового насосу 4 вмикається шляхом натискання на кнопку SB2.2 («Пуск»), при цьому напруга подається на котушку магнітного пускача KM3, що призводить до його спрацювання. Силкові контакти KM3 замикаються і електродвигун M3 отримує живлення.

Відключення електродвигуна M3 здійснюється шляхом натискання кнопки SB2.1 («Стоп»). Внаслідок цього коло живлення котушки KM3 розмикається і напруга з котушки магнітного пускача KM6 знімається, що призводить до вимкнення магнітного пускача. Силкові контакти KM3 розмикаються і електродвигун M3 знеструмлюється.

У разі перевантаження електродвигуна M3 спрацює теплове реле KK3, його розмикаючий контакт розриває коло живлення котушки KM3, що призводить до вимкнення цього магнітного пускача. Силкові контакти KM3 розмикаються і електродвигун M3 знеструмлюється і зупиняється.

Про роботу електродвигуна відцентрового насосу 4 сповіщає лампа сигнальна HL1, яка включена паралельно котушці KM3.

Ручний режим керування приводами інших робочих машинах здійснюється аналогічно.

В автоматизованому режимі схема працює наступним чином.

Пакетний перемикач SA1 встановлюється в положення «А». Вмикаються автоматичні вимикачі QF1 та з QF9 по QF15, а також SF1.

Після замикання SF1 напруга потрапляє на котушку реле часу KT1, контакт KT1.1 якого замикається. Отримує живлення дзвоник HA1, який сигналізує про початок технологічного процесу протягом 1 хвилини до моменту розмикання контакту KT1.1.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		49

Разом із цим через 1 хвилину замикається контакт КТ1.2 у колі котушки проміжного реле КЛ1, внаслідок чого на цю котушку подається напруга (якщо контакти датчиків нижнього рівня SL2 резервуару 5 і SL4 резервуару 10 замкнені, тобто молоко у цих резервуарах відсутнє). Це призводить до замикання контактів КЛ1.1 і КЛ1.2 у колах керування електроприводами відцентрового насосу 4 і резервуару 5. Котушки магнітних пускачів КМ3 і КМ4 отримують живлення, силові контакти цих магнітних пускачів замикаються і електродвигуни М3 і М4 отримують живлення.

Коли сире молоко досягне верхнього рівня у резервуарі 5, контакт датчика SL1 замикається і котушка проміжного реле КЛ2 отримує живлення, розмикаючи свій контакт КЛ2.1 у колі керування приводом відцентрового насосу 4. Котушка магнітного пускача КМ3 знеструмлюється, силові контакти цього магнітного пускача розмикаються і електродвигун М3 зупиняється.

Одночасно з цим контакти з КЛ2.3 по КЛ2.7 у колах керування електроприводами відцентрового насосу 6, клапану подачі пари у трубчастий нагрівач, сепаратора-молокоочисника; клапану подачі крижаної води у пластинчастий охолоджувач і резервуару 10 замикаються. Внаслідок цього котушки магнітних пускачів з КМ5 по КМ7 отримують живлення, їх силові контакти замикаються, електродвигуни з М5 по М7 отримують живлення і починають працювати, тобто вмикаються відцентровий насос 6, сепаратор-молокоочисник і резервуар 10. Також котушки електромагнітних клапанів YA1 і YA2 отримують живлення, клапани відчиняються і відбувається подача пари у трубчастий нагрівач і крижаної води у пластинчастий охолоджувач.

Якщо на вихідному молокопроводі з трубчастого нагрівача молоко має температуру більшу за 45°C, то контакт датчика ST1 розмикається і котушка проміжного реле КЛ7 втрачає живлення, розмикаючи свій контакт КЛ7.1 у колі керування подачі пари у трубчастий нагрівач. В результаті котушка електромагнітного клапана YA1 втрачає живлення, клапан закривається і подача пари припиняється. Якщо температура молока повертається на необхідний рівень, то все відбувається навпаки і клапан подачі пари відкривається.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		50

Якщо на вихідному молокопроводі з трубчастого нагрівача молоко має температуру меншу за 40°C, то контакт датчика ST2 розмикається і котушка проміжного реле KL8 втрачає живлення, замикаючи свій контакт KL8.1 у колі керування повторної подачі молока у трубчастий нагрівач. В результаті котушка електромагнітного клапана YA4 отримує живлення, клапан перемикається і молоко подається на повторний нагрів. Якщо температура молока повертається на необхідний рівень, то все відбувається навпаки і клапан повторної подачі молока повертається у вихідне положення.

Якщо на вихідному молокопроводі з пластинчастого охолоджувача молоко має температуру меншу за 10°C, то контакт датчика ST4 розмикається і котушка проміжного реле KL10 втрачає живлення, розмикаючи свій контакт KL10.1 у колі керування подачі пари у пластинчастий охолоджувач. В результаті котушка електромагнітного клапана YA2 втрачає живлення, клапан закривається і крижаної води припиняється. Якщо температура молока повертається на необхідний рівень, то все відбувається навпаки і клапан подачі крижаної води відкривається.

Якщо на вихідному молокопроводі з трубчастого нагрівача молоко має температуру більшу за 15°C, то контакт датчика ST3 розмикається і котушка проміжного реле KL9 втрачає живлення, замикаючи свій контакт KL9.1 у колі керування повторної подачі молока у пластинчастий охолоджувач. В результаті котушка електромагнітного клапана YA5 отримує живлення, клапан перемикається і молоко подається на повторний нагрів. Якщо температура молока повертається на необхідний рівень, то все відбувається навпаки і клапан повторної подачі молока повертається у вихідне положення.

Коли охолоджене молоко досягне верхнього рівня у резервуарі 10, контакт датчика SL3 замикається і котушка проміжного реле KL3 отримує живлення, розмикаючи свої контакти з KL3.1 по KL3.4 у колах керування електроприводами відцентрового насосу 6, клапану подачі пари у трубчастий нагрівач, сепаратора-молокоочисника, клапану подачі крижаної води у

пластинчастий охолоджувач. Внаслідок цього котушки магнітних пускачів КМ5 і КМ6 втрачають живлення, їх силові контакти розмикаються, електродвигуни М5 і М6 втрачають живлення і зупиняються, тобто вимикаються відцентровий насос 6 і сепаратор-молокоочисник. Також котушки електромагнітних клапанів УА1 і УА2 втрачають живлення, клапани зачиняються, припиняється подача пари у трубчастий нагрівач і крижаної води у пластинчастий охолоджувач.

Разом з цим замикається контакт КЛ3.6 у колі котушки двоканального реле часу КТ2, що призводить до замикання контакту КТ2.1 у колі сигналізації НА2 про початок нормалізації молока. Сигналізація включається і працює протягом 1 хвилини, сповіщаючи обслуговуючому персоналу про необхідність додавання вершків у резервуар 10.

Через 1 годину з початку нормалізації молока замикається контакт КТ2.2 у колі котушки КЛ4, яка отримує живлення у разі відсутності молока у резервуарі 13. В результаті цього контакти з КЛ4.1 по КЛ4.3 у колах керування електроприводами відцентрового насосу 11, клапану подачі пари у трубчастий пастеризатор і резервуару 13 замикаються. Це призводить до того, що котушки КМ8 і КМ9 отримують живлення, силові контакти цих магнітних пускачів замикаються, електродвигуни М8 і М9 отримують живлення і починають працювати, тобто вмикаються відцентровий насос 11 і резервуар 13. Також котушка електромагнітного клапану УА3 отримує живлення, клапан відчиняється і відбувається подача пари у трубчастий пастеризатор.

Якщо на вихідному молокопроводі з трубчастого пастеризатора молоко має температуру більшу за 90°C, то контакт датчика ST5 розмикається і котушка проміжного реле КЛ11 втрачає живлення, розмикаючи свій контакт КЛ11.1 у колі керування подачі пари у трубчастий пастеризатор. В результаті котушка електромагнітного клапана УА3 втрачає живлення, клапан закривається і подача пари припиняється. Якщо температура молока повертається на необхідний рівень, то все відбувається навпаки і клапан подачі пари відкривається.

Якщо на вихідному молокопроводі з трубчастого пастеризатора молоко має температуру меншу за 85°C, то контакт датчика ST6 розмикається і котушка проміжного реле KL12 втрачає живлення, замикаючи свій контакт KL12.1 у колі керування повторної подачі молока у трубчастий нагрівач. В результаті котушка електромагнітного клапана YA6 отримує живлення, клапан перемикається і молоко подається на повторну пастеризацію. Якщо температура молока повертається на необхідний рівень, то все відбувається навпаки і клапан повторної подачі молока повертається у вихідне положення.

Коли пастеризоване молоко досягає верхнього рівня резервуару 13, спрацьовує датчик верхнього рівня цього резервуару, внаслідок чого контакт SL5 замикається. Це призводить до того, що котушка проміжного реле KL5 отримує живлення і контакти з KL5.1 по KL5.3 розмикаються. Внаслідок цього котушки магнітних пускачів KM7 і KM8 втрачають живлення і розмикають свої силові контакти, що обумовлює знеструмлення і зупинку електродвигунів M7 і M8 приводів резервуару 10 і відцентрового насосу 11.

Електродвигун M9 приводу резервуару 13 продовжує працювати доти, доки молоко не опуститься нижче нижнього рівня цього резервуару. Це забезпечується завдяки шунтуванню контакту KL4.3 за допомогою контакту KL6.1.

На цьому процес підготовки молока до згущення закінчується і воно потрапляє до іншої ділянки технологічної лінії за допомогою наступної робочої машини.

Про роботу електродвигунів приводу робочих машин і електромагнітних клапанів сповіщають лампи сигнальні з HL1 по HL10, які включені паралельно котушкам магнітних пускачів з KM3 по KM9 і котушкам електромагнітних клапанів з YA1 по YA3.

У разі перевантаження електродвигунів з M3 по M7 спрацьовують теплові реле з KK3 по KK7, їхні розмикаючі контакти розривають кола живлення котушок магнітних пускачів з KM3, що призводить до вимкнення цих магнітних

пускатів. Силові контакти з КМ3 по КМ7 розмикаються і електродвигуни з М3 по М7 знеструмлюються і зупиняються.

4.5 Вибір технічних засобів контролю і керування

Для забезпечення керування технологічним процесом підготовки молока згідно розробленої принципової електричної схеми керування необхідно обрати такі елементи: датчик верхнього рівня – 3 шт., датчик нижнього рівня – 3 шт., датчик температури – 6 шт., реле часу, двоканальне реле часу, проміжне реле – 12 шт., двоходовий електромагнітний клапан – 3шт., триходовий електромагнітний клапан – 3шт., кнопковий пост – 10 шт., світлова сигнальна арматура – 10 шт., звукова сигналізація – 2 шт., пакетний перемикач – 2 шт., однополюсний автоматичний вимикач.

У якості датчиків верхнього і нижнього рівнів обираємо датчик рівня поплавковий типу ДРУ [24]. Датчики можуть використовуватись у системах контролю і регулювання рівнів рідин (в тому числі і молочних продуктів) в закритих або відкритих резервуарах. Виготовляються у різних виконаннях, які відрізняються кількістю контролюємих рівнів, габаритними та приєднувальними розмірами. Для контролю рівнів молока у резервуарах обираємо: верхнього рівня – датчик типорозміру ДРУ-1ПМ, який має один замикаючий контакт, нижнього рівня: ДРУ-1ПМР, який має один розмикаючий контакт.

У якості датчиків температури обираємо датчик типу TER8 [25] Датчики мають гігієнічне виконання, його точність не залежить від температури навколишнього середовища. Монтуються у будь-якому положенні (вертикально, горизонтально, під кутом), може монтуватись у трубопроводі малого діаметру (до DN25). Експлуатується за температури навколишнього середовища від мінус 40°С до плюс 85°С. Обираємо датчик типорозміру TER8A.

У якості реле часу обираємо реле часу типу ВС-33 [26], яке призначено для передачі команд з одного електричного кола в інше з певними, попередньо

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		54

встановленими витримками часу. Працює у діапазоні робочих температур від плюс 10°C до плюс 55°C. Обираємо реле часу типорозміру ВС-33-1УЗ, яке має один замикаючий контакт і один розмикаючий контакт з витримкою часу при спрацюванні.

У якості двоканального реле часу обираємо реле часу типу REV типорозміру REV-201МУЗ [27], яке призначено для комутації електричних кіл змінного струму напругою 230/240 В частотою 50 Гц з регульованими витримками часу.

Обираємо проміжні реле типу РПУ-2М [28]. З метою полегшення обслуговування системи керування ділянки технологічної лінії обираємо проміжні реле таких типорозмірів: для реле KL2 і KL3 – РПУ-2М2116620УЗ, яке має 6 замикаючих і 2 розмикаючих контактів, для інших реле – РПУ-2М2116440УЗ, яке має 4 замикаючих і 4 розмикаючих контактів. Обрані проміжні реле призначені для роботи в електричних колах керування і промислової автоматики змінного струму напругою до 380 В і частотою 50 Гц. Діапазон робочих температур реле становить від мінус 10°C до плюс 45°C. Реле призначене для роботи при вологості до 80 %, допускає при роботі коливання напруги від 0,85 до 1,1 номінального значення. Допускається експлуатація в умовах, нормованих для виконання УХЛ, категорії розміщення 4.

Електромагнітні клапани повинні подавати та припиняти подачу таких середовищ: пара, крижана вода і молоко. Тому для всіх випадків обираємо двоходовий електромагнітний клапан типу ODE [29], який є нормально закритим прямої дії та призначений для автоматичного перекриття води, гарячої води, пари, повітря та інших рідких та газоподібних середовищ. Клапани використовуються у медичній, фармацевтичній і харчовій промисловості. Для регулювання подачі пари і крижаної води обираємо двоходовий електромагнітний клапан типорозміру ODE 21H8KE120. Для повторної подачі молока на підігрів, охолодження та пастеризацію обираємо триходовий нормально закритий електромагнітний клапан типорозміру ODE 31Z30G3S95.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		55

Для керування електродвигунами і електромагнітними клапанами у ручному режимі обираємо кнопкові пости типорозміру ХАL-B215У3 [30], які мають один замикаючий контакт зеленого кольору з написом «Start» і один розмикаючий контакт червоного кольору з написом «Stop».

Для світлової сигналізації включення електродвигунів і електромагнітних клапанів робочих машин обираємо світлосигнальну арматуру серії АМЕ [31], яка складається з лампи розжарювання типу КМ-24-90 та баластного резистора 1ПЭВ-25У3 з опором 2,4 кОм. Обираємо світлосигнальну арматуру типорозміру АМЕ-323221У3.

Для звукової сигналізації обираємо дзвоник типорозміру SU-213 [32], який призначений для звукової сигналізації (попереджувальної, аварійної, тощо) роботи електрообладнання у колах змінного струму напругою 220 В частотою 50 Гц. Звуковий тиск дорівнює 62 dB.

Для перемикання режиму роботи системи керування обираємо пакетний перемикач серії УП5 [33], який призначений для комутації електричних кіл керування і автоматики та іншого. Виготовляється з фіксацією або самоповертанням рукоятки в нульове положення. Обираємо пакетний перемикач типорозміру УП5317-М15АУ3.

Для захисту кола керування принципової електричної схеми обираємо автоматичний вимикач серії АВ2000 [19], який призначений для захисту низьковольтних електричних кіл від перевантаження та струмів короткого замикання, а також для оперативного включення і відключення електричних кіл змінного струму частотою 50 Гц напругою 230/400 В. Обираємо автоматичний вимикач типорозміру АВ2000/1-С10 230/400-У3, однополюсний на номінальний струм 10 А із часово-струмовою характеристикою типу С, який може працювати при температурах від мінус 25 до плюс 40°C і має механічну комутаційну зносостійкість у 20000 циклів та електричну комутаційну зносостійкість у 4000 циклів. Гранична комутаційна здатність становить 6 кА.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		56

4.6 Оцінка надійності елементів системи керування

Відповідно до [34] основними показниками надійності елементів і систем автоматики являються час напрацювання на відмову і ймовірність безвідмовної роботи. З'єднання елементів системи автоматизованого керування, розробленої у пункті 4.3, є послідовним, тому що за відмови будь-якого елемента відбувається відмова всієї системи. Оцінка надійності елементів системи керування здійснена за методикою, викладеною у [17, 34, 35]. Для розв'язання цієї задачі вибрано з [17, 34, 35] значення інтенсивності відмов елементів, що входять до системи автоматизованого керування, розраховано значення інтенсивності відмов групи однотипних елементів і наведено їх у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку надійності системи керування

Найменування елементу	Кількість	Інтенсивність відмов $\lambda, 1/\text{год} \cdot 10^{-6}$	
		одного елемента	групи елементів
Асинхронний електродвигун	7	0,15	1,05
Магнітний пускач	7	0,01	0,07
Механічна система теплового реле	7	0,0022	0,0154
Нагрівальний елемент теплового реле	7	0,0022	0,0154
Автоматичний вимикач	9	0,00022	0,00198
Датчик рівня	6	0,356	2,136
Датчик температури	6	0,0045	0,027
Реле часу	2	0,0909	0,1818
Проміжне реле	12	0,007	0,084
Електромагнітний клапан	6	0,0029	0,0174
Лампа сигнальна	10	0,001	0,01
Резистор	10	0,006	0,06
Кнопка керування	17	0,0009	0,0153
Звукова сигналізація	2	0,001	0,002
Пакетний перемикач	2	0,028	0,056

Приймаємо, що поправочний коефіцієнт, який враховує вплив навколишнього середовища, дорівнює 14, і визначаємо інтенсивність відмов системи автоматизованого керування:

$$\lambda_{\Sigma} = 14 \cdot (1,05 + 0,07 + 0,0154 + 0,0154 + 0,00198 + 2,136 + 0,027 + 0,1818 + 0,084 + 0,0174 + 0,01 + 0,06 + 0,0153 + 0,002 + 0,056) \cdot 10^{-6} = 52,39195 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Визначаємо час наробітку на відмову системи керування:

$$T_{\text{нар}} = \frac{1}{52,39195 \cdot 10^{-6}} = 19086,9 \text{ год.}$$

Приймаємо, що час роботи, для якого визначаються параметри надійності, дорівнює 1000 год, і визначаємо ймовірність безвідмовної роботи системи керування:

$$p_{\Sigma}(t) = e^{-0,05239195} = 0,949.$$

Згідно [35] для нормально функціонуючих систем автоматики значення показників їхньої надійності повинні знаходитися в таких межах: інтенсивність відмов $\lambda_{\Sigma} = 0,8 \cdot 10^{-6} - 70 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$; час наробітку на відмову $T_{\text{нар}} = 320 - 20000 \text{ год.}$; ймовірність безвідмовної роботи $p_{\Sigma}(t) = 0,75 - 0,999$. З отриманих результатів розрахунку випливає, що всі показники відповідають зазначеним умовам, а отже розроблена система керування є надійною.

4.7 Перелік матеріалів і обладнання

Перелік матеріалів і обладнання, що використовується в схемі керування ділянки підготовки молока технологічного процесу виробництва сухого молока наводиться у таблиці 4.2.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		58

Таблиця 4.2 – Перелік матеріалів і обладнання для принципової електричної схеми керування ділянки підготовки молока

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	Електродвигуни асинхронні		
М3, М5	АИР63В2У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	2	$P_H = 0,55$ кВт
М4, М7	АИР71В6У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	2	$P_H = 0,55$ кВт
М3, М5	АИР63В2У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	2	$P_H = 0,55$ кВт
М4, М7	АИР71В6У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	2	$P_H = 0,55$ кВт
М6	АИР80В4У3, ТУ У 31.1-37502259-001:2015	1	$P_H = 1,5$ кВт
	Вимикачі автоматичні		
QF1	AB3003/3H-00У3, ТУ 31.2-25019584-006:2004	1	$I_{HPT} = 125$ А
QF9, QF10	AB2000/3-C2 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	2	$I_{HPT} = 2$ А
QF11	AB2000/3-C2 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{HPT} = 2$ А
QF12	AB2000/3-C4 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{HPT} = 4$ А
QF13	AB2000/3-C2 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{HPT} = 2$ А
QF15	AB2000/3-C2 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{HPT} = 2$ А
SF1	AB2000/1-C10 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{HPT} = 10$ А
QF14	AB2000/3-C2 230/400-У3, ТУ У 31.2-25019584-001:2006	1	$I_{HPT} = 2$ А
	Пускачі магнітні		
KM3–KM9	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 31.2-25019584.008-2004	7	$U_{ном.МП} = 220$ В
	Реле теплові струмові		
KK1, KK4	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	2	$I_{HPT} = 25$ А
KK2, KK6	РТ 2М-25 (2,5-4) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	2	$I_{HPT} = 25$ А
KK3, KK5	РТ 2М-32 (1-1,4) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	2	$I_{HPT} = 32$ А
KK7	РТ 2М-25 (4-6) в 20 У3, ТУ У 31.2-25019584-011:2005	1	$I_{HPT} = 25$ А
	Датчики рівня		
SL1–SL6	ДРУ-1ПМ, ТУ 311-00227465.064-2001	6	$U_{ном} = 220$ В
	Датчики температури		
ST1– ST6	TER8A, EU 1935/2004	6	Виконання: 20 мм

Продовження таблиці 4.2

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	Реле часу		
KT1	BC-33-1Y3, ТУ 16-647.014-84	1	$U_H = 220 \text{ В}$
KT2	REV-201MY3, ТУ У 31.2-310446637-001-2002	1	$U_H = 220 \text{ В}$
	Реле проміжні		
KL1	РПУ-2М2116440У3, ТУ 3425-018-47945593-99	1	$U_H = 220 \text{ В}$
KL2, KL3	РПУ-2М2116620У3, ТУ 3425-018-47945593-99	2	$U_H = 220 \text{ В}$
KL4-KL12	РПУ-2М2116440У3, ТУ 3425-018-47945593-99	9	$U_H = 220 \text{ В}$
	Клапани електромагнітні		
YA1-YA3	ODE 21H8KE120, ДСТУ EN 55014-2:2015	3	$U_H = 220 \text{ В}$
YA3-YA6	ODE 31Z30G3S95, ДСТУ EN 55014-2:2015	3	$U_H = 220 \text{ В}$
	Арматура світлосигнальна		
HL1-HL10	AME-323221Y3, ТУ 16-535.582-76	10	Колір: зелений
R1-R10	1ПЭВ-25У3, ОЖО467.576.ТУ	10	$R = 2,4 \text{ кОм}$
	Сигналізація звукова		
HA1-HA2	SU-213 У3, ТУ У 15.4-28359378-002:2007	2	$U_H = 220 \text{ В}$
	Перемикач пакетний		
SA1, SA2	УП5317-M15AY3, ТУ 16-524.074-75 3428214000	2	$U_H = 220 \text{ В}$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз нормативно-правової бази з охорони праці підприємства

Охорона праці містить три основних складових частини: правові норми трудового законодавства в певній галузі, виробничу санітарію, гігієну та безпеку виробничих процесів, а також протипожежний захист [36, 37].

Законодавство про охорону праці складається з Закону «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів. Нормативно-правові акти, що використовуються службою з охорони праці на підприємстві ТОВ «Погребищенський маслосирзавод», наступні:

- НПАОП 0.00-4.21-04 «Типове положення про службу охорони праці»;
- НПАОП 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників»;
- НПАОП 0.00-4.09-07 «Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства»;
- НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;
- НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці»;
- НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання та затвердження роботодавцем нормативних актів з охорони праці, що діють на підприємстві»;
- НПАОП 0.00-2.01-05 «Перелік робіт з підвищеною небезпекою»;
- НПАОП 15.5-1.05-99 «Правила охорони праці для працівників підприємств по переробці молока»;

- НПАОП 0.00-7.14-17 «Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками»;
- НПАОП 0.00-7.17-18 «Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці»;
- НПАОП 15.0-3.03-98 «Типові норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам м'ясної і молочної промисловості»;
- НПАОП 0.00-6.15-99 «Порядок проведення опосвідчення електроустановок споживачів»;
- НПАОП 0.00-7.13-14 «Вимоги до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу електромагнітних полів»;
- НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском»;
- НПАОП 0.00-1.73-14 «Правила охорони праці та безпечної експлуатації технологічних трубопроводів»;
- НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями»;
- НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт»;
- НПАОП 0.00-1.62-12 «Правила охорони праці на автомобільному транспорті».

5.2 Аналіз стану охорони праці та електробезпеки на підприємстві

На підприємстві ТОВ «Погребищенський маслосирзавод» створено службу з охорони праці, яку очолює інженер з охорони праці. Ця служба відповідно до [37] забезпечує попередження виробничих травм і профзахворювань; розробляє спільно з відповідальними фахівцями заходи щодо

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		62

поліпшення умов праці; здійснює контроль виконання умов трудового договору в області поліпшення умов праці, оздоровлення працівників, що мають шкідливі для здоров'я умови праці; регулярно контролює технічний стан будівель, устаткування, в тому числі того, що впливає на створення здорових умов праці, участь в роботі комісій, що здійснюють ці функції; здійснює інші дії, передбачені чинним законодавством.

За електробезпеку на підприємстві відповідальними є керівник, інженер з охорони праці та головний енергетик. Головний енергетик забезпечує контроль за безпечною експлуатацією і станом електрообладнання та за правильністю ведення відповідної технічної документації; своєчасно займається розслідуванням і обліком аварій, нещасних випадків та інших порушень в роботі електричних і енергетичних установок; виконує у встановлені терміни приписи органів державного нагляду і відомчого контролю за охороною праці; здійснює заходи щодо усунення конструктивних недоліків електротехнічного і енергетичного обладнання і установок, своєчасної заміни морально-застарілих установок, машин і механізмів, що закріплені за службою головного енергетика; виконує інші роботи, передбачені чинним законодавством [36].

Живлення електрообладнання на підприємстві здійснюється за допомогою трифазної мережі 380/220 В частотою 50 Гц, що обумовлює потенційну небезпеку ураження працівників електричним струмом при роботі з силовим електрообладнанням. Внаслідок цього на підприємстві згідно [38] виконуються такі заходи електробезпеки: конструктивні, схемно-конструктивні й експлуатаційні.

Згідно [37] факторами підвищення небезпеки ураження електричним струмом є: пробій ізоляції струмоведучих частин, підвищена вологість, надмірна загазованість, надмірна запиленість, не дотримання робітниками правил безпеки поведінки з електрообладнанням. Крім того, кваліфікація обслуговуючого персоналу теж є не менш важливою, внаслідок чого на підприємстві проводяться інструктажі з охорони праці для персоналу, навчання посадових осіб,

відповідальних за охорону праці, індивідуальні інструктажі робітників перед початком виконання робіт з підвищеною безпекою.

На підприємстві ТОВ «Погребищенський маслосирзавод» навчання посадових осіб, які відповідають за охорону праці, проводять один раз на три роки. Для працівників проводяться наступні інструктажі: вступний для працівників, що прийняті на роботу; первинний на робочому місці; повторний інструктаж для робіт з підвищеною безпекою один раз на три місяці (для решти працівників один раз на шість місяців); позаплановий інструктаж у разі необхідності.

Атестація робочих місць виконується згідно Закону України «Про охорону праці» (ст. 7, 13) у відповідності до порядку, який затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 01.08.92 р. №442 «Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці», та до Методичних рекомендацій щодо проведення атестації робочих місць за умовами праці, затверджених постановою Міністерства праці України і Головним санітарним лікарем України від 01.09.92 р. №41. Для її проведення створюється атестаційна комісія.

На підприємстві ТОВ «Погребищенський маслосирзавод» безкоштовно видаються засоби індивідуального захисту та спеціальний одяг.

Класифікація приміщень за безпекою ураження електричним струмом, вибухопожежною безпекою та безпекою ураження блискавкою наводиться в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Характеристика приміщень цеху з виробництва сухого молока

Найменування приміщення	Класифікація приміщень за	
	вибухопожежною безпекою	електробезпекою
Приймальне відділення	Категорія Б	з підвищеною безпекою
Виробниче приміщення	Категорія Б	з підвищеною безпекою

Продовження таблиці 5.1

Найменування приміщення	Класифікація приміщень за	
	вибухопожежною небезпекою	електробезпекою
Електрощитова	Категорія Д	особливо небезпечне
Склад готової продукції	Категорія Д	без підвищеної небезпеки
Кімната персоналу	Категорія Д	без підвищеної небезпеки
Санвузол	Категорія Д	без підвищеної небезпеки

5.3 Порядок допуску працівників до робіт з обслуговування електрообладнання на підприємстві

Обслуговувати, здійснювати ремонт, монтаж, демонтаж та здійснювати операції з налагоджування електроустановок мають право тільки підготовлені працівники, які мають необхідний для виконання робіт об'єм знань, мають відповідну до категорії робіт групу з електробезпеки та пройшли інструктаж з техніки безпеки [36].

Тому на підприємстві ТОВ «Погребищенський маслосирзавод» до самостійного обслуговування електроустановок допускаються особи віком не молодше 18 років, які пройшли медичне обстеження і не мають медичних протипоказань, пройшли спеціальне навчання, атестацію та мають відповідне посвідчення, пройшли вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та інструктаж по пожежній безпеці.

Працівники, що обслуговують електроустановки зобов'язані мати відповідну групу з електробезпеки. До роботи категорично не допускаються працівники, які знаходяться в стані алкогольного сп'яніння, чи мають проблеми зі здоров'ям у день проведення робіт.

Всі особи, які виконують роботи з електрообладнанням, на підприємстві згідно [36] забезпечуються спецодягом, індивідуальними засобами захисту, а

саме: ботами діелектричними, діелектричними рукавицями, гумовими килимками, діелектричним інструментом, переносним заземленням, вимірювальними приладами.

При технічному обслуговуванні електроустановок на підприємстві відповідно до [36] їх відключають від живлячої мережі. Між ножами і губками вимикаючого рубильника кладуть лист ізоляційного матеріалу, а на рукоятку приводу рубильника або автоматичного вимикача вішають плакат: «Не вмикати, працюють люди». Перед початком робіт приймають заходи, які попереджають можливість обертання валу електродвигуна від робочої машини.

Згідно з [37] роботи на розподільчих щитах, зборках на ділянці запобіжника виконують при відключених і заземлених шинах та обладнанні. Ділянки, які підлягають технічному догляду, огорожують і забезпечують плакатами: «Не вмикати, працюють люди».

Для роботи під напругою працівники отримують дозвіл від головного енергетика і проводять у двох з тим, щоб при попаданні одного під напругу, другий міг прийти йому на допомогу.

При відключенні щита або фідера під напругою 380, 220 та 110 В перед початком роботи персонал вішає плакати, кладе ізолюючий матеріал між ножами відключеного рубильника і попереджає головного електрика або відповідальну особу про проведення робіт на даній ділянці.

Робота під напругою допускається лише в тому випадку, якщо не можна відключити установку за умовами технології. При цьому роботу доручають досвідченому електрику під наглядом інженера з обов'язковим дотриманням застережних заходів.

Огляди в розподільних щитах під напругою до 1000 В на підприємстві проводить черговий електрик, який має не нижче III кваліфікаційної групи.

Якщо напругу зняти неможливо, то допускається замінювати плавкі вставки під напругою і під навантаженням, попередньо переконавшись у відсутності короткого замикання на лінії. При цьому працюють в запобіжних окулярах, в діелектричних рукавицях або користуються ізолюючими кліщами.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		66

5.4 Обґрунтування вибору і призначення пристрою технічної безпеки

5.4.1 Вибір параметрів захисту пристрою безпеки. Технічна характеристика пристрою безпеки

Від стану ізоляції електрообладнання залежить безпека експлуатації електроустановок споживачів [38]. У цеху з виробництва сухого молока приводними елементами в електроустановках є асинхронні двигуни, ізоляція яких у процесі експлуатації піддається різним впливам, головним з яких є підвищена волога навколишнього середовища. Цей вплив обумовлений значною вологістю перероблюваної сировини (молока) та щоденним миттям робочих машин. Згідно [39] волога проникає в ізоляцію електродвигунів і призводить до зниження її опору. Через це виникають струми витоку, які викликають замикання обмоток електродвигунів на корпус і ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом.

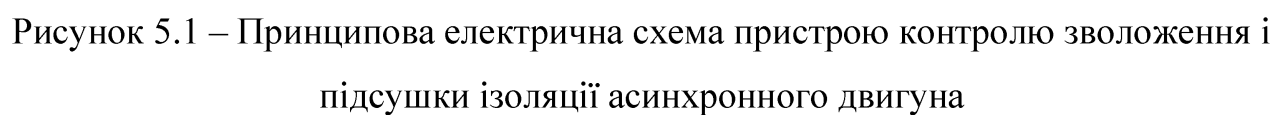
Таким чином, боротьба зі зволоженням ізоляції асинхронних електродвигунів є актуальною задачею для цеху виробництва сухого молока. У якості параметру, який необхідно контролювати при спостереженні за рівнем зволоженості ізоляції, обрано силу струму витоку крізь ізоляцію. Найбільше допустиме значення сили струму витоку при номінальній напрузі живлення електродвигуна становить 0,5 мА [40].

Для технічної реалізації захисту ізоляції асинхронного двигуна від неприпустимого зволоження вибираємо пристрій з [41], який удосконалений автором проєкту. Він дає змогу контролювати струм витоку ізоляції електродвигуна, не дозволяючи його вмикати у разі зволоження ізоляції, а також здійснює підсушку ізоляції при відключеному електродвигуні.

5.4.2 Опис конструкції і роботи схеми електричної принципової пристрою технічної безпеки

Принципова електрична схема пристрою контролю зволоження і підсушки ізоляції асинхронного двигуна показана на рис.5.1.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		67



Включення пристрою показано на прикладі електродвигуна М1 приводу відцентрового насосу у разі його ручного керування. Для інших електродвигунів технологічної лінії виробництва сухого молока пристрій буде включатись аналогічно.

Пристрій має у своєму складі наступні елементи: магнітний пускач КМ2, реле КV1, підсилювач DA1, транзистор VT1, тиристор VS1, діоди VD1, VD2, резистори R1, R2, R3, R4, R5, R6, реостат RR1, амперметр РА, сигнальну лампу HL1.

Пристрій працює наступним чином. Для запуску електродвигуна М1 натискають кнопку SB1.1, внаслідок чого котушка магнітного пускача КМ1 отримує живлення і магнітний пускач спрацьовує, замикаючи силові контакти. Електродвигун отримує живлення і починає працювати.

Одночасно із цим розмикаючий контакт КМ1.2 замикається і котушка магнітного пускача КМ2 отримує живлення, внаслідок чого силові контакти пускача замикаються і подають на вивідні затискачі обмоток напругу. Це призводить до того, що виникає сумарний струм витоків на корпус електродвигуна, який проходить через резистор R1. Напруга, що знімається з цього резистора, подається через діод VD1 на вхід підсилювача DA1, коефіцієнт підсилення якого залежить від значень опорів резисторів R2 і R2. Підсилений сигнал у вигляді струму через резистор R5 потрапляє на базу транзистора VT1. Якщо сила струму витоків менша за 0,5 мА, то транзистор є закритим.

При збільшенні сумарного струму витоків сила струму бази транзистора VT1 теж зростає. Якщо струм витоків буде дорівнювати 0,5 мА, то транзистор VT1 відкривається і напруга подається на котушку реле КV1. Реле спрацьовує, його контакт КV1.1 замикається і тиристор VS1 відчиняється. Це призводить до того, що на обмотки електродвигуна прикладається фазна напруга, під дією якої у них виникають струми і обмотки нагріваються: відбувається сушіння ізоляції. Сила струму в обмотках статора регулюється за допомогою реостата RR1 і контролюється за допомогою амперметра РА при першому включенні пристрою.

Одночасно із цим контакт реле KV1.2 замикається і сигнальна лампа HL1 загоряється, сповіщаючи про включення пристрою, а контакт реле KV1.3 у колі котушки магнітного пускача КМ1 розмикається, не даючи змоги запустити електродвигун, поки сила струму витoku не повернеться до допустимого значення.

Коли сила струму витoku зменшується до допустимого значення, напруга на котушці реле KV1 знижується і реле вимикається. Його контакт KV1.1 розмикається, внаслідок чого сушіння ізоляції припиняється, контакт KV1.2 теж розмикається, що призводить до виключення сигнальної лампи HL1, а контакт KV1.3 замикається, надаючи змогу запустити електродвигун.

5.5 Висновки

За результатами цього розділу кваліфікаційного проєкту можна зробити такі висновки: проведений аналіз нормативно-правової бази з охорони праці підприємства дозволив вибрати нормативно-правові акти, що стосуються як підприємства в цілому, так і безпосередньо цеху з виробництва сухого молока; аналіз стану охорони праці та електробезпеки на підприємстві, показав, що він задовольняє вимогам чинного законодавства України; порядок допуску працівників до робіт з обслуговування електрообладнання на підприємстві здійснюється згідно чинних норм і правил; встановлено, що головним чинником руйнування ізоляції силового електрообладнання в цеху з виробництва сухого молока є волога, тому в проєкті запропоновано пристрій для контролю струмів витoku і підсушки ізоляції у періоди відключення електродвигунів.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		70

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

6.1 Загальні положення оцінки економічної ефективності капітальних вкладень

При проектуванні технічних розробок техніко-економічний аналіз дозволяє зробити узагальнену оцінку в грошовому або іншому еквіваленті певних переваг запропонованої розробки, порівняти проєктний і базовий варіанти запропонованого рішення та економічно оцінити нову ідею. Економічні показники дозволяють перейти від оцінки численних окремих технічних параметрів до оцінки розробки в цілому [42].

Ці показники являють собою комплекс даних, за допомогою яких можна скласти уявлення про техніко-економічну ефективність виконаної у проєкті розробки. Залежно від специфіки виробничого процесу техніко-економічні показники можуть бути у кожного свої, але є ряд загальних показників, які можна використовувати при аналізі ефективності будь-якої галузі виробництва. До таких показників відносяться: економія електроенергії, зниження витрат на електроенергію, енергоозброєність, електроозброєність, економія оплати праці, строк окупності капітальних вкладень [42, 43].

6.2 Визначення капітальних вкладень

Додаткові капітальні вкладення складаються з наступним складових: вартості силового електрообладнання (електродвигунів), вартості апаратури керування і захисту (автоматичних вимикачів, магнітних пускачів, теплових реле), системи живлення (живлячі проводи, розподільчі щитки) і системи автоматичного керування (датчики, проміжні реле, реле часу, кнопкові станції керування, пакетні перемикачі, шафи керування). Вартість цих складових за поточними цінами складає 823424,12 грн.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		71

6.3 Розрахунок показників економічної ефективності

В результаті виконаного проекту автоматизації ділянки підготовки молока зникла робота на холостому ході електродвигунів приводів наступних робочих машин: трьох відцентрових насосів, трьох резервуарів і сепаратора-молокоочисника. В результаті цього за одну робочу зміну виникла економія електроенергії W_1 , кВт, яка розраховується за формулою:

$$W_1 = \sum_1^n P_{(x)i} \cdot t_{(x)1}, \quad (6.1)$$

де $P_{(x)i}$ – потужність холостого ходу електродвигуна i -ої робочої машини, кВт;

$t_{(x)1}$ – час роботи електродвигунів приводу робочих машин на холостому ході протягом зміни, год., $t_{(x)1} = 1$ год.

$$W_1 = 1 \cdot (0,22 + 0,22 + 0,22 + 0,6 + 0,22 + 0,22 + 0,22) = 1,92 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Крім того, внаслідок виконаного проекту автоматизації ділянки підготовки молока зникла робота на холостому ході трубчастого підігрівача, трубчастого пастеризатора і пластинчастого охолоджувача, що призвело до зниження витрати пари у трубчастому підігрівачі та трубчастому пастеризаторі, і крижаної води у пластинчастому охолоджувачі. Це обумовило зменшення витрати електроенергії на роботу парогенератора та генератора крижаної води.

В результаті цього за одну робочу зміну виникла економія електроенергії W_2 , кВт, яка розраховується за формулою:

$$W_2 = (k_1 \cdot P_1 + k_2 \cdot P_2) \cdot t_{(x)2}, \quad (6.1)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує роботу парогенератора для потреб трубчастого підігрівача та трубчастого пастеризатора, $k_1 = 0,7$;

Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата

41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ

Арк.

72

k_2 – коефіцієнт, що враховує роботу генератора крижаної води для потреб пластинчастого охолоджувача, $k_2 = 0,1$;

P_1 – споживана потужність парогенератора, кВт, $P_1 = 750$ кВт;

P_2 – споживана потужність генератора крижаної води, кВт, $P_2 = 223$ кВт;

$t_{(x)2}$ – час роботи парогенератора і генератора крижаної води на холостому ході протягом зміни, год., $t_{(x)2} = 0,5$ год.

$$W_2 = (0,7 \cdot 750 + 0,1 \cdot 223) \cdot 0,5 = 273,65 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість зекономленої електроенергії $C_{\text{ел.ен.}}$, грн./добу, дорівнює:

$$C_{\text{ел.ен.}} = (W_1 + W_2) \cdot C_{o(\text{ел.ен.})} \cdot n, \quad (6.2)$$

де n – кількість робочих змін на добу, $n = 1$;

$C_{o(\text{ел.ен.})}$ – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн./(кВт·год), для Вінницької області $C_{o(\text{ел.ен.})} = 9,35$ грн./(кВт·год) [44].

$$C_{\text{ел.ен.}} = (1,92 + 273,65) \cdot 9,35 \cdot 1 = 2576,58 \text{ грн./добу.}$$

Витрата електричної енергії на потреби виробничого процесу при базисному варіанті E_6 , кВт·год, дорівнюють:

$$E_6 = P \cdot t \cdot n \cdot N, \quad (6.3)$$

де P – встановлена потужність силового електрообладнання, що використовується для потреб технологічного процесу, кВт, $P = 815$ кВт;

t – тривалість однієї робочої зміни, грн., $t = 8$ год.;

N – кількість робочих днів на рік, день, $N = 261$ день [45].

$$E_{\sigma} = 815 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 261 = 1701720 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрата електричної енергії на потреби виробничого процесу при проектному варіанті E_n , кВт·год, дорівнюють:

$$E_n = (P \cdot t - W_1 - W_2) \cdot n \cdot N; \quad (6.4)$$

$$E_n = (815 \cdot 8 - 1,92 - 273,65) \cdot 1 \cdot 261 = 1629796 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість спожитої електроенергії $C_{ел}$, грн., визначається за формулою:

$$C_{ел.i} = E_i \cdot C_{o(ел.ен.)}; \quad (6.5)$$

$$C_{ел.б} = 1701720 \cdot 9,35 = 15911082 \text{ грн.};$$

$$C_{ел.n} = 1629796 \cdot 9,35 = 15238593 \text{ грн.}$$

Зниження витрат на електроенергію $C_{ел\%}$, %, буде дорівнюватиме:

$$C_{ел\%} = \frac{C_{ел.б} - C_{ел.n}}{C_{ел.б}} \times 100\%; \quad (6.6)$$

$$C_{ел\%} = \frac{15911082 - 15238593}{15911082} \times 100 = 4,2 \, \%.$$

Виконаний проєкт автоматизації ділянки підготовки молока дозволить зменшити кількість робітників, які обслуговують технологічну лінію з 8 до 7 людей, що призведе до зміни електроозброєності, енергоозброєності, фонду оплати праці.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		74

Електроозброєність ЕЛ, кВт/люд., визначається за формулою:

$$EL_i = \frac{P}{K_{p(i)}}, \quad (6.7)$$

де $K_{p(i)}$ – кількість робітників, які обслуговують технологічну лінію, люд.

$$EL_o = \frac{815}{8} = 101,9 \frac{\text{кВт}}{\text{люд.}};$$

$$EL_n = \frac{815}{7} = 116,4 \frac{\text{кВт}}{\text{люд.}}.$$

Енергоозброєність ЕО, кВт·год/люд., визначається за формулою:

$$EO_i = \frac{E_i}{K_{p(i)}}; \quad (6.8)$$

$$EO_o = \frac{1701720}{8} = 212715 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{люд.}};$$

$$EO_n = \frac{1629796}{7} = 232828 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{люд.}}.$$

Економія на оплаті праці від впровадження розробки визначається з урахуванням фонду оплати праці $\Phi_{оп}$, грн., який визначається за формулою:

$$\Phi_{оп} = T_{cm} \cdot K_p \cdot 12, \quad (6.9)$$

де $T_{ст}$ – тарифна ставка за місяць, грн.; для базисного варіанта $T_{ст(б)} = 16350$ грн.; для проєктного варіанта $T_{ст(п)} = 17780$ грн.;

$$\Phi_{оп.б} = 16350 \cdot 8 \cdot 12 = 1569600 \text{ грн.};$$

$$\Phi_{оп.п} = 17780 \cdot 7 \cdot 12 = 1493520 \text{ грн.}$$

Економія по оплаті праці $\Phi_{ек.оп}$, грн., визначається за формулою:

$$\Phi_{ек.оп} = \Phi_{оп.б} - \Phi_{оп.п}, \quad (6.10)$$

$$\Phi_{ек.оп} = 1569600 - 1493520 = 76080 \text{ грн.}$$

Таким чином, внаслідок виконання проєкту отриманий приріст прибутку підприємства за рік, Π , грн., дорівнює:

$$\Pi = C_{ел.ен.} \cdot N + \Phi_{ек.оп}, \quad (6.12)$$

$$\Pi = 2576,58 \cdot 261 + 76080 = 748567,38 \text{ грн.}$$

Отже, строк окупності капітальних вкладень $T_{ок}$, рік, дорівнює:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Pi}, \quad (6.13)$$

де K – додаткові капітальні вкладення, грн.

$$T_{ок} = \frac{823424,12}{748567,38} = 1,1 \text{ року.}$$

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		76

6.4 Техніко-економічні показники проєкту

Техніко-економічні показники проєкту зведені у таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Показники економічної ефективності

Показник	Значення за роками		Відношення, %
	Базисний	Проектний	
Додаткові капітальні вкладення, тис. грн.	—	823,4	—
Енергоозброєність праці, тис. кВт·год./люд.	212,7	232,8	110,7
Витрата електроенергії за рік, тис. кВт·год.	1701,7	1629,8	95,8
Електроозброєність праці, кВт/чол.	101,9	116,4	114,2
Річний фонд заробітної плати, тис.грн.	1569,6	1493,5	95,2
Приріст прибутку підприємства, тис. грн.	—	748,6	—
Строк окупності додаткових капітальних вкладень, рік	—	1,1	—

Виконавши необхідні розрахунки техніко-економічних показників, можна зробити висновок, що при впровадженні проєкту в дію витрата електроенергії лінією виробництва сухого молока зменшиться на 4,2 % за рахунок зникнення роботи робочих машин на холостому ході, як наслідок, зменшаться витрати на електроенергію на 4,2 %.

Впровадження представленого проєкту дозволить зменшити кількість обслуговуючого персоналу з 8 до 7 осіб, що призведе до зменшення річного фонду заробітної плати на 4,8 %, при цьому розмір заробітної плати збільшиться на 10,9 %.

Заходи, запропоновані у проєкті, дозволять збільшити енергоозброєність праці на 10,7 % і електроозброєність праці на 14,2 %.

Таким чином, впровадження проєкту автоматизації ділянки підготовки молока до згущення цеху з виробництва сухого молока дозволить:

- скоротити споживання електричної енергії на виконання технологічного процесу виробництва сухого молока на 71,9 тис. кВт·год або на 4,2 %, що дозволить економити щорічно 672,5 тис. грн.;
- збільшити електроозброєність праці на 14,5 кВт/люд. або на 14,2 %;
- збільшити енергоозброєність праці на 20,1 тис. кВт·год/люд. або на 9,5 %;
- зменшити фонд оплати праці на 4,8 %, що дозволить економити щорічно 76,1 тис. грн.;
- підвищити зарплату працівникам на 10,9 %.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		78

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційному проєкті розглянуто технологічний процес виробництва сухого молока, для якого підібране технологічне обладнання і розташовано на плані цеху з виробництва сухого молока.

Приводними елементами робочих машин були вибрані асинхронні двигуни серії АИ, складена і розрахована силова мережа молочного цеху, для якої вибрані проводи марки АПВ, кабелі марки АВВГ, способи їх прокладання, а також комутаційно-захисна апаратура – автоматичні вимикачі типу АВ3000, АВ2000, магнітні пускачі ПМЛ, теплові реле РТ 2М.

В проєкті відповідно до технології виробництва сухого молока розроблені функційна схема керування та принципова електрична схема керування ділянки підготовки молока до згущення, для якої вибрано необхідне обладнання.

В проєкті розглянуті питання охорони праці. Проаналізовано нормативно-правову базу з охорони праці підприємства, проаналізовано стан охорони праці та електробезпеки на підприємстві, складено порядок допуску працівників до робіт з обслуговування електрообладнання на підприємстві. Проаналізовано зовнішні впливи на ізоляцію електродвигунів, та розроблено пристрій контролю і підсушки ізоляції електродвигунів.

Правильність прийнятих технічних рішень підтверджено техніко-економічними розрахунками. Розроблена система автоматизованого керування підготовки молока до згущення дозволяє знизити енергоємність виробництва на 4,2% та отримати річний приріст прибутку підприємства у розмірі 748,6 тис. грн. Термін окупності додаткових капітальних вкладень становить 1,1 року.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		79

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dima. Виробництво сухого молока: особливості та майбутнє. URL: <https://mozarella.com.ua/news/vyrobnytstvo-sukhoho-moloka-osoblyvosti-ta-maybutnye> (дата звернення 15.03.2025).
2. Скорченко Т.А. Технологія молочних консервів : Навчальний посібник. К. : НУХТ, 2007. 232 с.
3. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Загорко Н.П., Шпиганович Т.О. Технологія і механізація виробництва м'ясо-молочних продуктів. В 2 кн. Кн. 2. Технологія і механізація переробки молока і виробництва молочних продуктів : Підручник / За ред. О.В Гвоздєва. Мелітополь : Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2013. 464 с.
4. Технологія молочних продуктів: підручник / Г. Є. Поліщук, О. В. Грек, Т. А. Скорченко та ін. К. : НУХТ, 2013. 502 с.
5. Техніко-економічні показники експлуатації електрогосподарства. URL: <http://um.co.ua/14/14-8/14-822.html> (дата звернення 29.03.2025).
6. Машкін М.І. Технологія молока і молочних продуктів : Навчальне видання / М.І. Машкін, Н.М. Париш. К. : Вища освіта, 2006. 351 с.
7. Єресько Г. О. Технологічне обладнання молочних виробництв : навч. посіб. / Г. О. Єресько, М. М. Шинкарик, В. Я. Ворощук. К. : Інкос, Центр навч. літ., 2007. 344 с.
8. Технологічні комплекси харчових виробництв : навчальний посібник / В.І. Теличкун, О. М. Гавва, Ю. С. Теличкун та ін. К. : Сталь, 2017. 456 с.
9. Vents. Централізовані ПВУ з рекуперацією тепла. URL: <https://vents.ua/catalog/air-handling-units/> (дата звернення 10.04.2025).
10. Електропривод : підручник / Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко та ін.; за ред. Ю.М. Лавріненка. К. : Ліра-К, 2009. 504 с.
11. Олійник В.С., Гайдук В.М., Гончар В.Ф. Довідник сільського електрика : довідникове видання / За ред. В.С. Олійника. К. : «Урожай», 1989. 263 с.

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		80

12. Квітка С.О., Постнікова М.В., Речина О.М. Дипломне проектування зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» : Методичні рекомендації. «Розрахунок і вибір потужності електродвигуна для тривалого режиму роботи» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр». Мелітополь : ТДАТУ, 2018. 13 с.

13. Назарян Г.Н., Федюшко Ю.М., Сотник О.В., Ковальов О.В. Технічні характеристики та якісні показники електричних двигунів : Довідниковий посібник. Х. : ТОВ «Планета-прінт», 2016. 201 с.

14. Квітка С.О., Постнікова М.В. Дипломне проектування зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» : Методичні рекомендації. Частина 2 «Проектування внутрішньої силової розподільчої мережі. Вибір та перевірка пуско-захисної апаратури» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр». Мелітополь : ТДАТУ, 2018. 76 с.

15. Електричне освітлення та опромінення : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В.Ф. Яковлев, Ю.М. Куценко, М.Л. Лисиченко та ін. Х. : ТОВ «Планетапрінт», 2016. 332 с.

16. Стіллар. Труба сталева водогазопровідна. URL: https://ssc.org.ua/ua/metal/truby_vodogazoprovodnye.html (дата звернення 22.04.2025).

17. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : Підручник/ І.І. Мартиненко, В.П. Лисенко, Л.П. Тищенко, І.М. Болбот, П.В. Олійник. К. : Редакційно-видавничий відділ Навчально-методичного центру Міністерства аграрної політики України, 2008. 330 с.

18. Елтехно. Магнітні пускачі ПММ. URL: <https://elteho.com.ua/ua/elektrooborudovanie/kontaktery-puskateli/kontaktery-puskateli-promfactor/magnitnye-puskateli-pmm-%286-1000a%29/> (дата звернення 01.05.2025).

19. Елтехно. Промфактор автоматичні вимикачі. URL: <https://elteho.com.ua/ua/elektrooborudovanie/avtomaticheskie-vyklyuchateli/avtomaticheskie-vyklyuchateli-promfactor/> (дата звернення 06.05.2025).

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		81

20. ТОВ «Промфактор». Автоматичні вимикачі АВ3000 : технічний опис та інструкція з експлуатації. Кривий ріг, 2015. 11 с.
21. Правила улаштування електроустановок. Харків : Форт, 2009. 736 с.
22. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський, М.Т. Лут, І.П. Радько, О.Ю. Синявський. К. : Аграр Медіа Груп, 2014. 526 с.
23. Проць Я.І., Ляшук О.Л., Савків В.Б., Шкодзінський О.К. Автоматизація виробничих процесів: навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 344 с.
24. Спецавтоматика. Датчики рівня води та інших рідин. URL: <https://ukrspecavtomat.com.ua/uk/products-category/pribory-dlya-izmereniya-i-regulirovaniya-urovnya/> (дата звернення 12.05.2025).
25. Спецавтоматика. Прилади для вимірювання температури. URL: <https://ukrspecavtomat.com.ua/uk/products-category/pribory-dlya-izmereniya-i-regulirovaniya-temperatury/> (дата звернення 14.05.2025).
26. Електролік. Реле часу ВС. URL: <https://elektrolik.com.ua/catalog/rele-chasu-vs> (дата звернення 14.05.2025).
27. Спецавтоматика. Таймери, реле часу, лічильники імпульсів, тахометри. URL: <https://ukrspecavtomat.com.ua/uk/products-category/taimery-rele-vremeni-schetchiki-tahometry/> (дата звернення 14.05.2025).
28. Електроточка. РПУ-2М електромагнітне проміжне реле. URL: <https://electrotochka.com.ua/rpu-2m-elektromagnitne-promizhne-rele> (дата звернення 15.05.2025).
29. Армашоп. Електромагнітні клапани. URL: <https://armashop.ua/elektromagnitnye-klapany/?srsltid=AfmBOorl4I7K8wdYWQKB1TBTMwfeC1De4psQmHU7IebCaZi0MNxo85cj> (дата звернення 15.05.2025).

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		82

30. Server: мережеве обладнання. Пости керування кнопкові. URL: <https://e-server.com.ua/uk/posti-keruvannia-knopkovi> (дата звернення 16.05.2025).

31. Server: мережеве обладнання. Світлосигнальна арматура. URL: <https://e-server.com.ua/uk/svitlosignalna-armatura?srsId=AfmBOorr710BnK-8pfVDCnordNfle1I5qnPgYnFJ-KBSoSxD3HSNi2XD> (дата звернення 16.05.2025).

32. Server: мережеве обладнання. Дзвінки електричні. URL: <https://e-server.com.ua/uk/dzvinki-elektrichni> (дата звернення 16.05.2025).

33. Server: мережеве обладнання. Перемикачі модульні. URL: <https://e-server.com.ua/uk/peremikaci-modulni> (дата звернення 16.05.2025).

34. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації : Автоматизоване управління технологічними процесами. К. : НУХТ, 2007. 42 с.

35. Діордієв В.Т., Чаусов С.В., Кашкарьов А.О. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автоматизовані системи управління технологічними процесами в АПК» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Мелітополь : ТДАТУ. 23 с.

36. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник; за ред. М.П. Гандзюка. К. : Каравелла, 2011. 384 с.

37. Батлук В.А., Кулик М.П., Яцюк Р.А. Охорона праці: Підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2011. 388 с.

38. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Харків : Видавництво «Індустрія», 2018. 320 с.

39. Вовк О.Ю. Проблема експлуатаційної надійності асинхронних двигунів. Розвиток наук в умовах нової реальності: проблеми та перспективи: збірник наукових праць з матеріалами II Міжнародної наукової конференції, м. Київ, 3 травня, 2024 р. / Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2024. С.115-121.

40. Вовк О.Ю. Огляд діагностичних параметрів функціонального стану асинхронного двигуна. The XV International Scientific and Practical Conference

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		83

"Innovative technologies in the field of human services", April 15-17, 2024, Stockholm, Sweden. 2024. С.199-204.

41. Вовк О.Ю. Патент на корисну модель № 146489. Україна, МПК H02K 15/12 (2006.01), H02K 7/08 (2006.01). Пристрій для захисту трифазних асинхронних електродвигунів від зволоження ізоляції. Заяв. 22.09.2020, Опубл. 24.02.2021, Бюл. № 8.

42. Семенов Г.А., Семенов А.Г., Станчевський В.К. Техніко-економічні розрахунки на підприємстві : навчальний посібник. К. : ЦНЛ, 2005. 184 с.

43. Плотніченко С.Р. Методичні вказівки для дипломних робіт енергетичного факультету за напрямом 6.100101 «Енергетика та електротехнічні системи в АПК» ОКР «Бакалавр» денної та заочної форми навчання. Мелітополь : Таврійський державний агротехнологічний університет, 2017. 15 с.

44. ТОВ «Енера-Вінниця». Тарифи на послуги постачальника універсальних послуг. URL: <https://vin.enera.ua/el/tariff> (дата звернення 29.05.2025).

45. Бухгалтер 911. Виробничий календар на 2025 рік. URL: <https://buhgalter911.com/uk/proizvodstvennyj-calendar/> (дата звернення 30.05.2025).

					41ЕЕД.9683887.06.25.000000ПЗ	Арк.
						84
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		