

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 2026 р.

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

на тему: “Електрифікація молочного цеху ПрАТ “Веселинівський завод сухого знежиреного молока” смт. Веселинове Веселинівського району Миколаївської області з розробкою системи керування силовим електрообладнанням ділянки виробництва білкового молока”

41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ

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)

_____ Руслан ВОЛКОВ

(підпис)

Керівник: доц. _____

_____ Олександр БОБК

(підпис)

Консультант: доц. _____

_____ Михайло ЗОРЯ

(підпис)

Консультант: доц. _____

_____ Світлана ПЛОТНІЧЕНКО

(підпис)

Нормоконтроль: доц. _____

_____ Андрій САБО

(підпис)

Рецензент: доц. _____

_____ Олександр КОВАЛЕНКО

(підпис)

Запоріжжя - 2026 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

В.о. завідувача кафедри

"Електротехніка і електромеханіка

імені професора В.В. Овчарова"

к.т.н., доц. _____ Сергій ЧАУСОВ

" 10 " березня 2026 року

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

Волкову Руслану Андрійовичу

1. Тема проєкту: Електрифікація молочного цеху ПрАТ "Веселинівський завод сухого знежиреного молока" смт. Веселинове Веселинівського району Миколаївської області з розробкою системи керування силовим електрообладнанням ділянки виробництва білкового молока
керівник проєкту: Вовк О.Ю., к.т.н., доцент.
затверджені наказом ректора університету від 29 вересня 2025 року № 522-С.
2. Строк подання здобувачем проєкту: 12 червня 2026 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 ПрАТ «Веселинівський завод сухого знежиреного молока».
2. Технологія виробничих процесів.
3. Електротехнічна частина.
4. Система керування силовим електрообладнанням ділянки виробництва білкового молока.
5. Охорона праці.
6. Техніко-економічні розрахунки.
Висновки.
Список використаних джерел.

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

1. Молочний цех. Схема скомбінована функційна.
 2. Молочний цех. Технологічне та електросилове обладнання.
Схема електрична розташування.
 3. Молочний цех. Мережа внутрішньоцехова силова розподільча.
Схема електрична принципова.
 4. Ділянка виробництва білкового молока. Схема автоматизації функційна.
 5. Ділянка виробництва білкового молока. Система керування.
Схема електрична принципова.
 6. Молочний цех. 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 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1. Виробничо-господарська діяльність ПрАТ «Веселинівський завод сухого знежиреного молока».	17.03.2026 р.	виконано
2. Технологія виробничих процесів.	31.03.2026 р.	виконано
3. Електротехнічна частина.	21.04.2026 р.	виконано
4. Система керування силовим електрообладнанням ділянки виробництва білкового молока.	19.05.2026 р.	виконано
5. Охорона праці.	28.05.2026 р.	виконано
6. Техніко-економічні розрахунки.	09.06.2026 р.	виконано
7. Підпис керівником роботи.	12.06.2026 р.	виконано
8. Підпис завідувачем кафедри.	16.06.2026 р.	виконано

Здобувач _____ Р. А. Волков

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

№ рядка	Формат	Познака			Найменування	Кільк. аркушів	№ примірн.	Примітка
1	A4	41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ			Електрифікація молочного	81	—	
2					цеху ПрАТ «Веселинівський			
3					завод сухого знежиреного			
4					молока» смт. Веселинове			
5					Веселинівського району			
6					Миколаївської області			
7					з розробкою системи			
8					керування силовим			
9					електрообладнанням ділянки			
10					виробництва білкового			
11					молока. Пояснювальна			
12					записка			
13	A1	41ЕЕД.10198314.06.26.210000С2			Молочний цех. Схема	1	—	
14					скомбінована функційна			
15	A1	41ЕЕД.10198314.06.26.310000Э7			Молочний цех. Технологічне	1	—	
16					та електросилове обладнання.			
17					Схема електрична			
18					розташування			
19	A1	41ЕЕД.10198314.06.26.320000Э3			Молочний цех. Мережа	1	—	
20					внутрішньоцехова силова			
21					розподільча. Схема			
22					електрична принципова			
23	A1	41ЕЕД.10198314.06.26.410000А2			Ділянка виробництва	1		
24					білкового молока. Схема		—	
25					автоматизації функційна			
					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ТП			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата	Відомість технічного проекту			
Розроб.	Волков			10.06.26				
Перев.	Вовк			12.06.26				
Т. контр.								
Н. контр.	Сабо			15.06.26				
Затв.	Чаусов			16.06.26				
						Літ.	Аркуш	Аркушів
							1	2
						ТДАТУ, 2026		

№ рядка	Формат	Познака			Найменування	Кільк. аркушів	№ примірн.	Примітка	
26	A1	41ЕЕД.10198314.06.25.420000ЭЗ			Ділянка виробництва	1	—		
27					білкового молока. Система				
28					керування. Схема електрична				
29					принципова				
30	A1	41ЕЕД.10198314.06.26.610000ТБ			Молочний цех. Показники	1	—		
31					техніко-економічні. Таблиця				
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ТП				Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата					2

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційному проєкті розглянуто питання виробництва пастеризованого та білкового молока на прикладі ПрАТ «Веселинівський завод сухого знежиреного молока» смт. Веселинове Веселинівського району Миколаївської області.

На базі аналізу стану електрифікації молочного цеху проведено вибір технологічного обладнання, спроектована силова електрична мережа цеху. Розраховано і обрано технологічне і електросилове обладнання технологічної лінії, складено схему електричну функційну та розроблено схему електричну принципову системи керування силовим електрообладнанням ділянки виробництва білкового молока. Розроблено схеми електричні розташування технологічного і електросилового обладнання і принципову внутрішньоцехової силової електричної мережі.

Розглянуто питання електро- та пожежобезпеки, запропоновано заходи щодо їх поліпшення.

Доцільність прийнятих інженерних рішень підтверджено техніко-економічними розрахунками.

Кваліфікаційний проєкт складається з 6 розділів пояснювальної записки загальним обсягом 81 сторінка та 6 аркушів графічної частини формату А1.

Ключові слова: БІЛКОВЕ МОЛОКО, ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ, ЗМІШУВАЧ, АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН, ФУНКЦІЙНА СХЕМА, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ.

Табл. 9

Іл.2

Бібл.44

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		6

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ПрАТ «ВЕСЕЛИНІВСЬКИЙ ЗАВОД СУХОГО ЗНЕЖИРЕНОГО МОЛОКА»	10
1.1 Виробничо-економічна діяльність	10
1.2 Стан електрифікації технологічних процесів	11
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційного проєкту	12
2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ	13
2.1 Прийнята технологія виробничих процесів	13
2.2 Характеристика виробничих приміщень	14
2.3 Вибір і розміщення технологічного обладнання	15
2.4 Технологічні вимоги до проєкту електрифікації	17
3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	18
3.1 Вибір і перевірка приводних електродвигунів	18
3.2 Проєктування внутрішньої розподільчої мережі	22
3.2.1 Вибір схеми живлення електроустановок	22
3.2.2 Визначення розрахункових навантажень	23
3.2.3 Вибір марки і перерізу проводів та кабелів	26
3.2.4 Вибір і перевірка апаратів керування та захисту	27
3.2.5 Вибір низьковольтних комплектних установок	35
3.2.6 Розробка схеми внутрішньоцехової силової розподільчої мережі	35
3.2.7 Розробка схеми розташування технологічного та електросилового обладнання молочного цеху	36
3.3 Специфікація на матеріали і обладнання	36
4 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СИЛОВИМ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯМ ДІЛЯНКИ ВИРОБНИЦТВА БІЛКОВОГО МОЛОКА	40
4.1 Вимоги до системи керування силовим електрообладнанням	40
4.2 Вибір параметрів контролю і керування	42

4.3 Розробка функційної схеми автоматизації	43
4.4 Розробка схеми електричної принципової керування силовим електрообладнанням	44
4.5 Вибір технічних засобів контролю і керування	51
4.6 Оцінка надійності елементів системи керування	53
4.7 Перелік матеріалів і обладнання	55
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	59
5.1 Аналіз нормативно-правової бази з охорони праці підприємства	59
5.2 Аналіз стану охорони праці та електробезпеки на підприємстві	60
5.3 Порядок допуску працівників до робіт по обслуговуванню електрообладнання на підприємстві	63
5.4 Обґрунтування вибору і призначення пристрою технічної безпеки ...	65
5.4.1 Вибір параметрів захисту пристрою безпеки. Технічна характеристика пристрою безпеки	65
5.4.2 Опис конструкції і роботи схеми електричної принципової пристрою технічної безпеки	65
5.5 Висновки	67
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	68
6.1 Загальні положення оцінки економічної ефективності капітальних вкладень	68
6.2 Визначення капітальних вкладень	68
6.3 Розрахунок показників економічної ефективності	69
6.4 Техніко-економічні показники проєкту	74
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77

ВСТУП

Молоко є одним із найважливіших продуктом у раціоні людини, оскільки містить легкозасвоювані білки, жири та вуглеводи, разом із необхідними мінералами. Залежно від складу, виділяють кілька його різновидів: знежирене, збагачене вітамінами, пряжене та з підвищеним вмістом білка [1].

Перше білкове молоко виготовили на початку XX століття в 1910 році. Білкове молоко має знижений вміст жиру та підвищений вміст молочного білку. До його складу входять багато вітамінів і мінералів, які позитивно впливають на здоров'я людини. Воно сприяє роботі шлунково-кишкового тракту, а також допомагає в лікуванні і є відмінною профілактикою багатьох захворювань пов'язаних зі шлунком і кишечником. Тому білкове молоко є дуже корисним і його рекомендується включати навіть в раціон дитячого харчування [2].

Існують різні технології виробництва білкового молока. Однією з них є така, що передбачає додавання знежиреного молока у розчинене у воді сухе знежирене молоко. Тому головною технологічною операцією виробництва білкового молока є змішування, яке відбувається у доволі потужних робочих машинах, що називаються змішувачами. Крім того, при виробництві цього молока застосовують операції нагріву, пастеризації та охолодження [3]. Все це обумовлює значну енергоємність технологічного процесу виробництва білкового молока.

Тому електрифікація процесу виробництва білкового молока, яка призведе до скорочення енерговитрат на виробництво продукції, і автоматизація цього виробництва, яка призведе до покращення якості продукту, є актуальними. У кваліфікаційному проєкті вони розглянуті на прикладі молочного цеху ПрАТ “Веселинівський завод сухого знежиреного молока” смт. Веселинове Веселинівського району Миколаївської області.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
						9
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

1 ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ

ПрАТ «ВЕСЕЛИНІВСЬКИЙ ЗАВОД СУХОГО ЗНЕЖИРЕНОГО МОЛОКА»

1.1 Виробничо-економічна діяльність

ПрАТ «Веселинівський завод сухого знежиреного молока» є суб'єктом господарювання молочного сектору, що здійснює переробку натурального молока з 2004 року. Фізична адреса підприємства: 57001, Миколаївська обл., Веселинівський р-н, смт. Веселинове, вул. Будівельників, 30.

На цьому підприємстві виробляють таку продукцію: пастеризоване молоко, кефір, масло, сир, ряжанку, сметану, йогурт, білкове молоко, сухе молоко.

Вказану продукцію виробляють у наступних цехах: молочному цеху, цеху з виробництва сиру, цеху з виробництва кисломолочних продуктів, цеху з виробництва згущеного молока, цеху з виробництва сметани, цеху з виробництва масла, цеху дегідrataції та сушіння молочної сировини. Окрім зазначених цехів на підприємстві існують теплопункт для забезпечення технологічних процесів парою та крижаною водою, котельня для обігріву усіх споруд підприємства, є також трансформаторна підстанція, лабораторія, ремонтний цех, адміністративна будівля, гараж.

На підприємстві працюють близько 70 працівників, які переробляють до 30 тон молока за зміну. Сировину (молоко) для переробки постачають 23 підприємства з числа кращих сільськогосподарських виробників району та області.

Підприємство активно веде зовнішньоекономічну діяльність. Продукція заводу постачалася до країн СНД, Близького Сходу та Африки, а також реалізується на внутрішньому ринку України. Клієнтами і діловими партнерами підприємства є провідні українські торгові мережі. Завдяки всебічній стратегії компанія вчасно підлаштовується під сезонні коливання кон'юнктури молочної

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		10

галузі. Це гарантує постачання населенню висококласних товарів за доступною вартістю. Створювати вигідні та актуальні для покупців пропозиції вдається через відсутність посередників, власну логістичну систему та регулярне відстеження внутрішніх цін. Також цьому сприяють міцні партнерські зв'язки з дилерами й безкомпромісний контроль стандартів виробництва.

1.2 Стан електрифікації технологічних процесів

Станом на теперішній час молочний цех є електрифікованим, а технологічні процеси виробництва білкового і пастеризованого молока функціонують з елементами ручного керування.

Джерелом електроенергії цеху є комплектна трансформаторна підстанція КТП 10/0,4, потужність якої становить 630 кВА. Вона отримує живлення від мережі 10 кВ. Електроенергія подається в цех прокладеним у ґрунті кабелем марки АВВГ. Уведення у цех здійснюється через силову розподільчу шафу марки СПУ. Вона має закрите виконання і містить запобіжники марки ПН. Подальше живлення від неї здійснюється прокладеними в трубах проводами марки АПВ. Воно подається на пульт керування, до шаф керування, щиту освітлення та електроприводів машин.

Технологічне обладнання оснащено асинхронними електродвигунами застарілих серій А, 4А. Система захисту і керування електродвигуна побудована на застарілій пуско-захисній апаратурі: магнітних пусках серії ПМЕ, теплових реле – РТТ, автоматичних вимикачах – АЗ100 та АП50. При цьому нормативи вибору електрообладнання за класом захисту та специфікою робочого середовища виконані лише частково і.

Подача теплоносія та холодоносія для потреб технологічного процесу здійснюється в ручному режимі.

Виробничим циклом керує оператор за допомогою пульта керування, розміщеним на площадці. Для налагодження або відключення при аварії існує ручне керування, розміщене на місцях.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		11

На технологічній лінії немає захисту електродвигунів від «обриву фази», відсутні пристрої для контролю зволоження ізоляції електродвигунів та її підсушування.

Штучне освітлення цеху здійснено за допомогою ламп розжарювання, встановлених у світильники НСПО1–100. Живлення світильників здійснено проводами АПВ. Проводи та світильники підвішені на тросах. Освітлення керується з окремого щитка ЩО.

1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційного проєкту

За підсумками аналізу виробничої діяльності молочного цеху, проведеного на виробництві, можна окреслити наступні слабкі місця електрифікації і автоматизації зазначеного виробничого об'єкту: електрообладнання є застарілим, автоматизація технологічного процесу є частковою. Це означає, що тема кваліфікаційного проєкту є актуальною. У ньому поставлено такі задачі: модернізувати електричну частину цеху, що призведе до зниження витрат електроенергії при виробництві продукції. А саме – заміна застарілих типів електрообладнання і пускозахисної апаратури новими більш сучасними. Заміна трифазних асинхронних двигунів серій А і 4А на АИР, заміна магнітних пускачів серії ПМЕ на ПММ, заміна теплових реле РТТ на РТ2М, заміна автоматичних вимикачів серій АЗ100 і АП50 на АВ3000 та АВ2000. Перевірка електрообладнання відповідно потужності, ступеню захисту та умовам навколишнього середовища. Автоматизувати ділянку виробництва білкового молока, що призведе до зменшення витрат енергії при виробництві продукції і зменшення виробничих витрат.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
						12
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

2.1 Прийнята технологія виробничих процесів

У цех молоко поставляється автоцистернами. Після оцінки якості воно крізь фільтр 1 за допомогою насосу з відокремлювачем повітря 2 крізь витратомір 3 спрямовується у пластинчастий охолоджувач 4, де молоко за допомогою крижаної води охолоджується до температури від 2°C до 4°C. З охолоджувача молоко потрапляє до резервуару проміжного зберігання 5. З цього резервуару певна кількість молока за допомогою відцентрового насосу 6 подається до резервуару 9, де відбувається його нормалізація за вмістом жиру за допомогою знежиреного молока [4, 5].

Нормалізоване молоко за допомогою відцентрового насосу 10 подається у трубчастий підігрівач 11, де парою нагрівається до температури від 40 до 45°C. Підігріте молоко потрапляє до сепаратора-молокоочисника 12, де воно відокремлюється від механічних та інших домішок. Очищене молоко відправляється пастеризуватись до трубчастого пастеризатору 13, у якому здійснюється його миттєве нагрівання до температури від 85 до 90°C. Після цього пастеризоване молоко спрямовується до гомогенізатора 14, де воно гомогенізується під тиском від 12,5 до 15 МПа, що призводить до покращення консистенції молока та його смаку. Потім гомогенізоване молоко потрапляє до пластинчастого охолоджувача 15, де воно за допомогою крижаної води охолоджується до температури від 4 до 8°C. Потім охолоджене молоко поступає до резервуару 16, звідки насосом 17 подається на фасування до фасувального апарату 18 [4, 5].

У виробництві білкового молока не приймають участі робочі машини з 1 по 6, а технологічний процес починається зі змішування у змішувачі 7 сухого молока з водою із розрахунку 125 кг сухого молока на 1000 л води, яка повинна бути очищеною та підігрітою до температури від 35°C до 45°C. Отримане таким

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		13

чином сире білкове молоко за допомогою насосу 8 подається до резервуару 9, де відбувається його нормалізація шляхом додавання у нього знежиреного молока та відстоювання протягом 2 годин для розбухання білків і більш повного розчинення часток сухого молока. Далі технологічні операції виробництва білкового молока такі ж, як і при виробництві пастеризованого молока [5, 6].

2.2 Характеристика виробничих приміщень

Молочний цех складається з приймального відділення, виробничого приміщення, електрощитової, складу готової продукції, кімнати персоналу, санвузла. Повний перелік та характеристика виробничих і додаткових приміщень зведено до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика виробничих приміщень молочного цеху

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 молочного цеху наведений на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.26.310000Э7.

2.3 Вибір і розміщення технологічного обладнання

Згідно з вимогами технологічного процесу здійснюємо вибір технологічного обладнання лінії з виробництва пастеризованого і білкового молока. Обране обладнання узгоджено за продуктивністю гомогенізатора, яка становить 2500 л/год. Технічні характеристики вибраних робочих машин згідно [7] зведено у таблицю 2.2. Робочі машини між собою поєднані за допомогою молокопроводів.

Таблиця 2.2 – Паспортні дані технологічного обладнання лінії

Найменування робочої машини	Кількість	Тип	Продуктивність	Встановлена потужність, кВт	Габаритні розміри, мм×мм×мм
Фільтр молока	1	ФМ-2	25000 л/год	—	80×40
Насос з відокремлювачем повітря	1	2Г2-ОПД	25000 л/год	6,2	835×365×690
Витратомір молока	1	РМ-5-П	32000 л/год	—	350×120×230
Пластинчастий охолоджувач	1	ОП-25	25000 л/год	—	1355×550×1305
Резервуар проміжного зберігання	1	ОМГ-25	25000 л	2,5	4900×2990×3750
Насос відцентровий	4	ОНЦ 3,5/20К5- 0,75/2	3500 л/год	1,0	365×190×261
Змішувач	1	УСМ-5	5000 л/год	8,0	1400×900×1000
Резервуар	2	РМ-2,5	2500 л	1,0	1510×2600×590
Трубчастий підігрівач	1	ПТ-2,5	2500 л/год	—	1200×800×1100
Сепаратор- молокоочисник	1	А1-ОЦМ5	5000 л/год	6,5	1320×880×1210

Продовження таблиці 2.2

Найменування робочої машини	Кількість	Тип	Продуктивність	Встановлена потужність, кВт	Габаритні розміри, мм×мм×мм
Трубчастий пастеризатор	1	П8-ОУП-2,5	2500 л/год	1,8	1640×1360×1400
Гомогенізатор	1	А1-ОГЗМ-2,5	2500 л/год	20,0	1500×900×1000
Пластинчастий охолоджувач	1	ООЛ-3	3000 л/год	—	900×400×900
Фасувальний автомат	1	М6-ОРЗ-Е	1500 упак./год	0,93	3240×2400×2580

Крім вказаного технологічного обладнання у виробництві молока задіяні такі: компресорна установка для роботи фасувального автомата та три вентиляційні установки, дві з них встановлено у виробниче приміщення цеху, а одну – на склад готової продукції. Також у технологічному процесі частково користуються генератором пари і генератором крижаної води, які встановлено у тепловий пункт молокозаводу (а не в молочному цеху).

Технічні характеристики компресорної та вентиляційної установок зведено до таблиці 2.3 [8, 9].

Таблиця 2.3 – Паспортні дані компресорної та вентиляційної установок

Найменування робочої машини	Кількість	Тип	Продуктивність, м³/год	Встановлена потужність, кВт	Габаритні розміри, мм×мм×мм
Компресорна установка	1	КУ-3	180	24,0	1430×1230×1120
Вентиляційна установка	3	ВУТ-3000	3000	1,99	1835×1265×881

Схема скомбінована функційна молочного цеху наведена на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.26.210000Э7.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
						16
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

2.4 Технологічні вимоги до проєкту електрифікації

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

- вибране технологічне обладнання повинно відповідати прийнятій технології виробництва і забезпечувати потрібну продуктивність;
- передбачити для всіх робочих машини і механізмів автоматизований електропривод із застосуванням асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором;
- в усіх приміщеннях виробничого цеху передбачити штучне освітлення з люмінесцентними лампами у відповідності до норм освітлення виробничих приміщень;
- встановити силові розподільчі пункти, та шафи управління в спеціальних приміщеннях – електрощитових;
- передбачити штучну вентиляцію виробничих приміщень;
- виконати розподільчі мережі у технологічному приміщенні мінімальної довжини з використанням проводів і кабелів, а також способів їх прокладання з врахуванням умов навколишнього середовища;
- у відповідності з прийнятою технологією встановити відповідну послідовність запуску робочих машин і механізмів;
- розробити необхідні заходи з техніки безпеки та охорони праці для обслуговуючого персоналу.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
						17
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір і перевірка приводних електродвигунів

У молочному цеху силовим електрообладнанням є електродвигуни. При їх виборі для приводів робочих машин необхідно враховувати виконання певних умов, основними з яких є [10]: відповідність кліматичного виконання, категорії розміщення та ступеня захисту умовам навколишнього середовища; відповідність параметрам мережі; відповідність умовам номінального режиму роботи, пуску, перевантажувальній здатності.

За умовами навколишнього середовища електродвигуни обирають за наступними основними показниками [11]: кліматичне виконання; категорія розміщення.

Кліматичне виконання обирається виходячи з кліматичних умов району, де експлуатуються електродвигуни, а категорія розміщення – виходячи з характеристики його місця розташування.

Підприємство ПрАТ «Веселинівський завод сухого знежиреного молока» розташоване у Миколаївській області України, тобто знаходиться у помірному кліматичному поясі. Технологічне обладнання молочного цеху розміщено у закритому приміщенні, де воно повністю захищене 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.

Привідні асинхронні двигуни працюють протягом всієї зміни при незмінному навантаженні, за час роботи перевищення температур усіх їх частин досягають установлених значень, тому їхнім номінальним режимом роботи є тривалий (S1).

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		18

Для вибору потужності асинхронних двигунів згідно [7] було розраховано потужності робочих машин, необхідних для їх приводу. Наприклад, потужність приводу гомогенізатора P , кВт, розраховано так:

$$P = \frac{\Delta P \cdot \Pi \cdot \rho \cdot C}{\eta \cdot 1000}, \quad (3.1)$$

де ΔP – підвищення температури молока у процесі гомогенізації, К;

Π – продуктивність гомогенізатора, м³/с, $\Pi = 0,0006$ м³/с [7];

ρ – щільність молока, кг/м³, $\rho = 1070$ кг/м³ [7];

C – масова теплоємність молока, Дж/(кг·К), $C = 3850$ Дж/(кг·К) [7];

η – механічний к.к.д. гомогенізатора, $\eta = 0,8$ [7];

$$\Delta P = \frac{p}{C \cdot \rho}, \quad (3.2)$$

де p – тиск у процесі гомогенізації, Па; $p = 20 \cdot 10^6$ Па [7].

$$\Delta P = \frac{20 \cdot 10^6}{3850 \cdot 1070} = 4,85 \text{ К};$$

$$P = \frac{4,85 \cdot 0,0006 \cdot 1070 \cdot 3850}{0,8 \cdot 1000} = 15 \text{ кВт.}$$

Потужність, яку споживає робоча машиною на валу електродвигуна $P_{роз}$, кВт, розраховано так [12]:

$$P_{роз} = K_z \cdot P, \quad (3.3)$$

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

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк.
						19
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$P_{роз} = 1,2 \cdot 15 = 18 \text{ кВт.}$$

Попередній вибір електродвигуна здійснено за умовою [12]:

$$P_n \geq P_{роз}. \quad (3.4)$$

За каталогом [13] обрано електродвигун типу АИР200М8У3, для якого

$$P_n = 18,5 \text{ кВт} \geq P_{роз} = 18 \text{ кВт}.$$

Вибраний двигун перевірено за умовами пуску [12]:

$$M'_{n.дв} \geq M_{зр}, \quad (3.5)$$

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

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

$$M'_{n.дв} = k_u^2 \cdot \mu_n \cdot M_n, \quad (3.6)$$

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

μ_n – кратність пускового моменту електродвигуна, $\mu_n = 1,6$ [13];

M_n – номінальний момент електродвигуна, Н·м;

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n}, \quad (3.7)$$

де P_n – номінальна потужність електродвигуна, Вт, $P_n = 18500 \text{ Вт}$ [13];

ω_n – номінальна кутова швидкість, рад/с;

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк.
						20
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$\omega_n = \frac{2\pi \cdot n_n}{60}, \quad (3.8)$$

де n_n – номінальна частота обертання електродвигуна, об./хв., $n_n = 730$ об./хв. [13].

$$M_{зр} = (0,2...0,3) \frac{P_n}{\omega_n}. \quad (3.9)$$

$$\omega_n = \frac{2\pi \cdot 730}{60} = 76,41 \frac{\text{рад.}}{\text{с}};$$

$$M_n = \frac{18500}{76,41} = 242,1 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{n.дв} = 0,9^2 \cdot 1,6 \cdot 242,1 = 313,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{зр} = 0,2 \cdot \frac{18500}{76,41} = 15,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{n.дв} = 313,8 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq M_{зр} = 15,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Вибраний електродвигун перевірено за умовами перевантаження [12]:

$$M'_{макдв} \geq M_{о.макрм}, \quad (3.10)$$

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

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

$$M'_{макдв} = k_u^2 \cdot \mu_{мак} \cdot M_n, \quad (3.11)$$

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк.
						21
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

де $\mu_{\text{мак}}$ – кратність максимального моменту електродвигуна, $\mu_{\text{мак}} = 2,3$ [13];

$$M_{\text{о.макрм}} = \frac{P_{\text{о.мак}}}{\omega_n}, \quad (3.12)$$

де $P_{\text{о.мак}}$ – максимальна потужність з навантажувальної діаграми, Вт,
 $P_{\text{о.мак}} = 26000 \text{ Вт}$.

$$M'_{\text{макдв}} = 0,9^2 \cdot 2,3 \cdot 242,1 = 451 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{о.макрм}} = \frac{26000}{76,41} = 340,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{\text{макдв}} = 451 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq M_{\text{о.макрм}} = 340,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Так само з [13] вибрано електродвигуни для приводу інших робочих машин молочного цеху. Дані наведені на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.26.3200000ЭЗ.

3.2 Проєктування внутрішньої розподільчої мережі

3.2.1 Вибір схеми живлення електроустановок

Молочний цех отримує живлення від комплектної трансформаторної підстанції КТП1 10/0,4 кВ потужністю 630 кВА. Електричний ввід у будівлю виконано кабелем АВВГ4×120 довжиною 200 м, який прокладений в землі.

В електрощитовій цеху розташовані силовий розподільчий пункт А1 навісного виконання та шафи керування електрообладнанням. Від розподільчого пункту А1 живляться шафи А2, А3, А4 та щиток освітлювальний А5. Схема живлення електрообладнання молочного цеху приведена на рисунку 3.1.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		22

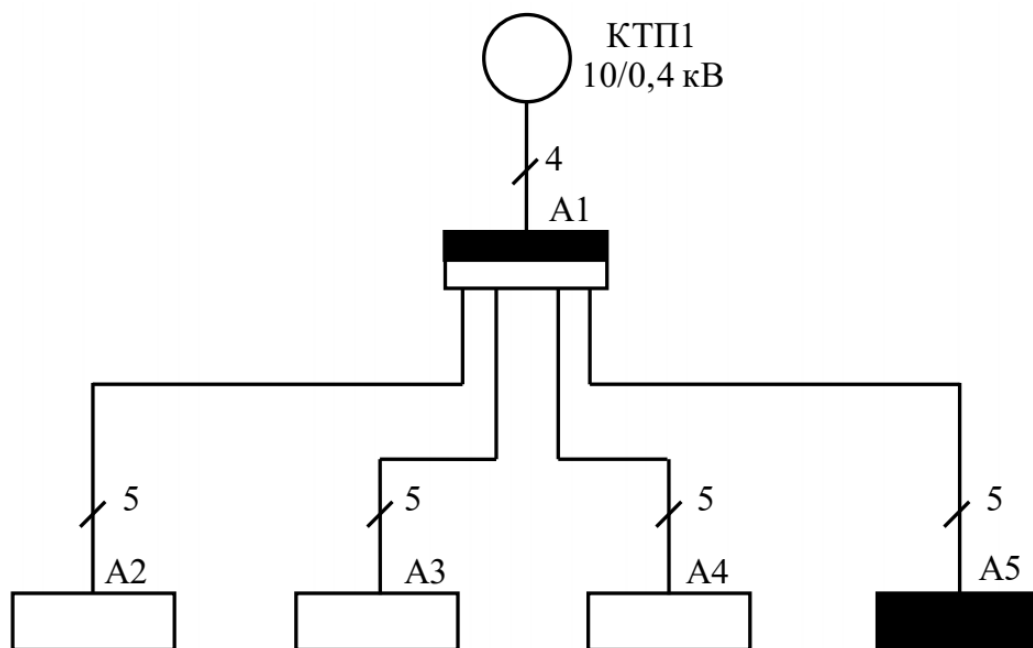


Рисунок 3.1 – Схема живлення електрообладнання молочного цеху

3.2.2 Визначення розрахункових навантажень

Розрахунковий струм кожного з асинхронних двигунів $I_{розр}$, А, визначено так [14]:

$$I_{розр} = \frac{P_{ном} \cdot K_z}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном} \cdot \eta_{ном}}, \quad (3.13)$$

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

K_z – коефіцієнт завантаження електродвигуна;

$U_{ном}$ – номінальна напруга, В;

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

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

Наприклад, для електродвигуна АИР200М8У3 приводу гомогенізатора (=14–М10) прийнято $K_z = 1,0$, значення інших величин взято з [13], тоді

$$I_{розр} = \frac{18500 \cdot 1}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,81 \cdot 0,89} = 39 \text{ А.}$$

Аналогічно визначено розрахункові струми інших споживачів, результати розрахунків представлено на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.26.320000ЭЗ графічної частини проєкту.

Розрахунковий струм на магістралі А1-А3 визначено так [14]:

$$I_{\text{розр.м.}} = k_o \cdot \sum_{i=1}^n I_{\text{ном.і}}, \quad (3.14)$$

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

k_o – коефіцієнт одночасної роботи споживачів електроенергії.

Від А3 отримують живлення наступні споживачі: електродвигуни насосів відцентрових (=8–М5, =10–М7, =17–М12) типу АИР71А2У3 з $I_{\text{розр}} = 1,75$ А, електродвигун змішувача (=8–М6) типу АИР132М6У3 з $I_{\text{розр}} = 16,5$ А, електродвигуни резервуарів (=9–М6, =16–М11) типу АИР80А6У3 з $I_{\text{розр}} = 2,26$ А, електродвигун сепаратора-молокоочисника (=12–М8) типу АИР112М4У3 з $I_{\text{розр}} = 11,4$ А, електродвигун трубчастого пастеризатора (=13–М9) типу АИР80А2У3 з $I_{\text{розр}} = 3,31$ А, електродвигун гомогенізатора (=14–М10) типу АИР200М8У3 з $I_{\text{розр}} = 39,0$ А.

Прийнято $k_o = 1$, тому розрахунковий струм магістралі А1-А3

$$I_{\text{розр.м.}} = 1,75 \cdot 3 + 16,5 + 2,26 \cdot 2 + 11,4 + 3,31 + 39 = 79,98 \text{ А.}$$

Розрахункові струми інших магістралей (А1-А2, А1-А4) визначено аналогічно, результати показано на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.26.320000ЭЗ графічної частини проєкту.

Розрахунковий струм на магістралі А1-А5 $I_{\text{розр.осв}}$, А, визначено так [15]:

$$I_{\text{розр.осв}} = \frac{P_{\text{ном.осв}}}{3 \cdot U_{\text{ном.осв}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном.осв}}}, \quad (3.15)$$

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		24

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

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

$\cos \varphi_{ном.осв}$ – номінальний коефіцієнт потужності освітлювальної мережі, при люмінесцентному освітленні $\cos \varphi_{ном.осв} = 0,7$ [15];

$$P_{ном.осв} = 1,2 \cdot \sum (P_{nut.i} \cdot S_n), \quad (3.16)$$

де $P_{nut.i}$ – питома потужність відповідного приміщення, Вт/м², для виробничого приміщення $P_{nut} = 10 - 15 \text{ Вт} / \text{м}^2$, для допоміжних виробничих приміщень $P_{nut} = 8 - 10 \text{ Вт} / \text{м}^2$ [15];

S_n – площа відповідного приміщення, м².

$$P_{ном.осв} = 1,2 \cdot (12 \cdot 1000 + 9 \cdot 400) = 18720 \text{ Вт};$$

$$I_{розр.осв} = \frac{18720}{3 \cdot 220 \cdot 0,7} = 40,52 \text{ А.}$$

Розрахунковий струм на ділянці КТП1-А1 визначено так [14]:

$$I_{розр.м.} = k_o \cdot \sum_{i=1}^n I_{розр.м.i}. \quad (3.17)$$

Від А1 отримують живлення шафи керування А2 з $I_{розр.м} = 18,05 \text{ А}$, А3 з $I_{розр.м} = 81,73 \text{ А}$, А4 з $I_{розр.м} = 54,96 \text{ А}$, щиток освітлювальний А5 з $I_{розр.м} = 40,52 \text{ А}$. Тому розрахунковий струм магістралі КТП1-А1 дорівнює:

$$I_{розр.м.} = 1,0 \cdot (18,05 + 79,98 + 54,96 + 40,52) = 193,51 \text{ А.}$$

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
						25
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

3.2.3 Вибір марки і перерізу проводів та кабелів

З урахуванням умов навколишнього середовища для живлення електродвигунів молочного цеху вибрано провід марки АПВ одножильний (чотири одножильних проводи), спосіб прокладання – у трубі.

Перерізи проводів вибрано за умови [14]:

$$I_{\text{доп.тр.п.}} \geq I_{\text{розр}}, \quad (3.18)$$

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

$I_{\text{розр}}$ – розрахунковий струм, який протікає через провід, А.

Значення $I_{\text{доп.тр.п.}}$ вибиралось з [14]. Наприклад, для живлення електродвигуна гомогенізатора (=14–М10) типу АИР200М8У3 вибрано провід АПВ4(1×16) з $I_{\text{доп.тр.п.}} = 55$ А [14]:

$$I_{\text{доп.тр.п.}} = 55 \text{ А} \geq I_{\text{розр}} = 39 \text{ А}.$$

Так само вибрано марки та перерізи проводів і кабелів для інших електроприймачів. Результати вибору показано на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.26.320000ЭЗ графічної частини проєкту.

Внутрішній діаметр труб для прокладання проводів розраховано так [14]:

$$d_{\text{тр}} = d_{\text{пр}} \sqrt{\frac{n}{k_3}}, \quad (3.19)$$

де $d_{\text{пр}}$ – діаметр проводу з ізоляцією, мм;

n – кількість проводів;

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

Наприклад, діаметр проводу АПВ4(1×16), який застосовано для живлення електродвигуна приводу гомогенізатора, становить 8 мм [14], тому внутрішній діаметр труби для його прокладки дорівнює:

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		26

$$d_{mp} = 8 \sqrt{\frac{4}{0,5}} = 22,6 \text{ мм.}$$

В результаті вибрано трубу марки Ду 25 (32×2,5) [16].

Так само проведено розрахунок внутрішніх діаметрів труб для прокладки проводів до інших споживачів та вибір марок труб. Результати наведені на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.26.3200000ЭЗ.

3.2.4 Вибір і перевірка апаратів керування та захисту

Керування і захист асинхронних двигунів здійснено із застосуванням електромагнітних пускачів та теплових реле.

Електромагнітні пускачі вибрано за умовами [14, 17]:

1 За типом або серією.

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

$$U_{ном.МП} \geq U_{мережі}, \quad (3.20)$$

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

$$U_{мережі} = 220 \text{ В.}$$

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

$$I_{ном.МП} \geq I_{розр}. \quad (3.21)$$

4 За виконанням.

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

$$I_{ном.н.т.р.} \geq I_{ном.АД} \text{ або } I_{ном.н.т.р.} \geq I_{розр}. \quad (3.22)$$

з подальшим регулюванням до значення

					41ЕЕД.10198314.06.26.0000000ПЗ	Арк
						27
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

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

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.

Наприклад, для електродвигуна приводу гомогенізатора (=14–М10) типу АИР200М8У3 вибрано електромагнітний пускач типу ПММ-1/40 20У3 з $U_{ном.МП} = 220 \text{ В}$ та тепловим реле типу РТ2М-93(2,5-4)В20У3 з $I_{ном.т.р.} = 93 \text{ А}$ [18]:

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

$$I_{ном.МП} = 40 \text{ А} \geq I_{розр} = 39 \text{ А};$$

$$I_{ном.н.т.р.} = 93 \text{ А} \geq I_{розр.} = 39 \text{ А}.$$

Так само вибрано магнітні пускачі та теплові реле для інших електродвигунів, результати наведені на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.26.320000ЭЗ.

Вибір автоматичних вимикачів (АВ) здійснено за умовами [14, 17]:

1 За типом або серією.

2 За номінальною напругою АВ $U_{ном.АВ}$, В:

$$U_{ном.АВ} \geq U_{мережі}. \quad (3.24)$$

3 За номінальним струмом АВ $I_{ном.АВ}$, А:

$$I_{ном.АВ} \geq I_{розр.} \quad (3.25)$$

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
						28
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

4 За виконанням.

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

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

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

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

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

$$I_{відс.р.м.} = I_{ном\ розч.} \cdot K, \quad (3.29)$$

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

K – кратність струму відсічки автоматичного вимикача.

Для захисту кола з одним електродвигуном

$$I_{н\ розр} = (1,5 \div 1,8) \cdot I_{н\ АД}, \quad (3.30)$$

для захисту електричного кола з декількома електродвигунами

$$I_{н\ розр} = (1,5 \div 1,8) \cdot \left[\sum_{i=1}^n I_{ном.i} + (I_{н.нб} - I_{ном.нб}) \right], \quad (3.31)$$

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

$I_{н.нб}$, $I_{ном.нб}$ – відповідно пусковий і номінальний струми асинхронного двигуна, у якого вони найбільші у порівнянні з іншими двигунами, А.

7 За кліматичним виконанням, категорією розміщення, ступенем захисту.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
						29
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Наприклад, для електродвигуна АИР200М8У3 приводу гомогенізатора пусковий струм $I_{п\text{ АД}} = 234,0 \text{ А}$ [13], тоді

$$I_{n\text{ розр.}} = 1,6 \cdot 234 = 374,4 \text{ А.}$$

Для встановлення вибрано автоматичний вимикач серії АВ2000, у якого захисна характеристика типу С і $K = 10$ [19]. Для електродвигуна АИР200М8У3 з $I_{ном\text{ АД}} = 39 \text{ А}$ [13] вибрано $I_{ном\text{ розч}} = 40 \text{ А}$ [19], тоді

$$I_{відс.р.м.} = 40 \cdot 10 = 400 \text{ А;}$$

$$I_{відс.р.м.} = 400 \text{ А} > I_{n\text{ розр.}} = 374,4 \text{ А.}$$

В результаті для асинхронного електродвигуна АИР200М8У3 вибраний автоматичний вимикач АВ2000/3-С40 230/400-У3 [19].

Цей електродвигун підключений до шафи керування АЗ, від якої отримують живлення електродвигуни насосів відцентрових (=8–М5, =10–М7, =17–М12) з $I_{розр} = 1,75 \text{ А}$, електродвигун змішувача (=8–М6) з $I_{розр} = 16,5 \text{ А}$, електродвигуни резервуарів (=9–М6, =16–М11) з $I_{розр} = 2,26 \text{ А}$, електродвигун сепаратора-молокоочисника (=12–М8) з $I_{розр} = 11,4 \text{ А}$, електродвигун трубчастого пастеризатора (=13–М9) з $I_{розр} = 3,31 \text{ А}$, електродвигун гомогенізатора (=14–М10) з $I_{розр} = 39,0 \text{ А}$ та $K_i = 6,0$ [19]. Тоді

$$I_{розр.м.} = 1,75 \cdot 3 + 16,5 + 2,26 \cdot 2 + 11,4 + 3,31 + 39 = 79,98 \text{ А;}$$

$$I_{n\text{ розр.}} = 1,7 \cdot [(1,75 \cdot 3 + 16,5 + 2,26 \cdot 2 + 11,4 + 3,31 + 39) + (39 \cdot 6 - 39)] = 467,5 \text{ А.}$$

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		30

Для встановлення вибраний автоматичний вимикач серії АВ2000, у якого захисна характеристика типу D і $K = 12$ [19]. Для цієї мережі з $I_{розр.м.} = 79,98$ А вибрано $I_{ном розч} = 80$ А [19], тоді

$$I_{відс.р.м.} = 80 \cdot 12 = 960 \text{ А};$$

$$I_{відс.р.м.} = 960 \text{ А} > I_{н розр.} = 467,5 \text{ А}.$$

В результаті для мережі А1-А3 вибраний автоматичний вимикач АВ2000/3-D80 230/400-У3 [19].

Так само з [19, 20] вибрано автоматичні вимикачі для решти струмоприймачів та мереж живлення. Дані вибору наведені на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.25.3200000ЭЗ.

Автоматичні вимикачі перевірено за наступними умовами [14, 17]:

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

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

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

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

Для асинхронного двигуна приводу гомогенізатора (=14–М10) $I_{відс.р.м.} = 400 \text{ А} > I_{н розр.} = 374,4 \text{ А}.$

Для мережі А1-А3 $I_{відс.р.м.} = 960 \text{ А} > I_{н розр.} = 467,5 \text{ А}.$

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

$$\frac{I_{вст.}}{I_{доп.тр.н.}} \leq k, \quad (3.33)$$

					41ЕЕД.10198314.06.26.0000000ПЗ	Арк
						31
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

де $I_{\text{доп.тр.п.}}$ – допустимий тривалий струм проводу (кабелю), А;

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

Наприклад, для захисту мережі АЗ-(=14–М10) встановлено автоматичний вимикач АВ2000/3-С40 230/400-У3, живлення виконано проводом АПВ4(1×16), тому

$$\frac{I_{\text{ном.т.р.}}}{I_{\text{доп.тр.п.}}} = \frac{40}{55} = 0,73 < 1,0.$$

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

Наприклад, автоматичний вимикач АВ2000/3-С40 230/400-У3 в колі живлення електродвигуна сепаратора-молокоочисника (=14–М10) має тепловий розчіплювач і розташований у приміщенні з нормальним середовищем. Тому його перевірено за умовою:

$$I_{\kappa}^{(1)} \geq 3I_{\text{ном.т.р.}}, \quad (3.34)$$

де $I_{\kappa}^{(1)}$ – струм однофазного короткого замикання, А;

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{U_{\text{ном.ф.}}}{\frac{Z_{\text{тк}}^{(1)}}{3} + Z_n}, \quad (3.35)$$

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

$Z_{\text{тк}}^{(1)}$ – повний опір силового трансформатора однофазному струму короткого замикання на корпус, Ом;

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

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
						32
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$\frac{Z_{mk}^{(1)}}{3} \approx \frac{26}{S_{ном.т}}, \quad (3.36)$$

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

$$Z_n = \sum z_{noi} \cdot l_i, \quad (3.37)$$

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

l_i – довжина i -ої ділянки, км.

$$Z_n = 0,63 \cdot 0,2 + 1,29 \cdot 0,008 + 3,96 \cdot 0,032 = 0,263 \text{ Ом};$$

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

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{230}{0,0413 + 0,263} = 755,8 \text{ А};$$

$$I_{\kappa}^{(1)} = 755,8 \text{ А} > 3 \cdot I_{нт.р.} = 3 \cdot 40 = 120 \text{ А}.$$

4 На граничну вимикаючу здатність струмів трифазного короткого замикання. Проведена для автоматичних вимикачів мережі, які встановлені поблизу джерела живлення (трансформаторної підстанції), за умовою [14]:

$$I_{зр.АВ} \geq I_{\kappa.уд}^{(3)}; \quad (3.38)$$

$$I_{\kappa.уд}^{(3)} = I_{\kappa}^{(3)} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд}, \quad (3.39)$$

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		33

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

$I_{к.уд}^{(3)}$ – ударний струм трифазного короткого замикання, кА;

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

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

$$I_{к}^{(3)} = \frac{U_{номл}}{\sqrt{3} \cdot (Z_{т} + Z_{п})}, \quad (3.40)$$

де $U_{номл}$ – номінальна лінійна напруга обмоток низької напруги трансформатора,

В, $U_{номл} = 400$ В [14];

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

$$Z_{т} = \frac{u_{к} \% \cdot U_{номл}^2}{100 \cdot S_{ном.т}}, \quad (3.41)$$

де $u_{к} \%$ – напруга короткого замикання трансформатора, %.

Наприклад, для автоматичного вимикача АВ3003/3Н-00У3 на вводі розподільчого пункту А1 (QF1):

$$I_{к}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (0,014 + 0,63 \cdot 0,2)} = 1649,6 \text{ А};$$

$$I_{к.уд}^{(3)} = 1649,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,3 = 3032,8 \text{ А};$$

$$I_{зр.АВ} = 25000 \text{ А} \geq I_{к.уд}^{(3)} = 3032,8 \text{ А}.$$

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк.
						34
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

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

Наприклад, для кола КТП1-А1-А3 має бути:

$$I_{\text{номт.р.QF1 КТП1}} > I_{\text{номт.р.QF3 А1}} > I_{\text{номт.р.QF15 А3}}, \quad (3.42)$$

де $I_{\text{номт.р.QF1 КТП1}}$, $I_{\text{номт.р.QF3 А1}}$, $I_{\text{номт.р.QF15 А3}}$ – номінальні струми розчіплювачів АВ, включених в мережі послідовно, А;

$$I_{\text{номт.р.QF1 КТП1}} = 200 \text{ А} > I_{\text{номт.р.QF3 А1}} = 100 \text{ А} > I_{\text{номт.р.QF15 А3}} = 40 \text{ А}.$$

Так само перевірено інші автоматичні вимикачі.

3.2.5 Вибір низьковольтних комплектних установок

Відповідно до прийнятої схеми живлення електрообладнання молочного цеху та значеннями розрахункових струмів в мережах згідно [14] вибрано один ввідний силовий пункт розподільчий А1 типу ПР11Д-3054-54-У3 з ввідним автоматом АВ3003/3Н на номінальний струм 225 А і чотирма триполюсними фідерними автоматами АВ2000 на струми 20 А, 50 А, 63 А і 100 А. Для керування електроприводами встановлюємо наступні шафи керування: А2 – ШАУ 5101-3374У3, А3 – ШАУ 5102-3974У3, А4 – ШАУ 5103-3874У3. Для керування освітленням встановлюємо щит освітлювальний ЩОГ-611-2-2-54У3.

3.2.6 Розробка схеми внутрішньоцехової силової розподільчої мережі

Згідно [22] на принциповій електричній схемі внутрішньоцехової розподільчої силової мережі молочного цеху відображено взаємні зв'язки основних елементів внутрішньої мережі: вводу, розподільчих пристроїв, магістральної мережі, апаратів захисту і керування, групової мережі, окремих розгалужень і електроприймачів. Її виконано в однолінійному зображенні, при цьому нейтральний провід окремою лінією не показано.

На принциповій схемі розподільчої мережі приведено дані про вибрані апарати керування та захисту, відомості про марки, перерізи і способи прокладки

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		35

проводів та кабелів, характеристика електроприймачів, інформація про типи низьковольтні комплектні пристрої. Схема наведена на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.26.320000ЭЗ.

3.2.7 Розробка схеми розташування технологічного та електросилового обладнання молочного цеху

Технологічне обладнання молочного цеху скомпоновано у виробничому приміщенні з урахуванням вимог техніки безпеки, взаємного розташування і габаритів існуючого технологічного обладнання, зручності обслуговування і поточності виробництва. При компоновці обладнання передбачено відстань між окремими машинами 0,8 м і більше. Двері або ворота для проходу людей влаштовано окремо від дверей (комір) для вантажного транспорту. План розташування наведений на аркуші 41ЕЕД. 10198314.06.25.310000Э7.

3.3 Специфікація на матеріали і обладнання

Перелік обраних електродвигунів, апаратів керування і захисту, кабелів, проводів, шаф молочного цеху наводиться у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Специфікація на матеріали і обладнання для силової внутрішньоцехової розподільчої мережі молочного цеху

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	Електродвигуни асинхронні		
М1	АИР100L2У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_n = 5,5$ кВт
М2	АИР100L6У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_n = 2,2$ кВт
М3, М5	АИР71А2У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	2	$P_n = 0,75$ кВт
М4	АИР132М6У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_n = 7,5$ кВт
М6, М11	АИР80А6У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	2	$P_n = 0,75$ кВт
М7, М12	АИР71А2У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	2	$P_n = 0,75$ кВт

Продовження таблиці 3.1

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
M8	АИР112М4У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_n = 5,5 \text{ кВт}$
M9	АИР80А2У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_n = 1,5 \text{ кВт}$
M10	АИР200М8У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_n = 18,5 \text{ кВт}$
M13	АИР80А6У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_n = 0,75 \text{ кВт}$
M14	АИР180S4У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_n = 22,0 \text{ кВт}$
M15–M20	ЕС-990, ЕУ № 334/2012	1	$P_n = 0,99 \text{ кВт}$
Вимикачі автоматичні			
QF1	AB3003/3H-00У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 200 \text{ А}$
QF2	AB2000/3-C20 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 20 \text{ А}$
QF3	AB2000/3-D80 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 80 \text{ А}$
QF4	AB2000/3-C63 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 63 \text{ А}$
QF5,QF19	AB2000/3-C50 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	2	$I_{нрт} = 50 \text{ А}$
QF6	AB2000/3-C16 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 16 \text{ А}$
QF7	AB2000/3-C6 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 6 \text{ А}$
QF8,QF10	AB2000/3-C2 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	2	$I_{нрт} = 2 \text{ А}$
QF9	AB2000/3-C20 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 20 \text{ А}$
QF11,QF16	AB2000/3-C3 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	2	$I_{нрт} = 3 \text{ А}$
QF12,QF17	AB2000/3-C3 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	2	$I_{нрт} = 3 \text{ А}$
QF13	AB2000/3-C16 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 16 \text{ А}$
QF14,QF20	AB2000/3-C4 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	2	$I_{нрт} = 4 \text{ А}$
QF15	AB2000/3-C40 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 40 \text{ А}$
QF18	AB2000/3-C3 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 3 \text{ А}$
QF19	AB2000/3-C50 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 50 \text{ А}$
QF21,QF22	AB2000/3-C4 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	2	$I_{нрт} = 4 \text{ А}$
Пускачі магнітні			
KM1,KM8	ПММ-1/12 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	2	$U_{ном.МП} = 220 \text{ В}$
KM2,KM3	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	2	$U_{ном.МП} = 220 \text{ В}$

Продовження таблиці 3.1

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
КМ4	ПММ-2/25 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ5-КМ7	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	3	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ9,КМ11	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	2	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ10	ПММ-4/40 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ12	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ13	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
КМ14	ПММ-4/50 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	1	$U_{\text{ном.МП}} = 220 \text{ В}$
Реле теплові струмові			
КК1, КК8	РТ 2М-25 (9-13) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	2	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК2	РТ 2М-25 (4-6) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК3, КК5	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	2	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК4	РТ 2М-25 (12-18) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	1	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК6, КК9	РТ 2М-25 (2,5-4) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	2	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК7,КК12	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	2	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
КК10,КК14	РТ 2М-93 (37-50) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	2	$I_{\text{нрт}} = 93 \text{ А}$
КК11,КК13	РТ 2М-25 (2,5-4) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	2	$I_{\text{нрт}} = 25 \text{ А}$
Низьковольтні комплектні пристрої			
А1	ПР11Д-3054-54-У3, ТУ У 31.2-40905126-004:2016	1	$I_{\text{н}} = 250 \text{ А}$
А2	ШАУ 5101-3374У3, ТУ У 27.1-33165522-023:2015	1	$I_{\text{н}} = 20 \text{ А}$
А3	ШАУ 5102-3974У3, ТУ У 27.1-33165522-023:2015	1	$I_{\text{н}} = 100 \text{ А}$
А4	ШАУ 5103-3874У3, ТУ У 27.1-33165522-023:2015	1	$I_{\text{н}} = 63 \text{ А}$
А5	ЩОГ-611-2-2-54У3, ТУ У 27.1-33165522-023:2015	1	$I_{\text{н}} = 63 \text{ А}$
Провід, кабель			
	АВВГ4×120, ТУ У 31.3-00214534-048:2007	200м	$I_{\text{трдоп}} = 226 \text{ А}$
	АВВГ5×35, ТУ У 31.3-00214534-048:2007	8 м	$I_{\text{трдоп}} = 98 \text{ А}$
	АВВГ5×25, ТУ У 31.3-00214534-048:2007	6 м	$I_{\text{трдоп}} = 80 \text{ А}$
	АВВГ5×16, ТУ У 31.3-00214534-048:2007	8 м	$I_{\text{трдоп}} = 62 \text{ А}$

Продовження таблиці 3.1

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	АВВГ5×4, ТУ У 31.3-00214534-048:2007	5 м	I _{трдоп} = 26 А
	АПВ4(1×16), ТУ У 31.3-00214534-048:2007	26 м	I _{трдоп} = 55 А
	АПВ4(1×4), ТУ У 31.3-00214534-048:2007	26 м	I _{трдоп} = 23 А
	АПВ4(1×2,5), ТУ У 31.3-00214534-048:2007	402м	I _{трдоп} = 19 А
	Труба сталевіа		
T25	Ду 25 (32×2,5), ДСТУ 8936:2019	26 м	
T15	Ду 15 (21,3×2,5), ДСТУ 8936:2019	428м	

4 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СИЛОВИМ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯМ ДІЛЯНКИ ВИРОБНИЦТВА БІЛКОВОГО МОЛОКА

4.1 Вимоги до системи керування силовим електрообладнанням

У молочному цеху встановлена одна технологічна лінія, на якій випускають пастеризоване і білкове молоко. Ділянка виробництва білкового молока складається зі змішувача 7, відцентрових насосів 8, 10, 17, резервуарів 9, 16, трубчастого підігрівача 11, сепаратора-молокоочисника 12, трубчастого пастеризатора 13, гомогенізатора 14, пластинчастого охолоджувача 15.

Згідно до технології виробництва білкового молока, розглянутою вище, система керування силовим електрообладнанням технологічним процесом виробництва білкового молока повинна задовольняти таким вимогам:

- живлення електричних кіл здійснюється від мережі трифазного струму напругою 380/220 В та частотою 50 Гц;
- захист від струмів короткого замикання та перевантаження силового електрообладнання повинен здійснюватися із використанням автоматичних вимикачів та теплових реле;
- у системі керування повинні бути ручний та автоматичний режими роботи;
- про початок пуску ділянки технологічної лінії повинна сповіщати сигналізація;
- послідовність пуску всіх електродвигунів робочих машин технологічної лінії повинна бути здійснена у відповідності до технологічного процесу;
- повинна бути сигналізація початку роботи робочих машин із застосуванням сигнальних ламп;
- забезпечити контроль верхнього та нижнього рівнів молока у завантажувальній воронці змішувача 7 та у резервуарах 9, 16;
- забезпечити подачу підігрітої води у змішувач 7 при наявності сухого молока у його приймальній воронці;

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		40

- забезпечити припинення подачі підігрітої води у змішувач 7 при відсутності сухого молока у його завантажувальній воронці;
- забезпечити включення змішувача 7, відцентрового насосу 8, мішалки резервуару 9 при наявності сухого молока у завантажувальній воронці змішувача 7;
- забезпечити відключення змішувача 7 і відцентрового насосу 8 при відсутності сухого молока у завантажувальній воронці змішувача 7;
- забезпечити відключення змішувача 7 і відцентрового насосу 8 при заповненні резервуару 9;
- забезпечити включення відцентрового насосу 10, подачу пари у трубчастий підігрівач 11, включення сепаратора-молокоочисника 12, подачу пари у трубчастий пастеризатор 13, подачу пари у трубчастий пастеризатор 13, включення гомогенізатора 14, подачу крижаної води у пластинчастий охолоджувач 15 і включення мішалки резервуару 16 через 2 години після заповнення резервуару 9 за умови відсутності молока у резервуарі 16;
- забезпечити при нагріванні молока у трубчастому нагрівачу 11 припинення подачі пари, якщо температура молока після нагрівання буде більшою за 45°C, і повторну подачу пари у випадку нормалізації температури молока на виході з трубчастого підігрівача;
- забезпечити при нагріванні молока у трубчастому нагрівачу 11 подачу молока на повторне нагрівання, якщо температура молока після нагрівання буде меншою за 40°C, і припинення повторної пастеризації у випадку нормалізації температури молока на виході з трубчастого нагрівача;
- забезпечити при пастеризації молока у трубчастому пастеризаторі 13 припинення подачі пари, якщо температура молока після пастеризації буде більшою за 90°C, і повторну подачу пари у випадку нормалізації температури молока на виході з трубчастого пастеризатора;
- забезпечити при пастеризації молока у трубчастому пастеризаторі 13 подачу молока на повторну пастеризацію, якщо температура молока після

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		41

пастеризації буде меншою за 85°C, і припинення повторної пастеризації у випадку нормалізації температури молока на виході з трубчастого пастеризатора;

- забезпечити при охолодженні молока у пластинчастому охолоджувачі 15 припинення подачі крижаної води, якщо температура молока після охолодження буде меншою за 4°C, і повторну подачу крижаної води у випадку нормалізації температури молока на виході з пластинчастого охолоджувача;
- забезпечити при охолодженні молока у пластинчастому охолоджувачі 15 подачу молока на повторне охолодження, якщо температура молока після охолодження буде більшою за 6°C, і припинення повторного охолодження у випадку нормалізації температури молока на виході з пластинчастого охолоджувача;
- забезпечити відключення відцентрового насосу 10, зупинення подачі пари у трубчастий підігрівач 11, відключення сепаратора-молокоочисника 12, припинення подачі пари у трубчастий пастеризатор 13, припинення подачі пари у трубчастий пастеризатор 13, відключення гомогенізатора 14, зупинення подачі крижаної води у пластинчастий охолоджувач 15, включення відцентрового насосу 17 при заповненні резервуару 16;
- забезпечити звукову сигналізацію при відсутності молока у резервуарі 9;
- забезпечити відключення відцентрового насосу 17 при відсутності молока у резервуарі 16.

4.2 Вибір параметрів контролю і керування

Відповідно до вимог, що висуваються до системи керування силовим електрообладнанням, які викладені вище, параметри контролю і керування такі: верхній рівень сухого молока у завантажувальній воронці змішувача 7; нижній рівень сухого молока у завантажувальній воронці змішувача 7; верхній рівень

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		42

молока у резервуарі 9; нижній рівень молока у резервуарі 9; час нормалізації молока у резервуарі 9; верхній рівень молока у резервуарі 16; нижній рівень молока у резервуарі 16; температура молока (максимальне значення) на молокопроводі, що виходить з трубчастого підігрівача 11; температура молока (мінімальне значення) на молокопроводі, що виходить з трубчастого підігрівача 11; температура молока (максимальне значення) на молокопроводі, що виходить з трубчастого пастеризатора 13; температура молока (мінімальне значення) на молокопроводі, що виходить з трубчастого пастеризатора 13; температура молока (максимальне значення) на молокопроводі, що виходить з пластинчастого охолоджувача 15; температура молока (мінімальне значення) на молокопроводі, що виходить з пластинчастого охолоджувача 15.

4.3 Розробка функційної схеми автоматизації

Функційна схема автоматизації ділянки виробництва білкового молока розроблена згідно [23]. На ній показано технологічне обладнання (разом із трубопроводами), контрольно-вимірювальні прилади, засоби автоматизації та зв'язки між ними.

Керування технологічним процесом здійснюється за допомогою таких датчиків: верхнього рівня сухого молока у завантажувальній воронці змішувача 7 (LE 21-1); нижнього рівня сухого молока у завантажувальній воронці змішувача 7 (LE 22-1); верхнього рівня молока у резервуарі 9 (LE 23-1); нижнього рівня молока у резервуарі 9 (LE 24-1); верхнього рівня молока у резервуарі 16 (LE 32-1); нижнього рівня молока у резервуарі 16 (LE 33-1); датчик температури молока (мінімального значення, що дорівнює 40°C) на молокопроводі, що виходить з трубчастого підігрівача 11 (TE 26-1); датчик температури молока (максимального значення, що дорівнює 45°C) на молокопроводі, що виходить з трубчастого підігрівача 11 (TE 27-1); датчик температури молока (мінімального значення, що дорівнює 85°C) на молокопроводі, що виходить з трубчастого

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		43

пастеризатора 13 (ТЕ 28-1); датчик температури молока (максимального значення, що дорівнює 90°C) на молокопроводі, що виходить з трубчастого пастеризатора 13 (ТЕ 29-1); датчик температури молока (мінімального значення, що дорівнює 4°C) на молокопроводі, що виходить з пластинчастого охолоджувача 15 (ТЕ 30-1); датчик температури молока (максимального значення, що дорівнює 8°C) на молокопроводі, що виходить з пластинчастого охолоджувача 15 (ТЕ 31-1). Крім того, час нормалізації молока (2 год.) у резервуарі 9 у системі керування контролюється за допомогою реле часу (КЕ 25-1).

Виконавчі органи системи керування – електродвигуни робочих машин; двоходові електромагнітні клапани, які необхідно встановити на трубопроводах подачі пари у трубчастий підігрівач 11, пари у трубчастий пастеризатор 13, крижаної води у пластинчастий охолоджувач 15; триходові електромагнітні клапани, які необхідно встановити на вихідних трубопроводах з трубчастого підігрівача 11, трубчастого пастеризатора 13, пластинчастого охолоджувача 15.

Схема функційна автоматизації ділянки виробництва білкового молока наведена на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.25.410000С2.

4.4 Розробка схеми електричної принципової керування силовим електрообладнанням

Принципова електрична схема керування силовим електрообладнанням ділянки виробництва білкового молока розроблена відповідно до функційної схеми автоматизації із дотриманням норм і правил з [17, 23], наведена на аркуші 41ЕЕД.10198314.06.25.420000Э3.

Вона має силове коло і коло керування. Силове коло живиться від мережі трифазного змінного струму частотою 50 Гц, напругою 380 В, а коло керування – від однофазного змінного струму частотою 50 Гц, напругою 220 В.

Схема в ручному режимі працює так. Пакетний перемикач SA1 встановлюють у положення «Р». Після цього вмикають автоматичні вимикачі

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		44

QF1 та з QF9 по QF17, а також автоматичний вимикач SF1. Сигналізація про те, що робота ділянки технологічної лінії починається, відбувається шляхом натискання на кнопку SB1. Це призводить до вмикання дзвоника HA1, тривалість роботи якого вручну регулюється обслуговуючим персоналом.

Електродвигун приводу змішувача 7 вмикається натисканням на кнопку SB2.2, що призводить до живлення котушки магнітного пускача KM4, внаслідок чого цей магнітний пускач спрацьовує. Силкові контакти KM4 у колі електродвигуна M4 замикаються і електродвигун отримує живлення. Замикаючий контакт KM4.1 блокує контакт кнопки SB2.2, щоб не припинити живлення котушки KM4 при її відпусканні.

Відключення електродвигуна M4 здійснюється натисканням кнопки SB2.1. Це призводить до знеструмлення котушки KM4, що обумовлює розмикання силових контактів у колі електродвигуна M4. Електродвигун M4 втрачає живлення і зупиняється, а змішувач 7 припиняє роботу.

При перевантаженні електродвигуна M4 відбувається спрацьовування теплового реле KK4, його контакт розмикає коло живлення котушки KM4, що обумовлює відключення магнітного пускача. Відбувається розмикання силових контактів KM4 у колі електродвигуна M4, внаслідок чого він втрачає живлення і зупиняється.

Про роботу електродвигуна відцентрового змішувача 7 сповіщає лампа сигнальна HL1, увімкнена паралельно котушці магнітного пускача KM4.

Електроприводами інших робочих машин у ручному режимі керують аналогічно.

Схема в автоматичному режимі працює так. Пакетний перемикач SA1 встановлюють в положення «А», після чого вмикають автоматичні вимикачі QF1 та з QF9 по QF17, а також автоматичний вимикач SF1.

Живлення відразу подається на котушку реле часу KT1. Це призводить до замикання контакту KT1.1 у колі сигналізації початку технологічного процесу, що обумовлює вмикання дзвоника HA1, який працює протягом 1 хвилини, поки розімкнеться контакт KT1.1.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
						45
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Одночасно із цим, якщо відсутнє сире білкове молоко у резервуарі 9, спрацьовує датчик нижнього рівня молока у цьому резервуарі, який замикає свій контакт SL4. Це призводить до живлення котушки проміжного реле KL1 та замикання контакту KL1.1 в колі сигналізації. Сигнальна лама HL17 загоряється, сповіщаючи обслуговуючий персонал про необхідність завантаження сухого молока у завантажувальну воронку змішувача 7. Відбувається ручне завантаження сухого молока у воронку змішувача.

Крім того, при спрацьовуванні реле часу KT1 замикається контакт KT1.2 (через 1 хвилину) у колі котушки проміжного реле KL1. Якщо завантажувальна воронка змішувача 7 заповнена сухим молоком, то датчик верхнього рівня сухого молока у цій воронці спрацьовує і замикає контакт SL1. На котушку проміжного реле KL2 подається напруга, що призводить до замикання контактів KL2.1, KL2.2, KL2.3, KL2.4. Це обумовлює подачу напруги на котушку електромагнітного клапана YA1, який відкривається і підігріта вода поступає у змішувач 7, а також на котушки магнітних пускачів KM4, KM5 KM6, які замикають свої силові контакти і електродвигуни M4, M5, M6 отримують живлення, включаються змішувач 7, відцентровий насос 8 і мішалка резервуару 9. Відбувається отримання сирого білкового молока, перекачування його у резервуар і перемішування молока у ньому.

Контакт SL1 шунтується замикаючим контактом магнітного пускача KM4.2, щоб запобігти несвоєчасному відключенню проміжного реле KL2 і пов'язаних з ним котушки електромагнітного клапана YA1 і електродвигунів M4, M5, M6 (коли сухе молоко буде знаходитись нижче верхнього рівня у завантажувальній воронці змішувача 7, контакт SL1 розмикається).

Коли все сухе молоко, що завантажене у воронку змішувача, потрапляє на переробку, то спрацьовує датчик нижнього рівня у змішувачі 7, його контакт SL2 у колі котушки проміжного реле KL3 замикається і котушка отримує живлення, розмикаючи контакти KL3.1, KL3.2, KL3.3 у колах котушок електромагнітного клапана YA1 і магнітних пускачів KM4, KM5. Це призводить до закриття клапану подачі підігрітої води у змішувач 7, розмикання силових контактів

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		46

пускатчів у колах електродвигунів М4, М5, зупинці змішувача 7 і відцентрового насосу 8, поки завантажувальна воронка змішувача не буде заповнена сухим молоком.

При заповненні резервуару 9 сирим білковим молоком спрацьовує датчик верхнього рівня, встановлений у цьому резервуарі, і замикає контакт SL3 у колі котушки проміжного реле KL4. Котушка отримує живлення і розмикає контакти KL4.1, KL4.2, KL4.3 у колах котушок електромагнітного клапану YA1 і магнітних пускатчів KM4, KM5. Це призводить до закриття клапану подачі підігрітої води у змішувач 7, розмикання силових контактів пускатчів у колах електродвигунів М4, М5, зупинці змішувача 7 і відцентрового насосу 8. Отримання сирого білкового молока припиняється.

Крім того, замикається контакт KL4.4 у колі котушки реле часу KT2, яке миттєво замикає контакт KT2.1 у колі сигналізації про початок нормалізації білкового молока. Дзвоник HA2 спрацьовує і подає сигнал обслуговуючому персоналу про те, що необхідно вручну додавати знежирене молоко у резервуар 9. Сигнал продовжується протягом 1 хвилини до моменту розмикання контакту KT2.1.

Відбувається нормалізація білкового молока, яка продовжується 1 годину, по завершенні якої замикається контакт KT2.1 реле часу у колі котушки проміжного реле KL5. Котушка отримує живлення за умови відсутності білкового молока у резервуарі 16 (контакт SL6 датчика верхнього рівня молока у резервуарі 16 замкнений, котушка реле KL12 знаходиться під напругою, контакт KL12.3 замкнений). Це призводить до спрацювання проміжного реле KL5 і замикання контактів з KL5.1 по KL5.8 у колах котушок електромагнітних клапанів YA2, YA4, YA6 і магнітних пускатчів з KM7 по KM11. Електромагнітні клапани відкриваються і починається подача пари у трубчастий підігрівач 11 і трубчастий сепаратор 13, а також подача крижаної води у пластинчастий охолоджувач 15. Крім того, замикаються силові контакти вказаних магнітних пускатчів у колах електродвигунів з М7 по М11, що призводить до їх пуску і включення у роботу відцентрового насосу 10, сепаратора 12, трубчастого

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		47

пастеризатора 13, гомогенізатора 14 і мішалки резервуару 16. Починається процес отримання обробленого білкового молока.

Коло котушки реле часу розмикається контактом КМ7.2, щоб знеструмити котушку КТ2, а коло котушки проміжного реле КЛ5 шунтується замикаючим контактом КМ7.3, щоб запобігти несвоєчасному знеструмленню котушки цього реле при розмиканні контакту КТ2.2.

Якщо після підігрівання температура молока на молокопроводі, що виходить з трубчастого нагрівача, становиться меншою за 40°C, то спрацьовує датчик мінімальної температури молока, замикаючи контакт ST1 у колі котушки проміжного реле КЛ6. Це призводить до замикання контакту КЛ6.1 у колі котушки двоходового електромагнітного клапана УА3. Котушка отримує живлення, що призводить до перемикання клапана і спрямування білкового молока на повторне нагрівання. У разі повернення температури молока на необхідний рівень контакт ST1 розмикається, клапан повертається у вихідне положення, а молоко спрямовується на подальшу переробку.

Якщо після підігрівання температура молока на молокопроводі, що виходить з трубчастого нагрівача, становиться більшою за 45°C, то спрацьовує датчик максимальної температури молока, замикаючи контакт ST2 у колі котушки проміжного реле КЛ7. Це призводить до розмикання контакту КЛ7.1 у колі котушки електромагнітного клапана УА2. Котушка втрачає живлення, що призводить до припинення подачі пари у трубчастий підігрівач. У разі повернення температури молока на необхідний рівень контакт ST2 розмикається, клапан повертається у включений стан, а пара знову подається у підігрівач.

Якщо після пастеризації температура молока на молокопроводі, що виходить з трубчастого пастеризатора, становиться меншою за 85°C, то спрацьовує датчик мінімальної температури молока, замикаючи контакт ST3 у колі котушки проміжного реле КЛ8. Це призводить до замикання контакту КЛ8.1 у колі котушки двоходового електромагнітного клапана УА5. Котушка отримує живлення, що призводить до перемикання клапана і спрямування білкового молока на повторну пастеризацію. У разі повернення температури молока на

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		48

необхідний рівень контакт ST3 розмикається, клапан повертається у вихідне положення, а молоко спрямовується на подальшу переробку.

Якщо після пастеризації температура молока на молокопроводі, що виходить с трубчастого пастеризатора, становиться більшою за 90°C, то спрацьовує датчик максимальної температури молока, замикаючи контакт ST4 у колі котушки проміжного реле KL9. Це призводить до розмикання контакту KL9.1 у колі котушки електромагнітного клапана YA4. Котушка втрачає живлення, що призводить до припинення подачі пари у трубчастий пастеризатор. У разі повернення температури молока на необхідний рівень контакт ST4 розмикається, клапан повертається у включений стан, а пара знову подається у пастеризатор.

Якщо після охолодження температура молока на молокопроводі, що виходить с пластинчастого охолоджувача, становиться більшою за 8°C, то спрацьовує датчик максимальної температури молока, замикаючи контакт ST5 у колі котушки проміжного реле KL10. Це призводить до розмикання контакту KL10.1 у колі котушки електромагнітного клапана YA6. Котушка втрачає живлення, що призводить до припинення подачі крижаної води у пластинчастий охолоджувач. У разі повернення температури молока на необхідний рівень контакт ST5 розмикається, клапан повертається у включений стан, а крижана вода знову подається у охолоджувач.

Якщо після охолодження температура молока на молокопроводі, що виходить с пластинчастого охолоджувача, становиться меншою за 4°C, то спрацьовує датчик мінімальної температури молока, замикаючи контакт ST6 у колі котушки проміжного реле KL11. Це призводить до замикання контакту KL11.1 у колі котушки двоходового електромагнітного клапана YA7. Котушка отримує живлення, що призводить до перемикаання клапана і спрямування білкового молока на повторне охолодження. У разі повернення температури молока на необхідний рівень контакт ST6 розмикається, клапан повертається у вихідне положення, а молоко спрямовується на подальшу переробку.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		49

Після підігріву, очистки, пастеризації, гомогенізації і охолодження білкове молоко потрапляє до резервуару 16. При заповненні молоком цього резервуару спрацьовує датчик верхнього рівня, замикаючи контакт SL5 у колі котушки проміжного реле KL13, що призводить до її живлення. В результаті контакти KL13.1, KL13.3 розмикаються та знеструмлюють котушки магнітного пускача KM6 і проміжного реле KL5. Знеструмлення котушки реле KL5 призводить до розмикання контактів з KL5.1 по KL5.8 у колах котушок електромагнітних клапанів YA2, YA4, YA6 і магнітних пускачів з KM7 по KM11. Електромагнітні клапани закриваються і припиняється подача пари у трубчастий підігрівач 11 і трубчастий сепаратор 13, а також подача крижаної води у пластинчастий охолоджувач 15. Крім того, розмикаються силові контакти вказаних магнітних пускачів у колах електродвигунів з M6 по M11, що призводить до їх зупинки і відключення мішалки резервуару 9, відцентрового насосу 10, сепаратора 12, трубчастого пастеризатора 13, гомогенізатора 14. Щоб запобігти відключенню мішалки резервуару 16 внаслідок розмикання у колі котушки магнітного пускача KM11 контакту KL5.8, він шунтується контактом KL12.1.

Крім того, замикається контакт KL13.2 у колі котушки магнітного пускача KM12, що призводить до її живлення. Внаслідок цього силові контакти зазначеного магнітного пускача у колі електродвигуна M12 приводу відцентрового насосу 17 замикаються, електродвигун запускається, а насос починає працювати, відкачуючи білкове молоко з резервуару 16 на фасування.

При відсутності молока у резервуарі 16 спрацьовує датчик нижнього рівня, замикаючи контакт SL6 у колі котушки проміжного реле KL12, що призводить до її живлення. В результаті відбувається розмикання контактів KL12.1, KL12.2 у колах котушок магнітних пускачів KM11, KM12. Котушки знеструмлюються, а силові контакти зазначених магнітних пускачів у колах електродвигунів M11, M12 розмикаються. Електродвигуни зупиняються, а мішалка резервуару 16 і відцентровий насос 17 зупиняються. Керування при виробництві наступної партії білкового молока відбувається так само.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		50

4.5 Вибір технічних засобів контролю і керування

Для того, щоб забезпечити керування технологічним процесом виробництва білкового згідно з розробленою принциповою електричною схемою керування потрібно обрати датчик рівня сухого молока (2 шт.) датчик рівня рідкого молока (6 шт.), датчик температури молока (6 шт.), реле часу (2 шт.), проміжне реле (13 шт.), електромагнітний клапан (двоходовий – 3 шт., триходовий – 3 шт.), кнопковий пост (19 шт.), світлову сигнальну арматуру (14 шт.), звукову сигналізацію (2 шт.), пакетний перемикач (2 шт.) і автоматичний вимикач однополюсний.

Для контролю рівнів сухого молока у завантажувальній воронці змішувача вибираємо датчики типу LC [24], призначенням яких є контроль рівня сипучих матеріалів (в тому числі і сухого молока) у різних резервуарах. Для контролю верхнього і нижнього рівнів вибираємо датчик типорозміру LC30.

Для контролю рівнів білкового молока у резервуарах вибираємо датчики типу LT [25], призначенням яких є контроль рівнів рідини (в тому числі і молока) та видачі сигналу в колах сигналізації, керування та захисту. Для контролю верхнього та нижнього рівнів вибираємо датчик типорозміру LT10.

Для контролю температури білкового молока вибираємо датчики типу RT [26], які задовольняють санітарним вимогам, що висуваються до засобів вимірювання у харчовій промисловості. Можуть встановлюватись у резервуарах, ємностях та трубопроводах. Для контролю максимальної та мінімальної температури молока вибираємо датчик типорозміру RT100, який може контролювати температуру молока, підігрітої пари, стислого повітря у діапазоні від мінус 20 до плюс 200°C. Датчик має замикаючий контакт.

Для регулювання часу сигналізації щодо початку роботи ділянки виробництва білкового молока вибираємо реле часу типу РСВ-15 [27], призначенням якого є комутація електричних кіл з попередньо встановленими

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арх
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		51

витримками часу. Має плавне регулювання витримки часу. Вибираємо реле часу типорозміру РСВ-15-4, яке є однокомандним з витримкою часу на відключення після подачі напруги живлення і має один замикаючий і один розмикаючий контакти.

Для регулювання часу нормалізації білкового молока вибираємо реле часу типу РЭВ [27], призначенням якого є вмикання-вимикання навантаження через певні проміжки часу, які задає оператор. Вибираємо реле часу типорозміру РЭВ-120.

Для подачі пари і крижаної води вибираємо двоходовий електромагнітний клапан ODE [28], призначенням якого є автоматичне перекриття або відкриття подачі рідких та газоподібних середовищ. Клапан використовують у харчовій, медичній і фармацевтичній промисловості. Вибираємо двоходовий електромагнітний клапан ODE 21A2KB55. Для подачі молока на повторний підігрів, охолодження або пастеризацію вибираємо електромагнітний клапан ODE 31Z30G3S95, який є триходовим, нормально закритим.

Відповідно до принципової електричної схеми керування вибираємо проміжні реле типу РЭП-34 [29]. Для реле KL5 – РЭП34-80-10 УХЛ4 Б, яке має 8 замикаючих контактів, для інших реле – РЭП34-44-10 УХЛ4 Б, яке має 4 замикаючих і 4 розмикаючих контактів. Вибрані проміжні реле призначаються для роботи в колах керування і автоматики змінного струму напругою до 660 В і частотою 50 Гц. Робоча температура реле знаходиться у діапазоні від -10°C до $+55^{\circ}\text{C}$. Реле призначаються для роботи при вологості до 98 % і допускають під час роботи коливання напруги від 0,8 до 1,1 номінального значення. Мають зносостійкість класу А або Б. Кріпляться за допомогою гвинтів.

Для ручного режиму керування кожним споживачем вибираємо кнопковий пост типорозміру ХАЛ-В215У3 [30], з одним замикаючим контактом зеленого кольору «Start» і одним розмикаючим контактом червоного кольору «Stop».

У якості світлової сигналізації увімкнення споживачів вибираємо світлосигнальну арматуру типу Harmony XB7 [31], у якої типом джерела світла

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		52

є лампа розжарювання. Арматура розрахована на номінальну робочу напругу 220 В, споживає потужність 4 Вт, працює за температури від -5 до $+60$ °С, має ступінь захисту IP54. Вибираємо для HL7, HL11, HL14, HL17 арматуру типорозміру Harmony XB7EV74P (червоного кольору), для інших сигнальних ламп – типорозміру Harmony XB7EV73P (зеленого кольору).

Для забезпечення схеми звуковою сигналізацією вибираємо дзвоник типорозміру SU-213 [32], призначенням якого є звукова сигналізація про роботу електроспоживачів у колах з напругою 220 В і частотою 50 Гц. Звуковий тиск становить 62 dB.

Для забезпечення перемикання режиму роботи схеми вибираємо пакетний перемикач серії ПКУЗ [33], призначенням якого є комутація кіл керування і автоматики. Вибираємо пакетний перемикач типорозміру ПКУЗ 118003УЗ, розрахований для експлуатації за температури навколишнього середовища від -40 до $+40$ °С, встановлюється за панеллю.

Для захисту кола керування від коротких замикань і для нечастих комутацій кола вибираємо автоматичний вимикач серії АВ2000 [19]. Обираємо автоматичний вимикач типорозміру АВ2000/1-С16 230/400-УЗ, однополюсний, розрахований на номінальний струм 16 А, із часово-струмовою характеристикою типу С, що працює за температури навколишнього середовища від -25 до $+40$ °С і має зносостійкість (механічну комутаційну) у 20000 циклів та зносостійкість (електричну комутаційну) у 4000 циклів.

4.6 Оцінка надійності елементів системи керування

Згідно принципової електричної схеми керування відмова одного з її елементів викликає відмову всієї системи керування. Таке поєднання елементів у системах керування вважається послідовним. Оцінку надійності елементів системи керування виконано за методикою [17, 34, 35]. Для цього з [17, 34, 35] вибрано значення інтенсивностей відмов елементів, що входять до системи

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		53

керування, розраховано значення інтенсивностей відмов групи однотипних елементів і наведено їх у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку інтенсивностей відмов елементів системи керування

Елемент системи керування	Кількість	Інтенсивність відмов $\lambda, 1/\text{год} \cdot 10^{-6}$	
		одного елемента	групи елементів
Асинхронний електродвигун	9	0,15	1,35
Магнітний пускач	9	0,01	0,09
Механічна система теплового реле	9	0,0022	0,0198
Нагрівальний елемент теплового реле	9	0,0022	0,0198
Автоматичний вимикач	10	0,00022	0,0022
Датчик рівня	6	0,356	2,136
Датчик температури	6	0,0045	0,027
Реле часу	2	0,0909	0,1818
Проміжне реле	13	0,007	0,091
Електромагнітний клапан	7	0,0029	0,0203
Арматура сигнальна	14	0,001	0,014
Кнопковий пост	19	0,0009	0,0171
Звукова сигналізація	2	0,001	0,002
Пакетний перемикач	2	0,028	0,056

Прийнято, що поправочний коефіцієнт впливу навколишнього середовища становить 14, і розраховано інтенсивність відмов системи автоматизованого керування:

$$\lambda_{\Sigma} = 15 \cdot (1,35 + 0,09 + 0,0198 + 0,0198 + 0,0022 + 2,136 + 0,027 + 0,1818 + 0,091 + 0,0203 + 0,014 + 0,0171 + 0,002 + 0,056) \cdot 10^{-6} = 60,405 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Час наробітку на відмову цієї системи:

$$T_{нар} = \frac{1}{60,405 \cdot 10^{-6}} = 16554,9 \text{ год.}$$

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи системи керування виконано для 1000 годин роботи:

$$p_{\Sigma}(t) = e^{-0,060405} = 0,9413.$$

З результатів наведеного вище розрахунку випливає, що відповідно до [35] всі показники знаходяться у допустимих межах, а отже розроблена система автоматичного керування є надійною.

4.7 Перелік матеріалів і обладнання

Перелік матеріалів і обладнання, що використовується в схемі керування ділянки виробництва білкового молока наводиться у таблиці 4.2.

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

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	Електродвигуни асинхронні		
М4	АИР132М6У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_H = 7,5 \text{ кВт}$
М5, М7	АИР71А2У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	2	$P_H = 0,75 \text{ кВт}$
М6, М11	АИР80А6У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	2	$P_H = 0,75 \text{ кВт}$
М8	АИР112М4У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_H = 5,5 \text{ кВт}$
М9	АИР80А2У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_H = 1,5 \text{ кВт}$
М10	АИР200М8У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_H = 18,5 \text{ кВт}$

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
						55
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 4.2

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
M12	АИР71А2У3, ТУ У 27.1-00213799-114:2018	1	$P_H = 0,75$ кВт
	Вимикачі автоматичні		
QF1	AB3003/3H-00У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 200$ А
QF9	AB2000/3-C20 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 20$ А
QF10	AB2000/3-C2 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 2$ А
QF11,QF12	AB2000/3-C3 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	2	$I_{нрт} = 3$ А
QF13	AB2000/3-C16 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 16$ А
QF14	AB2000/3-C4 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 4$ А
QF15	AB2000/3-C40 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 40$ А
QF16	AB2000/3-C3 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 3$ А
QF17	AB2000/3-C3 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 3$ А
SF1	AB2000/1-C16 230/400-У3, ТУ У 27.1-25019684-010:2015	1	$I_{нрт} = 10$ А
	Пускачі магнітні		
KM1,KM8	ПММ-1/12 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	2	$U_{ном.МП} = 220$ В
KM2,KM3	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	2	$U_{ном.МП} = 220$ В
KM4	ПММ-2/25 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	1	$U_{ном.МП} = 220$ В
KM5-KM7	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	3	$U_{ном.МП} = 220$ В
KM9,KM11	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	2	$U_{ном.МП} = 220$ В
KM10	ПММ-4/40 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	1	$U_{ном.МП} = 220$ В
KM12	ПММ-1/6 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-001:2015	1	$U_{ном.МП} = 220$ В
	Реле теплові струмові		
KK4	РТ 2М-25 (12-18) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	1	$I_{нрт} = 25$ А
KK5, KK7	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	2	$I_{нрт} = 25$ А
KK6, KK9	РТ 2М-25 (2,5-4) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	2	$I_{нрт} = 25$ А
KK8	РТ 2М-25 (9-13) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	1	$I_{нрт} = 25$ А
KK10	РТ 2М-93 (37-50) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	1	$I_{нрт} = 93$ А
KK11	РТ 2М-25 (2,5-4) в 20 У3, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	1	$I_{нрт} = 25$ А

Продовження таблиці 4.2

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
KK12	РТ 2М-25 (1,6-2,5) в 20 УЗ, ТУ У 27.1-25019584-011:2015	1	$I_{нрт} = 25 \text{ А}$
	Датчики рівня		
SL1, SL2	LC30, EU 201.15.63/2004	2	$U_{ном} = 220 \text{ В}$
SL3– SL6	LT10, EU 225.17.82/2009	4	$U_{ном} = 220 \text{ В}$
	Датчики температури		
ST1– ST6	PT100, EU 350.176/2010	6	$U_{ном} = 220 \text{ В}$
	Реле часу		
KT1	PCB-15-4 УЗ, ТУ 3425-014-00216823-94	1	$U_{н} = 220 \text{ В}$
KT2	РЭВ-120 УЗ, ТУ У 31.2-31046637-001:2006	1	$U_{н} = 220 \text{ В}$
	Реле проміжні		
KL1–KL4	РЭП34-44-10 УХЛ4 Б, ТУ 3425-007-00216823-93	4	$U_{н} = 220 \text{ В}$
KL5	РЭП34-80-10 УХЛ4 Б, ТУ 3425-007-00216823-93	1	$U_{н} = 220 \text{ В}$
KL6-KL13	РЭП34-44-10 УХЛ4 Б, ТУ 3425-007-00216823-93	8	$U_{н} = 220 \text{ В}$
	Клапани електромагнітні		
YA1	ODE 21A2KB55, UA.TR.012.C.0341-21	1	$U_{н} = 220 \text{ В}$
YA2	ODE 21A2KB55, UA.TR.012.C.0341-21	1	$U_{н} = 220 \text{ В}$
YA3	ODE 31Z30G3S95, UA.TR.012.C.0341-21	1	$U_{н} = 220 \text{ В}$
YA4	ODE 21A2KB55, UA.TR.012.C.0341-21	1	$U_{н} = 220 \text{ В}$
YA5	ODE 31Z30G3S95, UA.TR.012.C.0341-21	1	$U_{н} = 220 \text{ В}$
YA6	ODE 21A2KB55, UA.TR.012.C.0341-21	1	$U_{н} = 220 \text{ В}$
YA7	ODE 31Z30G3S95, UA.TR.012.C.0341-21	1	$U_{н} = 220 \text{ В}$
	Арматура світлосигнальна		
HL1–HL6	Harmony XB7EV73P, ДСТУ EN 60947-5-1	6	Колір: зелений
HL7, HL11	Harmony XB7EV74P, ДСТУ EN 60947-5-1	2	Колір: червоний
HL8–HL10	Harmony XB7EV73P, ДСТУ EN 60947-5-1	3	Колір: зелений
HL14	Harmony XB7EV74P, ДСТУ EN 60947-5-1	1	Колір: червоний
HL12	Harmony XB7EV73P, ДСТУ EN 60947-5-1	1	Колір: зелений

Продовження таблиці 4.2

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
HL13	Harmony XB7EV73P, ДСТУ EN 60947-5-1	1	Колір: зелений
HL15	Harmony XB7EV73P, ДСТУ EN 60947-5-1	1	Колір: зелений
HL16	Harmony XB7EV73P, ДСТУ EN 60947-5-1	1	Колір: зелений
HL17	Harmony XB7EV74P, ДСТУ EN 60947-5-1	1	Колір: червоний
	Сигналізація звукова		
HA1–HA2	SU-213 УЗ, ДСТУ EN 62080	2	U _н = 220 В
	Перемикач пакетний		
SA1, SA2	ПКУЗ 118003УЗ, ДСТУ ІЕС 60947-3	2	U _н = 220 В

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз нормативно-правової бази з охорони праці підприємства

Основними законодавчими документами, якими користуються на ПрАТ «Веселинівський завод сухого знежиреного молока», є такі [36, 37]: Закон України «Про охорону праці»; Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності»; Кодекс законів про працю України; нормативно-правові акти, які розроблені та прийняті у відповідності до вказаних законів. Нормативно-правові акти, які використовує служба з охорони праці підприємства, наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Перелік нормативно-правових актів, діючих на підприємстві

Позначення нормативного акту	Назва нормативного акту
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 0.00-4.03-04	Положення про Державний реєстр нормативно-правових актів з питань охорони праці
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 0.00-3.11-94	Орієнтовні нормативи трудомісткості та вартості робіт щодо опрацювання державних нормативних актів про охорону праці
НПАОП 0.00-2.01-05	Перелік робіт з підвищеною небезпекою

Продовження таблиці 5.1

Позначення нормативного акту	Назва нормативного акту
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 0.00-1.51-88	Правила будови і безпечної експлуатації фреонових холодильних установок
НПАОП 0.00-1.69-13	Правила охорони праці під час експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій, теплових мереж і тепловикористовувальних установок
НПАОП 0.00-6.01-10	Порядок проведення державного технічного огляду великотоннажних та інших технологічних транспортних засобів
НПАОП 0.00-1.76-15	Правила безпеки систем газопостачання
НПАОП 0.00-1.16-96	Правила атестації зварників
НПАОП 0.00-3.06-22	Про видачу мила на підприємствах
НПАОП 0.00-3.07-09	Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам загальних професій різних галузей промисловості

5.2 Аналіз стану охорони праці та електробезпеки на підприємстві

На підприємстві ПрАТ «Веселинівський завод сухого знежиреного молока» існує служба з охорони праці, яку очолює інженер з охорони праці. Служба згідно [37] забезпечує працюючих різними нормативними актами з

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		60

охорони праці, проводить паспортизацію відділень, цехів і робочих місць щодо відповідності їх вимогам охорони праці, готує статистичні звіти установи з питань охорони праці, розробляє перспективні та поточні плани роботи установи щодо створення безпечних та нешкідливих умов праці, сприяє впровадженню у виробництво досягнень науки і техніки, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працюючих, виконує інші роботи, які передбачені чинним законодавством.

За електробезпеку на підприємстві відповідають керівник, інженер з охорони праці та головний енергетик. Головний енергетик забезпечує утримання, безпечну експлуатацію і ремонт енергетичного обладнання і споруд; організовує технічний нагляд за безпечним станом і експлуатацією усіх видів енергетичного обладнання, мереж і споруд; здійснює виконання розпоряджень контролюючих органів, спрямованих на забезпечення безпеки енергетичного обладнання, мереж і споруд; організовує своєчасну реєстрацію, огляд, технічний нагляд і випробування об'єктів; виконує інші функціональні обов'язки, передбачені чинним законодавством [36].

Для живлення електрообладнання на підприємстві використовується трифазна мережа 380/220 В частотою 50 Гц. Із цієї причини при роботі з силовим електрообладнанням існує потенційна небезпека ураження працюючих електричним струмом, тому на підприємстві згідно [38] виконуються наступні заходи електробезпеки: конструктивні, схемно-конструктивні й експлуатаційні.

До факторів, які підвищують небезпеку ураження електричним струмом, відносять такі: пробій ізоляції струмоведучих частин; підвищену вологість; надмірну загазованість; надмірну запиленість; не дотримання робітниками правил безпеки поведінки з електрообладнанням [37].

Обслуговування діючих електроустановок, проведення в них оперативних переключень, організацію та виконання ремонтних, монтажних або налагоджувальних робіт та випробувань здійснюється спеціально підготовленим електротехнічним персоналом.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		61

На підприємстві один раз на три роки здійснюється навчання посадових осіб, відповідальних за охорону праці. Проводяться інструктажі працівників: вступний для осіб, прийнятих на роботу; первинний на робочому місці; повторний для робіт з підвищеною небезпекою один раз на три місяці (для решти робітників один раз на шість місяців). Також за необхідністю проводиться позаплановий інструктаж.

Атестацію робочих місць на підприємстві проводять згідно Закону України «Про охорону праці» (ст. 7, 13) відповідно до порядку, затвердженого постановою КМ України від 01.08.92 р. №442, і відповідно 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.

Класифікація приміщень за небезпекою ураження електричним струмом, вибухопоженою небезпекою та небезпекою ураження блискавкою наведена в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Характеристика приміщень молочного цеху

Найменування приміщення	Позначення на схемі	Класифікація приміщень за	
		вибухопожежною небезпекою	електробезпекою
Приймальне відділення	1	Категорія Б	з підвищеною небезпекою
Виробниче приміщення	1	Категорія Б	з підвищеною небезпекою
Електрощитова	3	Категорія Д	особливо небезпечне
Склад готової продукції	4	Категорія Д	без підвищеної небезпеки
Кімната персоналу	5	Категорія Д	без підвищеної небезпеки
Санвузол	6	Категорія Д	без підвищеної небезпеки

5.3 Порядок допуску працівників до робіт з обслуговування електрообладнання на підприємстві

Допуск розпочинається з етапу професійного відбору. Кожна особа, що залучається до обслуговування електрообладнання заводу, проходить попередній та періодичні медичні огляди.

Допуск здійснюється за умови наявності посвідчення про перевірку знань з присвоєнням відповідної групи з електробезпеки (від II до V). На підприємстві діє постійно діюча комісія з перевірки знань, голова якої має групу V. Результати перевірки знань фіксуються в журналі встановленого зразка.

Порядок допуску відбувається за чіткої ієрархії відповідальності. Керівництво підприємства видає наказ про призначення особи, відповідальної за електрогосподарство, та її заступника. Ця особа здійснює загальний контроль за технічним станом установок та організовує безпечне виконання робіт.

Крім того, наказом визначається перелік осіб, які мають право видавати наряди-допуски та розпорядження, бути керівниками робіт, допускачами та наглядачами. Одна особа не може одночасно виконувати функції (наприклад, видавати наряд і бути допускачем на складних об'єктах).

На підприємстві застосовуються три форми допуску до робіт:

- роботи за нарядом-допуском (виконуються у місцях з підвищеною небезпекою; наряд визначає зміст роботи, місце, час початку і закінчення, склад бригади та перелік заходів з підготовки робочого місця);
- роботи за розпорядженням (застосовуються для короткочасних робіт тривалістю до однієї зміни, що не вимагають значного обсягу підготовчих заходів);
- роботи в порядку поточної експлуатації (виконуються оперативним персоналом на закріпленому за ним обладнанні згідно з затвердженим переліком).

Процес видачі наряду обов'язково враховує технологічний стан обладнання (наприклад, зупинка лінії виробництва молока). Наряд реєструється у «Журналі обліку робіт за нарядами і розпорядженнями».

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		63

Безпосередній допуск персоналу до роботи здійснюється після виконання технічних заходів, спрямованих на запобігання ураженню електричним струмом. Допускач (особа з числа оперативного персоналу) виконує наступний алгоритм:

- здійснення необхідних відключень (обладнання відокремлюється від усіх джерел напруги шляхом створення видимого розриву електричного кола);
- механічне блокування (вживаються заходи проти помилкового або самовільного ввімкнення комутаційних апаратів);
- встановлення загороджень та плакатів (на місцях відключення вивішуються знаки «Не вмикати! Працюють люди», межі робочої зони позначаються загородженнями і плакатами «Працювати тут»);
- перевірка відсутності напруги (виконується безпосередньо перед початком робіт за допомогою справного покажчика напруги, перевіреного на діючій частині, що перебуває під напругою);
- встановлення заземлення (на вимкнені струмопровідні частини накладається переносне заземлення або вмикаються заземлювальні ножі).

По завершенні технічної підготовки допускач разом із керівником робіт на місці проведення робіт виконують наступне: перевірку складу бригади, зазначеного в наряді; демонстрацію безпеки шляхом вказування бригаді межі робочого місця та наочного доведення відсутності напруги; цільовий інструктаж, на якому роз'яснюються особливості конкретного завдання, безпечні методи праці та порядок евакуації у разі виникнення аварійної ситуації. Факт допуску фіксується підписами всіх членів бригади у наряді-допуску. Час допуску та закінчення робіт передається оперативному черговому підприємства.

По завершенні робіт керівник виводить бригаду, перевіряє відсутність сторонніх предметів та інструментів усередині обладнання. Порядок виходу з допуску є дзеркальним до входу: знімаються заземлення, прибираються тимчасові огороження, знімаються плакати. Після цього закривається наряд-допуск і відновлюється живлення.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		64

5.4 Обґрунтування вибору і призначення пристрою технічної безпеки

5.4.1 Вибір параметрів захисту пристрою безпеки. Технічна характеристика пристрою безпеки

Стан ізоляції електрообладнання є одним з факторів безпеки експлуатації електроустановок споживачів [38]. У молочному цеху робочі машини приводяться у дію асинхронними електродвигунами, на ізоляцію яких під час експлуатації впливають такі чинники: низькі та високі температури повітря й устаткування, струми перевантаження або короткого замикання, вібрації, хімічно активні речовини, підвищена і знижена вологість навколишнього середовища.

У молочному цеху сировина (молоко), що перероблюється, має значну вологість, крім того, робочі машини щоденно миють, тому підвищена вологість навколишнього середовища є головним впливом на асинхронні двигуни. Відповідно до [39] волога проникає в їх ізоляцію тоді, коли вони знаходяться у неробочому стані. Зволоження ізоляції обмотки призводить до різкого зниження її діелектричних характеристик (опору ізоляції, електричної міцності та інших), що може призвести до пробоя, виникнення струмів замикання на корпус і, як наслідок, ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу. Тому протидія зволоженню ізоляції асинхронних двигунів, які встановлені у молочному цеху, є актуальним завданням.

З метою боротьби з вологою, що проникає в ізоляцію електродвигунів, у проєкті пропонується застосувати пристрій для підсушки ізоляції у періоди пауз асинхронних двигунів, розроблений на базі [40], який запобігає проникненню вологи у ізоляцію їх обмоток.

5.4.2 Опис конструкції і роботи схеми електричної принципової пристрою технічної безпеки

Принципова електрична схема пристрою підсушки ізоляції асинхронного двигуна у періоди пауз показана на рис.5.1. Пристрій складається з трьох трифазних конденсаторів С1, С2, С3, які включені у кожну фазу електродвигуна

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		65

через автоматичний вимикач QF2. На рис.5.1 показано включення пристрою на прикладі електродвигуна М1 приводу насоса з відокремлювачем повітря. Для інших електродвигунів технологічної лінії виробництва білкового молока включення пристрою є аналогічним. Ємність конденсаторів підбирають так, щоб сила струму електродвигуна в режимі підсушки (при розімкненому вимикачеві QF1 і замкненому вимикачеві QF2) не перевищувала 25 – 30% номінального значення.

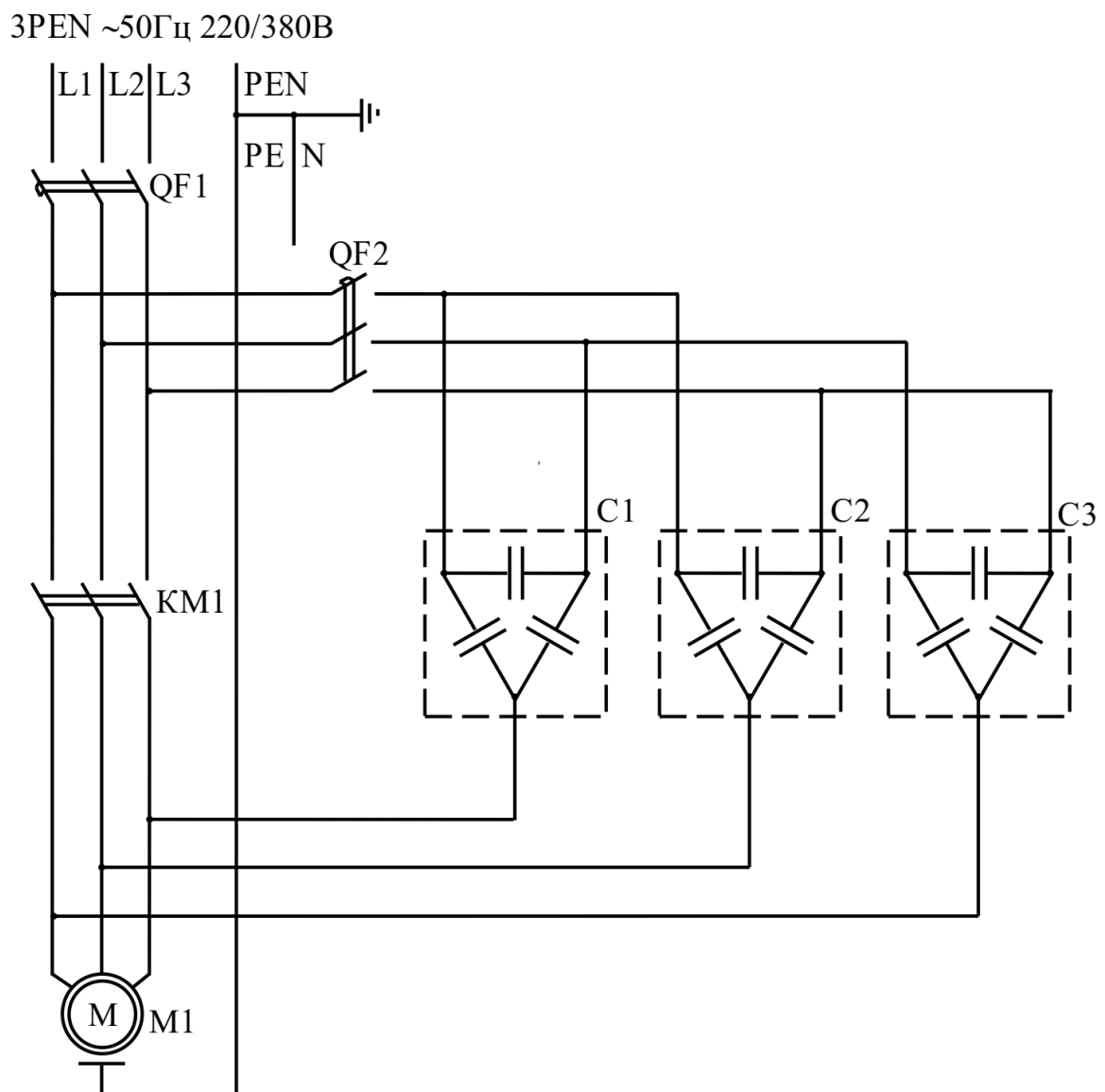


Рисунок 5.1 – Принципова електрична схема пристрою підсушки ізоляції асинхронного двигуна

Пристрій працює так. Коли автоматичні вимикачі QF1 і QF2 замкнені, а контакти магнітного пускача KM1 розімкнені (електродвигун вимкнений), то в колі електродвигуна M1 через конденсатори C1, C2, C3 протікає електричний струм ємнісного характеру, який нагріває обмотки електродвигуна на 3 – 5 °С вище, ніж температура навколишнього середовища, що перешкоджає проникненню вологи усередину ізоляції. Ротор електродвигуна при цьому залишається нерухомим внаслідок незначної сили струму. В процесі роботи асинхронного двигуна працюючий пристрій забезпечує часткову компенсацію реактивної потужності електродвигуна.

5.5 Висновки

За результатами цього розділу проєкту можна зробити наступні висновки: в результаті аналізу нормативно-правової бази з охорони праці підприємства встановлено нормативно-правові акти, що стосуються як підприємства в цілому, так і безпосередньо молочного цеху; в результаті аналізу стану охорони праці та електробезпеки на підприємстві, встановлено, що він знаходиться на достатньому рівні і задовольняє вимогам чинного законодавства України; на підприємстві порядок допуску працівників до робіт з обслуговування електрообладнання здійснюється згідно чинних норм і правил; головним фактором погіршення ізоляційної конструкції асинхронних двигунів молочного цеху є волога, тому в проєкті запропоновано пристрій для підсушки ізоляції у періоди відключення електродвигунів.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		67

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

6.1 Загальні положення оцінки економічної ефективності капітальних вкладень

Техніко-економічний аналіз згідно [41] на стадії проектування технічних розробок дозволяє зробити узагальнену оцінку в грошовому або іншому еквіваленті певних переваг запропонованого рішення, порівняти проєктний і базовий варіанти та економічно оцінити нову ідею. Економічні показники дозволяють перейти від оцінки окремих технічних параметрів до оцінки розробки в цілому.

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 [41, 42].

6.2 Визначення капітальних вкладень

Додаткові капітальні вкладення складаються з наступних 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). Загальна вартість цих складових у поточних цінах складає 1135942,8 грн.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		68

6.3 Розрахунок показників економічної ефективності

В результаті виконаного проєкту автоматизації ділянки виробництва білкового молока зникла робота на холостому ході електродвигунів приводів наступних робочих машин: змішувача, трьох відцентрових насосів, двох резервуарів, сепаратора-молокоочисника, трубчастого пастеризатора і гомогенізатора. В результаті цього за одну робочу зміну виникла економія електроенергії W_1 , кВт:

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

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., $t_{(x)2} = 1 \text{ год.}$

$$W_1 = 1 \cdot (3 + 0,3 + 0,3 + 0,3 + 2,2 + 0,6 + 7,4 + 0,3 + 0,3) = 14,7 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Крім того, внаслідок виконаного проєкту 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:

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

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		69

де k_1 – коефіцієнт, що враховує роботу парогенератора для потреб трубчастого підігрівача та трубчастого пастеризатора, $k_1 = 1$;

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

P_1 – споживана потужність парогенератора, кВт, $P_1 = 600 \text{ кВт}$;

P_2 – споживана потужність генератора крижаної води, кВт; $P_2 = 223 \text{ кВт}$;

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

$$W_2 = (1 \cdot 600 + 0,1 \cdot 223) \cdot 0,5 = 311,15 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

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

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

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

$C_{o(\text{ел.ен.})}$ – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн./(кВт·год), для Миколаївської області $C_{o(\text{ел.ен.})} = 12,013 \text{ грн.}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$ [43].

$$C_{\text{ел.ен.}} = (14,7 + 311,15) \cdot 12,0137 \cdot 1 = 3914,66 \text{ грн./добу}.$$

Витрата електричної енергії на потреби виробничого процесу при базисному варіанті E_{θ} , кВт·год:

$$E_{\theta} = P \cdot t \cdot n \cdot N, \quad (6.3)$$

де P – встановлена потужність силового електрообладнання, що використовується для потреб технологічного процесу, кВт, $P = 674 \text{ кВт}$;

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		70

t – тривалість однієї робочої зміни, грн.; $t = 8 \text{ год.}$;

N – кількість робочих днів на рік, день; $N = 250 \text{ днів}$ [44].

$$E_{\sigma} = 674 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 250 = 1348000 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

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

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

$$E_n = (674 \cdot 8 - 14,7 - 311,15) \cdot 1 \cdot 250 = 1266537,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість спожитої електроенергії $C_{ел.і}$, грн.:

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

$$C_{ел.б} = 1348000 \cdot 12,0137 = 16194467,6 \text{ грн.};$$

$$C_{ел.н} = 1266537,5 \cdot 12,0137 = 15215801,6 \text{ грн.}$$

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

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

$$C_{ел\%} = \frac{16194467,6 - 15215801,6}{16194467,6} \times 100 = 6 \text{ \%}.$$

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		71

Виконаний проєкт автоматизації ділянки виробництва білкового молока дозволить зменшити кількість робітників, які обслуговують технологічну лінію з 9 до 8 чоловік, що призведе до зміни електроозброєності, енергоозброєності, фонду оплати праці.

Електроозброєність EL_i , кВт/чол. [42]:

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

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

$$EL_6 = \frac{674}{9} = 74,9 \frac{\text{кВт}}{\text{чол.}};$$

$$EL_n = \frac{674}{8} = 84,3 \frac{\text{кВт}}{\text{чол.}}.$$

Енергоозброєність EO_i , кВт·год/чол. [42]:

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

$$EO_6 = \frac{1348000}{9} = 149777,8 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{чол.}};$$

$$EO_n = \frac{1266537,5}{8} = 158317,2 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{чол.}}.$$

Фонд оплати праці Φ_{on} , грн. [42]:

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк.
						72
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

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

де T_{cm} – тарифна ставка за місяць, грн.; $T_{cm(\delta)} = 20500$ грн., $T_{cm(n)} = 22500$ грн.;

$$\Phi_{on.\delta} = 20500 \cdot 9 \cdot 12 = 2214000 \text{ грн};$$

$$\Phi_{on.n} = 22500 \cdot 8 \cdot 12 = 2160000 \text{ грн.}$$

Економія по оплаті праці $\Phi_{ек.оп}$, грн. [42]:

$$\Phi_{ек.оп} = \Phi_{on.\delta} - \Phi_{on.n}, \quad (6.10)$$

$$\Phi_{ек.оп} = 2214000 - 2160000 = 54000 \text{ грн.}$$

Отриманий приріст прибутку підприємства за рік, Π , грн., внаслідок впровадження виконаного проєкту [42]:

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

$$\Pi = 3914,66 \cdot 250 + 54000 = 1032665 \text{ грн.}$$

Строк окупності капітальних вкладень $T_{ок}$, рік [42]:

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

де K – додаткові капітальні вкладення, грн.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		73

$$T_{ок} = \frac{1135942,8}{1032665} = 1,1 \text{ року.}$$

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.	—	1135,9	—
Енергоозброєність праці, тис. кВт·год./люд.	149,8	158,3	105,7
Витрата електроенергії за рік, тис. кВт·год.	1348	1266,5	94
Електроозброєність праці, кВт/чол.	74,9	84,3	112,6
Річний фонд заробітної плати, тис.грн.	2214	2160	97,6
Приріст прибутку підприємства, тис. грн.	—	1032,7	—
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 лінії виробництва молока зменшиться на 6 % за рахунок зникнення роботи робочих машин на холостому ході, як наслідок, зменшаться витрати на електроенергію на 6 %.

Впровадження зазначеного проєкту дозволить зменшити кількість обслуговуючого персоналу з 9 до 8 осіб, що призведе до зменшення річного

фонду заробітної плати на 2,4 %, при цьому розмір заробітної плати збільшиться на 9,8 %.

Вказані причини дозволять збільшити енергоозброєність праці на 5,7 % і електроозброєність праці на 12,6 %.

Таким чином, впровадження проєкту електрифікації молочного цеху та автоматизації ділянки виробництва білкового молока дозволить:

- скоротити споживання електричної енергії на виконання технологічного процесу виробництва білкового молока на 81,5 тис. кВт·год або на 6 %, що дозволить економити щорічно 978,7 тис. грн.;
- збільшити електроозброєність праці на 9,4 кВт/чол. або на 12,6 %;
- збільшити енергоозброєність праці на 8,5 тис. кВт·год/чол. або на 5,7%;
- зменшити фонд оплати праці на 2,4 %, що дозволить економити щорічно 54 тис. грн.;
- підвищити зарплату працівникам на 9,8 %.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк.
						75
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційному проєкті розглянуто технологічний процес виробництва білкового молока, обрано технологічне обладнання лінії, яке розташовано на плані молочного цеху.

Для приводу робочих машин було вибрано асинхронні двигуни серії АИР, розраховано силову мережу молочного цеху, в результаті чого вибрано проводи марки АПВ, кабелі марки АВВГ, способи їх прокладання, а також апаратуру керування та захисту електрообладнання – автоматичні вимикачі типу АВ3000, АВ2000, магнітні пускачі ПМЛ, теплові реле РТ2М.

В проєкті згідно умов технології виробництва білкового молока розроблено функційну схему керування технологічним процесом та принципову електричну схему керування технологічним процесом виробництва білкового молока, для якої вибрано необхідне обладнання.

В проєкті розглянуто питання охорони праці. Проведено аналіз нормативно-правової бази з охорони праці підприємства, аналіз стану охорони праці та електробезпеки на підприємстві, розглянуто порядок допуску працівників до робіт з обслуговування електрообладнання на підприємстві. Запропоновано заходи та засоби з охорони праці, які спрямовані на виключення промислового травматизму, та розроблено пристрій для підсушки ізоляції електродвигунів у періоди пауз.

Прийняті технічні рішення обґрунтовано техніко-економічними розрахунками. Розроблена система автоматичного керування ділянки виробництва білкового молока дозволила зменшити енергоємність виробництва на 6 % та отримати річний прибуток 1032,7 тис. грн. Термін окупності додаткових капітальних вкладень складає 1,1 року.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		76

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Молоко та молочні продукти : вебсайт. URL : https://pidruchniki.com/15100827/ekonomika/moloko_molochni_produkti (дата звернення 15.01.2026).
2. Цехмістренко С.І., Кононський О.І. Біохімія молока та молокопродуктів: Навч. посіб. Біла Церква : ПАТ «Білоцерківська книжкова фабрика», 2014. 168 с.
3. Грек О.В., Красуля О.О. Молокопереробка. Інновації: підручник. Київ : Нац. ун-т харч. технол., 2017. 390 с.
4. Власенко В.В., Семко Т.В., Шаблій Л.М, Лавицький В.П. Технологія молока та молочних продуктів : навчальний посібник. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 330 с.
5. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія молока і молочних продуктів : Навчальне видання. К. : Вища освіта, 2006. 351 с.
6. Технологія молочних продуктів : підручник / Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, Т.А. Скорченко та ін. Київ : Нац. ун-т харч. технол., 2013. 502 с.
7. Інноваційне обладнання молокопереробних підприємств : підручник / І.Г. Бабанов, О.М. Гавва, О.І. Бабанова та ін. ; Нац. ун-т харч. технол. Київ : Інкос, 2019. 718 с.
8. ТД «Певмокомплект». Компресор стаціонарний повітряний поршневий К-3 : вебсайт. URL : <https://pnevmo-c.com.ua/ua/katalog-obladnannya/pnevmatiche-obladnannya/aco/kompresor-k3.html> (дата звернення 10.02.2026).
9. ВУТ 3000 ПВ ЕС : вебсайт. URL : <https://vents.ua/product/vut-3000-pe-ec> (дата звернення 10.02.2026).
10. Електропривід : підручник / Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко та ін. ; за ред. Ю.М. Лавріненка. К. : Ліра-К, 2009. 504 с.
11. Воскобойник В.Е., Бородай В.А., Боровик Р.О., Нестерова О.Ю. Основи електропривода виробничих машин та комплексів : навч. посіб. Д. : Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2021. 254 с.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		77

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., О.В.Сотник, 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 сталеве водогазопровідна : вебсайт. URL : https://ssc.org.ua/ua/metal/truby_vodogazoprovodnye.html (дата звернення 22.03.2026).

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 : вебсайт. URL : <https://elteho.com.ua/ua/elektrooborudovanie/kontaktery-puskateli/kontaktery-puskateli-promfactor/magnitnye-puskateli-pmm-%286-1000a%29/> (дата звернення 01.04.2026).

19. Елтехно. Промфактор автоматичні вимикачі : вебсайт. URL : <https://elteho.com.ua/ua/elektrooborudovanie/avtomaticheskie-vyklyuchateli/avtomaticheskie-vyklyuchateli-promfactor/> (дата звернення 06.04.2026).

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		78

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.Пулля, 2011. 344 с.
24. КСК Автоматизація. Сигналізатори рівня: датчики рівня рідин та сипучих матеріалів : вебсайт. URL : <https://kck.ua/catalog/signalizatori-rivnya-2> (дата звернення 11.04.2026).
25. КСК Автоматизація. Рівнеміри, датчики і сигналізатори рівню для рідин : вебсайт. URL : <https://kck.ua/catalog/priladi-vimiryuvannya-rivnya-2> (дата звернення 11.04.2026).
26. IKR Group. Датчики температури : вебсайт. URL : <https://ikrtech.com.ua/ua/g44812876-datchiki-temperatry> (дата звернення 11.04.2026).
27. Стандарт-М. Науково-виробнича фірма. Реле часу : вебсайт. URL : <http://standart-m.com.ua/elektroizmeritelnoe-oborudovanie/rele/rele-vremeni?mova=uk> (дата звернення 11.04.2026).
28. ARMAX. Клапани електромагнітні : вебсайт. URL : <https://armax.ua/ua/klapani/klapani-elektromagnitni/> (дата звернення 11.04.2026).
29. Укрліфт. Реле : вебсайт. URL : <https://shop.ukrlift.ua/rele/> (дата звернення 12.04.2026).
30. АГАРТ. Електротехніка : вебсайт. URL : <https://agart.ua/ua/2103780943-elektrotehnika> (дата звернення 12.04.2026).

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		79

31. Укрелектрокомплект. Модульне обладнання : вебсайт. URL : <https://uek.com.ua/product-category/modulne-obladnannya/> (дата звернення 12.04.2026).

32. Українська електротехнічна корпорація АСКО-УКРЕМ. Електротехнічна продукція : каталог, 2025. 304 с.

33. Е-СЕРВІС електротехніка. Кулачкові - пакетні перемикачі : вебсайт. URL : <https://eservis.com.ua/product-category/керування-та-індикація/перемикачі-вимикачі-рубильники/кулачкові-пакетні-перемикачі-eti/> (дата звернення 12.04.2026).

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. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці : Підручник. К. : Центр учбової літератури, 2009. 264 с.

37. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : УАД, 2008. 336 с.

38. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, 2-ге вид., перероб. і доп. 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 за матеріалами II Міжнародної наукової конференції. м. Київ, 3 травня, 2024 р. Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця : ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2024. С.115-121.

40. Гринюк М. Е., Волков Р. А. Пристрій контролю зволоження і підсушки ізоляції асинхронного двигуна / кер. О.Ю. Вовк // Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі : матеріали VI Міжнар.

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		80

наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 02-27 лютого 2026 р.) / ТДАТУ; ред. кол.: С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. Запоріжжя : ТДАТУ, 2026. С. 49-52.

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

42. Плотніченко С.Р. Методичні вказівки для дипломних робіт енергетичного факультету. Мелітополь : Таврійський державний агротехнологічний університет, 2017. 15 с.

43. ТОВ «Миколаївська електропостачальна компанія». Ціни на електричну енергію : вебсайт. URL : https://elektropostach.mk.ua/files/price/components_price/universal/2026.pdf (дата звернення 30.04.2026).

44. БУХОБЛІК. Виробничий календар - 2026 : вебсайт. URL : <https://www.buhoblik.org.ua/kadry-zarplata/vremya/4318-virobnichij-kalendar-2026.html> (дата звернення 30.04.2026).

					41ЕЕД.10198314.06.26.000000ПЗ	Арк.
						81
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		