

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Інженерії енергосистем
(назва кафедри)

к.т.н., доц. _____ Є. О. Антипов
(підпис)

”_____” _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Вдосконалення системи енергопостачання ПРАТ
«Миронівська птахофабрика»**

Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка"

02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ

Гарант освітньої програми

_____ к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (Підпис)

_____ О. Ю. Синявський
(ПІБ)

Керівник

_____ к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (Підпис)

_____ В. І. Троханяк
(ПІБ)

Виконав

_____ (Підпис)

_____ А. О. Антонюк
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Інженерії енергосистем
(назва кафедри)

к.т.н., доц. _____ Є. О. Антипов

(підпис)

„_____” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра студенту

_____ Антонюк Андрій Олександрович _____

Спеціальність (напрямок підготовки): 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

Тема Кваліфікованої роботи бакалавра: **Вдосконалення системи енергопостачання ПРАТ «Миронівська птахофабрика»**

затверджена наказом ректора НУБіП України від ?

Термін подання завершеного проекту на кафедру "___" травня 2025 р.

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра:

Дата видачі завдання: ?

Керівник дипломного проекту бакалавра

(науковий ступінь та вчене звання)

(Підпис)

_____ В.І. Троханяк _____

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(Підпис)

_____ А. О. Антонюк _____

(ПІБ студента)

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ОБ'ЄКТ ПРОЕКТУВАННЯ	7
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ В ПТАШНИКУ	10
2.1 Характеристика об'єкту проектування	10
2.2 Вибір джерела світла	11
2.3 Вибір систем освітлення і типу освітлювальної арматури	12
2.4 Визначення кількості світильників	14
2.5 Розрахунок освітленості за методом коефіцієнта використання світлового потоку	15
2.6 Повірочний розрахунок освітленості точковим методом.....	17
2.7 Розрахунок освітленості методом питомої потужності	19
2.8 Розрахунок освітлення за прямими нормативами	20
РОЗДІЛ 3 ВИБІР НАПРУГИ І СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ ОСВІТЛЕННЯ В ПТАШНИКУ	21
3.1 Вибір напруги та схеми живлення	21
3.2 Вибір напруги освітлювальної мережі залежно від характеристики приміщення	22
3.3 Визначення місць розташування живильних, групових щитків, прокладка траси мережі і розбивка на групи	23
3.4 Розрахунок перерізу проводу, способів прокладки.....	24
3.5 Вибір пускової та захисної апаратури	26
3.6 Визначення способів захисту від враження електричним струмом.....	27
3.7 Вимоги електробезпеки до освітлювального обладнання	29
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ 10 кВ.....	32
4.1 Розрахунок сумарної потужності заданого дільниці птахофабрики	32
4.2 Розрахунок електричних навантажень мережі 10 кВ.....	34
4.3 Розрахунок струмів короткого замикання.....	42

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Вибір електричної апаратури розподільчого пристрою 10 кВ.....	44
4.5 Вибір релейного захисту комірки лінії 10 кВ районної трансформаторної підстанції.....	47
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 0.38 кВ ДІЛЬНИЦІ ПТАШНИКА	51
5.1 Розрахунок навантажень лінії електропередачі напругою 0,38 кВ	51
5.2 Вибір перерізу проводів ліній електропередачі 0,38 кВ	53
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

ВСТУП

Розвиток агропромислового комплексу України передбачає широке впровадження енергоефективних рішень, що забезпечують безперебійну та надійну роботу високотехнологічних виробничих об'єктів. Миронівська птахофабрика як один із найбільших виробників курятини в Україні потребує стабільного електропостачання, особливо в умовах високого рівня автоматизації процесів вирощування та обробки птиці. З огляду на це, оптимізація систем енергозабезпечення таких об'єктів набуває особливої важливості. Необхідність точного розрахунку освітлювальних мереж, вибору раціональних схем живлення, підбору кабельних ліній, захисної апаратури та відповідності нормативним вимогам є невід'ємною складовою забезпечення безперервної роботи пташників.

Мета роботи: розробити технічно обґрунтовану систему енергопостачання пташника Миронівської птахофабрики з урахуванням вимог енергоефективності, електробезпеки, нормативної бази та сучасних технічних рішень, яка забезпечить стабільну роботу всіх функціональних систем об'єкта.

Об'єкт дослідження: енергетична інфраструктура пташника Миронівської птахофабрики як елемент загальної системи електропостачання агропромислового комплексу.

Предмет дослідження: процеси проектування систем освітлення, вибору схеми живлення, розрахунку навантаження та вибору елементів електромережі для пташника з урахуванням особливих умов експлуатації.

Завдання дослідження:

1. проаналізувати техніко-економічні та електротехнічні особливості об'єкта.
2. Розробити систему загального освітлення пташника на основі нормативних методик розрахунку.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Обґрунтувати вибір джерел світла, освітлювальної арматури та їх кількості.

4. Розробити схему живлення, визначити місця встановлення щитового обладнання та провести розрахунок перерізу проводів.

5. Здійснити електричний розрахунок мереж 10 кВ і 0,38 кВ для забезпечення живлення пташника.

Практична цінність роботи: результати дослідження можуть бути застосовані при проектуванні енергетичних систем для птахофабрик та інших сільськогосподарських об'єктів. Запропоновані технічні рішення дозволяють підвищити надійність і енергоефективність електропостачання, а також мінімізувати експлуатаційні витрати.

Наукова новизна: у роботі реалізовано системний підхід до проектування систем освітлення та енергозабезпечення з використанням сучасних джерел світла, методів розрахунку навантажень і обґрунтованого вибору схеми живлення. Уперше виконано інтеграцію типових електротехнічних рішень із урахуванням особливостей середовища пташника (висока вологість, хімічно активне середовище) на основі комплексного аналізу.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ОБ'ЄКТ ПРОЕКТУВАННЯ

Миронівська птахофабрика (МПФ) є ключовим активом агроіндустріального холдингу МХП, що спеціалізується на промисловому виробництві курятини. Розташована в мальовничій

Черкаській області, неподалік міста Канів (село Степанці), МПФ являє собою один з найбільших та найсучасніших птахівничих комплексів не лише в Україні, але й у Європі.

Підприємство відіграє стратегічно важливу роль у забезпеченні внутрішнього ринку якісною курятиною та має значний експортний потенціал.

Заснована на початку 2000-х років, Миронівська птахофабрика стала символом амбітного розвитку українського агросектору. Завдяки послідовним інвестиціям, впровадженню новітніх технологій та ефективному управлінню, підприємство пройшло шлях від регіонального виробника до лідера галузі. Інтеграція МПФ у вертикально-інтегровану структуру МХП забезпечила повний контроль над виробничим процесом – від вирощування зернових культур для кормів до постачання готової продукції кінцевому споживачеві.

МПФ вражає своїми розмірами та рівнем автоматизації. Підприємство включає:

- потужну інкубаторну станцію: Забезпечує безперебійне постачання добового молодняка на вирощування. Її річна потужність сягає сотень мільйонів яєць, що гарантує стабільне завантаження виробничих потужностей.

- Комплекс вирощування бройлерів: Представлений численними сучасними пташниками, оснащеними передовими системами мікроклімату, автоматизованого годування та напування від провідних світових виробників (наприклад, Big Dutchman, Roxell, VDL). Ці системи дозволяють створювати

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оптимальні умови для швидкого та здорового росту птиці, мінімізуючи вплив людського фактора.

- Сучасний переробний комплекс: Включає високотехнологічні лінії забою та переробки птиці від таких компаній, як Stork та Meun. Продуктивність комплексу дозволяє переробляти десятки тисяч голів птиці на годину, забезпечуючи високу якість та гігієну продукції. Комплекс також включає цехи для виробництва напівфабрикатів, субпродуктів та технічних фабрикатів.

- Власні логістичні потужності: Забезпечують швидку та ефективну доставку свіжої та замороженої продукції до торгових мереж та дистриб'юторів.

- Комплекс очисних споруд: МПФ приділяє значну увагу екологічній безпеці, маючи сучасні біологічні очисні споруди, що мінімізують вплив виробництва на навколишнє середовище.

На Миронівській птахофабриці постійно впроваджуються новітні технології у всіх аспектах виробництва. Комп'ютеризовані системи контролюють мікроклімат у пташниках, процеси годування та напування, а також етапи переробки. Підприємство сертифіковане за міжнародними стандартами безпечності харчової продукції та якості, такими як ISO, HACCP, BRC, що підтверджує високий рівень контролю на кожному етапі виробництва – від надходження сировини до випуску готової продукції.

МПФ є основним виробником продукції під відомими торговими марками МХП, такими як "Наша Ряба" (охолоджена курятина та напівфабрикати для внутрішнього ринку) та Qualiko (заморожена курятина, орієнтована переважно на експорт). Асортимент включає широкий спектр продукції: цілі тушки, частини тушки (філе, стегна, гомілки, крила), фарш, курячі напівфабрикати (ковбаски, сосиски, котлети, мариноване м'ясо) та субпродукти. Продукція МПФ користується високим попитом як в Україні, так і за її межами, експортуючись до багатьох країн світу.

Миронівська птахофабрика демонструє комплексний підхід до екологічної та соціальної відповідальності. У межах своєї виробничої діяльності

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємство реалізує заходи з підвищення енергоефективності, зменшення споживання водних ресурсів і впровадження ефективної системи поводження з відходами. Як один із провідних роботодавців регіону, фабрика забезпечує сталі робочі місця та активно сприяє розвитку інфраструктури місцевих громад.

У структурі холдингу МХП підприємство бере участь у реалізації низки соціально орієнтованих програм, спрямованих на розвиток освітньої сфери, медицини та підвищення якості життя в сільській місцевості.

Миронівська птахофабрика відіграє стратегічну роль в аграрному комплексі України, генеруючи вагомі надходження до бюджетів різних рівнів і стимулюючи розвиток суміжних напрямів – зокрема, логістики, кормовиробництва та пакувального виробництва. Експортна діяльність підприємства посилює присутність України на світовому продовольчому ринку та забезпечує стабільні валютні надходження.

Інвестиційна політика МХП передбачає подальше технічне оновлення виробничих ліній Миронівської птахофабрики, розширення номенклатури продукції та впровадження сучасних технологічних рішень з орієнтацією на потреби як внутрішнього, так і міжнародного ринку. Підприємство прагне зміцнювати свої позиції серед галузевих лідерів і забезпечувати населення якісною, безпечною та доступною курятиною.

Узагальнюючи, Миронівська птахофабрика є одним із найтехнологічніших та економічно значущих підприємств у галузі, що поєднує високі стандарти виробництва з чітко окресленою соціальною місією. Її стабільний розвиток і впровадження інновацій підтверджують її значущість у структурі національного агропромислового виробництва.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ В ПТАШНИКУ

2.1 Характеристика об'єкту проектування

Об'єкт проектування: пташник. Приміщення пташника відноситься до приміщень з особливими умовами утримання – вологе приміщення з хімічно активним середовищем. Об'єкт представляє собою 3 приміщень, загальні розміри якого становлять:

довжина А -120 м.

Ширина В – 21 м.

Висота Н – 5,4 м.

1. Приміщення для утримання птиці (20м x 15м) Коефіцієнти відбивання : $\rho_1 = 30\%$, $\rho_2 = 10\%$, $\rho_3 = 10\%$. Нормована освітленість становить - $E_n = 50$ лк. Площа приміщення становить : $S = 300\text{м}^2$;

Особливо вологе з хімічно активним середовищем (при відносній вологості повітря близько 70%).

2. Приміщення для приготування кормів (14м x 15м) Коефіцієнти відбивання : $\rho_1 = 30\%$, $\rho_2 = 10\%$, $\rho_3 = 10\%$. Нормована освітленість становить - $E_n = 30$ лк.

Площа приміщення становить : $S = 210\text{м}^2$; Сухе (відносна вологість не перевищує 60%)

3. Приміщення для утримання птиці (20м x 15м) Коефіцієнти відбивання : $\rho_1 = 30\%$, $\rho_2 = 10\%$, $\rho_3 = 10\%$. Нормована освітленість становить - $E_n = 50$ лк. Площа приміщення становить : $S = 300 \text{ м}^2$

Особливо вологе з хімічно активним середовищем (при відносній вологості повітря близько 70%).

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Вибір джерела світла

Для освітлювання у сільськогосподарському виробництві використовуються джерела енергії випромінювання оптичної області спектра, до якої входять видимі (380-760 нм), ультрафіолетові (200-380 нм) та інфрачервоні (760-1000 нм) електро-магнітні хвилі. До джерел оптичного опромінювання належать 3 типи ламп:

- лампи розжарювання (загального призначення, дзеркальні та інфрачервоні);
- газорозрядні лампи низького тиску (люмінісцентні, еритемні та бактерицидні);
- лампи високого тиску (ДРЛ, ДРИ, ДРТ, ДКсТ).

Лампи розжарювання відрізняються типом нитки розжарювання, формою балона та його наповненням. Світловий ККД ламп загального призначення напругою 220 В дорівнює 0,8 - 2,8 %.

Вони широко застосовуються тому, що в них є такі переваги:

- дешеві ;
- суцільний спектр випромінювання
- простота експлуатації та простота монтажних схем;
- повне регулювання напруги. Недоліки:
- короткий термін служби (750 годин);
- низький ККД.

У люмінісцентних ламп низького тиску (ЛЛ) наявні значні переваги перед лампами розжарювання:

- високий ККД;
- недорогі;
- рівномірне освітлення;
- великий термін служби (15000 годин залежно від типу лампи) ;

Недоліки:

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- значний вплив навколишнього середовища (при температурі навколишнього повітря нижче 10°C запалювання ламп не гарантується) ;

- не регулюються напругою
- світловий потік у кінці терміну служби зменшується до 46% від номінального.

Лампи високого тиску використовуються для освітлення виробничих приміщень, а також для зовнішнього освітлення. Вони складніші в монтажі ніж лампи розжарювання.

Переваги:

- найвищий світловий ККД;
- високий термін служби. Недоліки:
- дорогі;
- нерівномірне освітлення.

Поряд з вітчизняними джерелами освітлення на ринку України існує електрообладнання провідних компаній світу.

Джерела світла, як і інші світло-технічні вироби потрібно вибирати згідно діючим стандартам на напругу мережі 380/220. В. Краще використовувати лампи на підвищену напругу 235В в умовах нестабільної напруги в сільських місцевостях і нерівномірного навантаження.

2.3 Вибір систем освітлення і типу освітлювальної арматури

Організація системи штучного освітлення у виробничих приміщеннях є критично важливою умовою для забезпечення візуального комфорту та стабільності технологічних операцій. Рівень освітленості безпосередньо впливає на точність виконання робіт і на функціонування біологічних об'єктів, таких як тварини та рослини, у сільськогосподарському середовищі. Особливо це актуально у випадках, коли природне освітлення є обмеженим або відсутнім.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Існує кілька типів електроосвітлювальних систем, які класифікуються за схемою просторового розміщення світильників:

- загальна система з локалізованим розташуванням світлових приладів;
- система із симетричним, рівномірним розташуванням світлотехнічних елементів;
- комбінований варіант, що поєднує обидва підходи.

Система з рівномірним розміщенням світильників доцільна в умовах, коли потрібно забезпечити стабільний рівень освітлення на всій площі приміщення без зонального розподілу. Вона оптимальна для таких об'єктів, як пташники, де діяльність відбувається по всьому простору одночасно. Локалізований тип, навпаки, застосовується в ситуаціях, коли освітлення потрібно лише в певних ділянках робочої зони. Враховуючи специфіку експлуатаційного середовища, у межах цього проекту передбачено реалізацію схеми з рівномірним розміщенням джерел світла по всьому об'єму.

Світлотехнічне обладнання обирається відповідно до кліматичних умов, хімічної активності середовища, вимог до пило- та вологозахисту. Враховуючи вологість, агресивність повітряного середовища та технічні параметри світлових приладів, у даному випадку рекомендовано встановлення світильників типу НСП01х100, що оснащуються енергозберігаючими LED-елементами.

Основні характеристики обраного обладнання:

- електрична потужність — 100 Вт;
- ступінь захисту оболонки — IP54, що гарантує стійкість до пилу та вологи, а також стабільну роботу в умовах інтенсивної експлуатації.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Визначення кількості світильників

Проектування системи освітлення потребує точного визначення кількості світильників з урахуванням геометричних параметрів приміщення. Для цього використовується метод визначення на основі розрахункової висоти підвісу та оптимальної відносної відстані між освітлювальними приладами.

Габарити приміщення пташника:

- довжина — 120 м;
- ширина — 21 м;
- висота — 5,4 м.

Середовище експлуатації класифікується як вологе з підвищеною хімічною агресивністю. Відповідно до нормативних вимог, освітленість має бути не нижче 50 лк. Прийнято схему загального рівномірного розміщення джерел світла.

Для виконання розрахунків враховано:

- коефіцієнт запасу: $k = 1,15$;
- коефіцієнт нерівномірності освітлення: $Z = 1,15$;
- обрано світильники типу НСП01 із LED-лампами;
- найбільш ефективна відносна відстань між світильниками: $\lambda = 1,4$.

Розрахунок ефективної висоти підвісу освітлювального пристрою виконується за формулою:

$$H_p = H - h_c - h_p$$

де

H_p – розрахункова висота, м.

H – повна висота приміщення (5,4 м),

h_c - відстань від стелі до центру світлового потоку (2,6 м для НСП01),

h_p – висота робочої площини (0 м, оскільки освітлення підлоги).

$$H_p = 5,4 - 2,6 - 0 = 2,8 \text{ м.}$$

Розрахунок кількості світильників

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі визначається оптимальна відстань між світильниками:

$$L = \lambda * H_p = 1,4 \cdot 2,8 = 3,92 \text{ м.}$$

Знаходимо кількість світильників у ряду:

$$n_A = \frac{A}{L}$$

$$n_A = 120 / 2,94 = 40,81$$

З урахуванням розривів від стін — 7 світильників у ряду.

Аналогічно визначається кількість рядів:

$$n_B = \frac{B}{L}$$

$$n_B = 21 / 2,94 = 7,14$$

Загальна кількість освітлювальних приладів:

$$N = n_A \cdot n_B = 40 \cdot 7 = 280 \text{ шт}$$

Зважаючи на ідентичність приміщень №1 та №3, приймається по 280 світильників для кожного з них.

2.5 Розрахунок освітленості за методом коефіцієнта використання світлового потоку

Даний метод використовується виключно для оцінювання освітленості горизонтальних площин при загальному рівномірному освітленні у закритих виробничих приміщеннях. Він враховує як прямі, так і відбиті світлові потоки, які формують світлове середовище в зоні робочих поверхонь.

Метою розрахунку є визначення необхідного світлового потоку джерела світла для забезпечення нормативного рівня освітленості з урахуванням геометрії приміщення, типу світильників, втрат світлового потоку та кількості приладів.

Формула для обчислення світлового потоку на один світильник має вигляд:

$$\Phi = \frac{E_k S Z}{N \eta}$$

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де:

- Φ — розрахунковий світловий потік лампи, лм;
- E — нормативна освітленість (приймається 50 лк);
- k — коефіцієнт запасу (для аграрних приміщень — 1,15);
- S — площа приміщення ($120 \text{ м} \times 21 \text{ м} = 2520 \text{ м}^2$);
- Z — коефіцієнт нерівномірності (1,15 для прямого освітлення);
- N — кількість світильників (280 шт.);
- η — коефіцієнт використання світлового потоку (визначається на основі геометричних та оптичних характеристик приміщення).

Для обчислення коефіцієнта використання η спочатку визначається індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{H_r(A + B)} = \frac{2520}{2.8 * (120 + 21)} \approx 0.9949$$

де H_r — висота підвісу світильника (2,8 м), A — довжина, B — ширина приміщення.

З використанням табличних значень для коефіцієнтів відбиття (стеля — 10 %, стіни — 30 %, підлога — 10 %), та для обраного світильника (НСП01 з LED-лампю) визначається $\eta=0.62$.

Підставляючи значення в основну формулу:

$$\Phi = \frac{50 * 1.15 * 2520 * 1.15}{280 * 0.62} \approx 804.6 \text{ лм.}$$

Для забезпечення такого потоку обирається світлодіодна лампа LG 810, яка забезпечує світловий потік 810 лм.

Оскільки фактичний світловий потік лампи не дорівнює розрахунковому, перевіряється відповідність рівня освітленості:

$$E_{\Phi} = \frac{\Phi_{\text{факт}}}{\Phi_{\text{розр}}} * E = \frac{810}{804.6} * 50 \approx 50.3 \text{ лк.}$$

Одержане відхилення знаходиться в допустимих межах ($\pm 10...20$ %), що підтверджує коректність вибраного джерела світла.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність системи освітлення:

- потужність однієї лампи: $P_{л} = 12.8 \text{ Вт}$,
- Загальна потужність: $P = P_{л} * N = 12,8 * 280 = 3584 \text{ Вт}$,
- Питома потужність:

$$P_{\text{пит}} = P / S = 3584 / 2520 = 1,422 \text{ Вт / м}^2$$

2.6 Повірочний розрахунок освітленості точковим методом

Точковий метод використовується як уточнювальний засіб при перевірці рівня освітлення у випадках локалізованого, спрямованого або вуличного освітлення, а також для поверхонь, що не лежать у горизонтальній площині. Метод дозволяє оцінити внесок окремих світильників у формування освітленості в певних точках простору. На першому етапі здійснюється побудова горизонтальної проекції положення джерел світла в площині об'єкта, яку можна побачити на рис.1.1.

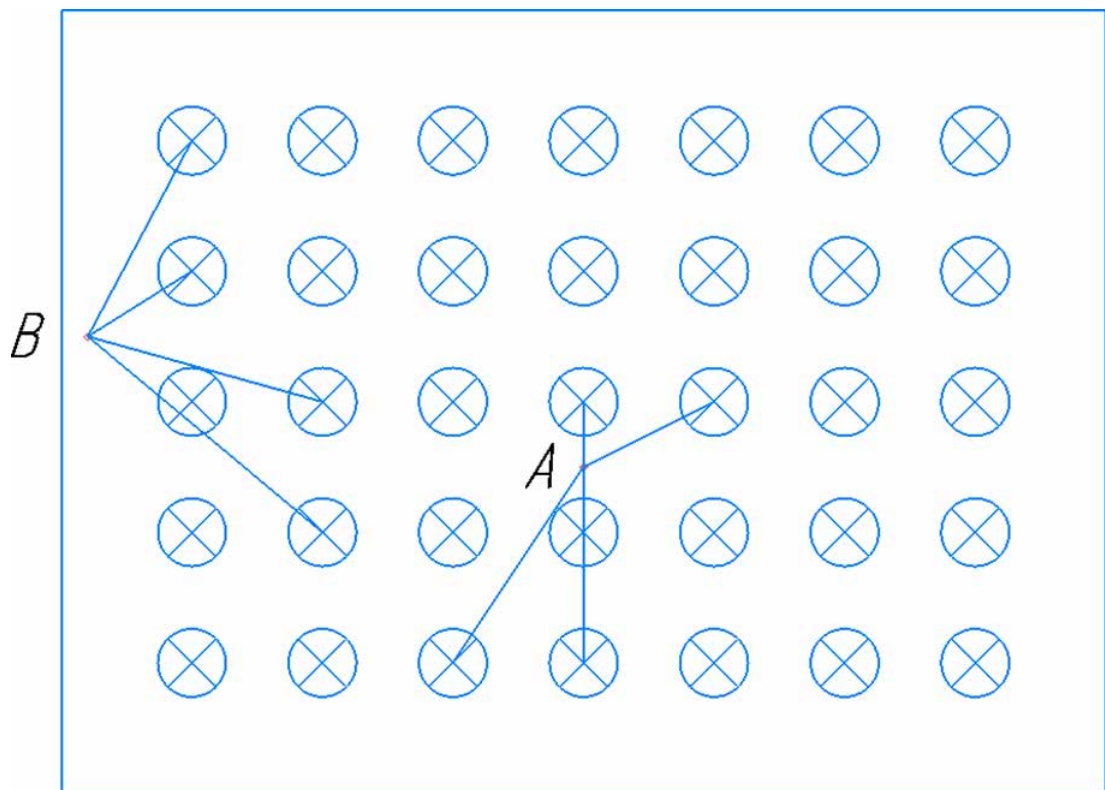


Рисунок 1.1 – Горизонтальна проекція положення джерел світла

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ

Арк.

17

Далі проводиться вертикальне проектування – визначається положення світильника відносно розрахункової точки на освітлюваній поверхні (точки А і В). Для кожної такої точки беруться лише ті світильники, які мають найменшу відстань і, відповідно, генерують найбільшу частку світлового потоку в цій точці.

Кут падіння світлового променя визначається через тангенс за формулою:

$$\text{tg}\alpha = \frac{d}{H_{pr}}$$

де:

- d — горизонтальна відстань від розрахункової точки до вертикальної проекції центру світильника;
- H_r — висота підвісу світильника над робочою площиною;
- α — кут між віссю світильника і напрямком на розрахункову точку.

Відстань d визначається графічно на плані приміщення з урахуванням масштабу та геометричного розташування приладів.

Сила світла у заданому напрямку обчислюється за формулою:

$$I_{\alpha} = \frac{(I_{\alpha})_r \cdot \Phi_{л}}{1000}$$

де $(I_{\alpha})_r$ – табличне значення сили світла умовної лампи з потоком 1000 лм;
 $\Phi_{л}$ – світловий потік вибраного джерела світла, лм.

Горизонтальна освітленість у точці від вибраного світильника обчислюється за формулою:

$$E = \frac{(I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha)}{H_p^2},$$

- де E – освітленість у конкретній точці поверхні, лк;
- I_{α} - фактична відстань від світильника до точки розрахунку;
- α – кут між віссю світильника і напрямком до точки розрахунку.

Одержані значення для кожного світильника сумуються, після чого визначається загальна освітленість у розрахунковій точці. Всі проміжні та

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підсумкові значення заносяться до таблиці 2.1 розрахунків для подальшого аналізу відповідності нормативним параметрам.

Таблиця 2.1 – Значення розрахунків

Відстань	tgα	α, град	Cos ³ α	(I _α) _t кд	I _α кд	Е лк
d _{1A} =1,25м	0,595	30,752	0,634	199	161,19	12,427
d _{2A} =2,8м	1,333	53,123	0,216	147	119,07	5,832
d _{3A} =3,75м	1,786	60,755	0,116	134	108,54	2,855
d _{4A} =4,51м	2,148	65,035	0,075	122	98,82	1,681
d _{1B} =2,35м	1,119	48,214	0,295	159	128,79	8,615
d _{2B} =4,25м	2,024	63,707	0,086	139	112,59	2,196
d _{3B} =4,66м	2,219	65,741	0,069	121	98,01	1,533
d _{4B} =5,85м	2,786	70,255	0,038	99	80,19	0,691

Для точки А (мах): $\Sigma E = 2d_{1A} + 4d_{2A} + 2d_{3A} + 4d_{4A} = 60,6$ лк.

Для точки В (мах): $\Sigma E = 2d_{1B} + 2d_{2B} + 2d_{3B} + 2d_{4B} = 26,07$ лк.

2.7 Розрахунок освітленості методом питомої потужності

Розрахунок згідно методу питомої потужності здійснюється на основі нормативних таблиць. Ці таблиці з значеннями питомої потужності складені з використанням методу коефіцієнта світлового потоку для усереднених характеристик освітлюваних просторів. Вони знаходять застосування при обчисленнях загального рівномірного освітлення в невеликих допоміжних кімнатах. Розрахунок проводиться за формулою:

$$P = P_{\text{пит}} \cdot S / N \cdot n, \text{ Вт,}$$

Розрахунок освітлення для приміщення в яких утримуються птиці. Норма освітленості $E = 50$ лк. Розміри приміщення: $A=120$ м, $B=21$ м

$$H_{\text{розр}} = h - h_{\text{зв}} - h_{\text{р.п}}$$

$$H_{\text{розр}} = 2,8 - 0,3 - 0 = 2,5 \text{ м}$$

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = 2520 \text{ м}^2$$

$$P = P_{\text{пит}} \cdot S/n \cdot N = 0,94 \cdot 2520/280 \cdot 1 = 8,46 \text{ Вт}$$

Вибираємо лампу
Вибираємо лампу LG 810 з світловим потоком 810 лм.
(280 шт)

2.8 Розрахунок освітлення за прямими нормативами

У випадках, коли в сільськогосподарському приміщенні встановлюється лише один світильник, використання методики розрахунку за коефіцієнтом використання світлового потоку або точкової методики є недоцільним. У такому випадку освітлювальні параметри визначаються шляхом підбору джерела світла із табличних даних за відомою площею об'єкта та нормативною освітленістю.

Перевірка відповідності освітленості в приміщенні для утримання птиць для об'єкта площею:

$$E_n = 50 \text{ лк}, S = 2520 \text{ м}^2$$

кількість джерел світла та конфігурація рядів уже визначені в попередніх розрахунках. У проєкті приймається лампа LG 810 із паспортним світловим потоком 810 лм.

Загальна кількість світильників для забезпечення нормативного рівня освітлення становить 280 одиниць, що підтверджує відповідність вимогам освітлення для заданого типу тваринницького приміщення.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ВИБІР НАПРУГИ І СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ ОСВІТЛЕННЯ В ПТАШНИКУ

3.1 Вибір напруги та схеми живлення

Електричне живлення для систем освітлення сільськогосподарських об'єктів здебільшого здійснюється від трансформаторних підстанцій, що підключені до зовнішніх мереж енергопостачання. У деяких випадках можливе застосування локальних джерел генерації. Типовим рішенням для освітлювальних мереж є трифазне чотирипровідне виконання з номінальною напругою 380/220 В за умов заземленої нейтралі. За окремих обставин можливе використання 220 В при ізольованій нейтралі або джерел постійного струму.

Падіння напруги в найбільш віддалених точках освітлювальної мережі не повинно перевищувати 7,5 % від номінального значення під час нормальної експлуатації. Допустиме значення напруги для роботи ламп визначається конструктивними параметрами світильників, типом застосовуваних джерел світла (наприклад, світлодіодних або газорозрядних), схемою електроживлення, категорією приміщення за рівнем електробезпеки та висотою встановлення освітлювальних приладів.

У разі, якщо основні споживачі електроенергії працюють від мережі 380 В, подача живлення на освітлення має здійснюватися спільно з силовим навантаженням — через ті самі трифазні трансформатори із заземленою нейтраллю. У цьому випадку для живлення освітлювальних приладів обирається однофазна двопровідна система з напругою 220 В, яка виділяється з трифазного вводу. Сам ввід у приміщення виконується трифазним, що забезпечує універсальність електропостачання.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір напруги освітлювальної мережі залежно від характеристики приміщення

Використання силової мережі для живлення системи робочого освітлення допускається лише за умови стабільної та допустимої за нормами напруги у приміщеннях, де наявне природне освітлення. У таких випадках живлення здійснюється безпосередньо від силових відгалужень або через вихідні клема розподільних пристроїв.

У сільськогосподарських об'єктах дозволяється забезпечення чергового або аварійного освітлення не лише через окрему лінію живлення, але й шляхом підключення до того ж вводу, що використовується для робочого освітлення. У таких конфігураціях приєднання світильників аварійного освітлення виконується через окрему групу, яка підключається до входу освітлювального щита. У будівлях тваринницького призначення, зокрема у пташниках, чергове освітлення проектується як самостійна група, до складу якої також можуть входити світильники, що забезпечують освітлення входів і аварійних евакуаційних зон.

Джерела світла, як правило, підключаються паралельно до мережі змінного струму. У трифазних системах найбільш розповсюдженими є такі типи розгалуження:

- двопровідна однофазна схема (при наявності заземленої нейтралі);
- трипровідна двофазна схема з нейтральним провідником;
- трипровідна трифазна схема без нейтралі;
- чотирипровідна трифазна система з нульовим проводом.

Ці схеми дозволяють забезпечити оптимальне розподілення навантаження залежно від характеристик мережі та умов експлуатації. Приклад реалізації наведено на рисунку 3.1.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

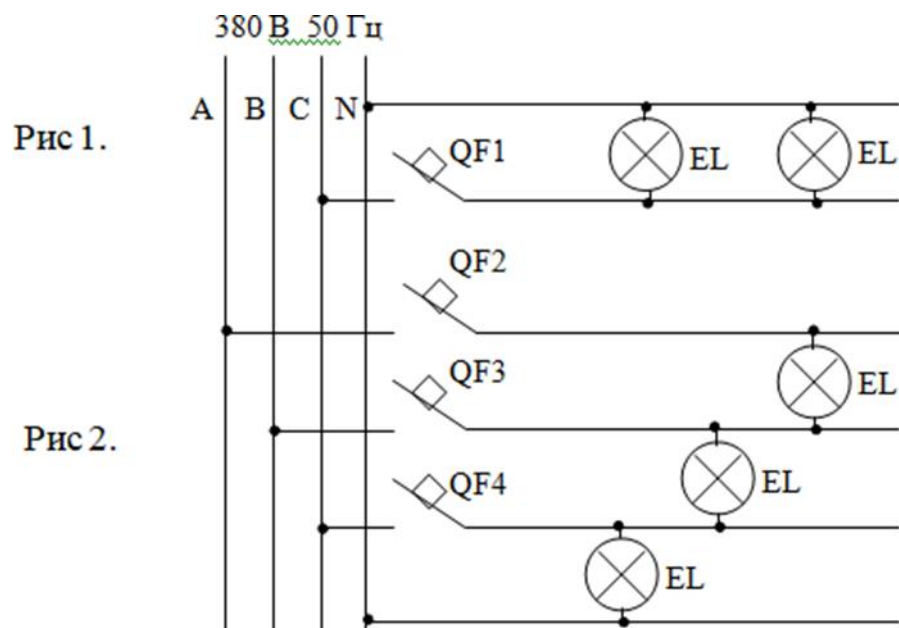


Рисунок 3.1 - (Рис. 1), двопровідне однофазне підключення з заземленою нейтраллю; (Рис. 2) чотирипровідна трифазна мережа з нейтральним провідником.

Встановлення запобіжників у нульових провідниках три- та чотирипровідних мереж є забороненим. Водночас, встановлення автоматичних вимикачів з електромагнітними розчіплювачами дозволяється за умови, що при їхньому спрацюванні з мережі одночасно відключаються всі провідники, котрі перебувають під напругою.

За значної електричної потужності освітлювальної системи в будівлі, дозволяється монтувати кілька групових щитків, що отримують живлення від однієї магістральної лінії, приєднаної до ввідного пристрою.

3.3 Визначення місць розташування живильних, групових щитків, прокладка траси мережі і розбивка на групи

Живильні та групові щитки ми монтуємо в точках з'єднання живильних і групових мереж, у місцях, де до них є легкий доступ для обслуговування. Висота монтажу щитків становить від 1,5 до 1,7 метрів.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Трасу освітлювальної мережі визначаємо за розташуванням світильників. Під час планування враховуються наступні аспекти: мінімізація протяжності лінії; легкість у обслуговуванні обладнання; архітектурні та конструктивні характеристики будівлі.

Групуємо світильники беручи до уваги ліміти за максимальною потужністю та кількістю під'єднаних приладів.

Розподільні пристрої вибирають за їх призначенням (силові, освітлювальні), кількістю груп, типом та номінальними даними вмонтованих апаратів, потужності і захисту. Вибираємо освітлювальний щиток марки ШМР-Н-24 внутрішньої установки з металевими дверцятами,

Щиток на опромінювальну установку розміщуємо в приміщенні для приготування кормів. В приміщенні для птиці встановлено 280 світильників НСП 01x100 "Астра 11" з лампами LG 810.

На чергове освітлення відводиться окрема група і кількість світильників її складає 10% від загальної кількості світильників робочого освітлення.

Кількість груп та світильників що входять в групу

- 1 група складає 70 світильників
- 2 група складає 70 світильників
- 3 група складає 70 світильників
- 4 група складає 70 світильників

3.4 Розрахунок перерізу проводу, способів прокладки

Вибір перерізу проводів, що використовуються для живлення систем освітлення, здійснюється з урахуванням двох основних критеріїв: забезпечення допустимих теплових навантажень при тривалій експлуатації та наявність достатнього запасу механічної міцності. Окрім цього, обраний переріз повинен задовольняти умови щодо допустимого відсотка втрати напруги у мережі.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустимим рівнем втрат напруги для освітлювальних мереж вважається 2,5 % від номінального значення. При розрахунку перерізу необхідно перевірити виконання умови:

$$I_{\text{роб}} \leq I_{\text{дов.доп}},$$

де $I_{\text{роб}}$ - розрахункова сила струму освітлювального навантаження, А;

$I_{\text{дов.доп}}$ - довготривало допустимий струм для вибраного проводу, А.

Розрахунок сили струму для групи або вводу в приміщення виконується за формулою:

$$I_{\text{роб}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}}}, \text{ А},$$

$$I_{\text{роб}} = 3584 / 380 \sqrt{3} = 5,44 \text{ А},$$

На основі отриманого результату, з урахуванням допустимих струмових навантажень, обирається провід перерізом 2,5 мм² для окремих груп та 4 мм² для загального вводу. Переріз нульового проводу встановлюється таким же, як і фазного.

Для контролю втрат напруги на ділянках мережі використовується наступна формула:

$$\Delta U = \frac{\sum P \cdot L}{c \cdot S},$$

де:

- S — поперечний переріз провідника, мм²;
- $\sum P$ — сумарна споживана потужність на ділянці, кВт;
- L — довжина кабельної лінії до центру навантаження, м;
- c — коефіцієнт, що залежить від матеріалу проводу та схеми живлення.

Розрахункова схема освітлення представлена на рис.3.2.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

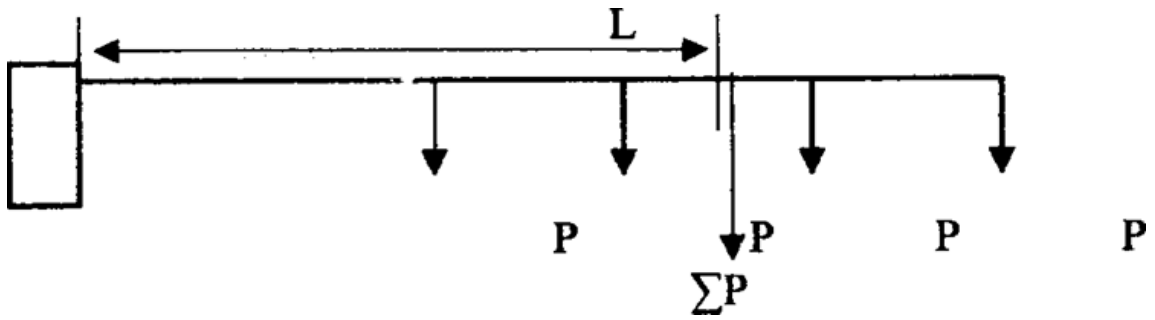


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема освітлення

Для прикладу, у групах розрахунки дали такі результати:

$$1 \text{ група: } \Delta U = 0,896 \cdot 245 / 25 \cdot 2,5 = 0,351\% \quad I_{\text{гр}} = 320 / 220 = 1,45 \text{ А}$$

$$2 \text{ група: } \Delta U = 0,896 \cdot 245 / 25 \cdot 2,5 = 0,351\% \quad I_{\text{гр}} = 320 / 220 = 1,45 \text{ А}$$

$$3 \text{ група: } \Delta U = 0,896 \cdot 245 / 25 \cdot 2,5 = 0,351\% \quad I_{\text{гр}} = 320 / 220 = 1,45 \text{ А}$$

$$4 \text{ група: } \Delta U = 0,896 \cdot 245 / 25 \cdot 2,5 = 0,351\% \quad I_{\text{гр}} = 200 / 220 = 0,9 \text{ А}$$

Оскільки у всіх випадках втрати напруги є меншими за допустимі 2,5 %, обраний переріз провідника відповідає вимогам.

Зважаючи на низькі значення струму в усіх групах, для освітлювальних мереж приймається кабель ВВГ 3×2{,}5 з мідними жилами. Для вводу в щитову використовується кабель ВВГ 4×4, що забезпечує додатковий запас по струму.

Прокладання проводки в приміщенні здійснюється відкритим способом на металевих оцинкованих стрічках шириною 16 мм та товщиною 0,8 мм. Стрічки фіксуються до конструкцій стін і стелі за допомогою дюбелів. Кріплення виконується з кроком 500 мм по довжині. У місцях з'єднання та розгалуження залишають технологічний запас проводу не менше 150 мм, що дозволяє виконувати надійне обслуговування з'єднань.

3.5 Вибір пускової та захисної апаратури

Для забезпечення захисту освітлювальних мереж від коротких замикань та перевантажень, а також для здійснення комутаційних операцій, застосовують плавкі запобіжники або автоматичні вимикачі з електромагнітними

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розчіплювачами. Вибір номінальних струмів спрацьовування елементів захисту здійснюється згідно з розрахунковими навантаженнями освітлювальних ліній.

Добір автоматичних вимикачів або вставок запобіжників виконується за умовою:

$$I_{вст} \geq I_{роб}$$

де $I_{вст}$ - номінальний струм плавкої вставки запобіжника або вимикача, А;

$I_{роб}$ - розрахунковий робочий струм освітлювальної лінії, А.

На основі цього для кожної освітлювальної групи обираємо автоматичні вимикачі типу ВА47-29 з номінальним струмом 2,5 А.

Номінальні струми вставок електромагнітних розчіплювачів:

1 група $I_{розщ}=1,45\text{А}$

2 група $I_{розщ}=1,45\text{А}$

3 група $I_{розщ}=1,45\text{А}$

4 група $I_{розщ}=1,45\text{А}$

На ввід в освітлювальний щит ставимо трьохфазний автоматичний вимикач ВА47-29 3х полюсний.

($I_{ном}=8\text{А}$, $I_{розщ}=6,34\text{А}$).

3.6 Визначення способів захисту від ураження електричним струмом

Захист працівників від ураження електричним струмом у системах освітлення здійснюється відповідно до вимог нормативних документів, зокрема "Правил технічної безпеки при експлуатації електроустановок споживачів".

Підключення освітлювальних і опромінювальних приладів має здійснюватися через окремі розподільчі щити шафового типу, обладнані дверцятами, що закриваються. У щитах передбачаються введення автоматичних вимикачів або запобіжників для кожної групи, які забезпечують захист від перевантажень та коротких замикань.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожна лінія в щиті повинна мати чітке маркування, що вказує на її призначення, номер освітлювальної групи, номінальну силу струму та тип захисного пристрою (вимикач або запобіжник).

Встановлення світильників допускається на висоті:

- 2,5 – 3,0 м від рівня підлоги – для приладів із відкритими лампами розжарювання;
- не менше 2,5 м – для люмінесцентних приладів за умови недоступності струмоведучих частин.

Під час монтажу патронів, що з'єднують лампи з електромережею, різьбову частину необхідно приєднувати до нульового проводу, щоб уникнути появи напруги на металевих частинах при заміні джерела світла.

Металеві корпуси світильників, а також опромінювальні прилади, підлягають обов'язковому заземленню. Для цього використовуються гнучкі перемички, які з'єднують заземлювальний контакт корпусу з нульовим провідником.

Підключення провідників до електроарматури або кабелю виконується за допомогою спеціальних наконечників або затискачів. Для проводів з алюмінієвими жилами допускається пряме підключення за умови сумісності конструкції з арматурою. Для багатожильних мідних провідників з перерізом до 2,5 мм² допускається приєднання без наконечників, проте кінці необхідно обов'язково обпаяти.

Усі з'єднання та розгалуження, прокладені в трубах, повинні виконуватися виключно у з'єднувальних коробках, що забезпечують механічний захист і можливість ревізії.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7 Вимоги електробезпеки до освітлювального обладнання

З метою забезпечення належного рівня електробезпеки в приміщеннях, де експлуатується освітлювальне обладнання, необхідно дотримуватись низки технічних і організаційних вимог, які спрямовані на зменшення ризиків електротравм, пожежонебезпеки та забезпечення безперервної роботи системи.

Основні вимоги до експлуатації та проєктування освітлювальних установок включають:

- забезпечення стабільної та безперебійної роботи світлотехнічних пристроїв у специфічних умовах середовища, враховуючи температуру, вологість, запиленість та інші зовнішні чинники;
- мінімізацію витрат на монтажні роботи, включаючи економне використання кольорових металів (зокрема міді й алюмінію) та інших дефіцитних матеріалів;
- виключення ймовірності виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних із загрозами ураження електричним струмом, загорянням або вибухом;
- можливість оперативної заміни пошкоджених чи зношених ділянок проводки або кабельних ліній без необхідності повного демонтажу мережі;
- розміщення світильників і електрообладнання повинно забезпечувати вільний доступ до них для технічного обслуговування без перешкод для основних технологічних процесів;
- вибрані типи електропроводки мають бути достатньо механічно захищені, стійкі до впливу зовнішніх навантажень і виключати можливість пошкодження під час експлуатації.

Застосування зазначених заходів дає змогу знизити експлуатаційні ризики, продовжити термін служби обладнання та забезпечити відповідність систем освітлення нормативам електробезпеки.

Світлотехнічна відомість представлена у таблиці 3.1.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Світлотехнічна видимість

№ п/п	Назва приміщення	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Площа, м	Умови середовища	Коєф. відбив		Нормована освітленість, лк	Коєфіцієнт запасу	Світильник					
							стелі	стін			Тип	Потужн. лампи, Вт	Кількість, шт.	Загальна потужність, Вт	Питома потужність, Вт/м2	К-ть штепсельн. роєток шт
1	Пташник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середовищем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
2	Пташник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середовищем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
3	Пташник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середовищем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
3	Пташник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середовищем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
4	Пташник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середовищем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
5	Пташник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середовищем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
6	Пташник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середовищем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
7	Пташник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середовищем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ

Арк.

30

Продовження таблиці 3.1

8	Пташ- ник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середови щем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
9	Пташ- ник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середови щем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
10	Пташ- ник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середови щем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
11	Пташ- ник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середови щем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
12	Пташ- ник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середови щем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
13	Пташ- ник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середови щем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
14	Пташ- ник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середови щем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
15	Пташ- ник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середови щем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-
16	Пташ- ник	120	21	5,4	25,2	вологе з хім акт середови щем	30	10	50	1,15	НСП01	12,8	280	3584	1,422	-

РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ 10 кВ

4.1 Розрахунок сумарної потужності заданого дільниці птахофабрики

При обчисленні загальної потужності споживачів електроенергії їх розділяють на групи (окремо для денного та вечірнього максимумів). До кожної групи зараховують споживачів з подібними характеристиками, чия потужність не розходиться більше ніж у четверо.

В окремих групах потужності підсумовуються за допомогою коефіцієнта одночасності:

$$P_{д} = K_0 \sum_{i=1}^n P_i, P_{в} = K_0 \sum_{i=1}^n P_i$$

Записуємо групи споживачів Група № 1:

КПП, 16 пташників, водонапірна башта , кормороздавач , технічне приміщення.

Розраховуємо денне і вечірнє навантаження в групах

Група № 1

16 пташників $K_0=0,8$

$$P_{д(1)} = (0,8 * (1,5 * 18 + 0,6 * 6 + 6 + 3,6)) * 16 = 514,56 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = (0,8 * (1,5 * 18 + 0,6 * 6 + 6 + 3,6)) * 16 = 514,56 \text{ кВт КПП}$$

$K_0=0,9$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (3 + 0,05 + 0,015) = 2,88 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (3 + 0,05 + 0,015) = 2,88 \text{ кВт}$$

Кормороздавач $K_0=0,9$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (3 * 5) = 13,5 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (3 * 5) = 13,5 \text{ кВт}$$

Водонапірна башта $K_0=0,9$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (1 * 7,5) = 6,75 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (1 * 7,5) = 6,75 \text{ кВт}$$

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічне приміщення $K_0=0,9$

$$P_{д(1)}=0,9*(3+0,05+0,25)= 2,97 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)}= 0,9*(3+0,05+0,25)= 2,97 \text{ кВт}$$

Сумарна потужність груп освітлювального навантаження визначається з урахуванням коригуючих доданків відповідно до співвідношення:

$$P=P_{\max}+\Delta P(P_{\min})$$

де P_{\max} - основне (більше) навантаження групи;

$\Delta P(P_{\min})$ - додаткова потужність, що враховує менше навантаження для сумісного вводу.

У вечірній період, крім основного навантаження, слід враховувати енергоспоживання від зовнішніх джерел світла, зокрема вуличного освітлення.

Потужність вуличного освітлення території птахофабрики обчислюється за формулою:

$$P_{з.о.}=P_{в.н.}\cdot L_{в}\cdot 10^{-3},$$

де $P_{в.о.}$ - повне навантаження зовнішнього освітлення, кВт;

$P_{в.н.}$ - норма освітлення на одиницю довжини, Вт/м;

$L_{в}$ - сумарна довжина вуличних ділянок, м.

$$P_{з.о.}=6\cdot(2\cdot 348)\cdot 10^{-3}=4,176 \text{ кВт.}$$

Зовнішнє освітлення враховується у вечірньому максимумі з коефіцієнтом одночасності $K_0=1$, тобто повним включенням усіх джерел. Сумарна потужність груп денного максимуму:

$$\Sigma P_{д}=2,97+\Delta 514,56+\Delta 2,88+\Delta 13,5+\Delta 6,75$$

$$\Sigma P_{д}= 2,97 + 389 + 2,18 + 10,2 + 5,1 = 409,38$$

Сумарна потужність груп вечірнього максимуму:

$$\Sigma P_{в}= 2,97+\Delta 514,56+\Delta 2,88+\Delta 13,5+\Delta 6,75+P_{з.о}$$

$$\Sigma P_{в}= 2,97 + 389 + 2,18 + 10,2 + 5,1 + 3,16 = 412,54$$

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Розрахунок електричних навантажень мережі 10 кВ

Проектування лінії електропередачі напругою 10 кВ включає визначення прогнозованих електричних навантажень трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ, підрахунок навантаження на окремих ділянках повітряної або кабельної лінії, а також вибір перерізів проводів відповідно до очікуваних струмових характеристик. Для оцінки навантажень підстанцій використовується прогнозний підхід із застосуванням коефіцієнта зростання споживання. Розрахункове навантаження на обраний рік визначається за формулою:

$$P_p = K_n \cdot P_m,$$

Де P_m — максимальне існуюче навантаження трансформаторної підстанції, а K_n — коефіцієнт зростання, значення якого залежить від типу споживачів і прогнозованого періоду. Зокрема, для виробничих споживачів при прогнозному періоді 10 років приймається значення коефіцієнта, детальніше представлено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнта зростання навантаження

Вид споживачів	Розрахунковий рік		
	5	7	10
Виробничі	1,3	1,4	2,1

Отже, для підстанції з максимальним навантаженням 500 кВт розрахункова потужність на десятирічний період становить:

$$P_p = 500 \cdot 0,825 = 412,54 \text{ кВт.}$$

Оцінка впливу добового режиму споживання виконується з урахуванням коефіцієнтів участі навантаження у денному та вечірньому максимумах. Для виробничих споживачів ці коефіцієнти приймаються рівними одиниці (тобто $K_d = K_v = 1,0$), що означає повну участь навантаження у пікових періодах доби. Таким чином, денне та вечірнє навантаження для даного прикладу становить однакову величину:

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_d = P_v = 412,54 \text{ кВт.}$$

Розраховані значення вносяться до відповідної таблиці навантажень, яка використовується для проектування ліній 10 кВ. Для точки приєднання заданого населеного пункту до магістралі 10 кВ у підсумкову таблицю вносяться загальні розрахункові значення потужностей, отримані для кожної трансформаторної підстанції з урахуванням типу споживачів і прогнозного періоду. Ці дані надалі використовуються для визначення електричних навантажень на ділянках лінії та підбору провідників відповідного перерізу.

Підрахунок навантажень на ділянках повітряної або кабельної мережі напругою 10 кВ виконується починаючи з найвіддаленішої трансформаторної підстанції, розташованої в кінці лінії. Для кожної ділянки лінії здійснюється послідовне підсумовування розрахункових потужностей трансформаторів, з урахуванням розділення на денні та вечірні максимуми. Дані для підрахунку беруться з попередньо сформованих таблиць, що містять значення навантажень для кожної ТП.

У процесі аналізу для кожної ділянки лінії визначають два ключові параметри: по-перше, виробниче навантаження $P_{\text{вир}}$, яке у денний час включає навантаження від підстанцій з виробничим або змішаним типом споживачів, а у вечірній — лише від виробничих; по-друге, загальне навантаження $P_{\text{заг}}$, яке враховує сукупне споживання всіх типів підключених підстанцій. Ці величини використовуються для подальшого етапу — вибору перерізу провідників.

Розрахунок навантажень мережі 10 кВ виконується у табличному форматі, що дозволяє систематизувати потужності по кожній ділянці. Для визначення раціонального перерізу проводу застосовується методика мінімізації приведених витрат, яка враховує суму капітальних та експлуатаційних витрат на одиницю

довжини лінії. При цьому використовується еквівалентна потужність S_e , обчислена для кожної конкретної ділянки. Значення S_e порівнюється з нормативними межами економічних інтервалів потужностей, які встановлені для

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вибору перерізів проводів відповідно до чинних стандартів та техніко-економічних міркувань.

На підставі наведених розрахунків у таблицю вносяться всі ключові показники: тип підстанції, її потужність, вид навантаження, розрахункові денні та вечірні навантаження. У результаті формується розрахункова схема розподільної мережі 10 кВ з навантаженнями (рис. 4.1), яка використовується як основа для подальшого вибору конструкції та параметрів лінії.

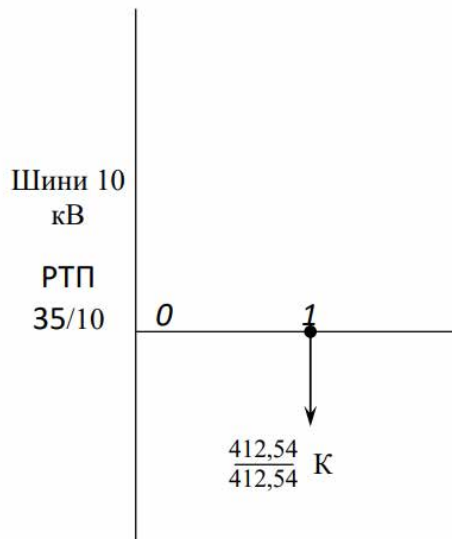


Рисунок 4.1 – Ілюстрація схеми розподільчої мережі 10 кВ з навантаженнями

Таблиця 4.2 – Розрахунок навантажень лінії 10 кВ

Ділянка	Вид навантаження	Навантаження							
		Денне, кВт				Вечірнє, кВт			
		$P_{дб}$	$P_{дм}$	$\Delta P(P_{дм})$	$P_{д}$	$P_{вб}$	$P_{вм}$	$\Delta P(P_{вм})$	$P_{в}$
0-1	$P_{вир}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	$P_{заг}$	409,38	-	-	409,38	412,54	-	-	412,54

Для оцінки навантаження на ділянку повітряної лінії електропередачі напругою 10 кВ використовується поняття еквівалентної потужності, що враховує максимальні добові та вечірні значення активного навантаження.

Еквівалентна потужність розраховується за формулою:

$$S_e = K_d \cdot S_m,$$

де:

- S_e — еквівалентна повна потужність, кВА;
- S_e — найбільше значення повної потужності, яке визначається як максимум між денним (S_d) та вечірнім (S_v) навантаженням, кВА;
- K_d — коефіцієнт перспективного зростання навантаження (для сільських розподільчих мереж, згідно з нормами, приймається значення $K_d = 0.7$).

Щоб обчислити значення S_d і S_v , попередньо визначаються відповідні активні потужності за добовим та вечірнім навантаженням (P_d, P_v) з урахуванням коефіцієнта потужності $\cos\varphi$:

$$S = \frac{P}{\cos\varphi}$$

е:

- P — активна потужність (Вт або кВт),
- $\cos\varphi$ — коефіцієнт потужності (для індуктивного навантаження зазвичай приймається в межах 0.85–0.95).

У поданому прикладі максимальне навантаження становить: $S_m = 21$ кВА. Інші обрахунки представлені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Різні параметри і відповідні результати

Ділянка	Денне навантаження			Вечірнє навантаження			S_m , кВА	S_e , кВА	Провід ід	Втрата напруги,	
	$P_{\text{вир}}/P_{\text{заг}}$	$\cos\varphi$	S_d	$P_{\text{вир}}/P_{\text{заг}}$	$\cos\varphi$	S_v				ΔU_ϕ	$\Sigma\Delta$
0-1	0	0.9	454,87	0	0.9	458,38	458,38	320,87	АС-50	0.44	0.44

Після попереднього вибору провідників повітряної лінії 10 кВ на основі економічних критеріїв потужності необхідно виконати перевірку на допустимий рівень втрат напруги. Згідно з вимогами експлуатації, падіння напруги до

найбільш віддаленої точки електромережі не повинно перевищувати встановлене граничне значення, тобто:

$$\Delta U_{\phi} < U_{\text{доп}}$$

Розрахунок фактичної втрати напруги на окремій і-тій ділянці здійснюється за формулою:

$$\Delta U_{\phi} = \left(\frac{P_i \cdot r_i}{U_n} + \frac{Q_i \cdot x_i}{U_n} \right) / 10 * U_n$$

е:

- P_i — активне навантаження на відповідній ділянці, кВт;
- Q_i — реактивне навантаження, кВАр;
- r_i — активний опір провідника на цій ділянці, Ом;
- x_i — реактивний опір провідника, Ом;
- U_n — номінальна напруга мережі, кВ.

Для визначення реактивної потужності використовується залежність:

$$Q_i = \sqrt{S_M^2 - P_i^2},$$

де S_i — повна потужність, кВА.

Активний і реактивний опори визначаються як добуток питомих опорів на довжину відповідної ділянки:

$$r_i = r_{0i} \cdot L_i,$$

$$x_i = x_{0i} \cdot L_i$$

де:

- L_i — протяжність ділянки, км;
- r_0, x_0 — питомі активний та реактивний опори відповідного проводу, Ом/км.

Для кольорових провідників у лініях 6–35 кВ приймають $x_0 = 0.4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$.

Приклад розрахунку:

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = \sqrt{458,8^2 - 412,54^2} = 200,7$$

$$r_1 = 0,6 * 0,5 = 0,3$$

$$x_1 = 0,4 * 0,5 = 0,2$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{412,54 * 0,3}{10} + \frac{200,7 * 0,2}{10} \right) / (10 * 10) = 0,44$$

На першій ділянці мережі втрата напруги не перевищує допустимий рівень, що свідчить про правильність вибору перерізу проводу.

Для забезпечення повної достовірності, розрахунки повторюються для всіх ділянок мережі. Результати заносяться до відповідної таблиці, де вказуються: активна й реактивна потужність, довжина ділянки, питомі опори, обчислені втрати напруги. Це дозволяє отримати повну картину втрат по всій повітряній лінії.

Для кожного електроспоживача реальна величина напруги визначається як сума втрат напруги на всіх ділянках живильної лінії. З метою достовірної оцінки цієї величини необхідно виконати окремий розрахунок для умов денного та вечірнього навантаження, оскільки втрати можуть значно відрізнятися в залежності від режиму споживання. У випадках, коли відома тенденція до максимальних втрат у певний період доби, розрахунок виконується саме для цього режиму.

Параметри допустимих втрат напруги встановлюються на основі граничних значень відхилень напруги на шинах 10 кВ розподільчих трансформаторних підстанцій (РТП), які враховуються в режимах найвищого та найнижчого навантаження. У відповідності до нормативних вимог, допустиме відхилення напруги в точці підключення споживача не повинно перевищувати 5% від номінального значення.

Під час складання таблиці втрат напруги слід розглядати два крайні випадки підключення трансформаторних підстанцій:

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- найближча ТП — підключена безпосередньо до шин 10 кВ РТП (наприклад, трансформатор власних потреб станції), в такому випадку втрати на повітряній лінії 10 кВ відсутні або наближені до нуля;

- Найвіддаленіша ТП — підключена на кінці живильної ділянки, де втрати напруги будуть максимальними.

- Крім того, враховується вплив двох рівнів навантаження:
 - максимального (100%), що характеризує пікові режими споживання;
 - мінімального (25%), який відповідає нічному або аварійному режиму.

На кожній трансформаторній підстанції аналізується пара споживачів:

1. ближній — підключений безпосередньо до шин низької напруги 0,4 кВ;
2. віддалений — живиться через найдовшу відгалужену лінію 0,38 кВ, де, як правило, фіксується найбільше падіння напруги.

Для встановлення граничного значення втрат напруги в системі необхідно орієнтуватися саме на найменш сприятливий випадок — ситуацію, коли найбільш віддалений споживач живиться через найдовшу ділянку від найбільш віддаленої ТП у момент максимального навантаження. У таблиці 4.4 представлено розрахунок допустимої втрати напруги

Таблиця 4.4 – Розрахунок допустимої втрати напруги

Елемент мережі	Ближня ТП		Віддалена ТП	
	100%	25%	100%	25%
Шини 10 кВ РТП	+3	-2	+3	-2
Лінія 10 кВ	0	0	-6,6	-1,65
ТП 10/0,4кВ:				
постійна надбавка	+5	+5	+5	+5
регульована надбавка	0	0	0	0
втрати напруги	-4	-1	-4	-1
Лінія 0,38 кВ	-11	0	-4,4	0
Споживач	-5	2<5	-5	0,35<5
Допустиме відхилення напруги	-5	+5	-5	+5

Для оцінювання технічної ефективності системи електропостачання необхідно визначити граничні значення втрат напруги в лініях електропередач (ЛЕП) напругою 10 кВ та 0,4 кВ. Сумарне допустиме падіння напруги в системі розраховується за формулою:

$$\sum \Delta U_{\text{леп}}^{100} = \Delta U_{10}^{100} + \Delta U_{0,38}^{100} = V_{10}^{100} + (V_{\text{ст}} + V_{\text{в}}) - \Delta U_{\text{т}}^{100} - V_{\text{сп}}^{100}$$

$$\sum \Delta U_{\text{леп}}^{100} = 3 + 5 - 2 + 5 = 11$$

З метою подальшого аналізу сумарна допустима втрата напруги розподіляється між ЛЕП 10 кВ та 0,4 кВ у співвідношенні 60% та 40% відповідно:

$$\Delta U_{10}^{100} = 0,6 \cdot 11 = 6,6\%, \quad \Delta U_{0,38}^{100} = 0,4 \cdot 11 = 4,4\%.$$

Для режиму мінімального навантаження (25% від номінального) проводиться уточнення допустимого відхилення напруги на низьковольтній стороні трансформатора:

$$\Delta U_{10}^{25} = 0,25 \cdot 6,6 = 1,65\%.$$

Загальне відхилення напруги обчислюється як:

$$V_{\text{сп(с)}}^{25} = V_{10}^{25} + (V_{\text{ст}} + V_{\text{в}}) - \Delta U_{10}^{25} - \Delta U_{\text{т}}^{25}.$$

Для режиму мінімального навантаження (25% від номінального) проводиться уточнення допустимого відхилення напруги на низьковольтній стороні трансформатора:

$$\Delta U_{10}^{25} = 0,25 \cdot 6,6 = 1,65\%.$$

Загальне відхилення напруги обчислюється як:

$$V_{\text{сп(с)}}^{25} = V_{10}^{25} + (V_{\text{ст}} + V_{\text{в}}) - \Delta U_{10}^{25} - \Delta U_{\text{т}}^{25}.$$

У підставленому прикладі:

$$V_{\text{сп(с)}}^{25} = -2 + 5 - 1,65 - 1 = 0,35\%.$$

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для трансформатора ВТП 10/0,4 кВ встановлюється регулювання по напрузі в межах:

$$V_B = 5\%.$$

Повторно виконується розрахунок з врахуванням нового регулювання:

$$\Delta U_{10}^{100} = 0,6 \cdot 11 = 6,6\%, \quad \Delta U_{0,38}^{100} = 0,4 \cdot 11 = 4,4\%.$$

Знову перевіряється відхилення напруги на шинах:

$$\Delta U_{10}^{25} = 1,65\%, \quad V_{сп(с)}^{25} = 1,65\%.$$

Аналогічним чином проводиться аналіз для ближньої ТП. Падіння напруги:

$$\sum \Delta U_{деп}^{100} = 3 + 5 - 2 + 5 = 11\%.$$

Відхилення напруги в умовах мінімального навантаження:

$$V_{сп(с)}^{25} = -2 + 5 - 1 = 2\%.$$

Результати підтверджують, що відхилення не перевищують допустимого діапазону, що дозволяє вважати обране регулювання та розподіл втрат напруги технічно обґрунтованими.

4.3 Розрахунок струмів короткого замикання

Обчислення струмів короткого замикання є критично важливим етапом перевірки електротехнічного обладнання на відповідність вимогам термічної та електродинамічної стійкості, а також для налаштування параметрів релейного захисту. Це особливо актуально для ліній 10 кВ, які живлять трансформаторні підстанції типу ТП-10/0,4 кВ.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основною початковою величиною для розрахунку є потужність короткого замикання на шинах 10 кВ розподільчої підстанції (РТП). Для даного випадку задано:

$$S_{к.з.} = 40 \text{ МВА}, \quad U_6 = 10,5 \text{ кВ}$$

Розрахунок трифазного струму короткого замикання на шинах 10 кВ виконується за формулою:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{S_{к.з.} \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{40 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10500} \approx 2200 \text{ А.}$$

Ударна дія струму короткого замикання оцінюється за формулою:

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к.з.}^{(3)},$$

де K_y — коефіцієнт ударності, приймається 1,5. Отже:

$$i_y = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 2200 \approx 4667 \text{ А.}$$

Діюче значення ударного струму:

$$I_d = \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2} \cdot I_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{1 + 2 \cdot 0,5^2} \cdot 2200 \approx 1905,26 \text{ А.}$$

Для інших точок мережі, струм короткого замикання визначається за формулою:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{U_6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{к.з.}},$$

де:

– $Z_{к.з.}$ — сумарний імпеданс від джерела до точки короткого замикання, Ом.

Імпеданс розраховується як:

$$Z_{к.з.} = \sqrt{(x_c + x_{лх})^2 + r_{лх}^2},$$

де: x_c — індуктивний опір системи живлення,

$x_{лх}$ — відповідно індуктивний і активний опори лінії.

Індуктивний опір джерела:

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_c = \frac{U_b^2}{S_{к.з.}} = \frac{10500}{40 \cdot 10^6} \approx 2,76 \text{ Ом}$$

Для заданої ділянки: $r_{л}=0,3 \text{ Ом}$, $x_{л}=0,2 \text{ Ом}$

$$Z_{к.з.} = \sqrt{(2,76 + 0,2)^2 + 0,3} \approx 2,81 \text{ Ом}$$

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2,81} \approx 2157,38 \text{ А.}$$

Струм двофазного короткого замикання визначається як:

$$I_{к.з.}^{(2)} = \frac{I_{к.з.}^{(3)}}{\sqrt{3}} = \frac{2157,38}{\sqrt{3}} \approx 1868,34 \text{ А.}$$

4.4 Вибір електричної апаратури розподільчого пристрою 10 кВ

Вибір обладнання, що встановлюється на вихідній лінії системи електропередач напругою 10 кВ та обслуговує відповідну споживчу підстанцію, здійснюється з урахуванням номінальних електричних характеристик — напруги, струму, параметрів конструктивного виконання, класу точності приладів, а також вимог до допустимого струмового навантаження. Критерії вибору обладнання представлені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Критерії вибору обладнання

Параметр	Критерії прийнятності	Розрахункові значення	Аналітичні залежності	Приклад пристрою: ВВ/TEL-10 з приводом ПЕ
Номінальна напруга	$U_{н.в.} > U_n$	10 кВ	$U_{н.в.} > U_n$	10 кВ
Номінальний струм	$I_{н.в.} > I_{р.мах}$	26,46 А	$I_{р.мах} = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_n}$	630 А
Граничний струм вимикання	$I_{д.вим} > I_{р.вим}$	3,11 кА	$I_{р.вим} = \sqrt{2} \cdot I_{к.з.}$	8...20 кА
Струм динамічного навантаження	$i_{мах} > i_y$	4,667 кА	$i_y = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к.з.}$	8...20 кА
Струм термічної витривалості	$I_t^2 \cdot t_H > (I_{к.з.}^2) \cdot t_K$	8,3 кА	—	8...20 кА

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Примітка: t_H — нормативна тривалість термічної витривалості вимикача за струму I_t , приймається як 4 с.

Загальна тривалість впливу короткого замикання:

$$t_K = t_{CB} + t_{P3} + T_a$$

де:

t_{CB} — час вимикання пристрою (0,2 с),

t_{P3} — інтервал спрацьовування релейного захисту (4 с),

T_a — часовий коефіцієнт згасання аперіодичної складової короткого замикання (для сільських мереж — 0,185 с).

Процедура вибору роз'єднувального апарата здійснюється відповідно до основних електричних характеристик лінії: номінальної напруги, максимального струму навантаження, параметрів динамічної та термічної стійкості. На відміну від вимикача, допустимий струм вимикання не є визначальним критерієм у даному випадку, таблиця критеріїв вибору роз'єднувача представлена в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - критеріїв вибору роз'єднувача

Параметр	Критерій відповідності	Розрахункове значення	Вибраний тип
Номінальна напруга	$U_{н.в.} > U_H$	10 кВ	PB3-10-400
Номінальний струм	$I_{н.в.} > I_{p.max}$	26,46 А	400 А
Динамічна стійкість	$i_{max} > i_y$	4,667 кА	45 кА
Термічна стійкість	$I_t^2 * t_H > (I_{K.3.}^2) * t_k$	8,3 кА	10 кА/с

На підставі проведених розрахунків та відповідності заданим критеріям, доцільним є використання роз'єднувача типу PB3-10-400 у комбінації з одним із стандартних приводів: ПР-10 або ПР-11.

Вибір трансформатора струму для кола напругою 10 кВ здійснюється з урахуванням ряду електричних характеристик, що мають забезпечити точність вимірювань і відповідність параметрам струмових кіл вимірювального комплексу. Нижче подано узагальнену таблицю 4.7 критеріїв вибору.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.7 - критеріїв вибору трансформатора типу ТПЛ-10

Параметр	Умови відповідності	Розраховане значення	Тип ТПЛ-10
Робоча напруга	$U_{HT} > U_H$	10 кВ	10 кВ
Первинний струм	$I_{H1} > I_{p.max}$	26,46 А	75 А
Вторинний струм	$I_{H2} = 5 \text{ А}$	—	5 А
Клас точності	(*)	—	0,5
Вторинне навантаження	$S_{H2} > S_2$	5,5 ВА	10 ВА
Термічна стійкість	$(kI_{H1})^2 > (I_{K3})^2 t_K$	8,3 кА	90
Динамічна стійкість	$\sqrt{2} \cdot I_{H1} \cdot K_D > i_y$	5,006 кА	250

Обрано трансформатор струму модифікації ТПЛ-10-0,5/R.

Щоб забезпечити відповідну точність вимірювань, слід перевірити, чи не перевищує фактичне навантаження вторинної обмотки трансформатора струму допустиме значення. Для цього обчислюють навантаження за формулою:

$$S_2 = S_{пр} + I_2^2 \cdot (R_{пров} + R_{конт})$$

де: $I_2 = 5 \text{ А}$ — номінальний вторинний струм;

– $S_{пр} = 2,5 \text{ ВА}$ — сумарне споживання приладів (лічильників, амперметрів);

– $R_{конт} = 0,1 \text{ }\Omega$;

– $R_{пров}$ — розраховується за формулою:

$$R_{пров} = \frac{S_{H2} - S_{пр} - I_2^2 \cdot R_{конт}}{I_2^2} = \frac{10 - 2,5 - 25 \cdot 0,1}{25} = 0,2 \Omega$$

Після чого визначається переріз проводу:

$$F = \frac{\rho \cdot L_p}{R_{пров}} = \frac{0,0178 \cdot 3}{0,2} = 0,267 \text{ мм}^2$$

Для дотримання стандартів вибирається провідник перерізом не менше 2,5 мм² (для міді) або 4 мм² (для алюмінію).

Для вузлів вимірювання у комірках 10 кВ зазвичай використовують:

– лічильник типу "Каскад" — $S_{пр} = 2 \text{ ВА}$;

– амперметр типу Е-335 або Е-378 — $S_{пр} = 0,5 \dots 0,1 \text{ ВА}$.

Навантаження:

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$S_2 = 2,5 + 25 \cdot (0,02 + 0,1) = 5,5 \text{ ВА}$$

Рекомендовано використання мідного проводу ПВ-1*2,5 мм² для з'єднання вимірювального кола трансформатора струму.

4.5 Вибір релейного захисту комірки лінії 10 кВ районної трансформаторної підстанції

ля забезпечення надійної роботи повітряних ліній електропередач напругою 10 кВ передбачається реалізація максимального струмового захисту (МСЗ) та струмової відсічки. У стандартних схемах МСЗ реалізується у двофазному виконанні з використанням мікропроцесорних пристроїв типу МРЗС, які поєднують функції вимірювання, контролю та відсічки. Вибір струму спрацювання для таких пристроїв здійснюється відповідно до розрахункового максимального навантаження лінії, що визначається за максимальною потужністю на початковій ділянці мережі. Відповідно до вихідних даних потужність складає 458,38 кВА, а робоча напруга – 10 кВ. Розрахунковий струм навантаження обчислюється за формулою $I_{P.MAX} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$, що дає значення 26,46 А.

Подальший розрахунок струму спрацювання МСЗ виконується з урахуванням коефіцієнтів надійності, самозапуску та повернення, які залежать від типу мережі та реле. Для заданої мережі застосовується $K_H=1,15$, $K_{СП}=1,5$, $K_P=0,95$. Підставляючи дані у формулу $I_{СЗ} = \frac{K_H \cdot K_{СП}}{K_P} \cdot I_{P.MAX}$, отримаємо значення струму налаштування реле, що становить 48,05 А. Далі, з урахуванням трансформації струму трансформатором із коефіцієнтом $n_{ТТ} = 75/5 = 15$ та схеми з'єднання трансформаторів струму у неповну зірку (коефіцієнт схеми $K_{СХ}=1$), визначається струм спрацювання в обмотці реле: $I_{СР} = 3,2 \text{ А}$. Відповідно до стандартного ряду значень приймається уставка реле на рівні 10 А.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після вибору уставки необхідно уточнити значення струму спрацювання захисту у первинному колі, яке визначається множенням уставки на коефіцієнт трансформації: $I_{C3}' = n_{TT} \cdot I_{уст} = 150 \text{ А}$. Перевірка чутливості захисту виконується шляхом порівняння з мінімальним струмом короткого замикання в найбільш віддаленій точці мережі, що становить $I_{КЗ.MIN} = 1868,34 \text{ А}$. Обчислюється коефіцієнт чутливості за формулою $K_{ч} = \frac{I_{КЗ.MIN}}{I_{C3}'} \approx 12,46$, що є цілком прийнятним значенням для забезпечення надійного спрацювання.

Захист споживчих трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ на стороні високої напруги реалізується плавкими запобіжниками типів ПК1–ПКТ. Для трансформатора потужністю 160 кВА відповідним вибором є вставка на 20 А. Щоб гарантувати селективність між релейним захистом і запобіжниками, виконується побудова карти узгодження захисту мережі. На цій карті по горизонтальній осі відкладається величина струму короткого замикання, а по вертикальній — відповідний час спрацювання захисту. Після побудови характеристик запобіжника на основі типових кривих визначається точка часу $t_{ЗП}$, яка відповідає заданому струму КЗ.

Установлюється, що точка спрацювання релейного захисту t_{C3} повинна бути зсунута вгору на осі ординат відносно точки $t_{ЗП}$ на величину Δt , яка забезпечує гарантовану селективність. Побудова струмової характеристики реле виконується з урахуванням цієї точки, що дозволяє визначити уставку часу спрацювання. Формально це виражається як $t_{C3} = t_{ЗП} + \Delta t$.

Вибір релейного захисту із залежною струмовою характеристикою є обґрунтованим і дозволяє досягти необхідної селективності із захистом трансформаторів 10/0,4 кВ, що підтверджується виконанням умов: коефіцієнт чутливості перевищує мінімальне допустиме значення, а характер спрацювання реле гарантовано не конфліктує із характеристикою запобіжників.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення селективної дії максимального струмового захисту лінії 10/0,4 кВ у взаємодії з характеристикою спрацювання плавких запобіжників трансформаторної підстанції ТП-10/0,4 передбачається виконання умови:

$$t_{C3} > t_{3П} + \Delta t$$

де t_{C3} — час спрацювання максимального струмового захисту лінії, $t_{3П}$ — сумарний час дії запобіжника, який включає період перегорання плавкої вставки та гасіння дуги. Ступінь селективності Δt рекомендовано приймати в межах 0,5–0,7 с. Формально вимога селективності для МСЗ може бути представлена у вигляді:

$$t > 0,002 \cdot I + 0,6$$

У випадках, коли на початку лінії виникають короткі замикання із великими амплітудами струму, для прискорення захисту доцільно впроваджувати струмову відсічку. Вона спрацьовує практично миттєво, без часової затримки, і не має часової селективності.

Струм налаштування реле відсічки визначається з двох умов. Перша — за стрибком струму намагнічування:

$$I_{CB} \geq \frac{4 \cdot \sum S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{4 \cdot 458,38}{\sqrt{3} \cdot 10} \approx 105,86 \text{ A}$$

де $\sum S_H$ — сумарна номінальна потужність трансформаторів ТП-10/0,4 кВ, приєднаних до лінії. У нашому випадку цей струм становить 0,106 кА.

Друга умова — за максимальним струмом короткого замикання на шинах 10 кВ:

$$I_{CB} \geq K_{HB} \cdot I_{K3,MAX} = 1,15 \cdot 2157,38 = 2480,99 \text{ A} = 2,481 \text{ kA}$$

де $K_{HB} = 1,15$ — коефіцієнт надійності реле відсічки, а $I_{K3,MAX}$ — максимальний струм короткого замикання на шинах найвіддаленішої трансформаторної підстанції.

Струм спрацювання реле обчислюється за формулою:

$$I_{CPB} = \frac{K_{CX}}{n_{TT}} \cdot I_{C3} = \frac{1}{15} \cdot 1,5 = 0,1 \text{ A}$$

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаючи найближче стандартне значення уставки струму реле відсічки $I_{уст.в}=50\text{А}$, уточнюємо фактичний струм спрацювання:

$$I_{св} = \frac{n_{тт}}{K_{сх}} * I_{уст.в} = 750 \text{ А}$$

Для оцінки доцільності застосування відсічки проводиться перевірка коефіцієнта чутливості:

$$K_{ч} = \frac{I_{кз.мин}}{I_{св}} = \frac{2157,38}{750} \approx 2,876$$

Це значення задовольняє основну умову ефективної роботи відсічки: $K_{ч} \geq 1,2$. Таким чином, впровадження струмової відсічки у даній схемі є доцільним, забезпечується як швидкодія, так і селективність захисту на фоні коротких замикань у зоні дії ТП.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 0,38

кВ ДІЛЬНИЦІ ПТАШНИКА

5.1 Розрахунок навантажень лінії електропередачі напругою 0,38 кВ

Під час проектування систем електропостачання напругою 0,38 кВ доцільно об'єднувати об'єкти навантаження у групи по 3–7 будівель. Потужність групи визначають шляхом підсумовування добових та вечірніх навантажень із урахуванням коефіцієнтів одночасності. У загальному випадку денне та вечірнє навантаження групи обчислюється за формулами:

$$P_{д} = K_0 \sum_{i=1}^n P_i, \quad P_{в} = K_0 \sum_{i=1}^n P_i$$

Розглянемо групу №1, до складу якої входять: контрольно-пропускний пункт, 16 пташників, водонапірна башта, кормороздавач та технічне приміщення. Для 16 пташників приймаємо коефіцієнт одночасності $K_0=0,8$.

Розрахунок виконується за формулою:

$$P_{д(1)} = (0,8 * (1,5 * 18 + 0,6 * 6 + 6 + 3,6)) * 16 = 514,56 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = (0,8 * (1,5 * 18 + 0,6 * 6 + 6 + 3,6)) * 16 = 514,56 \text{ кВт}$$

$$\text{КПП } K_0=0,9$$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (3 + 0,05 + 0,015) = 2,88 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (3 + 0,05 + 0,015) = 2,88 \text{ кВт}$$

$$\text{Кормороздавач } K_0=0,9$$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (3 * 5) = 13,5 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (3 * 5) = 13,5 \text{ кВт}$$

$$\text{Водонапірна башта } K_0=0,9$$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (1 * 7,5) = 6,75 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (1 * 7,5) = 6,75 \text{ кВт}$$

$$\text{Технічне приміщення } K_0=0,9$$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (3 + 0,05 + 0,25) = 2,97 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (3 + 0,05 + 0,25) = 2,97 \text{ кВт}$$

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки величини денного та вечірнього навантаження окремих підгруп подібні, для підсумування потужностей використовується метод додавання меншої до більшої з урахуванням додаткової поправки:

$$P = P_{max} + \Delta P(P_{min})$$

де P_{max} — більша із потужностей, ΔP — поправка від меншої.

У вечірній максимум додатково включається навантаження від систем вуличного та зовнішнього освітлення. Вуличне освітлення з житловими будинками визначається за формулою:

$$P_{в.о.} = P_{в.н.} \cdot L_{в.} \cdot 10^{-3},$$

де $P_{в.н.} = 6$ Вт/м — норматив на 1 метр довжини, $L_{в.} = 2 \cdot 348 = 696$ м. В результаті отримаємо:

$$P_{в.о.} = 6 \cdot 696 \cdot 10^{-3} = 4,176 \text{ кВт}$$

Зовнішнє освітлення територій (ферм, дворів) враховується з розрахунку 250 Вт на кожне приміщення і 3 Вт на один метр периметра території. При $N_{пр} = 20$, $L_{пер} = 240$ м:

$$P_{з.о.} = (250 \cdot 20 + 3 \cdot 240) \cdot 10^{-3} = 2,72 \text{ кВт}$$

Ці навантаження підсумовуються без зменшення, тобто з коефіцієнтом одночасності $K_0 = 1$, і входять до вечірнього максимуму.

Сумарна потужність денного максимуму:

$$\sum P_{д.} = 2,97 + \Delta 514,56 + \Delta 2,88 + \Delta 13,5 + \Delta 6,75$$

$$\sum P_{д.} = 2,97 + 389 + 2,18 + 10,2 + 5,1 = 409,38$$

Сумарна потужність вечірнього максимуму:

$$\sum P_{в.} = 2,97 + \Delta 514,56 + \Delta 2,88 + \Delta 13,5 + \Delta 6,75 + P_{з.о.}$$

$$\sum P_{в.} = 2,97 + 389 + 2,18 + 10,2 + 5,1 + 3,16 = 412,54$$

Розрахункові потужності для проектування системи електропостачання враховують основне навантаження об'єктів, зовнішнє освітлення та забезпечують точну базу для подальших етапів електротехнічного проектування.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Вибір перерізу проводів ліній електропередачі 0,38 кВ

Розрахункова повна потужність денного S_d та вечірнього S_v навантаження знаходять за допомогою денного P_d та вечірнього P_v активного навантаження і коефіцієнта потужностей користуючись формулою:

$$S = \frac{P_{\text{заг}}}{\cos \phi}$$

Детальніше розрахунки можна побачити у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Розрахунки по вибору перерізів проводів лінії 0,38 кВ

№ ділянки	Активн е наванта ження (день), кВт	cos φ (де нь)	Повна потуж ність (день), кВА	Активн е наванта ження (вечір), кВт	cos φ (ве чір)	Повна потуж ність (вечір) , кВА	Наванта ження для розраху нку, кВА	Тип пров оду	Паді ння напр уги, ΔUφ , %	Накоп ичене падінн я, ΣΔUφ, %
0-1	540,66	0,9 2	497,41	540,66	0,9 6	519,03	519,03	АС- 400	0,50	0,50
1-2	537,78	0,9 2	494,76	537,78	0,9 6	516,27	516,27	АС- 400	0,45	0,95
2-3	473,46	0,9 2	435,58	473,46	0,9 6	454,52	454,52	АС- 300	2,01	2,96
3-4	409,14	0,9 2	376,41	409,14	0,9 6	392,77	392,77	АС- 240	1,93	4,89
4-5	344,82	0,9 2	317,23	344,82	0,9 6	331,03	331,03	АС- 185	1,87	6,76
5-6	280,50	0,9 2	258,06	280,50	0,9 6	269,28	269,28	АС- 150	1,70	8,46
6-7	216,18	0,9 2	198,89	216,18	0,9 6	207,53	207,53	АС- 120	1,47	9,93
7-8	151,86	0,9 2	139,71	151,86	0,9 6	145,78	145,78	АС- 95	1,21	11,14
8-9	87,54	0,9 2	80,54	87,54	0,9 6	84,04	84,04	АС- 50	1,04	12,18
9-10	23,22	0,9 2	21,36	23,22	0,9 6	22,29	22,29	АС- 35	0,36	12,54
10-11	20,25	0,9 2	18,63	20,25	0,9 6	19,44	19,44	АС- 35	0,32	12,86
11-12	6,75	0,9 2	6,21	6,75	0,9 6	6,48	6,48	АС- 35	0,10	12,96

Проектування повітряних ліній електропередачі напругою 0,38 кВ передбачає попередній вибір перерізу проводу за економічними інтервалами,

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

однак обраний переріз необхідно додатково перевіряти за критерієм допустимої втрати напруги. Основна вимога полягає в тому, що повна втрата напруги від початку до найвіддаленішої точки мережі не повинна перевищувати гранично допустимого значення, що для мережі 0,38 кВ зазвичай становить $\Delta U_{\phi}^{\text{доп}}=14\dots 15\%$.

Фактичне значення втрати напруги на і-тій ділянці мережі визначається за формулою:

$$\Delta U_{\phi} = \left(\frac{P_i \cdot r_i + Q_i \cdot x_i}{U_n^2} \right) \cdot 10 \cdot 100\%$$

де:

- P_i — активна потужність ділянки, кВт (береться як максимум з P_d , P_B);
- Q_i — реактивна потужність ділянки, кВАр, розраховується за співвідношенням:

$$Q_i = \sqrt{S_i^2 - P_i^2}$$

- r_i, x_i — активний і реактивний опори відповідної ділянки, Ом;
- U_n — номінальна лінійна напруга, В;
- S_i — повна потужність ділянки, кВА.

Опори ділянки обчислюються з урахуванням питомих опорів проводу та довжини відрізка:

$$r_i = r_{0i} \cdot L_i, \quad x_i = x_{0i} \cdot L_i$$

де r_{0i}, x_{0i} — питомі активні та реактивні опори, відповідно, Ом/км, а L_i — довжина ділянки, км.

Для найпоширеніших марок проводів АС приймаються наступні питомі опори представлені у таблиці 5.2.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Питомі опори для найпоширеніших марок проводів АС

Тип проводу	r_{0i} , Ом/км	x_{0i} , Ом/км
АС-400	0,055	0,35
АС-300	0,072	0,36
АС-240	0,089	0,37
АС-185	0,116	0,38
АС-150	0,139	0,39
АС-120	0,167	0,40
АС-95	0,214	0,41
АС-50	0,375	0,42
АС-35	0,527	0,43

Для провідників із кольорових металів (наприклад, алюмінієвих сплавів) у мережах 0,38 кВ у розрахунках допустимо приймати реактивний опір $x_0=0,35\text{Ом/км}$.

Для оцінки відповідності вимогам напруги на споживачі складається допоміжна таблиця, у яку заносяться: довжина кожної ділянки, обрана марка проводу, активна й повна потужність, питомі та загальні опори, а також обчислене значення втрати напруги по кожному відрізьку.

Підсумовування втрат по всіх ділянках дозволяє обчислити повне падіння напруги по трасі. Якщо сумарна втрата $\sum \Delta U \leq 15\%$, то обрані перерізи провідників вважаються допустимими. У разі перевищення норми виконується коригування перерізу окремих ділянок у напрямку збільшення.

Фактична втрата напруги на 0-1 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{540,66^2 - 519,03^2} = 151,4$$

$$r_1 = 0,055 * 0,01 = 0,00055$$

$$x_1 = 0,35 * 0,01 = 0,0035$$

$$\Delta U_{в} = \left(\frac{519,03 * 0,00055}{0,4} + \frac{151,4 * 0,0035}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 0,5$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших ділянок мережі. Результати розрахунків фактичної втрати напруги записують у таблиці. Фактична втрата напруги на 1-2 - й ділянці лінії (%)

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$Q_1 = \sqrt{537.78^2 - 516.27^2} = 150.57$$

$$r_1 = 0,055 * 0,01 = 0,00055$$

$$x_1 = 0,35 * 0,01 = 0,0035$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{516.27 * 0,00055}{0,4} + \frac{150.27 * 0,0035}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 0,45$$

Фактична втрата напруги на 2-3 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{473.46^2 - 454.52^2} = 132,57$$

$$r_1 = 0,072 * 0,04 = 0,00288$$

$$x_1 = 0,36 * 0,04 = 0,0144$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{454,52 * 0,00288}{0,4} + \frac{132,57 * 0,0144}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 2,01$$

Фактична втрата напруги на 3-4 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{409,14^2 - 392,77^2} = 114,57$$

$$r_1 = 0,072 * 0,04 = 0,0089$$

$$x_1 = 0,36 * 0,04 = 0,37$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{392,77 * 0,0089}{0,4} + \frac{114,57 * 0,37}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 1,93$$

Фактична втрата напруги на 4-5 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{344,82^2 - 331,03} = 96,54$$

$$r_1 = 0,116 * 0,04 = 0,00464$$

$$x_1 = 0,38 * 0,04 = 0,0152$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{331,03 * 0,00464}{0,4} + \frac{96,54 * 0,0152}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 1,87$$

Фактична втрата напруги на 5-6 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{280,5^2 - 269,28^2} = 78,54$$

$$r_1 = 0,0139 * 0,04 = 0,00556$$

$$x_1 = 0,39 * 0,04 = 0,0156$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{269,28 * 0,00556}{0,4} + \frac{78,54 * 0,0156}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 1,7$$

Фактична втрата напруги на 6-7 - й ділянці лінії (%)

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = \sqrt{216,18^2 - 207,53^2} = 60,5$$

$$r_1 = 0,167 * 0,04 = 0,00668$$

$$x_1 = 0,40 * 0,04 = 0,016$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{207,53 * 0,00668}{0,4} + \frac{60,5 * 0,016}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 1,47$$

Фактична втрата напруги на 7-8 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{151,86^2 - 145,78^2} = 42,53$$

$$r_1 = 0,214 * 0,04 = 0,00856$$

$$x_1 = 0,41 * 0,04 = 0,0164$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{145,78 * 0,00856}{0,4} + \frac{42,53 * 0,0164}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 1,215$$

Фактична втрата напруги на 8-9 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{87,54^2 - 84,04^2} = 24,5$$

$$r_1 = 0,375 * 0,04 = 0,015$$

$$x_1 = 0,42 * 0,04 = 0,0168$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{84,04 * 0,015}{0,4} + \frac{24,5 * 0,0168}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 1,04$$

Фактична втрата напруги на 9-10 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{23,22^2 - 22,29^2} = 6,5$$

$$r_1 = 0,527 * 0,04 = 0,021108$$

$$x_1 = 0,43 * 0,04 = 0,0172$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{22,29 * 0,021108}{0,4} + \frac{6,5 * 0,0172}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 0,36$$

Фактична втрата напруги на 10-11 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{20,25^2 - 19,44^2} = 5,67$$

$$r_1 = 0,527 * 0,04 = 0,021108$$

$$x_1 = 0,43 * 0,04 = 0,0172$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{19,44 * 0,021108}{0,4} + \frac{5,67 * 0,0172}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 0,31$$

Фактична втрата напруги на 11-12 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{6,75^2 - 6,48^2} = 1,89$$

$$r_1 = 0,527 * 0,04 = 0,021108$$

$$x_1 = 0,43 * 0,04 = 0,0172$$

$$\Delta U_B = \left(\frac{6,48 * 0,021108}{0,4} + \frac{1,89 * 0,0172}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 0,10$$

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі проведено всебічне дослідження та обґрунтування системи енергопостачання для вдосконалення пташника Миронівської птахофабрики.

У ході роботи детально проаналізовано поточний стан електропостачання, виконано розрахункові освітлювання пташника, визначено оптимальні джерела світла, типи світильників і системи освітлення, що відповідають умовам підвищеної вологості та хімічної активності середовища.

Проект включає розробку схем живлення освітлювальних установок, обґрунтування вибору напруги, прокладки мережевих трас і визначення споживання кожної групи. Проведено електротехнічні розрахунки перерізу проводів, втрат напруги, а також вибір пускової та захисної апаратури з урахуванням норм ПУЕ, ПТЕ і вимог електробезпеки.

Також проведено розрахунки потужності електромережі 10 кВ, а також внутрішнього електропостачання 0,38 кВ, що дозволило визначити навантаження на трансформаторні підстанції, розрахувати короткозамкнені струми й підібрати відповідне обладнання. Запропоновані рішення забезпечують надійне, безпечне та енергоефективне функціонування електроустановок пташника.

Впровадження сучасних технологій освітлення сприяють зменшенню енергоспоживання, покращенню умов утримання птиці та підвищенню загальної продуктивності електропостачання.

Таким чином, проведена робота повністю відповідає поставленій меті і підтверджує доцільність і ефективність технічних заходів з удосконалення системи енергопостачання сільськогосподарських об'єктів.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про енергозбереження». (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, N 15, ст.126)
2. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х.: Видавництво «Форт», 2017.– 760 с.
3. Притака І.П. Електропостачання сільського господарства / І.П. Притака, В.В. Козирський. – К.: Урожай, 1995. – 343 с.
4. Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні мережі. ГКД 340.000.002–97.–К.: Міненерго України, 1997.–54 с.
5. Червінський Л.С., Шевель С.С. Експлуатація освітлювальних і опромінювальних установок в сільському господарстві. Київ, Урожай, 1990 р.
6. ДСТУ ГОСТ 15597–2008. Світильники для виробничих приміщень. Загальні технічні умови.
7. Червінський Л.С. . Сторожук Л.О. Електричне освітлення та опромінення Київ. 2011.- 226 с.
8. Галаган О.М., Бурикін Ю.О. Світлотехнічні установки та електричне освітлення. — Київ: КНУБА, 2008.
9. Сафонкін Ю.М., Кінаш І.М. Електротехнічні установки і системи освітлення. — Львів: Видавництво «Львівської політехніки», 2012.
10. Справочник з електротехніки та світлотехніки / За ред. Ільченка М.Ю., Куца І.І. — Київ: Наукова думка, 2005.11.
11. ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

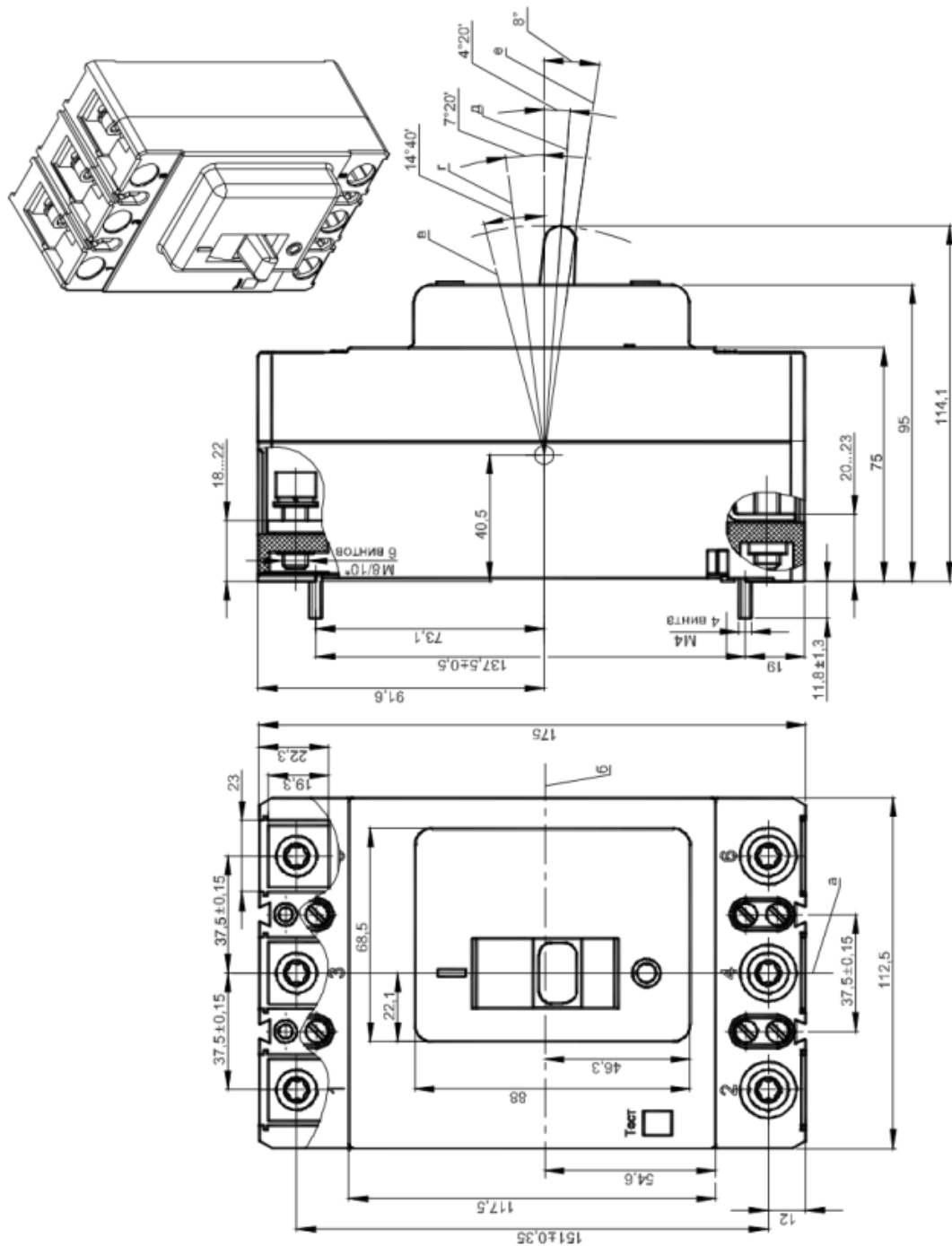
12. Офіційний сайт МХП: (<https://mhp.com.ua/uk/>) - На сайті ви знайдете загальну інформацію про холдинг, його структуру, напрямки діяльності, включаючи птахівництво.

13. Річні та квартальні звіти МХП: (<https://mhp.com.ua/uk/investors/reports-and-presentations>) - Ці документи містять детальну фінансову та операційну інформацію про діяльність компанії, включаючи обсяги виробництва, потужності, ринки збуту та інвестиції.

14. Прес-релізи та новини МХП: (<https://mhp.com.ua/uk/media-centre/news>) - Публікації про поточні події, інвестиційні проекти, впровадження нових технологій та інші важливі аспекти діяльності компанії.

15. Звіти про сталий розвиток МХП: (<https://mhp.com.ua/uk/csr/sustainability-reports>) - Містять інформацію про екологічну та соціальну відповідальність компанії, її підходи до енергозбереження, утилізації відходів та підтримки громад.

					02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2055 "С" 2024.11.18.017.ПЗ

Арк.
66