

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра електрифікації, автоматизації  
виробництва та інженерної екології  
Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

Марченко Максим Олександрович

**УДК 620.93**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Реконструкція електрифікації ферми ВРХ з удосконаленням системи  
електричного опалення**

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”  
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

---

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

**Палійчук В.К.**

к.т.н., доцент

**Житомир – 2021**

## АНОТАЦІЯ

**Марченко Максим Олександрович. Реконструкція електрифікації ферми ВРХ з удосконаленням системи електричного опалення.** – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В кваліфікаційній роботі нами був проведений короткий аналіз виробничої діяльності підприємства, дана характеристика об'єктів електрифікації, була обгрунтована тема кваліфікаційної роботи, були виявлені цілі і завдання проектування. Метою проектування стала реконструкція електрифікації ферми ВРХ з удосконаленням системи електричного опалення.

Проведений розрахунок електричного освітлення та освітлювальної мережі, розроблена схема розташування світильників і силового обладнання в корівнику, підібрана захисна апаратура і пристрій заземлення світлотехнічної установки. В ході розрахунку було виявлено, що для забезпечення освітленості ферми ВРХ в 300 лк нам необхідно розташувати 77 світильників РСП 08 з лампами 1-ESL-019/20 на тросовій проводки на території корівника, захистивши освітлювальну мережу автоматичними вимикачами ВА49-29. Мережа прокладаємо чотирижильним кабелем ВВГ з проводами перетином 2,5 мм<sup>2</sup>.

Виконаний розрахунок підлоги з електропідігрівом, в ході якого були визначені: необхідний крок укладання дроту (0,07 м), марка дроту (ПОСХП), необхідна його довжина (3143 м.). Також були представлені заходи для захисту електрообладнання і забезпечення безпеки експлуатації електрообладнання на фермі великої рогатої худоби.

*Ключові слова: електрифікація, електричне опалення, підлога, ферма, ВРХ*

## ANNOTATION

**Marchenko Maxim Alexandrovich. Reconstruction of cattle farm electrification with improvement of electric heating system. – Qualification work on the rights of the manuscript.**

Qualifying work for the bachelor's degree in the specialty 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics". – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

In the qualification work we conducted a brief analysis of the production activities of the enterprise, gave a description of electrification facilities, substantiated the topic of qualification work, identified the goals and objectives of design. The purpose of the design was the reconstruction of the electrification of the cattle farm with the improvement of the electric heating system.

The calculation of electric lighting and lighting network is carried out, the scheme of arrangement of fixtures and power equipment in the cowshed is developed, the protective equipment and the grounding device of the lighting installation are selected. During the calculation it was found that to ensure the illumination of the cattle farm in 300 lux we need to place 77 lamps RSP 08 with lamps 1-ESL-019/20 on cable wiring in the barn, protecting the lighting network circuit breakers BA49-29. The network is laid with a four-core VVG cable with wires with a cross section of 2.5 mm<sup>2</sup>.

The calculation of the floor with electric heating was performed, during which the required step of laying the wire (0.07 m), the brand of wire (POSHP), the required length (3143 m) were determined. Measures were also presented to protect electrical equipment and ensure the safety of operation of electrical equipment on a cattle farm.

*Key words: electrification, electric heating, floor, farm, cattle.*

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП.....   | 5  |
| РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ І ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ..... | 7  |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНИХ ПИТАНЬ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ.....    | 10 |
| РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПАЛЕННЯ.....                 | 17 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....   | 28 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....  | 29 |
| ДОДАТКИ.....   | 31 |

## ВСТУП

Для успішного розвитку агропромислового виробництва, для його ефективного функціонування необхідне застосування сучасного обладнання в сукупності з кваліфікованою його експлуатацією.

Тваринництво є найважливішою ланкою агропромислового комплексу. Ця галузь дає людині цінні продукти харчування, а також сировину для промисловості.

Тваринницькі ферми є сільськогосподарські спеціалізовані підрозділи господарств і промислових підприємств, призначені для утримання і вирощування худоби з метою виробництва певного виду продукції (м'яса, молока). Одним з важливих джерел, що дозволяють в короткий час збільшити структуру сільськогосподарської промисловості, є молочне тваринництво.

Застосування інноваційних технологій електрифікації і автоматизації в процесах створення оптимальних умов мікроклімату дає значний економічний ефект. Особливо це проявляється в тваринництві, так як оптимальний мікроклімат сприяє збільшенню виробництва тваринницької продукції, зниження ризику захворюваності серед тварин, а також дозволяє економно і ефективно використовувати енергетичні ресурси підприємства.

**Об'єкт дослідження:** методи проектування енергетичних і електричних систем тваринницьких комплексів.

**Предмет дослідження:** закономірності впливу технологічних, енергетичних та конструктивних параметрів складових частин системи електричного опалення на загальну схему укладання підлоги з електропідігрівом.

### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Палійчук В. К., Марченко М., Матвійчук Д. Пристрої вбудованого температурного захисту. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-практичної

конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК, . С. 160.

2. Палійчук В. К., Колотило М. В., Матвійчук Д. Ю., Пасічник Є. А., Лясоцький С. С., **Марченко М. В.** Електропостачання автономних об'єктів сільського господарства. *Інноваційні технології в АПК*: збірник тез доповідей VIII всеукраїнської науково-практичної конференції, 20-21 травня 2021 р., м. Луцьк. Луцьк: Луцький НТУ, 2021. С. 93-95.

3. Палійчук В. К., Колотило М. В., Матвійчук Д. Ю., Пасічник Є. А., Лясоцький С. С., **Марченко М. В.** Використання акумуляторного резерву в системах автономного електропостачання сільськогосподарських споживачів. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників, м. Умань 20 травня 2021 р. Умань: ВПЦ «Візаві», 2021. С. 190-192

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати роботи можуть бути впровадженні в тваринницьких комплексах Житомирської області.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 35 сторінок комп'ютерного тексту (основного тексту 22 сторінки), містить 3 таблиці і 6 рисунків.

**РОЗДІЛ 1**  
**ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ І ЗАДАЧІ**  
**ПРОЕКТУВАННЯ**

Реконструкції електрифікації ферми ВРХ будемо проводити на фермі ВРХ в умовах ПАФ «Єрчики» Житомирської області. Аналіз витрат електричної енергії по фермам ВРХ за 2019-2020 рік представлений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Аналіз витрат електричної енергії по фермам ВРХ, кВт/год

| Показники                  | Ділянка №1 |       |       |       |
|----------------------------|------------|-------|-------|-------|
|                            | 2019       | 2020  | +/-   | %     |
| Загальна витрата           | 57864      | 56136 | -1728 | 97,0  |
| Витрати на 1 центнер надою | 29,5       | 30,1  | 0,6   | 102,0 |
| Ділянка № 2                |            |       |       |       |
| Загальна витрата           | 21373      | 20588 | -785  | 96,3  |
| Витрати на 1 центнер надою | 10,6       | 9,3   | -1,3  | 87,7  |
| Ділянка № 3                |            |       |       |       |
| Загальна витрата           | 24256      | 26133 | 1877  | 107,7 |
| Витрати на 1 центнер надою | 19,2       | 20,2  | 1     | 105,2 |
| Ділянка № 3                |            |       |       |       |
| Загальна витрата           | 52740      | 65640 | 12900 | 1243  |
| Витрати на 1 центнер надою | 21,2       | 26,4  | 5,2   | 124,5 |

Аналіз витрат електричної енергії по молочним комплексам представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Аналіз витрат електричної енергії по молочним комплексам, кВт/год.

| Показники           | Комплекс 1 |        |        |       |
|---------------------|------------|--------|--------|-------|
|                     | 2014       | 2015   | +/-    | %     |
| Загальна витрата    | 738794     | 727666 | -11128 | 98,5  |
| на молоко           | 569244     | 601323 | 32079  | 105,6 |
| на 1 центнер молока | 6,6        | 7,0    | 0,4    | 106,1 |
| Комплекс 2          |            |        |        |       |
| Загальна витрата    | 624205     | 593365 | -30840 | 95,1  |
| на молоко           | 527854     | 490494 | -37360 | 92,9  |
| на 1 центнер молока | 7,0        | 6,1    | -0,9   | 87,1  |
| Комплекс 2          |            |        |        |       |
| Загальна витрата    | 481205     | 512781 | 31576  | 106,6 |
| на молоко           | 417769     | 466259 | 48490  | 111,6 |
| на 1 центнер молока | 8,3        | 8,9    | 0,6    | 107,2 |

Провівши аналіз енергозатрат на підприємстві ПАФ «Єрчики» Житомирської області нами була виявлена необхідність реконструкції електрифікації, щоб домогтися більш високих і стабільних показників продуктивності тваринницької галузі. Основний напрямок реконструкції – це вдосконалення системи опалення тваринницького приміщення. Допоміжна реконструкція спрямована на перерахунок силових і освітлювальних мереж і обладнання кормораздачі.

**Мета** – реконструкція електрифікації ферми ВРХ з удосконаленням системи електричного опалення.

**Завдання проектування:** 1.Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи. 2. Розробка загальних питань електрифікації. 3.Розробка системи електричного обігріву.



## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНИХ ПИТАНЬ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ

Розрахунок електричного освітлення та освітлювальної мережі проводиться для тваринницького приміщення (корівник на 100 голів прив'язного утримання), джерело оптичного випромінювання нами обрана компактна люмінесцентна лампа (КЛЛ). Необхідний рівень штучної освітленості у поїлок і кормового столу повинен бути в межах 200-300 лк.

Для даного приміщення джерелом оптичного випромінювання є КЛЛ. Тому вибираємо світильник РСП08x250/Г03-10(02) з кривою силою світла(КСС) типа Г – рівномірна ( $\lambda_a = 1,0$ ;  $\lambda_c = 0,9$ ).

Приймаємо величину  $\lambda = 0,9$  [2].

Визначимо оптимальну відстань між світлотехнічними приладами (далі СП) по формулі:

$$L = \lambda \cdot h, \quad (2.1)$$

де  $h$  – розрахункова висота, м. Приймаємо  $h = 3$  м;

$\lambda$  – параметр, що характеризує економічність світлотехнічної установки, ставлення  $L:h$ .

Оптимальна відстань між СП, відповідно:

$$L = 0,9 \cdot 3 = 2,7 \text{ м.}$$

Визначаємо оптимальну кількість рядів для розташування світильників:

$$n_p = \frac{B}{L}, \quad (2.2)$$

де  $B$  – ширина приміщення,  $B = 21$  м.

Так як нам необхідно забезпечити освітленість тільки в стійлових приміщеннях корівника, то приймемо значення  $B = 18$  м.

Для даного приміщення оптимальним є розташування СП в 7 рядів.

Число світильників в ряду визначимо за формулою:

$$n_c = \frac{A}{L}, \quad (2.3)$$

де  $A$  - довжина приміщення,  $A = 42\text{м}$ .

Так як нам необхідно забезпечити освітленість тільки в стійловий приміщеннях корівника, то прийемо значення  $A = 30\text{м}$ .

Число світильників в ряду дорівнює:

$$n_c = \frac{30}{2,7} = 11,1.$$

Отже, в ряду встановлюємо 11 світильників. Загальна кількість світильників робочого освітлення на проектованій ділянці 77.

Визначаємо контрольну точку (точку, в якій показник освітленості буде найменшим) і розраховуємо для неї умовне опромінення (освітленість), використовуючи графік лінійних ізолюксів для обраного світильника (рис.2.1).

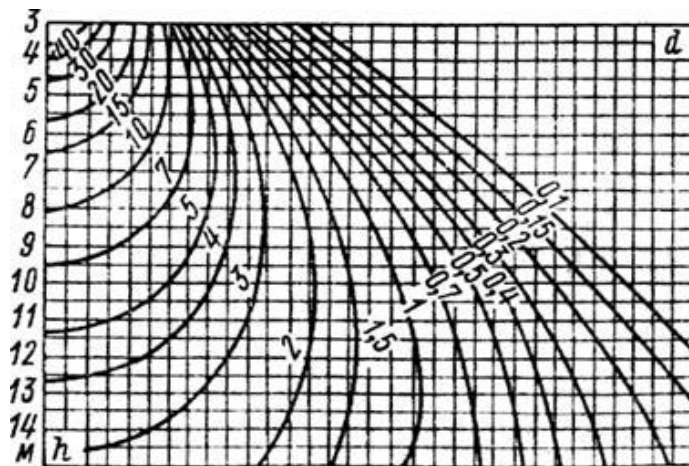


Рис. 2.1. Графік ізолюкс для світильника РСП 08 КСС типу Г.

В даному випадку СП розташовуються в вершинах прямокутників, тому виберемо контрольну точку (точка А) як показано на рис. 2.2 і визначимо освітленість в даній точці.

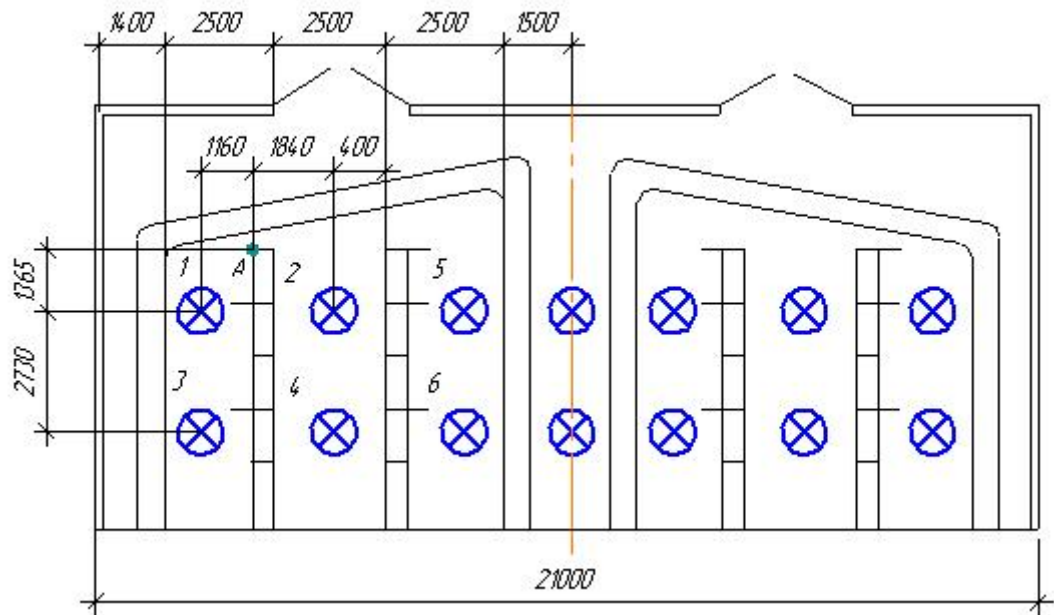


Рис. 2.2. Вибір контрольної точки в корівнику на 100 голів.

Відстань від контрольної точки до світильника знайдемо за формулою:

$$d_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}, \quad (2.4)$$

де  $a_i$  – відстань по довжині від контрольної точки до відповідного світильника, м.;

$b_i$  – відстань по ширині від контрольної точки до відповідного світильника, м.

Для точки А (див. рис. 2.1):

$$d_1 = \sqrt{1,365^2 + 1,16^2} = 1,8 \text{ м.} \quad e_1 = 28 \text{ лк.}$$

$$d_2 = \sqrt{1,365^2 + 1,84^2} = 2,3 \text{ м.} \quad e_2 = 20 \text{ лк.}$$

$$d_3 = \sqrt{4,095^2 + 1,16^2} = 4,3 \text{ м.} \quad e_3 = 1,7 \text{ лк.}$$

$$d_4 = \sqrt{4,095^2 + 1,84^2} = 4,3 \text{ м.} \quad e_4 = 1,7 \text{ лк.}$$

$$d_5 = \sqrt{1,365^2 + 4,74^2} = 4,9 \text{ м.} \quad e_5 = 0,9 \text{ лк.}$$

$$d_6 = \sqrt{4,095^2 + 4,74^2} = 6,2 \text{ м.} \quad e_6 = 0,1 \text{ лк.}$$

Умовну освітленість, яка створена в контрольній точці сумарною дією «найближчих» світильників знайдемо за формулою:

$$\sum e = e_1 + \dots + e_i, \quad (2.5)$$

де  $e_i$  – умовна освітленість, яка створюється відповідним світильником, лк.

$$\sum e = 28 + 20 + 1,7 + 1,7 + 0,9 + 0,1 = 52,4 \text{ лк.}$$

Необхідний світловий потік для лампи, яка встановлюється в світильнику складе:

$$\Phi = \frac{1000 \cdot E \cdot k}{\mu \sum e}, \quad (2.6)$$

де  $E$  – необхідна освітленість в контрольній точці, лк. Приймаємо  $E = 300$  лк;

$k$  – коефіцієнт запасу. Приймаємо  $k = 1,5$ ;

$\mu$  – коефіцієнт, що враховує дію більш далеких світильників і відбиту складову. Приймаємо  $\mu = 1,2$ .

Для точки А необхідний світловий потік для лампи, яка встановлюється в світильнику складе:

$$\Phi_A = \frac{1000 \cdot E \cdot k}{\mu \sum e} = \frac{1000 \cdot 75 \cdot 1,5}{1,2 \cdot 52,4} = 1800 \text{ лм.}$$

Підбираємо найближчу стандартну КЛЛ [3], потік якої може відрізнятись від значення, розрахованого для контрольної точки А ( $\Phi = 1800$  лм), в межах від мінус 10% до + 20%, з літературних джерел вибираємо лампу. Дана умова задовольняє лампа 1-ESL-019/020, світловий потік якої дорівнює 2050 лм, потужність – 32 Вт.

Висновок: СТУ складається з 7 рядів, в кожному ряду по 11 світильників РСП08x250 / Г03-10 (02) з КЛЛ загального призначення.

Світильники розташуємо на тросовій проводці.

Тросові електропроводки можуть виконуватися кабелями і проводами, які прокладаються по тросу (діаметром 1,9 – 6,5 мм) або дроті (сталевий оцинкованої або гарячекатаної, що має лакофарбове покриття, діаметром 5,8 - 8 мм), а також спеціальними проводами (АРТ, АВТ, АВТСо).

Розрахункове навантаження освітлювальної мережі:

$$P = P_C \cdot n, \quad (2.7)$$

де  $P_C$  – встановлена потужність світильника, Вт;

$n$  – кількість світильників на проектованій ділянці.

$$P = P_L \cdot n = 32 \cdot 77 = 3080 \text{ Вт.}$$

Для кожної з фаз трифазних мереж з нулем, при нерівномірному навантаженні струм буде дорівнює:

$$I = \frac{P_C \cdot n}{U_\phi \cdot \cos\varphi}, \quad (2.8)$$

де  $U_\phi$  – фазна напруга мережі живлення, В;

$\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності навантаження. Приймаємо  $\cos\varphi = 0,9$  [3].

$$\text{Для фази «А»: } I_A = \frac{32 \cdot 26}{220 \cdot 0,9} = 4,2 \text{ А.}$$

$$\text{Для фази «В»: } I_B = \frac{32 \cdot 26}{220 \cdot 0,9} = 4,2 \text{ А.}$$

$$\text{Для фази «С»: } I_C = \frac{32 \cdot 25}{220 \cdot 0,9} = 4,04 \text{ А.}$$

Струм для фаз «А», «В» буде найбільшим, тому приймемо значення  $I=4,2\text{А}$ .

З таблиці в довідковій літературі вибираємо періз провідників по нагріванню: допустимий тривалий струм для алюмінієвої жили чотирьох одножильних проводів перетином  $2,5 \text{ мм}^2$  становить 19 А. За механічної міцності можна вибрати переріз алюмінієвої жили менше  $2,5 \text{ мм}^2$ . Тому вибираємо чотирьохжильний кабель АВВГ.

Втрата напруги в мережі визначається за формулою:

$$\Delta U = I \cdot R, \quad (2.9)$$

де  $R$  – опір проводу, Ом.

Опір проводу знайдемо за формулою:

$$R = \rho \frac{L}{S \cdot 10^{-6}}, \quad (2.10)$$

де  $L$  – довжина лінії, м. Приймаємо  $L = 52 \text{ м}$ ;

$\rho$  – питомий опір провідника з алюмінію,  $\rho = 33 \cdot 10^{-9} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

Опір дроту складе:

$$R = 33 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{52}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 0,7 \text{ Ом.}$$

Втрата напруги в лінії:

$$\Delta U = 4,2 \cdot 0,7 = 2,94 \text{ В.}$$

Втрата напруги, виражена у відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\phi}} \cdot 100\% . \quad (2.11)$$

$$\Delta U\% = \frac{2,94}{220} \cdot 100\% = 1,67\% .$$

Потеря напряжения, выраженная в процентах:

В освітлювальних мережах з глухим заземленням нейтралі має бути забезпечено надійне відключення захисним апаратом однофазного короткого замикання:

$$I_K / I_A \geq k, \quad (2.12)$$

де  $I_K$  - найменша величина струму однофазного короткого замикання, А;

$I_A$  - номінальний струм апарату захисту, А;

$k$  – мінімально допустима кратність струму короткого замикання по відношенню до номінального струму апарату захисту.

Для одного ряду СП виберемо автоматичний вимикач ВА49-29, для якого:

номінальний струм 63 А, трьохполюсний з електромагнітними розщеплювачами струму;

номінальний струм теплового розщеплювача  $I_{\text{ном.р}} = 4,0$  А;

номінальний струм спрацьовування теплового розщеплювача:

$$1,25 \cdot I_{\text{ном.р}} = 1,25 \cdot 4,0 = 5,0 \text{ А;}$$

номінальний струм спрацьовування електромагнітного розщеплювача:

$$12 \cdot I_{\text{ном.р}} = 12 \cdot 4,0 = 48,0 \text{ А.}$$

Струм однофазного короткого замикання (КЗ) визначається за формулою:

$$I_K = \frac{U_\phi}{Z_\Pi + Z_T/3}, \quad (2.13)$$

де  $U_\phi$  – фазна напруга мережі,  $U_\phi = 220$  В;

$Z_T$  – повний опір силового живильного трансформатора, Ом. Приймаємо  $Z_T = 0,31$  Ом;

$Z_\Pi$  – повний опір петлі фаза-нуль лінії до найбільш віддаленої точки мережі, Ом.

У нашому випадку повний опір силового живильного трансформатора:

$$Z_\Pi = 2 \cdot R. \quad (2.14)$$

$$Z_\Pi = 1,4 \text{ Ом.}$$

Струм однофазного КЗ:

$$I_K = \frac{220}{1,4 + 0,31/3} = 146,3 \text{ А.}$$

Так як обраний автоматичний вимикач з нерегульованими розщеплювачами, то прийmemo мінімально допустиму кратність струму  $k = 1,0$ .

Перевіряємо автоматичний вимикач на відключення захисним апаратом однофазного короткого замикання:

$$I_K / I_A \geq k \cdot \Rightarrow 146,3 / 63,0 \geq 1,0 \Rightarrow 2,32 \geq 1,0.$$

Умова виконується, значить, обраний автоматичний вимикач підходить для проектованої СТУ.

Для захисту людей і тварин повинно бути виконано автоматичне відключення живлення із застосуванням системи TN-C-S [4]. Поділ PEN-провідника на нульовий захисний (PE) і нульовий робочий (N) провідники слід виконувати на ввідному щитку.

Переріз PE провідників повинен дорівнювати перерізу фазних при перетині останніх до 16 мм<sup>2</sup>, 16 мм<sup>2</sup> при перетині фазних провідників від 16 до 35 мм<sup>2</sup> і 50% перерізу фазних провідників при більших перерізах.

Переріз PE провідників, які не входять до складу кабелю, має бути не менше 2,5 мм<sup>2</sup> – при наявності механічного захисту і 4 мм<sup>2</sup> - при її відсутності.

У всіх приміщеннях необхідне приєднувати відкриті провідні частини світильників загального освітлення до нульового захисного провідника.

Фазні дроти, провід N і провід PE знаходиться в гнучкою армованої трубі з пластика, а значить механічний захист дроти PE забезпечена.

Так як СП в проектованої СТУ живляться від трифазної чьотирьох лінії, то нульові робочі (N) провідники повинні мати переріз, який дорівнює перерізу фазних провідників, тобто  $s(N) = 2,5 \text{ мм}^2$ . Переріз PE провідників дорівнювати перерізу фазних, тобто  $s(PE) = 2,5 \text{ мм}^2$ .

### **Висновки по розділу**

В даному розділі нами був проведений розрахунок електричного освітлення та освітлювальної мережі, розроблена схема розташування світильників і силового обладнання в корівнику, а також підібрана захисна апаратура і пристрій заземлення світлотехнічної установки.



### РОЗДІЛ 3

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПАЛЕННЯ

Мікроклімат як сукупність умов зовнішнього середовища відіграє величезну роль в життєдіяльності тварин. Величезний вплив на продуктивність тварин разом з освітленістю приміщення надають волого-температурний режим, швидкість руху і склад повітря в приміщенні [5].

Нормами технологічного проектування ферм великої рогатої худоби (НТП-СХ-4-72) передбачені параметри повітря, які повинні забезпечуватися системами опалення та вентиляції.

Недостатній обмін повітря не забезпечує видалення з приміщення водяної пари і шкідливих газів. Зайва подача повітря призводить до великої витрати тепла на його нагрівання, що пов'язано зі збільшенням витрат електроенергії і витрат на обладнання опалювально-вентиляційних систем.

Найбільш раціональними областями застосування електричного обігріву слід вважати виведення і вирощування молодняка тварин (телятники, пологові відділення та ін.), Що містять елітних, високопродуктивних і хворих тварин і використання електрообігрівальних установок як резервні.

За способом перетворення електричної енергії в теплову розрізняють системи прямого електрообігріву (з акумулюванням і без акумулювання тепла) і непрямого електрообігріву (теплообмінні системи вентиляції з додатковим електропідігрівом повітря або без нього, а також системи з електротеплового насосами).

По будові розрізняють системи загального і місцевого електроопалення приміщень.

Робота обігрівальних і вентиляційних установок тісно пов'язана і вимагає спільного розрахунку.

У практичних розрахунках тепловий потік (кДж / год), необхідний для електрообігріву, визначають на підставі рівняння теплового балансу [5]:

$$Q_0 = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{в}} \cdot Q_{\text{ж}} - Q_{\text{эм}} = (q_0 V + L_{\text{в}} \rho_{\text{в}} c_{\text{в}}) \cdot (\vartheta_{\text{в}} - \vartheta_{\text{н}}) - q_{\text{ж}} N - \sum P_{\text{эм}} - 3600, \quad (3.1)$$

де  $Q_{\text{огр}}$ ,  $Q_{\text{в}}$ ,  $Q_{\text{ж}}$  и  $Q_{\text{эм}}$  – кількість тепла, що втрачається через огорожі, що бура вентиляваним повітрям, що виділяється тваринами і засобами місцевого електробогрева, кДж / год;

$q_0$  – теплова характеристика приміщення,  $q_0 = 2,5$  кДж/(м<sup>3</sup>·ч·°С);

$V$  – об'єм приміщення по зовнішньому обміру,  $V = 2500$  м<sup>3</sup>;

$L_{\text{в}}$  – мінімально допустимий повітрообмін, м<sup>3</sup>/год;

$\rho_{\text{в}}$  – щільність повітря при температурі  $\vartheta_{\text{в}}$ ,  $\rho_{\text{в}} = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>;

$c_{\text{в}}$  – питома теплоємність повітря (тут можна прийняти рівною 1 кДж/(кг·°С);

$\vartheta_{\text{в}}$  – температура всередині приміщення,  $\vartheta_{\text{в}} = 10$  °С;

$\vartheta_{\text{н}}$  – розрахункова зовнішня температура,  $\vartheta_{\text{н}} = -20$  °С;

$q_{\text{ж}}$  – вільні тепловиділення тварин,  $q_{\text{ж}} = 2160$  кДж/(ч·гол);

$N$  – кількість тварин у приміщенні,  $N = 100$  гол .;

$\sum P_{\text{эм}}$  – сумарна потужність місцевого місцевого електрообігріву, кВт.

$$L_{\text{в}} = \frac{L' \cdot N \cdot M}{100}, \quad (3.2)$$

де  $M$  – вага тварини,  $M = 400$  кг;

$L'$  – мінімальний повітрообмін на 1 ц. маси тварини,  $L' = 17$  м<sup>3</sup>/год.

$$L_{\text{в}} = \frac{17 \cdot 100 \cdot 400}{100} = 6800 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отже, тепловий потік, необхідний для теплообогрева складе:

$$Q_0 = (2,5 \cdot 2500 + 6800 \cdot 1,3 \cdot 1,0) \cdot (10 - (-20)) - 2160 \cdot 100 = 236700 \text{ кДж/год}.$$

Потужність електроопалювальних установок:

- для системи прямого електрообігріву:

$$P_{\text{п}} = \frac{Q_0}{3600 \cdot \eta_{\text{т}}}, \quad (3.3)$$

де  $\eta_{\text{т}}$  – тепловий к.к.д. установок (0,9...0,95). Приймаємо  $\eta_{\text{т}} = 0,95$ .

$$P_{\text{п}} = \frac{236700}{3600 \cdot 0,95} = 69 \text{ кВт}.$$

Необхідна теплова потужність загального прямого електрообігріву сучасних тваринницьких приміщень в залежності від поголів'я і кліматичних умов коливається в межах від 16 до 600 кВт. У нашому випадку – 69 кВт.

Для нагріву повітря в приміщенні використовують такі прилади як електричні калорифери, панелі і нагрівальні кабелі, а в системах з проміжним теплоносієм водяні і парові калорифери, радіатори і труби.

Підлоги з електропідігрівом застосовують для місцевого і загального обігріву приміщень [6]. Вся суть цього способу обігріву полягає в тому, що в окремі ділянки підлоги (в місцях перебування тварин) або по всій площі підлоги (при загальному обігріві) закладають нагрівальні елементи з проводу (кабелю), сталевого оцинкованого дроту, металеві сітки.

Підлоги з електропідігрівом успішно застосовують в корівниках і телятниках.

Напруга живлення підлог – мережева 380/220 В або понижена 24...36 В. При живленні підлог мережевою напругою поверх зверху нагрівального дроту в бетон закладають металеву сітку-екран з розмірами вічок 50...70 мм, з'єднується з контуром заземлення будівлі або спеціально влаштовуються заземлення. Загалом має бути два заземлювача, розташованих в протилежних кутах приміщення. Заземлювачі забивають в землю на глибину не менше 3 м, рахуючи від нижніх кінців. Від стін будівлі заземлювачі повинні стояти на відстані близько 1 м.

Підлоги з електропідігрівом без сітки-екрана отримують живлення від понижуючих термостійких трансформаторів, наприклад, типу ТС-2,5 кВ-А, 380/36 В. Також знайшли застосування конструкції підлог з електропідігрівом із застосуванням нагрівальних проводів марок ПОСХВ і ПОСХП, які закладаються в товщу бетонної підлоги (рис. 3.1)

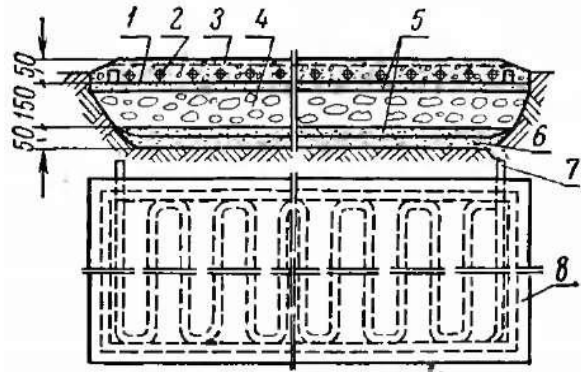


Рис. 3.1 Будова електричного обігріву підлоги з нагрівальним дротом: 1 – бетонна підлога; 2 – нагрівальний дріт; 3 – екранна металева сітка; 4 – теплоізоляція; 5 – пісок; 6 - гідроізоляція; 7 – виходи нагрівального дроту; 8 – дерев'яна рама.

Для розподілу струму між нагрівальними дротами його кінці приховано виводять на спеціальні бетонні панелі з клемними коробками.

Практичний розрахунок установки починають з визначення конфігурації і площі ділянки підлоги, що обігріваються, потім задаються значеннями температури підлоги і повітря в приміщенні і питомою поверхневою потужністю підлоги (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 Вихідні дані для розрахунку електронагріваної підлоги

| Вид тварин                    | Рекомендована температура підлоги, °C | Питома потужність підлоги, Вт/м <sup>2</sup> | Питома обігріваема площа підлоги, м <sup>2</sup> /гол | Рекомендований крок укладки дроту, м |
|-------------------------------|---------------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Корови дійні                  | 10...13                               | 150...190                                    | 2,0...2,5   | 0,15...0,2                           |
| Корови хворі (мастит, артрит) | 26...29                               | 150...200                                    | 2,0...2,5   | 0,15...0,2                           |

Загальну площу обігріваються майданчиків визначають за формулою:

$$F = N \cdot f, \quad (3.4)$$

де  $N$  – кількість тварин,  $N = 100$  гол;

$f$  – питома площа підлоги, що обігрівається,  $f = 2,2$  м<sup>2</sup>/гол.

$$F = 100 \cdot 2,2 = 220 \text{ м}^2.$$

Загальна встановлена потужність підлоги з підігрівом:

$$P = W \cdot F, \quad (3.5)$$

де  $W$  – питома потужність статі,  $W = 170 \text{ Вт/м}^2$ .

$$P = 170 \cdot 220 = 37400 \text{ Вт}.$$

При рівномірній укладці нагрівального дроту, задаючись кроком укладання нагрівальних елементів, визначають загальну довжину дроту.

Загальна довжина проводу складе:

$$l = \frac{F}{a}, \quad (3.6)$$

де  $a$  – крок укладання дроту,  $a = 0,15 \text{ м}$ .

$$l = \frac{220}{0,15} = 1467 \text{ м}.$$

Отримане значення  $l$  перевіряють виходячи з умови:

$$\Delta P = \frac{P}{l} \leq \Delta P_d, \quad (3.7)$$

де  $\Delta$  – допустима питома потужність нагрівального дроту,  $\text{Вт/м}$  (для ПОСХВ = 9...10, а ПОСХП = 12...13  $\text{Вт/м}$ ).

$$\Delta P = \frac{37400}{1467} = 25,5 \text{ Вт/м}.$$

Так як при даному етапі укладання дроту умова не виконується, зменшимо крок і виконаємо перерахунок.

Приймаємо  $a = 0,07 \text{ м}$ .

Отже загальна довжина проводу, згідно з формулою (3.6) складе:

$$l = \frac{220}{0,07} = 3143 \text{ м}.$$

Перевіряємо отримане значення  $l$ :

$$\Delta P = \frac{37400}{3143} = 11,9 \text{ Вт/м}.$$

Отримане значення допустимої питомої потужності відповідає проводу ПОСХП. Отже виконуємо укладку даними проводом. Приймаємо  $\Delta P = 12 \text{ Вт/м}$ .

Число паралельних фазових відгалужень  $z$ , на яке необхідно розділити загальну довжину  $l$ , визначають за формулою:

$$z = \frac{P}{U} \sqrt{\frac{\Delta r}{\Delta P}}, \quad (3.8)$$

де  $U$  – напруга живлення фазової гілки,  $U = 220$  В;

$\Delta r$  – електричний опір 1 м нагрівального дроту, Ом/м (для ПОСХП – 0,194 Ом/м).

Число паралельних фазових відгалужень дорівнює:

$$z = \frac{37400}{220} \sqrt{\frac{0,194}{12}} = 21.$$

Всі фазові відгалуження рівномірно розподілимо між трьома фазами.

Групове регулювання температурного режиму окремих секцій підлоги з підігрівом здійснюється за допомогою позиційних терморегуляторів з біметалічними, манометричними або напівпровідниковими чутливими елементами. Останні закладаються у верхній шар бетону на відстані не менше 0,5 м від краю статі.

У сільськогосподарських електроустановках застосовуються такі види захисно-вимикаючих пристроїв [7]:

- вбудованої температурного захисту;
- захисту електродвигунів та інших споживачів трифазного струму від роботи на двох фазах і від асиметрії міжфазних напруг;
- захисту від ураження електричним струмом.

Більшість захисних пристроїв, що відключають виконано з використанням елементів електроніки, що підвищує їх чутливість і забезпечує більш надійний захист електрообладнання, електропроводки та обслуговуючого персоналу від аварійних режимів, ніж плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі та теплові реле.

Пристрої убудованого температурного захисту (УВТЗ) призначені для захисту від перегріву електродвигунів, в обмотки яких вбудовані датчики

температури. Як датчики температури найчастіше застосовуються напівпровідникові резистори (позистори) СТ14-15 і СТ14-1А, провідність яких стрибкоподібно зменшується при температурах 105 і 130 °С відповідно. Позистори вбудовуються в лобові частини кожної фазної обмотки і з'єднуються послідовно. Температурні характеристики позисторів наведені на рис. 3.2.

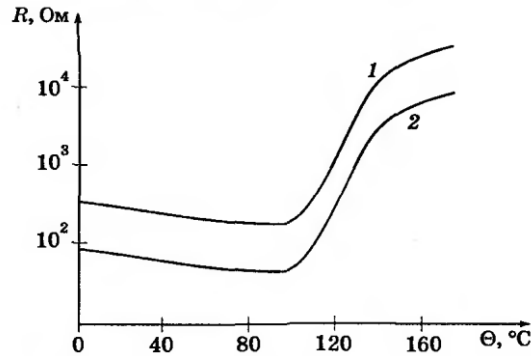


Рис. 3.2 – Температурні характеристики позисторів.

На рис. 3.3 зображена схема УВТЗ, призначеного для використання спільно з електромагнітними пускателями в трифазних мережах напругою 220/380 В.

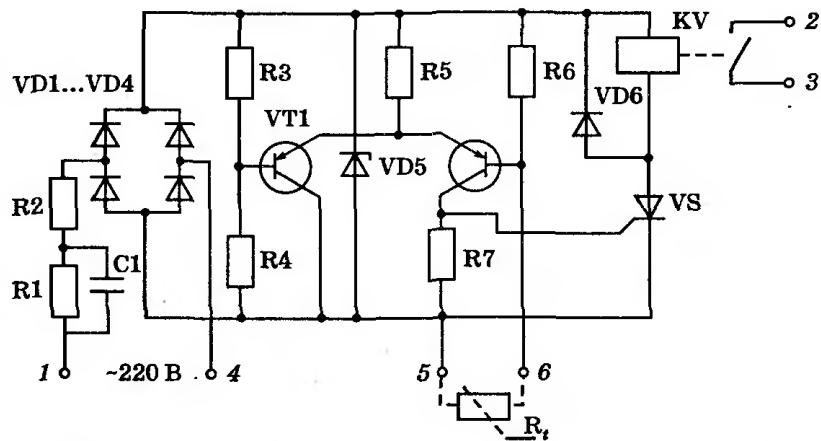


Рис. 3.3 – Принципова електрична схема УВТЗ

При нагріванні електродвигуна під час роботи під навантаженням нагріваються і позистора  $R_t$ , а їх опір збільшується. При температурах нижче 105...135 °С збільшення опору позистора  $R_t$  незначно. Транзистор VT2 при цьому відкритий, VT1 – закритий, а на керуючому електроді тиристора VS буде потенціал, позитивний щодо катода. Тиристор відкриється, спрацює реле KV, яке своїм контактом включить котушку магнітного пускача, керуючого

електродвигуном. При збільшенні температури обмоток електродвигуна вище допустимої опір позисторів різко зросте, в результаті чого транзистор VT2 закритися, а VT1 – відкриється. Закритий транзистор VT2 відключить струм управління тиристором VS, і він закритися. Котушка реле знеструмиться, а його контакти розірвуть ланцюг живлення котушки магнітного пускача, який відключить електродвигун. При обриві ланцюга датчиків температури пристрій не дозволить включити електродвигун в мережу.

Будова убудованого температурного захисту забезпечує більш ефективний захист електродвигунів від перевантаження, ніж теплові реле, які є пристроями непрямої дії, тому їх установка не завжди відповідає істинній температурі обмоток електродвигуна.

Для захисту електродвигунів, тиристорних перетворювачів та інших трифазних споживачів застосовуються реле контролю фаз ЕЛ-8, ЕЛ-10 і ін. Ці пристрої реагують на обрив однієї фази, асиметрію між фазні напругу і зворотне чергування фаз.

На рис. 3.4 приведена функціональна схема реле ЕЛ-10. Пристрій містить пороговий блок (ПБ), що включає три порогових елемента: логічну схему (ЛС), що складається з тригерів T1, T2, схеми «І» і диференцьованого RC-ланцюга; схему тимчасової затримки (СВЗ); вихідний пристрій, що складається з транзистора VT і реле KV.

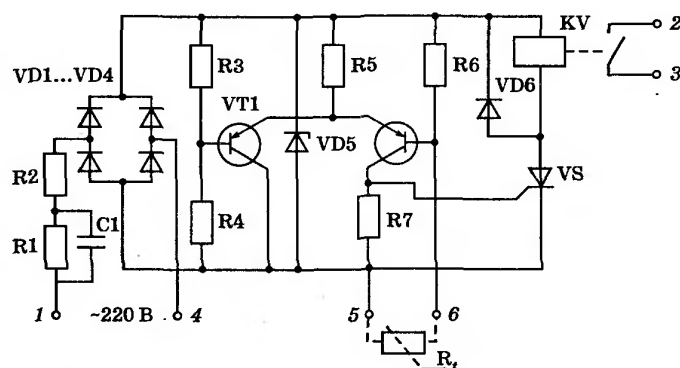


Рис. 3.4. Функціональна схема реле ЕЛ-10.

Якщо напруги всіх фаз на вході реле знаходяться в допустимих межах, то на виходах порогового блоку з'являються послідовності імпульсів,



що відповідають частоті і порядку чергування фаз трифазної напруги. На виході логічної схеми послідовність імпульсів буде тільки в тому випадку, якщо на входи реле подано трифазну напругу з прямим порядком чергування фаз. Імпульси з виходу ЛС надходять на схему тимчасової затримки, на виході якої включено вихідний пристрій з вихідним реле КV.

При неприпустимих відхиленнях фазних напруг, обриві фази, порушення чергування фаз на виході логічної схеми зникає послідовність імпульсів і після закінчення витримки часу елемент затримки видасть сигнал на відключення вихідного реле.

Перевагою реле ЕЛ-10 є простота включення в схеми захисту симетричних трифазних електроприймачів різної потужності, недоліком – те, що контроль неповнофазного режиму забезпечується тільки до місця підключення реле, в той час як фазовий струминний захист реагує на зникнення струму в будь-якому місці живлення трифазного споживача.

Система електронної безконтактного захисту призначена для захисту трифазних електродвигунів змінного струму з короткозамкненим або фазним ротором з номінальною напругою не більше 380 В потужністю від 3 до 45 кВт при наступних аварійних режимах:

- обрив будь-якого з фазних дротів;
- збільшення сили струму двигуна вище заданого значення;
- загальмування ротора електродвигуна;
- асиметрія напруг фаз електромережі понад 15%.

На вимогу замовника система може бути додатково обладнана:

- функцією передпускового контролю опору ізоляції електродвигуна;
- виносними датчиками температури;
- захистом від зменшення сили струму навантаження нижче номінального (холостий хід).

Перевагами даного пристрою в порівнянні з аналогічними пристроями захисту є:

- повна сумісність виробу з раніше випусканими комутаційними апаратами; монтаж пристрою може здійснюватися на місці теплового реле;
- простота налаштування і забезпечення контролю аварійних режимів за допомогою світлодіодів;
- можливість (за бажанням замовника) індивідуального налаштування.

Пристрої захисного відключення (УЗО), або пристрої диференційного захисту, призначені для захисту людей від ураження електричним струмом при несправності електрообладнання або при контакті з частинами електроустановки, які знаходяться під напругою, а також для запобігання спалахів і пожеж, викликаних струмами витоку і замикання на землю. Ці функції не властиві звичайним автоматичним вимикачам, що реагують лише на перевантаження або коротке замикання.

В основі дії УЗО лежить принцип обмеження тривалості проходження струму через тіло людини при ненавмисному дотику його до елементів установки, що знаходиться під напругою. У разі дотику людини до струмоведучих частини через його тіло пройде струм витоку, сила якого визначається за формулою:

$$I_{\text{чел}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{пр}} + R_{\text{заз}} + R_{\text{чел}}), \quad (3.9)$$

де  $U_{\text{ф}}$  – фазна напруга мережі,  $U_{\text{ф}} = 220$  В;  $R_{\text{пр}}$  – опір проводки, Ом;  $R_{\text{заз}}$  – опір заземлення, Ом;  $R_{\text{чел}}$  – опір людини, Ом.

При цьому опір заземлення  $R_{\text{заз}}$  і проводки  $R_{\text{пр}}$  в порівнянні з опором людського тіла  $R_{\text{чел}}$  можна знехтувати, останнє ж прийняти рівним 1000 Ом. Відповідно, сила струму витоку при напрузі  $U_{\text{ф}}$  складе 0,22 А, або 220 мА.

Іншою важливою властивістю УЗО є його здатність здійснювати захист від загоряння і пожеж через можливі пошкодження ізоляції, несправностей електропроводки та електрообладнання. Наприклад, струм силою 500 мА, що проходить через горючі матеріали, здатний викликати їх загоряння. Через дефекти ізоляції, як правило розвиваються короткі замикання, що призводять до іскріння, виникнення дуги і можливого займання конструкцій.

З нормативно-довідкової літератури з охорони праці та техніки безпеки відомо, що мінімальний струм, проходження який вже відчувається людським організмом, складає 5 мА.

Наступною нормованою величиною є так званий струм невідпускання 10 мА. При проходженні через людське тіло струму такої сили відбувається мимовільне скорочення м'язів. Електрострум силою 30 мА вже може викликати параліч дихання. Необоротні процеси, пов'язані з кровотечами і серцевою аритмією, починаються в організмі людини після проходження через його тіло струму силою 50 мА. Летальний же результат можливий при впливі струму силою 100 мА. Очевидно, що захищатися слід вже від струму силою 10 мА.

Отже, своєчасне реагування автоматики на струм силою менше 500 мА захищає об'єкт від загоряння, а на струм силою менше 10 мА – захищає людину від наслідків випадкового дотику до струмоведучих частин. Відомо також, що за струмоведучу частину, що знаходиться під напругою 220 В, можна спокійно триматися протягом 0,17 с. Якщо ж струмоведучі частини знаходяться під напругою 380 В, час безпечного торкання скорочується до 0,08 с.

Реагуючи на струми витоку на землю або захисний провідник, УЗО завчасно, до розвитку короткого замикання, відключають електроустановку від джерела живлення.

Для автоматичного відключення установки в разі витоку струму необхідні: надійне з'єднання приладів і підключення їх до заземлювача; добре виконаний заземлювач; пристрій захисного відключення.

### **Висновки по розділу**

В даному розділі нами був проведений розрахунок підлоги з електропідігрівом, в ході якого були визначені: необхідний крок укладання дроту, марка дроту, необхідна його довжина і захисне обладнання для полу з електричним підігрівом.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У першому розділі кваліфікаційної роботи нами був проведений короткий аналіз виробничої діяльності підприємства, дана характеристика об'єктів електрифікації, була обґрунтована тема кваліфікаційної роботи, були виявлені цілі і завдання проектування. Метою проектування стала реконструкція електрифікації ферми ВРХ з удосконаленням системи електричного опалення.

У другому розділі нами був проведений розрахунок електричного освітлення та освітлювальної мережі, розроблена схема розташування світильників і силового обладнання в корівнику, підібрана захисна апаратура і пристрій заземлення світлотехнічної установки. В ході розрахунку було виявлено, що для забезпечення освітленості ферми ВРХ в 300 лк нам необхідно розташувати 77 світильників РСП 08 з лампами 1-ESL-019/20 на тросової проводки на території корівника, захистивши освітлювальну мережу автоматичними вимикачами ВА49-29. Мережа прокладаємо чотирижильним кабелем ВВГ з проводами перетином 2,5 мм<sup>2</sup>.

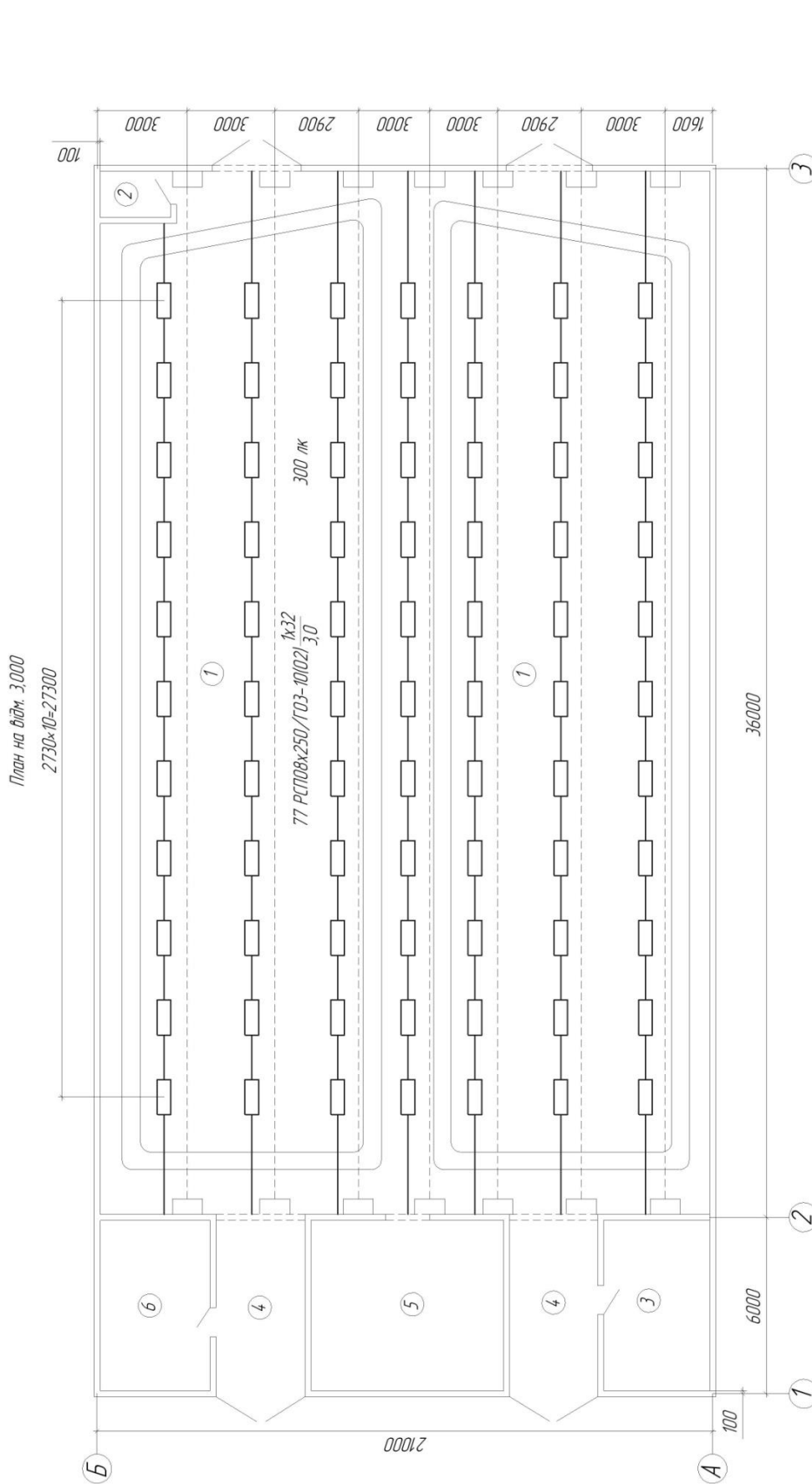
У третьому розділі нами був проведений розрахунок підлог з електропідігрівом, в ході якого були визначені: необхідний крок укладання дроту (0,07 м), марка дроту (ПОСХП), необхідна його довжина (3143 м.). Також були представлені заходи для захисту електрообладнання і забезпечення безпеки експлуатації електрообладнання на фермі великої рогатої худоби.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фоменков А. П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. Москва: Колос, 1984. – 288 с.
2. Фоменков А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. Москва : Колос, 1984. 311 с.
3. Машини та обладнання для тваринництва : посібник-практикум / за ред. Ревенко І. І. Київ : Кондор, 2011. 396 с.
4. Герасимович Л. С., Калинин Л.А., Корсаков А.В., Сериков В.К. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок. Москва: Мир, 2010. 391с.
5. Ревенко І. І. Машини і обладнання для тваринництва.Київ : Кондор, 2009. 346 с.
6. Дайнеко В.А. Электрооборудование сельскохозяйственных предприятий. Минск : Новое знание, 2008. 320с.
7. Дугин П.И. Резервы повышения производительности в сельском хозяйстве. Москва : Росагропромиздат, 2007. 240с.
8. Боцман В. В. Расчет светотехнической установки животноводческого помещения. Белгород: Из-во ФГБОУ ВО "Белгородский ГАУ", 2015. 35с.
9. Степанов В.П. Электрооборудование осветительных и облучательных установок: Справочное пособие / Минск: "Ураджай", 2007.
10. Механізація трудомістких робіт у малих фермах / [за ред Ясенцького В. А. Київ: Урожай, 1990 с.
11. Гнелин А.М. Справочник электромонтера сельского хозяйства. Москва: Колос, 2011. 213с.
12. Машини і обладнання для тваринництва: підручник для студентів аграрних навчальних закладів I-II рівнів акредитації / за ред. І. І. Ревенко. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М. 2017. 304 с.

13. Бабаханов Ю.М. Оборудование и пути снижения систем Микроклимата. Москва : Россельхозиздат, 2010. 184с.
14. Соколов Б.А. Монтаж электрических установок. Москва: "Энергоатомиздат", 2009. 224 с.
15. Ревенко І. І., Щербак В. М., ПобігунА. М. Машини та обладнання для тваринництва: практикум. Мелітополь : ТОВ "Видавничий будинок", 2010. 155 с.
16. Савченко П. И. , Гаврилюк И. А.. Практикум по электроприводу в сельском хозяйстве / Москва: Колос, 1996. 224 с.
17. Растимешин С.А.. Микроклимат животноводческих ферм. Москва : АгроНИИТЭИИТО, 1990. 143 с.
18. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга. Л., «Энергия», 1976. 384 с.

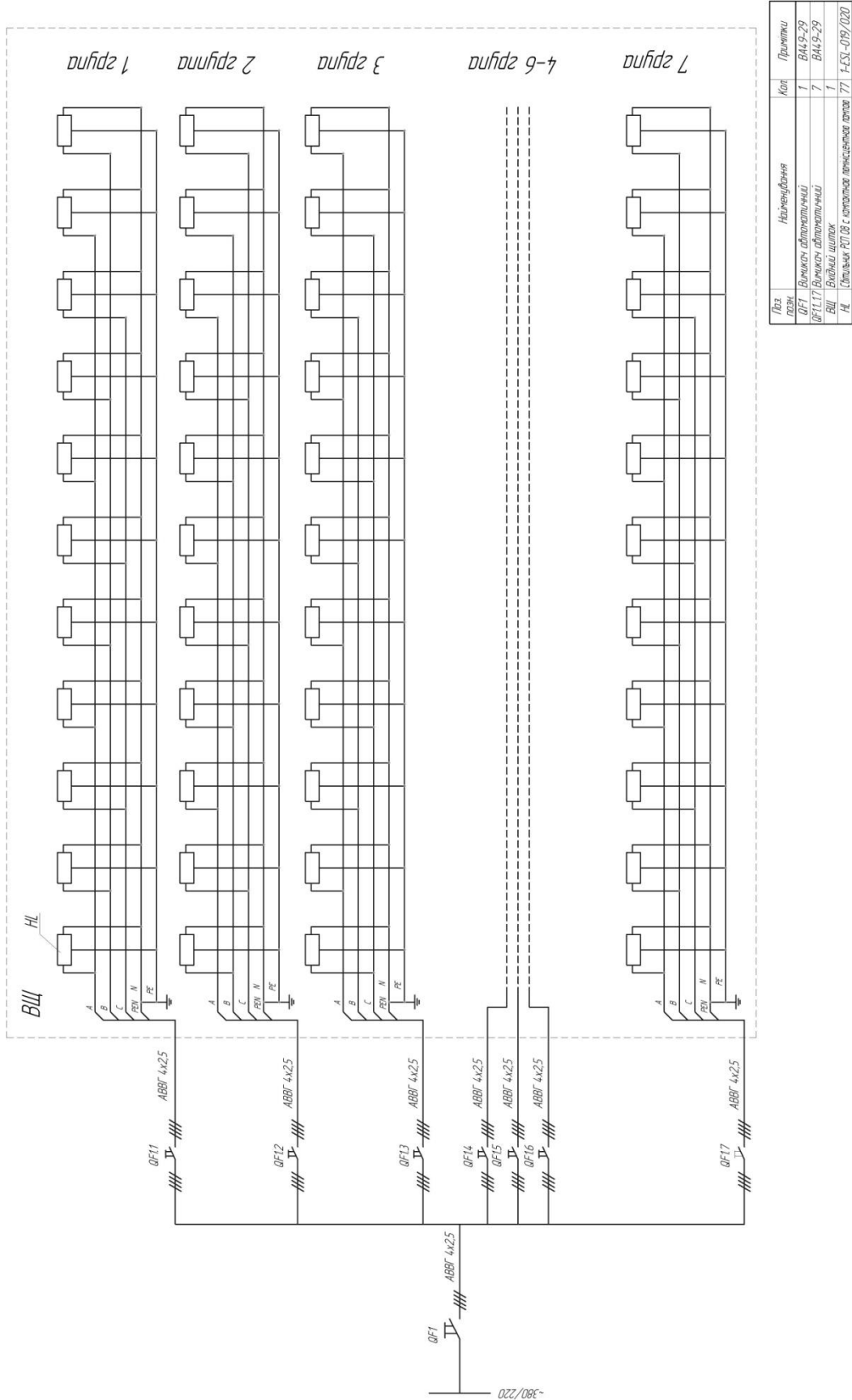
План розміщення світильників



Експликація приміщення

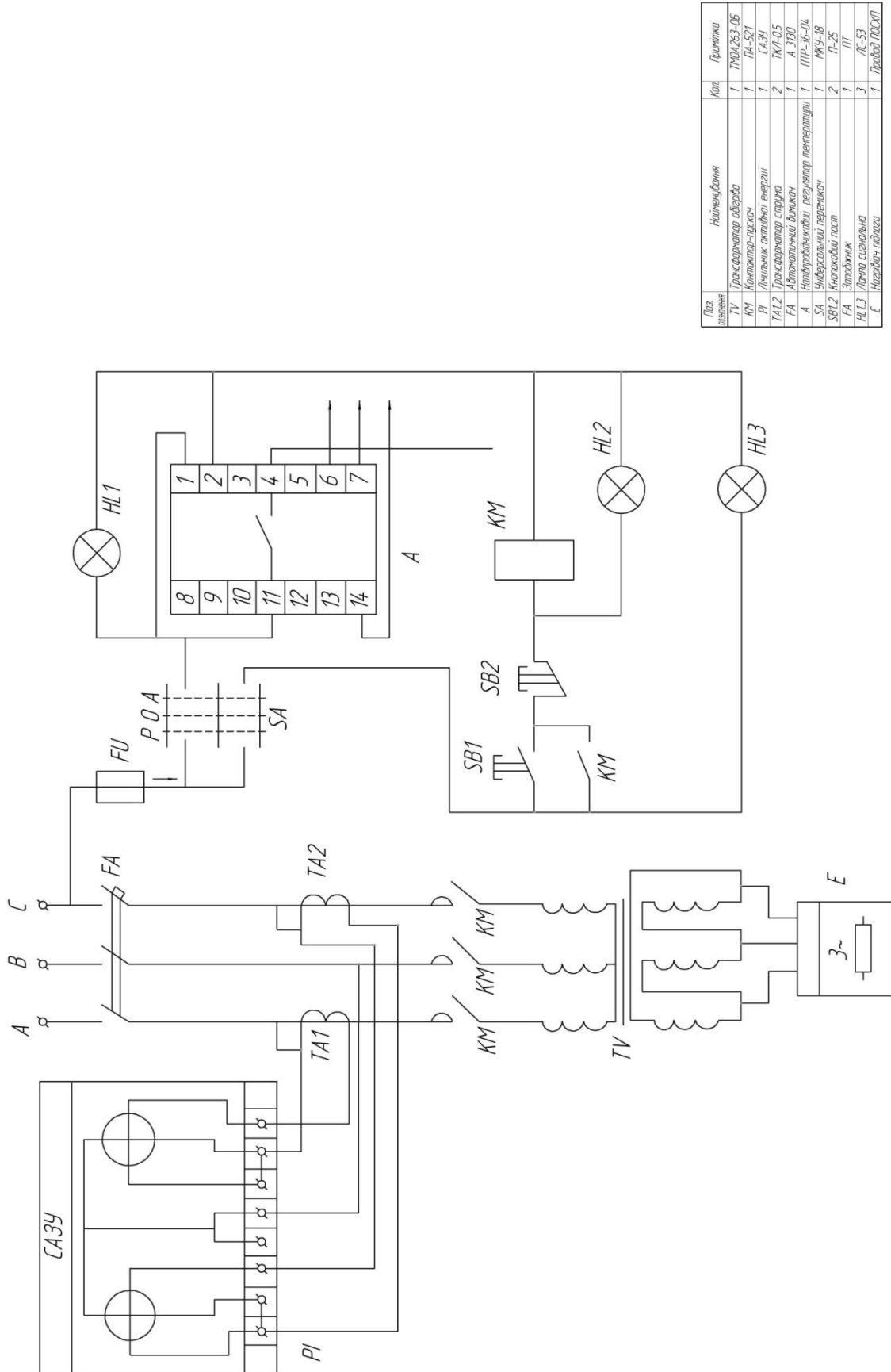
| Контр | Найменування                    | Площа м <sup>2</sup> | В-голуби (контраст) |
|-------|---------------------------------|----------------------|---------------------|
| 1     | Стійлове приміщення на 50 голуб | 350                  | В                   |
| 2     | Шляхта                          | 70                   | В                   |
| 3     | Інженерна                       | 28                   | В                   |
| 4     | Гондир                          | 30                   | В                   |
| 5     | Приміщення для зберігання кораб | 65                   | В                   |
| 6     | Велосипед                       | 40                   | В                   |

Освітлювальна мережа ВРХ





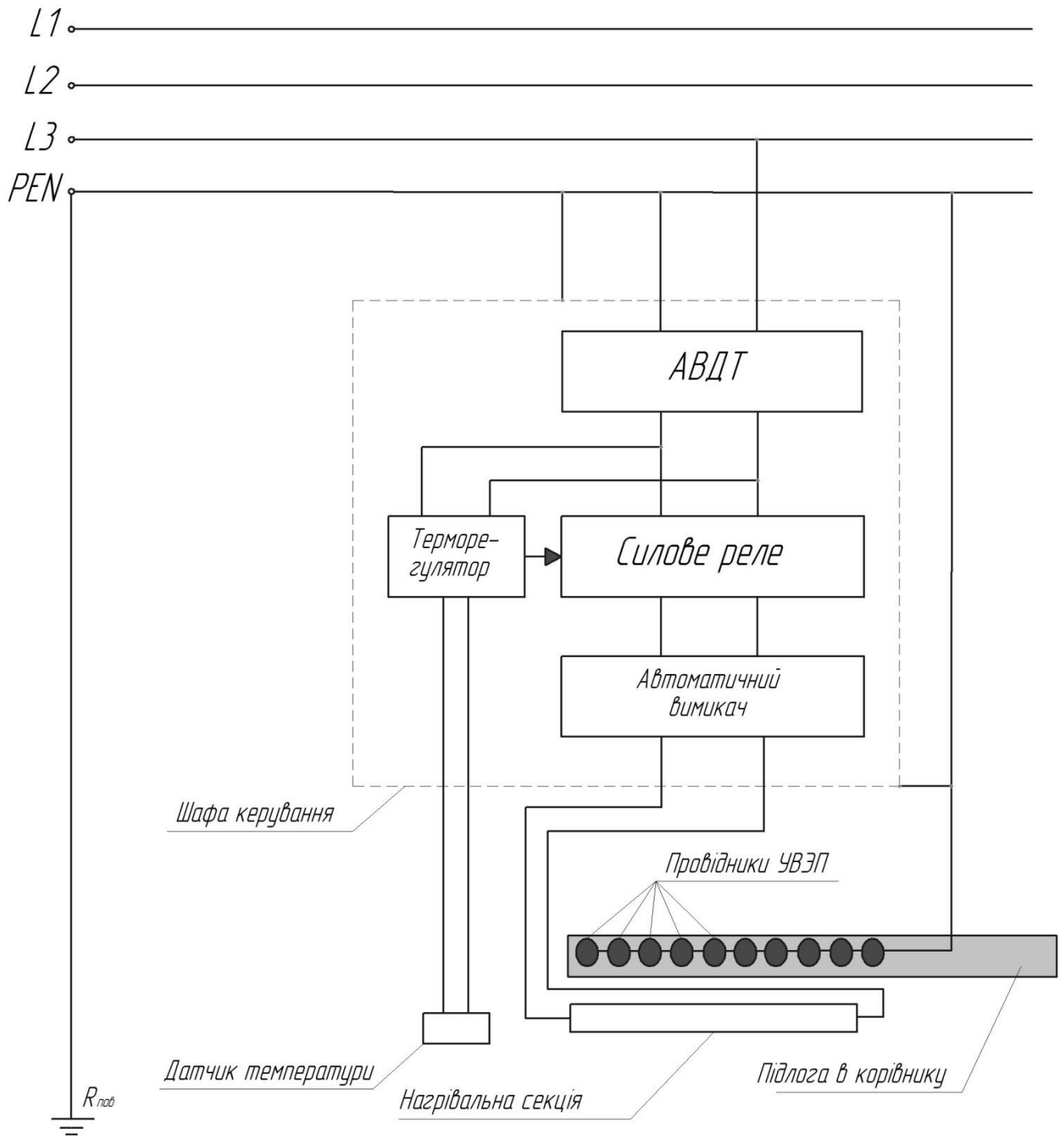
Керування температурою підлоги з електричним підігрівом



| Поз. Схеми | Найменування                             | Кол. | Примітка     |
|------------|--|------|--------------|
| TV         | Термореле                                | 1    | ТМ04263-06   |
| KM         | Контактор                                | 1    | КА-521       |
| PI         | Личинка активної енергії                 | 1    | СА91         |
| TA1,2      | Трансформатор струму                     | 2    | ТК-1-05      |
| FA         | Автоматичний вимикач                     | 1    | А 3130       |
| A          | Напівпровідниковий регулятор температури | 1    | ПТР-36-04    |
| SA         | Числовий перемикач                       | 1    | МК4-18       |
| SB1,2      | Кнопковий пост                           | 2    | П-25         |
| FA         | Запобіжник                               | 1    | ПТ           |
| HL1,2,3    | Лампа сигнальна                          | 3    | ЛС-53        |
| E          | Нагрівач підлоги                         | 1    | Пробой ПДСКП |

## Додаток Г

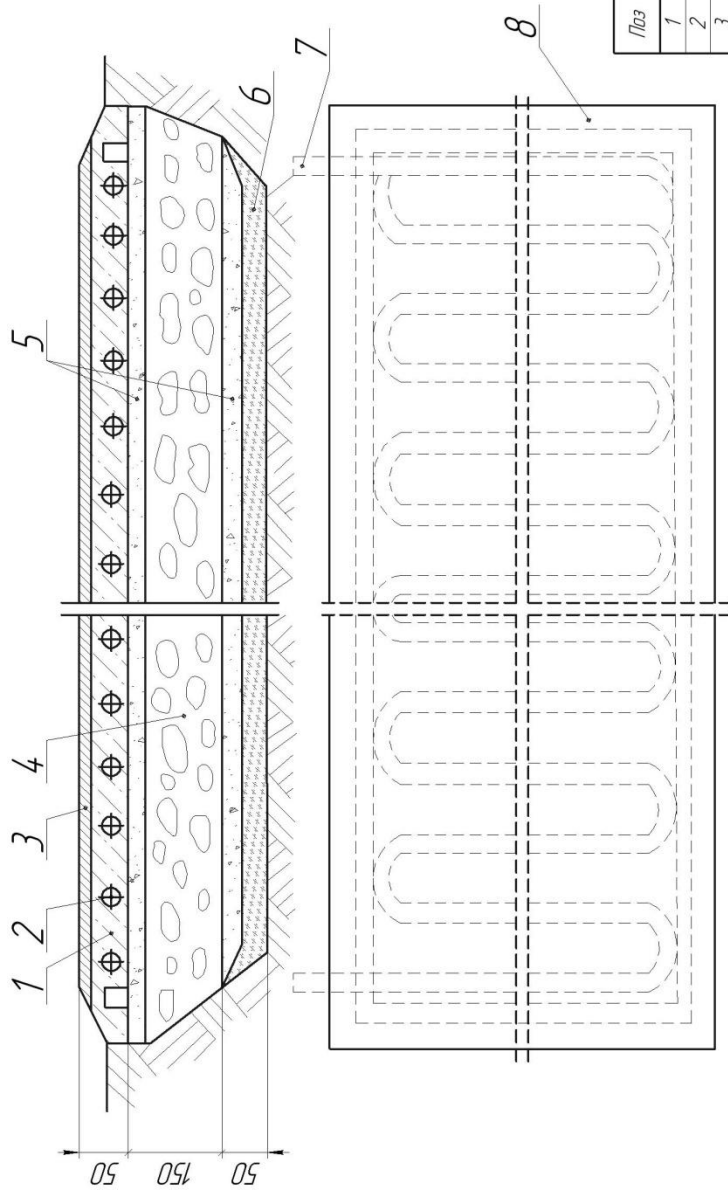
## Підключення установки розподільного обігріву



| Поз.             | Наменування                                      | Кол. | Примітка               |
|------------------|--|------|------------------------|
| АВДТ             | Автоматичний вимикач диференційного струму       | 1    | ГОСТ Р 51327.1         |
| $R_{\text{пов}}$ | Заземлювач повторного заземлення PEN- провідника | 1    | ГОСТ Р 50571.5.54-2011 |
| ЧВЗП             | Пристрій вирівнювання електричних потенціалів    | 1    | ГОСТ Р МЭК 61140       |

Додаток Д

Будова пола з електропідігрівом



| Поз | Найменування               | Кол | Примітка |
|-----|----------------------------|-----|----------|
| 1   | Бетонна підлога            | 1   |          |
| 2   | Нагрівальний дрiт          | 1   |          |
| 3   | Екран металеві сітка       | 1   |          |
| 4   | Теплоізоляція              | 1   |          |
| 5   | Пісок                      | 1   |          |
| 6   | Гідроізоляція              | 1   |          |
| 7   | Виводи нагрівального дрота | 1   |          |
| 8   | Дерев'яна рама             | 1   |          |