

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК  
СЕКЦІЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. Кафедри КН  
\_\_\_\_\_ А. С. Довбиш  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

## Кваліфікаційна робота магістра

зі спеціальності 151-Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології  
на тему:

«Система керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ»

Керівник роботи: \_\_\_\_\_ В. А. Толбатов

дипломник:  
студент гр. СУмдн-92П \_\_\_\_\_ І. В Попов

Суми – 2020 р.

Сумський державний університет

Кафедра комп'ютерних наук

Секція комп'ютеризованих систем управління

Спеціальність 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. Кафедри КН

\_\_\_\_\_ А. С. Довбиш

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра студентів  
Попову Ігорю Валерійовичу

1. Тема роботи:

Система керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ

затверджена наказом по університету

від 19 листопада 2020 р № 1797-III

2. Термін здачі студентом закінченої роботи \_\_\_\_\_

28.11.2020 г

3. Початкові дані до роботи: Завдання кафедри,

матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки

1. Розрахунок лінії 35 кВ;

2. Розрахунок мережі 10 кВ;

3. Науковий підхід до модернізації системи керування режимами підстанції 35/10 кВ;

4. Вибір мікропроцесорної системи керування режимами енергопостачання підстанції 35/10 кВ і її характеристики;

5. Склад і конфігурація МІСОМ Р-141;

6. Пристрій і робота мікропроцесорного комплекту;

7. Охорона праці і безпека життєдіяльності;

8. Економічна частина.

## 5. Перелік графічного матеріалу

<i>1. Лицьова панель МІСОМ Р-141</i>
<i>2. Структурна схема МІСОМ Р-141</i>
<i>3. Схема підключення МІСОМ Р-141</i>
<i>4. Функціональні схеми захисту і автоматики МІСОМ Р-141</i>
<i>5. Лінія 35 кВ. Вимикач з електромагнітним приводом та пристроєм МІСОМ Р-141 (Постійний оперативний струм)</i>
<i>6. Плакат "Калькуляція собівартості системи керування електричною підстанцією ПС 35/10 кВ"</i>

6. Дата видачі завдання

7.10.20

Керівник роботи

В. А. Толбатов

ПРИЙНЯВ до виконання

І. В. Попов

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів кваліфікаційної роботи магістра	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз завдання кафедри</i>	<i>14.10.20–28.10.20</i>	
2	<i>Розрахунок лінії 35 кВ</i>	<i>28.10.20–01.11.20</i>	
3	<i>Розрахунок мережі 10 кВ</i>	<i>01.11.20–04.11.20</i>	
4	<i>Науковий підхід до модернізації системи керування режимами енергопостачання підстанції 35/10 кВ</i>	<i>04.11.20–14.11.20</i>	
5	<i>Вибір мікропроцесорної системи керування режимами енергопостачання підстанції 35/10 кВ і її характеристики</i>	<i>14.11.20–17.11.20</i>	
6	<i>Склад і конфігурація МІСОМ Р-141</i>	<i>17.11.20–23.11.20</i>	
7	<i>Пристрій і робота мікропроцесорного комплексу</i>	<i>23.11.20–25.11.20</i>	
8	<i>Розробка графічної конструкторської документації проекту</i>	<i>25.11.20–26.11.20</i>	
9	<i>Оформлення економічної частини і охорони праці і безпека життєдіяльності</i>	<i>26.11.20–27.11.20</i>	
10	<i>Оформлення ПЗ, графічний конструкторській документації</i>	<i>27.11.20–28.11.20</i>	
10	<i>Здача магістерської роботи керівникові</i>	<i>28.11.20–03.12.20</i>	
11	<i>Здача магістерської роботи на рецензію</i>	<i>14.10.20–28.10.20</i>	

Студент

І. В. Попов

Керівник роботи

В. А. Толбатов

## РЕФЕРАТ

Попов Ігор Валерійович. Система керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ. Кваліфікаційна робота магістра. Суми, 2020.

Кваліфікаційна робота магістра містить 105 листа пояснювальної записки, що включає 15 малюнків і 13 таблиць; графічну конструкторську документацію, що включає презентацію.

Ключові слова: мікропроцесорна система захисту, мікропроцесор, аналогово-цифровий перетворювач.

Робота присвячена розробці системи керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ. Проведено розрахунок ліній 35 кВ, 10 кВ, струмів короткого замикання і вибір апаратури на підстанції. Приведено вибір мікропроцесорної системи керування режимами енергопостачання підстанції 35/10 кВ і її характеристики, склад і конфігурація МІСОМ Р-141, пристрій і робота мікропроцесорного комплекту. У результаті, представлений комплект конструкторської документації, що задовольняє всім поставленим завданням.

## **THE ABSTRACT**

Popov Igor Valerievich. Control system of the PS35/10 kV electric substation. Qualifying work of the master. Sumy, 2020.

The master's qualification work contains 105 sheets of explanatory note, which includes 15 figures and 13 tables; graphic design documentation, including presentation.

Keywords: microprocessor protection system, microprocessor, analog-to-digital converter.

The work is devoted to the development of the control system of the PS35/10 kV electric substation. The calculation of 35 kV, 10 kV lines, short-circuit currents and selection of equipment at the substation was performed. The choice of microprocessor control system of power supply modes of 35/10 kV substation and its characteristics, composition and configuration of MISOM R-141, device and operation of microprocessor kit are given. As a result, a set of design documentation is presented, which satisfies all the tasks.

## Зміст

	Стор.
Перелік скорочень.....	8
Вступ .....	9
1. Розрахунок лінії 35 кВ .....	10
1.1. Електричний розрахунок ПЛ-35 кВ.....	10
1.2. Механічний розрахунок ПЛ-35 кВ .....	12
1.3. Визначення критичного проміжку .....	14
1.4. Визначення максимальної стріли провисання. ....	16
1.5. Складні монтажні таблиці.....	19
2. Розрахунок мережі 10 кВ.....	20
3. Науковий підхід до модернізації системи керування режимами енергопостачання підстанції 35/10 кВ.....	26
3.1. Розрахунок струмів короткого замикання.....	26
3.2. Вибір апаратури і струмоведучих частин на підстанції .....	28
3.3. Вибір шин на стороні 35 кВ.....	29
3.4. Вибір роз'єднувача на стороні 35 кВ.....	30
3.5. Вибір вимикачів на стороні 35 кВ.....	31
3.6. Вибір шин на стороні 10 кВ.....	31
3.7. Вибір роз'єднувачів на стороні 10 кВ.....	33
3.8. Вибір трансформатора власних потреб.....	34
4. Вибір мікропроцесорної системи керування режимами енергопостачання підстанції 35/10 кВ і її характеристики.....	35
4.1. Технічні характеристики МІСОМ Р-141.....	36
4.2. Виконання функцій МІСОМ Р-141.....	39
4.3. Характеристики функцій захисту.....	40
4.4. Характеристика функцій автоматики.....	43
4.5. Діагностика мікропроцесорного пристрою МІСОМ Р-141.....	46
4.6. Реєстрація мікропроцесорного пристрою МІСОМ Р-141.....	47
4.7. Налаштування, конфігурація і ранжирування МІСОМ Р-141 .....	48
5. Склад і конфігурація МІСОМ Р-141 .....	50
5.1 Склад МІСОМ Р-141 .....	50
5.2. Конструкція МІСОМ Р-141 .....	50

6. Пристрій і робота мікропроцесорного комплексу.....	51
6.1. Пристрій МІСОМ Р-141 .....	51
6.2. Робота МІСОМ Р-141.....	53
6.3. Живлення МІСОМ Р-141 .....	55
6.4. Перелік виконуваних функцій МІСОМ Р-141.....	56
7. Охорона праці і безпека життєдіяльності.....	72
7.1. Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих чинників при розробці і експлуатації системи .....	72
7.2 Дії при виникненні надзвичайних ситуацій.....	79
7.3. Розрахунок занулення трансформатора вище 1000 В .....	81
8. Економічна частина.....	85
8.1. Резерві і чинники зниження витрат на виробництво продукції.. ..	85
8.2. Рентабельність підприємства і методи її збільшення .....	91
8.3. Розрахунок повної собівартості системи керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ.....	95
8.4. Розрахунок ціни системи керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ .....	101
Висновок .....	103
Перелік використаної літератури .....	104

## Перелік скорочень

АПВ	Автоматичне повторне включення
АЦП	Аналого-цифровий перетворювач
АЧР	Автоматичне частотне розвантаження
АЧРСО	Автоматичне частотне розвантаження (спецчерга)
БО	Блок відключення
ДВ	Дискретний вхід
ДВВ	Дискретні входи-виходи
ЗЗ	Захист від замикань на землю
ЗН	Захист по напрузі
КЗ	Коротке замикання
МТЗ	Максимальний струмовий захист
НЦУВ	Несправність ланцюгів управління вимикачем
ОЗУ	Оперативний пристрій, що запам'ятовує
ППЗУ	Перепрограмоване постійне устрійство, що запам'ятовує
Р	Реле (вихідне реле Р-141)
СВ	Силовий вимикач
СДІ	Світлодіодний індикатор
ТН	Трансформатор напруги
ТТ	Трансформатор струму
УВ	Управління вимикачем
УВВ	Пристрій введення-виводу
УРОВ	Пристрій резервування відмови вимикача
ЦПУ	Центральний процесорний пристрій
Ін	Номінальний струм
Un	Номінальне напружений



## Вступ

У електричних системах можливі пошкодження і ненормальні режими роботи. Більшість пошкоджень пов'язана з руйнуванням ізоляції і приводить до замикань між фазами або між фазами і землею.

В цілях попередження розповсюдження аварії пошкоджений елемент устаткування або частина установки, подальша робота якої недопустима, автоматично відключають за допомогою вимикачів. При ненормальних режимах роботи негайного відключення пошкодженої ділянки часто не потрібний; у зв'язку з цим на установках з постійним черговим персоналом передбачають автоматичну подачу сигналу, що сповіщає черговий персонал про той, що відбувся, з тим щоб могли бути прийняті заходи до усунення виниклого ненормального режиму.

Вказані відключення і подача сигналу здійснюються релейним захистом.

Релейним захистом називають спеціальний пристрій, що складаються з одного або декількох приборов- реле, які при порушенні нормальною роботи або пошкодженні якого-небудь елемента установки або мережі спрацьовують і викликають відключення вимикачів пошкодженого елемента або приводять в дію сигнальні пристрої.

Зараз на заміну релейному захисту приходять нові пристрої виконані не на реле, а на мікропроцесорах. У даній роботі ми розглянемо один з таких приладів призначеного для керування режимами енергопостачання підстанції 35/10 кВ. [1]

## 1. Розрахунок лінії 35 кВ.

### 1.1. Електричний розрахунок ПЛ-35 кВ.

Живлення підстанції РТП "Яблунівка" Прилуцького району Чернігівської області 35/10 кВ, що проектується, здійснюється по лінії 35 кВ від підстанції 110/35/10 кВ "Прилуки". Довжина лінії, яка проектується 10,1 км.

Вибір марки і перерізу проводів лінії 35 кВ проводимо по економічній щільності струму з послідовною перевіркою на допустиму втрату напруги. Сумарна потужність, яка протікає по проєктованій лінії, складатиме:  $S_{\max}=2128\text{кВА}$ . Максимальний струм в лінії:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3}U_H} = \frac{2128}{\sqrt{3} \cdot 35} = 35\text{А}. \quad (1.1)$$

Переріз проводів, який необхідний по умові економічної доцільності струму:

$$F = \frac{I_{\max}}{j_{\text{ек}}}, \text{ мм}^2 \quad (1.2)$$

де  $j_{\text{ек}}$ - економічна щільність струму

$$j_{\text{ек}}=1,1 \text{ А/мм}^2.$$

$$F = \frac{35}{1,1} = 32\text{мм}^2.$$

Приймаємо дрiт АСС-70. Його параметри:

$$r_0=0,42 \text{ Ом/км.}, \quad x_0=0,41 \text{ Ом/км.}.$$

Перевіряємо пропускну можливість дроту АСС-70 при перевантаженні 40% по умові нагріву:  $I_{\text{пер}}=35+0,4 \cdot 35=49 \text{ А}$ .

Для проводів АСС-70 допустимий струм нагріву  $I_{\text{доп}}=265 \text{ А}$ .

Вибраний переріз проводів задовольняє вимога:

$$I_{\text{пер}} < I_{\text{доп}}, \quad 49 \text{ А} < 265 \text{ А}. \quad (1.3)$$

Визначаємо втрату напруги на 1 км. ПЛ-35 кВ по рівнянню:

$$\Delta U_0 = \sqrt{3} \cdot I_0 \cdot (\cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot l$$

$$\cos \varphi = \frac{S_0}{S_B} = 0,87, \sin \varphi = 0,49.$$

$$\Delta U_0 = \sqrt{3} \cdot 35 \cdot (0,42 \cdot 0,87 + 0,341 \cdot 0,49) = 32 \text{ В. (1.4)}$$

Втрати напруги по всій лінії  $\Delta U = \Delta U_0 \cdot L$ , В

Де L- довжина лінії, км.

$\Delta U = 32 \cdot 10,1 = 323,2$  В, що приблизно складає 0,92%.

Втрати електричної енергії в мережі 35 кВ визначаються по формулі:

$$\Delta A = 3 \cdot I_{max}^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{час}, \text{ де } \tau = 3000 \text{ час} / \text{год.}$$

при продовженні використання максимального навантаження

$T_{max} = 4963$  години

$$P_a = 3 \cdot 35^2 \cdot 0,42 \cdot 10,1 \cdot 3000 \cdot 10^{-3} = 46768,05 \text{ кВт} \cdot \text{час.}$$

Втрати напруги в трансформаторі 35/10 кВ:

$$\Delta U_{mp} = \frac{S_{max}}{S_H} (\Delta U_a \% \cdot \cos \varphi + \Delta U_p \% \cdot \sin \varphi)$$

Активна складена: (1.5)

Реактивна складена:

$$\Delta U_p \% = \sqrt{U_K \% ^2 - U_a \% ^2} = \sqrt{6,5^2 - 0,97^2} = 6,4\% \quad (1.6)$$

$$\Delta U_{mp} = \frac{2128}{2500} (0,97 \cdot 0,87 + 6,4 \cdot 0,49) = 3,4\%.$$

Розрахунок відхилення напруги на підстанції 35/10 кВ зводимо в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1. Розрахунок відхилення напруги.

Елементи мережі		Режим роботи	
		100%	25%
Шини 35 кВ		+5	0
Мережа 35 кВ		-0,92	0
Трансформатор 35/10 кВ	Постійна надбавка	+2,5	+2,5
	Втрати в трансформаторі	-3,4	-0,85
	Регульована надбавка	+3,15	0
Шини 10 кВ		+4,68	+1,25

### 1.2. Механічний розрахунок ВЛ-35 кВ.

Для лінії 35 кВ, що проектується приймаємо проміжні залізобетонні опори типу ПБ-35-1. Як кінцеві і кутові опори в лінії 35 кВ використовуємо залізобетонні анкерні одно-цепные опори типу УБ-35-1.

При проектуванні лінії 35 кВ використовуються дані кліматичних рівнів району електропостачання, яке проектується. Розрахункові питомі вантаження визначаються по найбільш вигідній відповідності вантажень на дріт від великих сил і температур.

Розрахункові дані проводу АСС- 70:

- найменший перетин 70 мм<sup>2</sup>
- розрахунковий перетин алюмінієвої частини 68 мм<sup>2</sup>
- розрахунковий перетин сталеві частини 11,3 мм<sup>2</sup>
- повний переріз 79,3 мм<sup>2</sup>
- розрахунковий діаметр проводу 11,4 мм

- розрахункова вага проводу 275 кг/км.
- частковий опір проводу розриву 25 кг/мм<sup>2</sup>
- коефіцієнт пружинного подовження  $\nu = 12,1 \cdot 10^{-6}$  мм<sup>2</sup>/кг.

Відповідно з ПУЄ розрахунок проводів лінії 35 кВ повинен проводитися за методом допустимої напруги від повітряних нормативних навантажень.

Максимально допустима напруга в проводі при найбільшому вантаженні:  $u_{д.мах.} = 0,42$  ув.р.

$u_{в.р.-временное}$  опір дроту розриву кг/мм<sup>2</sup>.

$u_{д.мах.} = 0,42 \cdot 25 = 10,5$  кг/мм<sup>2</sup>.

Максимально допустима напруга в дроті при середньорічній температурі повітря:  $u_e = 0,25$  ув.р.  $= 0,5 \cdot 25 = 6,25$  кг/мм<sup>2</sup>.

Територія району відноситься до II-го району по ожеледиці і до II-го району по невиносному опору повітря:

- мінімальна температура  $t_{min} = -36$  °С,
- максимальна температура  $t_{max} = +40$  °С,
- середньорічна температура  $t_{сер} = +7$  °С,
- температура при ожеледиці  $t_{ож} = -5$  °С.

Визначення нагрузки на дріт АСС-70.

1. Від своєї ваги дроту:

$$g_1 = \frac{G}{F} \cdot 10^{-3}, \text{ кг/мм}^2 \cdot \text{м}; \quad g_1 = \frac{295}{79,3} \cdot 10^{-3} = 3,72 \cdot 10^{-3} \text{ кг/мм}^2 \cdot \text{м}$$

2. Від ваги ожеледиці:

$$g_2 = 2,38 \frac{b(d+b)}{F} \cdot 10^{-3}, \text{ кг/мм}^2 \cdot \text{м}; \quad (1.7)$$

де  $b$ - товщина стінки ожеледиці, мм

$d$ - розрахунковий діаметр дроту, мм.

$$g_2 = 2,83 \frac{10(1,4+10)}{79,3} \cdot 10^{-3} = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/мм}^2 \cdot \text{м}; \quad (1.8)$$

3. Від своєї ваги і ваги ожеледиці:

$$g_3 = g_1 + g_2, \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{Г)}$$

$$g_3 = 3,72 \cdot 10^{-3} + 7,6 \cdot 10^{-3} = 11,32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{Г)}. \quad (1.9)$$

4. Від тиску вітру на дріт, вільний від ожеледиці:

$$g_4 = \frac{\alpha \cdot c_x \cdot Q_{\max} \cdot d}{F}, \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{м)}, \quad (1.10)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт, який враховує нерівномірність швидкості вітру в проміжках  $a=0,8$ ,

$c_x$  - аеродинамічний коефіцієнт,  $c_x=1,2$

$$g_4 = \frac{0,8 \cdot 1,2 \cdot 11,4 \cdot 10^{-3}}{79,3} = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{м)}$$

5. Від вітру на дріт, який покритий ожеледицею:

$$g_5 = \frac{\alpha \cdot c_x \cdot Q_{\text{ож}} (1 + 2b)}{F} \cdot 10^{-3}, \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{м)}, \quad (1.11)$$

де  $Q_{\text{ож}} = 0,25 \cdot Q_{\max} = 0,25 \cdot 50 = 12,5 \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{Г)}$

$$g_5 = \frac{0,8 \cdot 1,2 \cdot 12,5 (1,4 + 2 \cdot 10)}{79,3} \cdot 10^{-3} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{м)}$$

6. Від своєї ваги і тиску на дріт без ожеледиці:

$$g_6 = \sqrt{g_1^2 + g_4^2}, \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{м)}, \quad (1.12)$$

$$g_6 = \sqrt{3,72^2 + 6,9^2} \cdot 10^{-3} = 7,84 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{м)}$$

7. Від своєї ваги і тиску на дріт, який покритий ожеледицею:

$$g_7 = \sqrt{g_3^2 + g_5^2}, \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{м)}, \quad (1.13)$$

$$g_7 = \sqrt{11,3^2 + 4,8^2} \cdot 10^{-3} = 12,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(мм}^2 \cdot \text{м)}$$

### 1.3. Визначення критичного проміжку.

При обмеженні напруги в дроті мають місце три основні режими навантаження, для яких підраховуємо три критичні проміжки:

1.  $L_{кр1}$ - проміжок, для якого напруга в дроті при низькій температурі має значення  $\sigma_{\min}$ , а в режимі середньорічної температури рівне  $\sigma_e$ .

2.  $L_{кр2}$ - проміжок, для якого напруга в дроті при найбільшому вантаженні рівна  $\sigma_e$ , а при низькій температурі  $\sigma_{\min}$ .

3.  $L_{кр3}$ - проміжок, для якого напруга в дроті в режимі середньорічної температури рівна  $\sigma_e$ , а при найбільшому вантаженні  $\sigma_{\max}$ .

$$1.L_{кр1} = \frac{2\sigma_e}{\delta_1} \sqrt{\frac{6[\sigma_e - \sigma_{\min}] \beta + \alpha [Q_e - Q_{\min}]}{1 - \left(\frac{\sigma_e}{\sigma_{\min}}\right)^2}}, \text{ м} \quad (1.14)$$

$$L_{кр1} = \frac{2 \cdot 6,25}{3,72 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\frac{6[6,25 - 9,25] \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} + 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 36}{1 - \left(\frac{6,25}{9,25}\right)^2}} = 226 \text{ м.}$$

$$2.L_{кр2} = \frac{2\sigma_{\delta \max}}{\delta_1} \sqrt{\frac{6[\sigma_{\max} - \sigma_e] \beta + \alpha [Q_{\text{зол}} - Q_e]}{\left(-\frac{\delta_7}{\delta_1}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{\delta \max}}{\sigma_e}\right)^2}}, \text{ м} \quad (1.15)$$

$$L_{кр2} = \frac{2 \cdot 10,5}{3,72 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\frac{6[10,5 - 9,25] \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} + 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot 6}{\left(\frac{12,3 \cdot 10^{-3}}{3,72 \cdot 10^{-3}}\right)^2 - \left(\frac{10,5}{9,25}\right)^2}} = 82,9 \text{ м}$$

$$3.L_{кр3} = \frac{2\sigma_{\delta \max}}{\delta_1} \sqrt{\frac{6[\sigma_{\max} - \sigma_e] \beta + \alpha [Q_{\text{зол}} - Q_e]}{\left(-\frac{\delta_7}{\delta_1}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{\delta \max}}{\sigma_e}\right)^2}}, \text{ м} \quad (1.16)$$

$$L_{кр3} = \frac{2 \cdot 10,5}{3,72 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\frac{6 \left[ (0,5 - 6,25) \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} + 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot (-5 - 7) \right]}{\left( \frac{12,3 \cdot 10^{-6}}{3,72 \cdot 10^{-6}} \right) - \left( \frac{10,5}{6,25} \right)^2}} = 62,6 \text{ м.}$$

Шляхом розрахунку отримали, що  $L_{кр1} > L_{кр2} > L_{кр3}$ .

#### 1.4. Визначення максимальної стріли провисання.

Найбільша стріла провисання дроту може трапитися в двох випадках:

- при найбільшій температурі;
- при найбільшому вертикальному навантаженні (при ожеледиці і температурі  $t = -5^\circ\text{C}$ ).

Виходячи з критичного значення температури визначається максимальна стріла провисання.

Знаходимо критичну температуру:

$$t_{кр} = \frac{\beta}{2} \sigma_{\delta\max} \left( 1 - \frac{g_1}{g_3} \right) = \frac{12,1 \cdot 10^{-6}}{2} \cdot 10,5 \left( 1 - \frac{3,72 \cdot 10^{-3}}{11,3 \cdot 10^{-3}} \right) = 42,6^\circ\text{C}. \quad (1.17)$$

При  $t_{кр} = 42,6^\circ\text{C}$  зустріла провисання максимальна.

Якщо  $t_{кр} > 40^\circ\text{C}$ , то максимальна стріла провисання буде при дії питомого вантаження  $g_3$ :

$$f_{\max} = \frac{g_3 \cdot L_{розр}^2}{g \cdot \sigma_{\delta\max}} = \frac{11,3 \cdot 10^{-3} \cdot 100^2}{8 \cdot 10,5} = 1,3 \text{ м.} \quad (1.18)$$

Для перевірки механічної міцності дроту АСС-70 на проміжку визначається напруга в дроті при середньорічній температурі  $t_e = +7^\circ\text{C}$  і за відсутності навколишнього навантаження:

$$\sigma_{e.\text{дод.}} = - \frac{L_{розр}^2 \cdot g_1^2}{24\beta \cdot \sigma_{e.\text{дод.}}^2} = \sigma_{\delta\max} - \frac{L_{розр}^2 \cdot g_7^2}{24\beta \cdot \sigma_{e.\text{дод.}}^2} - \frac{\alpha}{\beta} (Q_e - Q_{гол}) \quad (1.18)$$



$$\sigma_{e.дод.} = \frac{100^2 \cdot (72 \cdot 10^{-3})^2}{24 \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{e.дод.}^2} = 20,5 - \frac{100^2 \cdot (2,3 \cdot 10^{-3})^2}{24 \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10,5^2} - \frac{19,2 \cdot 10^{-6}}{12,1 \cdot 10^{-6}} \cdot (-5) =$$

$$= -2,56\sigma_{e.дод.}^3 + 2,56\sigma_{e.дод.}^2 - 47,65 = 0$$

уе.дод.=у. Тоді  $y^2 + 2,5y - 47,65 = 0$

$y_1 = 6,08$ ;  $y_2 = -8,64$ - недійсний.

$\sigma_{e.дод.} = \sqrt{6,08} = 2,47 \text{ кг} / \text{мм}^2$ , що знаходиться у межах норми.

Визначаємо максимальну стрілу провисання дроту, якщо дріт знаходиться у вертикальному навантаженні, за відсутності вітру.

Така стріла може бути і при ожеледиці і при максимальній температурі навколишнього середовища:

$$a) \sigma_{ож} - \frac{L_{розр}^2 \cdot g_3^2}{24\beta \cdot \sigma_{ож}^2} = \sigma_{\delta\max} - \frac{L_{розр}^2 \cdot g_7^2}{24\beta \cdot \sigma_{e.\max}^2} - \frac{\alpha}{\beta} Q_{ож} - Q_{ож} \quad (1.19)$$

$$\sigma_{ож} - \frac{100^2 \cdot (2,3 \cdot 10^{-3})^2}{24 \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{ож}^2} = 10,5 - \frac{100^2 \cdot (2,3 \cdot 10^{-3})^2}{24 \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10,5^2} - \frac{19,2 \cdot 10^{-6}}{12,1 \cdot 10^{-6}} \cdot (-5) =$$

$$\sigma_{ож} = \frac{1039,5}{\sigma_{ож}^2} = -0,66$$

$y_{3ож} + 0,66y - 1093,6 = 0$ ,  $y_{2ож} = y$

$y_{1,2} = -0,33 \pm 33,7$

$y_1 = 33,7$ ,  $y_2 = -34,03$ - недійсний.

$\sigma_{ож} = \sqrt{33,37} = 5,77 \text{ кг} / \text{мм}^2$ .

$y_{ож} = 5,77 \text{ кг} / \text{мм}^2$   $y_{уож.дод.} = 10,5 \text{ кг} / \text{мм}^2$ .

б) при  $t_{\max} = +40 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\sigma_{(+40)} = \frac{L_{розр}^2 \cdot g_1^2}{24\beta \cdot \sigma_{(+40)}^2} = \sigma_{\delta\max} - \frac{L_{розр}^2 \cdot g_3^2}{24\beta \cdot \sigma_{e.\max}^2} - \frac{\alpha}{\beta} Q_{\max} - Q_{ож} \quad (1.20)$$

$$\sigma_{\langle 40 \rangle} = -\frac{100^2 \cdot (2,3 \cdot 10^{-3})^2}{24 \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{\langle 40 \rangle}^2} = 10,5 - \frac{100^2 \cdot (2,3 \cdot 10^{-3})^2}{24 \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10,5} - \frac{19,2 \cdot 10^{-6}}{12,1 \cdot 10^{-6}} \cdot (40 + 5)$$

$$\sigma_{\langle 40 \rangle} = \frac{47,65}{\sigma_{\langle 40 \rangle}^2} = -7,8$$

$$y_{3(+40)} + 7,8y_{(+40)}^2 - 47,65 = 0, \quad y_{3(+40)} = y,$$

$$y^2 + 7,8y - 47,65 = 0, \quad y_1 = 4, \quad y_2 = -11,8 - \text{недійсне}$$

$$\sigma_{\langle 40 \rangle} = \sqrt{4} = 2 \text{ кг} / \text{мм}^2.$$

Визначаємо стрілу провисання проводів на проміжку:

$$f = \frac{L_{\text{розр}}^2 \cdot g_3}{8 \cdot \sigma_{\text{ож} \langle 40 \rangle}} \quad (1.21)$$

При ожеледиці:

$$\text{При ожеледиці: } t_{\text{max}} = +40 \text{ } ^\circ\text{C} \quad f_{\langle 40 \rangle} = \frac{100^2 \cdot 3,72 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 2} = 2,3 \text{ м}$$

Відповідно до ПУЄ при перетині лінії 35 кВ з лінією зв'язку найменша відстань по вертикалі між проводами ліній має бути не менше 3 м. При перетині ліній 35 кВ з автомобільною дорогою відстань проводів ПЛ до автодороги має бути не менше 7 м.

Стріла провисання дроту в будь-якій точці проміжку визначається згідно рівняння:

де  $x$  - відстань від опори до перехрещеної точки проміжку, м;

$L$  - розрахункова довжина проміжку, м.

Відстань від опори до перекрещення з об'єктами:

а) до осі автодороги:  $x = 20$  м;

б) до лінії зв'язку:  $x = 8$  м.

Стріла провисання над автодорогою:

Стріла провисання над лінією зв'язку:

### 1.5. Складання монтажних таблиць.

При монтажі дроту перевірку стріли провисання проводять в кожному другому проміжку від анкерної опори і обов'язково в проміжках, які обмежуються анкерними опорами.

При складанні монтажної таблиці беремо у всіх випадках розрахункове рівняння:  $g_p = g_l = 3,72 \cdot 10^{-3}$  кг/мм<sup>2</sup>.

У розрахунку для кожного значення температури  $t$  °С знаходимо напругу в дроті  $\sigma_t$ :

$$\sigma_t - \frac{L_{розр}^2 \cdot g_l^2}{24\beta \cdot \sigma_t^2} = \sigma_{\delta_{max}} - \frac{L_{розр}^2 \cdot g_t}{24\beta \cdot \sigma_{max}^2} - \frac{\alpha}{\beta} Q - Q_t \quad (1.21)$$

Стріла провисання знаходиться за формулою:

$$f_n = \frac{L_{розр}^2 \cdot g_l}{8 \cdot \sigma_t}, \text{ м.}$$

Вага в дроті:  $T = F$ , кг

Розрахунки зводимо в таблицю 1.2.

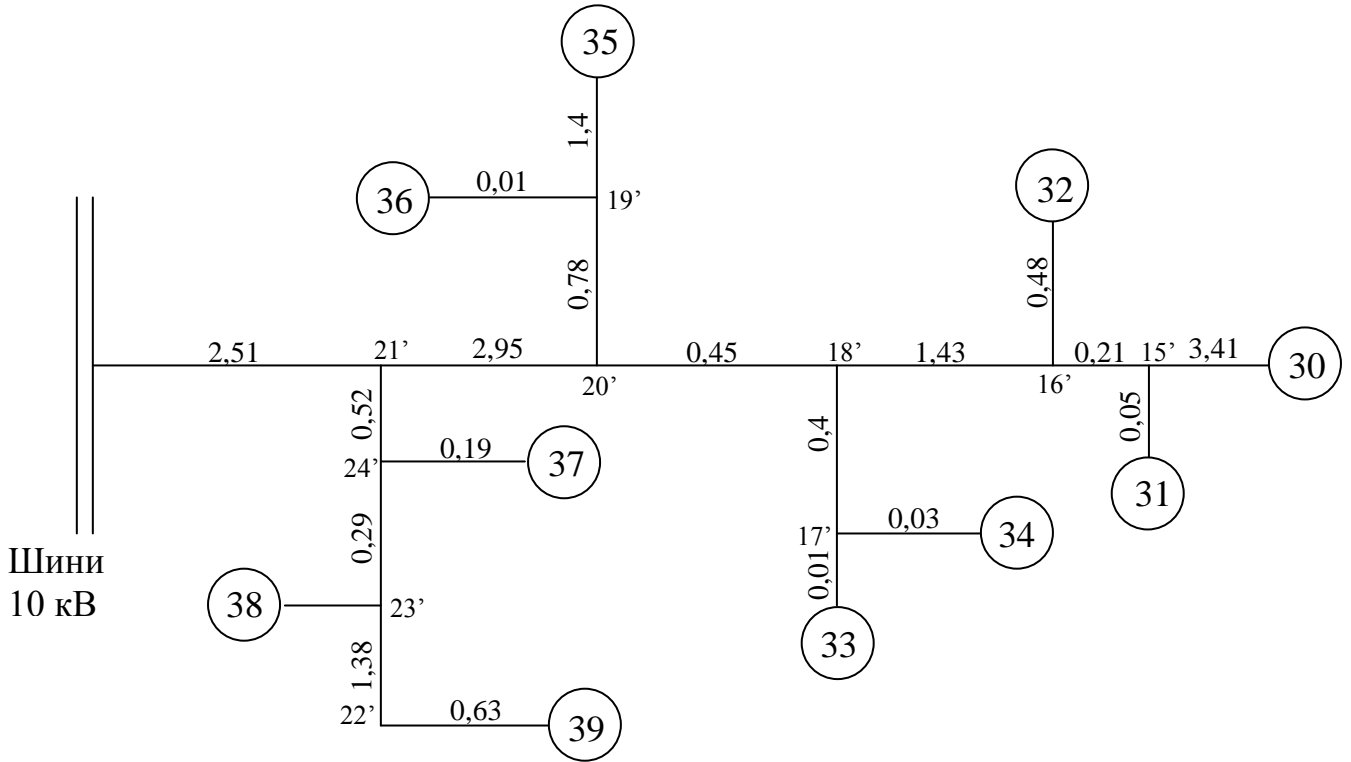
Таблиця 1.2. Розрахунки монтажних параметрів лінії 35 кв.

Температура $t$ °С	Напруга $\sigma_t$ кг/мм <sup>2</sup>	Вага в дроті $T$ , кг	Стріла провисання, $F$ , м
-40	9,55	668,5	0,47
-30	7,70	539,0	0,58
-20	6,40	448,0	0,70
-10	5,42	379,0	0,87
0	4,40	308,0	1,02
+10	3,93	275,0	1,14
+20	3,20	224,0	1,42
+30	2,40	168,0	1,80
+40	2,00	140,0	2,30

## 2. Розрахунок мережі 10 кВ.

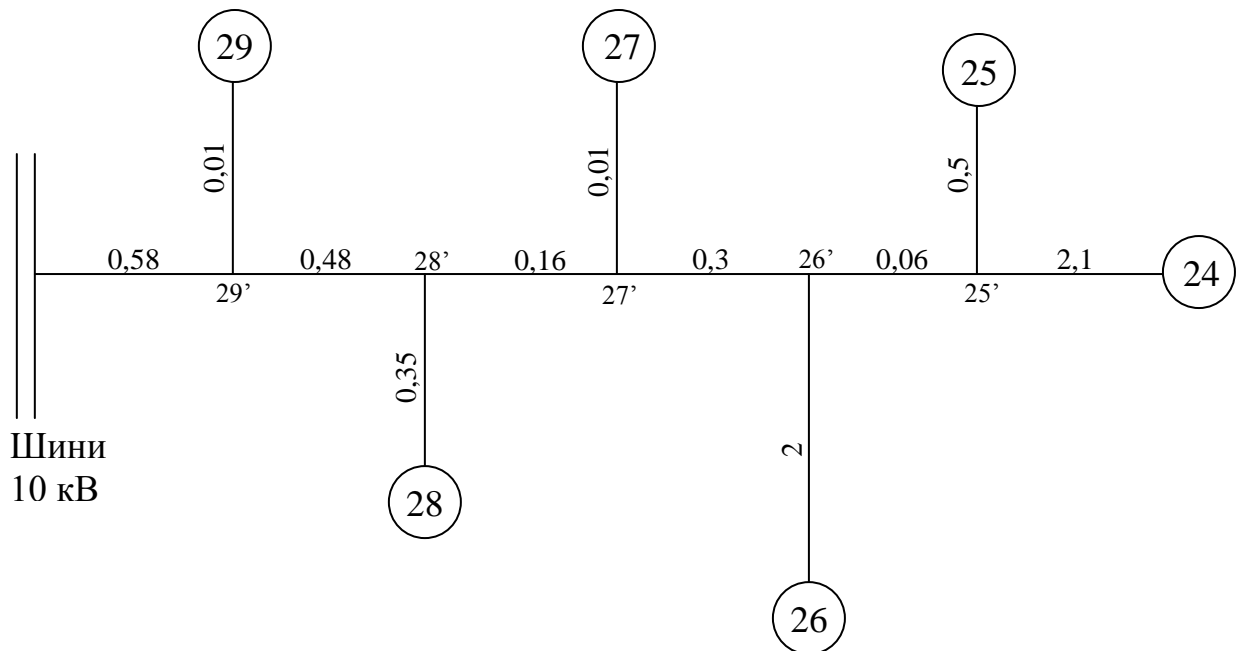
Схема живлення ПЛ – 10 кВ буде виглядати так:

Лінія №1

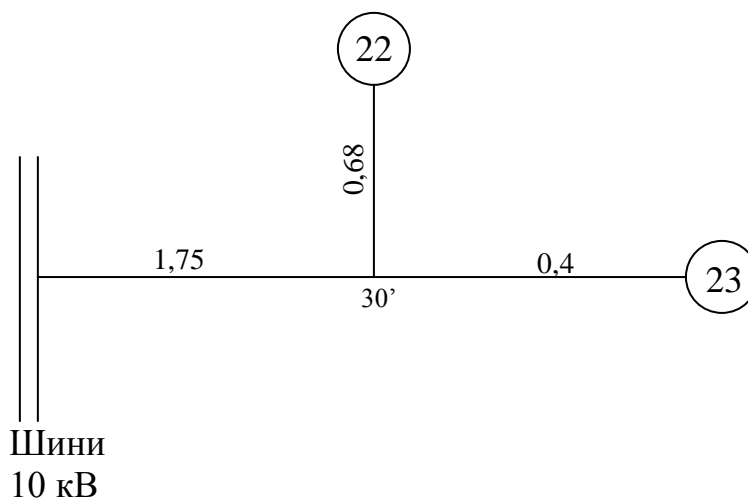


Результати розрахунків по лінії №1 заносимо в таблиці 2.1 та 2.2.

Лінія №2



Лінія №3



Таблиця 2.1. Сумування навантажень лінії №1.

Ділянка лінії	Вид навантаження	Денне навантаження, кВт				Вечірнє навантаження, кВт			
		Р <sub>дб</sub>	Р <sub>дм</sub>	ΔР	Р <sub>од</sub>	Р <sub>вб</sub>	Р <sub>вм</sub>	ΔР	Р <sub>ов</sub>
30-15'	Р <sub>п</sub>	29	-	-	29	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	29	-	-	29	29	-	-	29
31-15'	Р <sub>п</sub>	29	-	-	29	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	29	-	-	29	29	-	-	26
15'-16'	Р <sub>п</sub>	29	29	19,6	48,6	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	29	29	19,6	48,6	29	29	29	48,6
32-16'	Р <sub>п</sub>	57	-	-	57	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	57	-	-	57	57	-	-	57
16'-18'	Р <sub>п</sub>	57	48,6	35,4	92	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	57	48,6	35,4	92	57	48,6	48,6	92
33-17'	Р <sub>п</sub>	183	-	-	183	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	183	-	-	183	183	-	-	183
34-17'	Р <sub>п</sub>	287	-	-	287	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	287	-	-	287	287	-	-	287
17'-18'	Р <sub>п</sub>	287	183	141	428	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	287	183	141	428	287	183	141	428

18'-20'	Pn	428	92	68,5	496,5	-	-	-	-
	Po	428	92	68,5	496,5	428	92	68,5	496,5
35-19'	Pn	35	-	-	35	-	-	-	-
	Po	35	-	-	35	35	-	-	35
36-19'	Pn	57	-	-	57	-	-	-	-
	Po	57	-	-	57	57	-	-	57
19'-20'	Pn	57	35	24,4	81	-	-	-	-
	Po	57	35	24,4	81	57	35	24,4	81
20'-21'	Pn	496,5	81	60	556,5	-	-	-	-
	Po	496,5	81	60	556,5	496,5	81	60	556,5
39-22'	Pn	115	-	-	115	-	-	-	-
	Po	115	-	-	115	115	-	-	115
22'-23'	Pn	115	-	-	115	-	-	-	-
	Po	115	-	-	115	115	-	-	115
38-23'	Pn	115	-	-	115	-	-	-	-
	Po	115	-	-	115	115	-	-	115
23'-24'	Pn	115	115	86	201	-	-	-	-
	Po	115	115	86	201	115	115	86	201
37-24'	Pn	115	-	-	115	-	-	-	-
	Po	115	-	-	115	115	-	-	115
24'-21'	Pn	201	86	86	287	-	-	-	-
	Po	201	86	86	287	201	115	86	287
21'-РТП	Pn	556,5	225	225	781,5	-	-	-	-
	Po	556,5	225	225	781,5	556,5	287	225	781,5

Розрахунок по вибору проводів лінії №1 заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. Розрахунок по вибору проводів лінії №1

Ділянка лінії	Довжина 1, км	Денне навантаження			Вечірнє навантаження			S <sub>max</sub> , кВА	Секв кВА	Провід		ΔА, кВт·год
		$\frac{P_n}{P_o}$	cos φд	Sд	$\frac{P_n}{P_o}$	cosφв	Sв			Старий	Новий	
30-15'	3,41	1	0,7	41	0	0,92	32	41	29	АС-25	АС-25	1248
31-15'	0,05	1	0,7	41	0	0,92	32	41	29	АС-25	АС-25	4
15'-16'	0,21	1	0,7	69	0	0,92	53	69	48,6	АС-35	АС-25	147
32-16'	0,48	1	0,7	81	0	0,92	62	81	57	АС-35	АС-25	463
16'-18'	1,43	1	0,7	131	0	0,92	100	131	92	АС-35	АС-25	3604
33-17'	0,01	1	0,7	261	0	0,92	199	261	183	АС-50	АС-25	224
34-17'	0,03	1	0,7	410	0	0,92	312	410	287	АС-50	АС-50	184
17'-18'	0,4	1	0,7	611	0	0,92	465	611	428	АС-50	АС-50	16343
18'-20'	0,45	1	0,7	709	0	0,92	540	709	496,5	АС-35	АС-50	25444
35-19'	1,4	1	0,7	50	0	0,92	38	50	35	АС-35	АС-25	514
36-19'	0,01	1	0,7	81	0	0,92	62	81	57	АС-35	АС-25	9,6
19'-20'	0,78	1	0,7	116	0	0,92	88	116	81	АС-35	АС-25	1542
20'-21'	2,95	1	0,7	795	0	0,92	605	795	556,5	АС-35	АС-50	209716
39-22'	0,63	1	0,7	164	0	0,92	125	164	115	АС-35	АС-25	2489
22'-23-	1,38	1	0,7	164	0	0,92	125	164	115	АС-35	АС-25	5451
38-23'	0,02	1	0,7	164	0	0,92	125	164	115	АС-35	АС-25	79
23'-24'	0,29	1	0,7	287	0	0,92	218	287	201	АС-35	АС-25	3508
37-24'	0,19	1	0,7	164	0	0,92	125	164	115	АС-50	АС-25	559
24'-21'	0,52	1	0,7	410	0	0,92	312	410	287	АС-35	АС-50	378
21'-РТП	2,51	1	0,7	1116	0	0,92	849	1116	781,5	АС-35	АС-50	351623

Результати розрахунків по лінії №2 заносимо в таблиці 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3. Сумування навантажень лінії №1.

Ділянка лінії	Вид навантаження	Денне навантаження, кВт				Вечірнє навантаження, кВт			
		Р <sub>дБ</sub>	Р <sub>дМ</sub>	ΔР	Р <sub>од</sub>	Р <sub>вБ</sub>	Р <sub>вМ</sub>	ΔР	Р <sub>ов</sub>
24-25'	P <sub>n</sub>	46	-	-	46	-	-	-	-
	P <sub>o</sub>	46	-	-	46	46	-	-	46
25-25'	P <sub>n</sub>	73	-	-	73	-	-	-	-
	P <sub>o</sub>	73	-	-	73	73	-	-	73
25'-26'	P <sub>n</sub>	73	46	33,2	106,2	-	-	-	-
	P <sub>o</sub>	73	46	33,2	106,2	73	46	32	106,2
26-26'	P <sub>n</sub>	183	-	-	183	-	-	-	-

26'-27'	Po	183	-	-	183	183	-	-	183
	Pn	183	106,2	79	262,2	-	-	-	-
27'-27'	Po	183	106,2	79	262,2	183	106,2	79	262,2
	Pn	73	-	-	73	-	-	-	-
27'-28'	Po	73	-	-	73	73	-	-	73
	Pn	262,2	73	54	316,2	-	-	-	-
28'-28'	Po	262,2	73	54	316,2	262,2	73	54	316,2
	Pn	57	-	-	57	-	-	-	-
28'-29'	Po	57	-	-	57	57	-	-	57
	Pn	316,2	57	42	358,2	-	-	-	-
29'-29'	Po	316,2	57	42	358,2	316,2	57	42	358,2
	Pn	73	-	-	73	-	-	-	-
29'-РТП	Po	73	-	-	73	73	-	-	73
	Pn	358,2	73	54	412,2	-	-	-	-
	Po	358,2	73	54	412,2	358,2	73	54	412,2

Розрахунок по вибору проводів лінії №2 заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 Розрахунок по вибору проводів лінії №2

Ділянка лінії	Довжина l, км	Денне навантаження			Вечірнє навантаження			S <sub>max</sub> , кВА	Секв кВА	Провід		ΔА, кВт·год
		$\frac{P_n}{P_o}$	cosφд	Sд	$\frac{P_n}{P_o}$	cosφв	Sв			Старий	Новий	
		рік										
24-25'	2,1	1	0,7	66	0	0,92	50	66	46	АС-35	АС-25	1443
25-25'	0,5	1	0,7	104	0	0,92	79	104	73	АС-25	АС-25	1178
25'-26'	0,06	1	0,7	151	0	0,92	115	151	106	АС-35	АС-25	201
26-26'	2	1	0,7	261	0	0,92	199	261	183	АС-25	АС-25	1038
26'-27'	0,3	1	0,7	374	0	0,92	285	374	262	АС-35	АС-25	6163
27-27'	0,01	1	0,7	104	0	0,92	79	104	73	АС-25	АС-25	24
27'-28'	0,16	1	0,7	451	0	0,92	343	451	316	АС-35	АС-50	3661
28-28'	0,35	1	0,7	81	0	0,92	62	81	57	АС-35	АС-25	337
28'-29'	0,48	1	0,7	511	0	0,92	389	511	358	АС-35	АС-50	14098
29-29'	0,01	1	0,7	104	0	0,92	79	104	73	АС-25	АС-25	24
29'-РТП	0,58	1	0,7	589	0	0,92	448	589	412	АС-35	АС-50	22633

Результати розрахунку по лінії №3 заносимо в таблиці 2.5 та 2.6.



Таблиця 2.5. Сумування навантажень лінії №3.

Ділянка лінії	Вид навантаження	Денне навантаження, кВт				Вечірнє навантаження, кВт			
		Р <sub>дб</sub>	Р <sub>дм</sub>	ΔР	Р <sub>од</sub>	Р <sub>вб</sub>	Р <sub>вм</sub>	ΔР	Р <sub>ов</sub>
22-30'	Р <sub>п</sub>	287	-	-	287	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	287	-	-	287	287	-	-	287
23-30'	Р <sub>п</sub>	29	-	-	29	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	29	-	-	29	29	-	-	29
31'-РТП	Р <sub>п</sub>	287	29	19,6	306,6	-	-	-	-
	Р <sub>о</sub>	287	29	19,6	306,6	287	29	19,6	306,6

Таблиця 2.6 Розрахунок по вибору проводів лінії №3

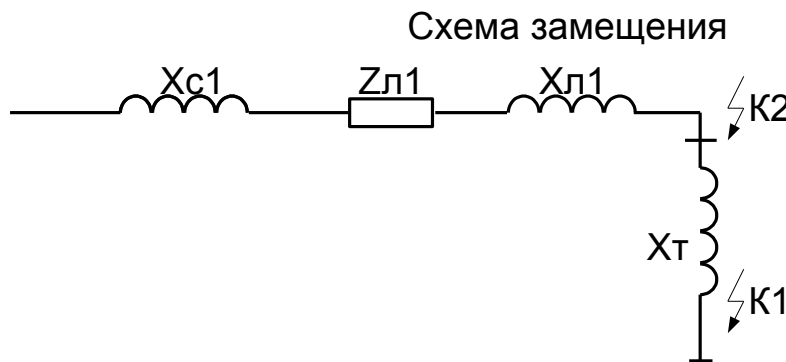
Ділянка лінії	Довжина l, км	Денне навантаження			Вечірнє навантаження			S <sub>мах</sub> , кВА	Секв кВА	Провід		ΔА, кВт·год
		$\frac{P_n}{P_o}$	cosφ <sub>д</sub>	S <sub>д</sub>	$\frac{P_n}{P_o}$	cosφ <sub>в</sub>	S <sub>в</sub>			Старий	Новий	
22-30'	0,68	1	0,7	410	0	0,92	312	410	287	АС-35	АС-50	33089
23-30'	0,4	1	0,7	41	0	0,92	31	41	29	АС-35	АС-25	84
30'-РТП	1,75	1	0,7	438	0	0,92	333	438	306,6	АС-35	АС-50	14673

### 3. Науковий підхід до модернізації системи керування режимами енергопостачання підстанції 35/10 кВ.

#### 3.1. Розрахунок струмів короткого замикання.

Струми короткого замикання необхідно знати для вибору необхідної апаратури, проектування і наладки пристроїв релейного захисту і автоматики.

Початкова схема розрахунку



Розрахунок струмів робимо у відносних одиницях. Приймаємо наступні базисні величини:

- базисна потужність  $S_b=100\text{MVA}$
- базисна напруга  $U_{б35}=37\text{кВ}$

$$U_{б10}=10,5\text{кВ}$$

Базисний струм буде рівний:

- на шинах 35 кВ:  $I_{б35} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56\text{кА} \quad (3.1)$

- на шинах 10 кВ:  $I_{б10} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5\text{кА} \quad (3.2)$

Визначаємо опір елементів схеми:

1. Опір схеми:  $X_a = \frac{S_b}{S_{к.з.}} = \frac{100}{83,5} = 1,2\text{Ом} \quad (3.3)$

$$x_{л1} = x_0 \cdot L \frac{S_6}{U_6^2} = 0,341 \cdot 10,1 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,252 \quad (3.4)$$

2. Опір лінії:  $r_{л1} = r_0 \cdot L \frac{S_6}{U_6^2} = 0,42 \cdot 10,1 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,309 \quad (3.5)$

3. Опір трансформаторів:  $x_T = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_n} = \frac{6,5}{100} \cdot \frac{100}{2,5} = 2,6$

4. Повний опір до крапки До:

$$Z_{К2} = \sqrt{(x_{c1} + x_{л1})^2 + r_{л1}^2} = \sqrt{(2 + 0,252)^2 + 0,309^2} = 1,485 \quad (3.6)$$

5. Повний опір до крапки До:

$$Z_{шк2} = \sqrt{x_{\Sigma}^2 + r_{л1}^2} = \sqrt{3,96^2 + 0,309^2} = 3,97 \quad (3.7)$$

6. Струм короткого замикання в точці К2:

$$I_{К.з.} = \frac{I_6}{Z_{К2}} = \frac{1,56}{1,485} = 1,05 \text{ кА} \quad (3.8)$$

7. Значення струму короткого замикання, що діє:

$$I_{д.к2.к.з.} = 1,52 \cdot I_{К.з.} = 1,52 \cdot 1,05 = 1,6 \text{ кА} \quad (3.9)$$

8. Ударне значення струму короткого замикання:

$$i_{уд.к2} = 2,54 \cdot I_{К.з.} = 2,54 \cdot 1,05 = 2,7 \text{ кА} \quad (3.10)$$

9. Потужність трифазного короткого замикання:

$$S_{К2.к.з.} = \sqrt{3} \cdot U_{\phi} \cdot I_{К.з.} = \sqrt{3} \cdot 37 \cdot 1,05 = 67 \text{ МВА} \quad (3.11)$$

10. Струм двофазного короткого замикання:

$$I_{К.з.} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{К.з.} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,05 = 0,95 \text{ кА} \quad (3.12)$$

Подальший розрахунок струмів і потужностей короткого замикання в точці К1 ведеться аналогічно розрахунку точки К2. Результати цього розрахунку зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Розрахунки струмів і потужностей короткого замикання.

Показники	Точка К1		Точка К2	
	3ф	2ф	3ф	2ф
Струм короткого замикання $I_{к.з.(3)}$ , кА	1,39	1,2	1,05	0,95
Ударний струм $i_{уд(3)}$ , кА	3,5	3,0	2,7	2,4
Значення ударного струму $I_{д.к.з}$ , що діє., кА	2,1	1,8	1,6	1,4
Мочность короткого замикання $S_{к.з.}$ , МВА	25	21,8	67	61

Розрахунок однофазного короткого замикання, не потрібний, оскільки струм однофазного короткого замикання не може бути більшим струму трифазного короткого замикання в мережах 35 кВ.

### 3.2. Вибір апаратури і струмопровідних частин на підстанції.

При виборі апаратури і струмопровідних частин враховується умова продовження роботи, перевантаження і короткого замикання. Умова надійності роботи апаратів забезпечується правильним вибором їх по номінальному струму і напрузі. При цьому повинна виконуватися наступна умова:

$$I_{р.м.} < I_{н.д} \quad U_{н.д.} < U_{р.м} \quad (3.13)$$

### 3.3. Вибір шин на стороні 35 кВ.

Шини на стороні 35 кВ вибираються по подовжньо-допустимому струму і перевіряються на термічну стійкість. При перевірці шин по подовжньо-допустимому струму повинна виконуватися умова:

$$I_{р.о.б.маx} = \frac{S_{маx}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2128}{\sqrt{3} \cdot 35} = 35A \quad (3.14)$$

Гнучкі шини передбачали виконувати дротом АСС-70, аналогічним живильній мережі. Потреба перевірки гнучких шин на подовжню стійкість відсутня. Подовжньо-допустимому струм навантаження для дроту АСС-70  $I_{\text{доп}}=265\text{А}$ . Таким чином, шини виконуються дротом АСС-70, що задовольняє умови вибору.

Перевірка провідників на термічну стійкість зводиться до розрахункової апаратури провідника ( $Q_{\text{розр}}$ ) при короткому замиканні і допустимий ( $Q_{\text{доп}}$ ) при короткочасній дії короткого замикання. При цьому повинна виконуватися умова:  $Q_{\text{розр}} < Q_{\text{доп}}$ .

Відповідно до ПУЄ для сталевалюмінієвих провідів  $Q_{\text{доп}}=200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

$$AQ_{\text{кін}} = AQ_{\text{пог}} + \left( \frac{I_{\infty}^2}{\delta} \right) \cdot t_{\text{ф}}, \quad (3.15)$$

де  $d$ - перетин дроту,  $\text{мм}^2$  для АСС-70  $d=68\text{ мм}^2$ .

$t_{\text{ф}}$ - фіктивний час, обусловлений діями періодичного і аперіодичного короткого замикання.

$$t_{\text{ф}} = t_{\text{ф.г.}} + t_{\text{ф.а.}}, \quad ^{\circ}\text{C}.$$

Розрахунковий час дії струму короткого замикання складається з часу дії релейного захисту і часу відключення вимикача:

$$t = t_{\text{зах}} + t_{\text{вим}}$$

$$t_{\text{зах}}=2\text{с}, \quad t_{\text{вим}}=0,1/2\text{с}, \quad t=2+0,2=2,2\text{ с}.$$

Якщо  $t \geq 1$ , то це означає, що аперіодична складена струму відсутня.

$$\text{Тоді } t := t = 2,2\text{ с}.$$

Температура провідника до короткого замикання:

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{о}} + \left( \frac{I_{\text{р.т.}}}{I_{\text{доп}}} \right)^2 \cdot Q_{\text{доп}} - Q_{\text{о}}, \quad ^{\circ}\text{C} \quad (3.16)$$

де  $Q_{\text{доп}}$ - допустима напруга нагріву провідника при подовжньому режимі  $^{\circ}\text{C}$ .

Для голих шин  $Q_{\text{доп}}=70\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$I_{\text{доп}} = 265 \text{ A}$$

$$Q_p = 25 + (20 - 25) \cdot \left( \frac{35}{265} \right)^2 = 25,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

По кривих визначаємо, що вибрані шини задовольняють умову термічної стійкості.

### 3.4. Вибір раз'єдинителя на стороні 35 кВ.

На підстанції на стороні 35 кВ передбачена установка раз'єдинителів

РЛНД 2-35/600 з приводом ПРН-200Г. Розрахункові і каталожні дані заносимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Розрахункові і каталожні дані раз'єдинителів.

Розрахункові величини		Умови вибору	Каталожні дані	
$U_{y.n}$	35 кВ	$U_{y.n} \cdot U_n$	$U_n$	35 кВ
$I_{\text{max}}$	35 А	$I_{\text{max}} - I_n$	$I_n$	600 А
$i_y$	2,7 кА	$i_y \cdot i_{\text{max}}$	$i_{\text{max}}$	80 кА
$I_k \cdot t_{\phi}$	2,7 кА	$t \cdot I < I_t^2 \cdot t$	$I^2 t$	$12^2 \cdot 3 \text{ кА}$

Даний тип раз'єдинителя вибраний вірно.

### 3.5. Вибір вимикачів на стороні 35 кВ.

На стороні 35 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВВЛ-35-31,5-В3 з приводом ПЕ . Розрахункові каталожні дані заносимо в таблицю.

Таблиця 3.3. Розрахункові і каталожні дані масляних вимикачів.

Розрахункові величини		Умови вибору	Каталожні дані	
$U_{у.н}$	35 кВ	$U_{у.н} \cdot U_{н}$	$U_{н}$	35 кВ
$I_{max}$	35 А	$I_{max} \cdot I_{н}$	$I_{н}$	630 А
$i_y$	2,7 кА	$i_y \cdot i_{max}$	$i_{max}$	26 кА
$I \cdot t_{\phi}$	2,7 кА	$t \cdot I < I_t^2 \cdot t$	$I^2 t \cdot t$	$10^2 \cdot 3$ кА

З умов вибору видно, що даний вимикач вибраний вірно.

### 3.6. Вибір шин на стороні 10 кВ.

Шини вибираємо по умові нормального режиму і перевіряємо на термічну і

динамічну стійкість. 
$$I_{н} = \frac{S_{н}}{\sqrt{3} \cdot U_{н}} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 10} = 145 \text{ А}$$

Максимальний робочий струм:  $I_{р.мах} = 1,3 \cdot I_{н} = 1,3 \cdot 145 = 188 \text{ А}$ .

Приймаємо збірні алюмінієві шини перерізом 20x3 мм, повздовжньодопустимий струм для яких рівний:  $I_{доп} = 215 \text{ А}$ .

$$I_{доп} = 0,95 \cdot 215 = 204,3 \text{ А}.$$

Перевіряємо шини на термічну стійкість.

Час дії струму короткого замикання:

$$t = t_{зах} + t_{вим} = 1,4 + 0,2 = 1,6 \text{ °С}.$$

Продовжньо-допустима температура для шин рівна 200 °С. Температура шин при номінальному струмі:

$$Q_H = Q_O + Q_{доп} - Q_O \cdot \left( \frac{I_{p.m.}}{I_{доп}} \right)^2, \text{ } ^\circ\text{C}$$

де  $I_{p.m.} = 12 \cdot 14 = 174 \text{ A}$ .

$$Q_H = 25 + (20 + 25) \cdot \left( \frac{174}{215} \right)^2 = 54,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Номінальну температуру шин визначають по кривим нагріву струмоведучих частин при короткому замиканні:

$$AQ_K = f(Q) \text{ .}$$

$$AQ_K = 0,42 \cdot 10^4 + \left( \frac{1390}{60} \right)^2 \cdot 1,6 = 0,506 \cdot 10^4.$$

$Q_K = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Звідси видно, що  $Q_K < Q_{доп} = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Динамічний розрахунок шин ведеться із урахуванням їх розміщення і форми. В найбільш тяжких умовах знаходиться середня фаза.

Максимальна сила, що приходить на одиницю довжини:

$$f_{\max} = 1,76 \frac{i_y^2}{\alpha} \cdot 10^7, \text{ H / м.}$$

де  $i_y^2$  - ударний струм короткого замикання, А;

$\alpha$  - відстань між осями суміжних фаз, м;

$\alpha = 0,25 \text{ м}$ ,

$$f_{\max} = 1,76 \frac{3500^2}{0,25} \cdot 10^7 = 86,2 \text{ H / м.}$$

Знижуючий момент визначається за формулою:

$$M = \frac{f \cdot L}{10}, \text{ H} \cdot \text{ м},$$

де  $L$  - проміжок між ізоляторами,



$$L=1\text{м}$$

$$M = \frac{86,2 \cdot 1}{10} = 8,62\text{Н} \cdot \text{м}.$$

Напруга, що виникає у матеріалі шин:

$$\sigma_{\text{розр}} = \frac{M}{W}, \text{МПа},$$

де  $W$ - момент опору шин відносно осі,  $\text{м}^3$ .

Момент опору залежить від форми перерізу шин або їх розмірів:

$$W=0,167 \cdot b \cdot h^2, \text{ м}^3$$

$$W=0,167 \cdot 0,003 \cdot 0,02^2 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

$$\sigma_{\text{розр}} = \frac{8,62}{2 \cdot 10^{-7}} \cdot 10^6 = 4,31\text{МПа}.$$

Згідно з ПУЕ допустима механічна напруга для алюмінія:

$$\sigma_{\text{доп}}=82,3 \text{ Мпа} \quad \sigma_{\text{розр}} \leq \sigma_{\text{доп}}, \quad 43,1 \leq 82,3.$$

Умова виконується, вибір зроблено вірно.

### 3.7. Вибір роз'єднувачів на стороні 10 кВ.

На вході 10 кВ і на відходящих лініях 10 кВ приймаємо роз'єднувач типу РВЗ-10/400 з приводом типу ПР-2. Розрахункові і каталожні дані зводимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4. Розрахункові і каталожні дані роз'єднувачів.

Розрахункові величини		Каталожні дані	
$U_{y.n}$	10 кВ	$U_n$	10 кВ
$I_{\text{max}}$	145 А	$I_n$	400 А
$i_y$	3,5 кА	$i_{\text{max}}$	50 кА
$I_{\infty} \cdot t_{\phi}$	1,39 <sup>2</sup> ·1,6 кА	$I_t^2 \cdot t$	10 <sup>2</sup> ·4 кА

### **3.8. Вибір трансформатора власних потреб.**

Трансформатор власних потреб служить для живлення ланцюгів керування, обігріву, сигналізації, освітлення і інших потреб.

Трансформатор власних потреб вибираємо за умовою:

$$S_{\text{ТВП}}=(0,004\dots 0,01)\cdot S_{\text{н}}, \text{ кВА}, \quad S_{\text{ТВП}}=(0,004\dots 0,01)\cdot 2500=10\dots 25 \text{ кВА}.$$

Приймаємо трансформатор ТМ 25/10.

#### **4. Вибір мікропроцесорної системи керування режимами енергопостачання підстанції 35/10 кВ і її характеристики.**

Останнім часом в енергетиці знаходять велике застосування пристрою виконані на базі мікропроцесорів, це лічильники електричної енергії, пристрої захисту, автоматики, телемеханіки і зв'язку. У даній магістерській роботі нам потрібно розробити пристрій керування РТП-35/10 кВ.

Вітчизняна і зарубіжна промисловість пропонує великий вибір пристроїв захисту та керування ЛЕП більше 1000В виконаних на базі мікропроцесорів ( МІСОМ Р-141, УЗА-10А.2, МРЗС-05, SIMENS і ін.). Ознайомившись з технічними характеристиками деяких приладів, я прийшов до висновку, що для керування РТП-35/10 кВ доцільніше застосувати мікропроцесорний пристрій МІСОМ Р-141.

Наведу декілька позитивних обґрунтувань для вибору МІСОМ Р-141:

1. Приблизно однакова ціна МІСОМ Р-141 в порівнянні з іншими аналогічними приладами.

2. МІСОМ Р-141 має більший перелік виконуваних функцій (захист ЛЕП, вимірювання всіх електричних параметрів ЛЕП, підключення до локальної мережі і тд.), що зменшує необхідність застосування інших приладів.

3. У МІСОМ Р-141 програмуються ввідні дані (коэффициенты трансформации ТТ, ТН ; уставки защиты ; час включения і відключення вимикача і тд.), що дає можливість працювати з устаткуванням, що вже є на підстанції.

4. Конструктивно МІСОМ Р-141 виконаний по блоковий, що в подальшому зменшує час і витрати на ремонт.

5. МІСОМ Р-141 відповідає всім вимогам предьявляемых до пристроїв захист ЛЕП.

6. Мала споживана потужність.

7. Малі габаритні розміри.

На підтвердження цього приведемо технічні характеристики MICOM P-141. [3]

#### **4.1 Технічні характеристики MICOM P-141**

##### **4.1.1 Загальні технічні характеристики**

Номинальні вхідні аналогові сигнали:

- вхідний змінний струм  $I_n$  - 5 А.
- вхідна змінна напруга лінійне  $U_n$  - 100 У;
- частота змінного струму - 50 Гц.

Електроживлення:

- напруга оперативного постійного струму 220 (+30, мінус 65) В;
- споживана потужність по ланцюгу електроживлення в черговому режимі неболее  
15 Вт і в режимі видачі команд не більше 20 Вт;
- функціонування пристрою не порушується при короткочасних, до 50 мс, провалах напруги живлення до нуля.

Потужність, споживана по ланцюгах змінного струму при номінальному струмі  $I_n=5$  А не більше 0,5 ВА на фазу.

Допустиме перевантаження по ланцюгах вхідних струмів і напругий:

- тривалий режим роботи -  $3I_n$ ,  $1,5U_n$ ;
- струм односекундної термічної стійкості  $50I_n$
- тривалий режим роботи для струму нульової послідовності до 2 А.

Струм односекундної термічної стійкості не більше 50 А.

Комутаційна здатність контактів реле ланцюгів відключення і включення вимикачів:

- при замиканні і розмиканні ланцюгів змінного струму не більше 250 В, 8А, 1000 ВА;

-при замиканні ланцюгів постійного струму не більш - 250 В, 5 А, 1000 Вт;

-при розмиканні ланцюгів постійного струму з індуктивним навантаженням і постійною часу, що не перевищує 0,02 з при напрузі до 250 В не більше 30 Вт;

-допустимий струм через контакти реле - 8 А тривало.

Електрична ізоляція гальванічно розв'язаних ланцюгів:

-вхідних ланцюгів струму і напруги, включених в різні фази між собою і по відношенню до корпусу, витримує випробувальну напругу 2000 В перемінного струму частоти 50 Гц протягом 1 хвилини.

-решти гальванічно незв'язаних ланцюгів щодо корпусу і між собою витримує випробувальну напругу 1500 В змінного струму частоти 50 Гц протягом 1 хвилини.

Вхідні ланцюги струму і напруги стійкі до дії імпульсів напруги амплітудою ( $5\pm 0,5$ ) кВ, тривалістю фронту ( $1,2\pm 30$  %) мкс, довжиною спаду ( $50\pm 10$ ) мкс.

Ланцюг живлення оперативним постійним струмом стійкий до дії перешкод по подовжній схемі підключення високочастотного сигналу з амплітудним значенням першого імпульсу ( $2,5\pm 10$  %) кВ, при поперечній схемі підключення - ( $1\pm 10$  %) кВ

Мінімальний час спрацьовування захит по струму і напрузі не більше 0,035 с.

Час повернення програм після зниження вимірюваної величини нижче величини повернення не більше 0,04 с.

Погрішність відліку часу органом витримки часу не более 0,01 з при витримці до 5 з і не більше 0,05 з при витримці від 5 до 32 с.

Готовність МРЗС до роботи після подачі на нього живлення - не более 0,2с.

Відхилення параметрів спрацьовування МРЗС по струму і напрузі - не більше 5 %.

Номінальні значення кліматичних умов.

Граничне значення кліматичних чинників зовнішнього середовища по Гост15543.1 і Гост15150, виконання УХЛ, категорії 4, для країн з помірним кліматом. При цьому нижнє граничне значення температури навколишнього воздуха мінус 5 °С, верхнє граничне значення температури навколишнього повітря плюс 55 °С.

Для експлуатації в неробочому стані (зберігання і транспортування) значення кліматичних чинників - по ГОСТ 15543.1 і Гост15150 для виробів кліматичного виконання Ухл3.1 (граничне значення температури навколишнього повітря від мінус 40 до плюс 70 °С).

За умовами експлуатації в частині дії механічних чинників зовнішнього середовища пристрій відповідає групі М13 по ГОСТ 17516.1.

Маса МРЗС-05" 6400±500 грама;

Габаритні розміри МРЗС-05" 280,5x190x255 мм;

Характеристика МРЗС-05:

- високоефективна 16-ти розрядна мікропроцесорна система;
- повністю цифрова обробка вимірюваних величин;
- повна гальванічна розв'язка внутрішніх ланцюгів;
- просте управління за допомогою кнопок панелі управління або за допомогою підключення персонального комп'ютера до інтерфейсу RS232 з програмним забезпеченням для роботи за допомогою меню;
- запам'ятовування повідомлень про пошкодження;
- постійний контроль, як змiряних величин, так і технічного програмного забезпечення;
- зв'язок з центральним пультом управління через послідовний інтерфейс К3485.

MICOM P-141 працює в мережі через інтерфейс RS485 на швидкості 9600 бит/с і забезпечує виконання наступних мережевих функцій:

- циклічна відповідь при опиті стану МРЗС в мережі;
- відключення - включення вимикача;
- передачу в мережу зміряних значень, що діють, струмів, напруги, потужності, частоти;
- читання і запис уставок
- передачу в мережу даних дискретного реєстратора подій;
- передачу в мережу даних аналогового реєстратора (миттєвих значень струмів і напруги при аварійних подіях). [7]

#### **4.2 Виконувані функції MICOM P-141**

MICOM P-141 забезпечує контроль і вимірювання наступних величин:

- лінійної напруги змінного струму з номінальним значенням  $U_n=100$  В частотою 50 Гц від 10 до 150 % від номінальної напруги з погрешністю вимірювань не більше 5 % і від 2 до 10 % від номінальної напруги з погрешністю вимірювань не більше 10 %;
- фазних струмів частотою 50 Гц з номінальним значенням  $I_n=5$  А в межах від 0,05 до 30  $I_n$  з погрешністю вимірювань не більше 5 %;
- струму нульової послідовності з погрешністю вимірювань не більше 5%, від 0,05 до 2 А, а в межах від 0,005 до 0,05 А не більше 10 %;
- частоти в мережі в межах від 45 до 51 Гц погрешністю вимірювань не більше 0,02 Гц;
- активній і реактивній потужності в межах номінальних вимірюваних струмів і напруги в нормальному режимі з погрешністю вимірювань не більше 5 % при значеннях вимірюваної потужності більш  $0,2 \cdot I_n \cdot U_n$ .

MICOM P-141 виконує функції релейного захисту:

- триступінчатий максимальний струмовий захист (МТЗ) від

міжфазних коротких замикань;

- захист від замикань на землю по струму нульової послідовності;

- захист максимальної напруги;

- захист мінімальної напруги з контролем струму.

МІСОМ Р-141 виконує функції автоматики:

- включення і відключення вимикача;

- автоматичне прискорення МТЗ при включенні вимикача;

- двократне або одноразове автоматичне повторне включення (АПВ);

- пристрій резервування відмови вимикача (УРОВ);

- автоматичне частотне розвантаження (АЧРСО).

МРЗС виконує функції самодіагностики, контролю цілісності ланцюгів включення і виключення вимикача, контролю положення візка.

МРЗС виконує функції реєстрації дискретних і аналогових сигналів.

МРЗС виконує функції конфігурації, налаштування, ранжирування всіх систем. [6]

### **4.3. Характеристики функцій захист**

*Максимальний струмовий захист (МТЗ)*

МТЗ може бути трьох виконань, по вибору:

- триступінчата МТЗ з незалежною від струму витримкою часу;

- триступінчата МТЗ, де перший і третій ступені з незалежною від струму витримкою часу, а друга - залежною від струму витримкою часу;

- триступінчата МТЗ з можливістю блокування кожного ступеня напругою.

Характеристики ступенів МТЗ з незалежною від струму витримкою часу:

- діапазон уставок по струму спрацьовування від  $0, I_n$  до  $30I_n$  з дискретністю  $0,02 I_n$ ;

- діапазон уставок за часом спрацьовування від 0 до 32 з



дискретністю 0,01 з;

- діапазон уставок по напрузі від 2 В до 150 В з дискретністю 1 В;

- коефіцієнт повернення по напрузі від 1,05 до 2,00 з дискретністю 0,01.

Характеристики другого ступеня МТЗ із залежною від струму выдержкой  
времени.

МІСОМ Р-141 має два варіанти ампер-секундной характеристики залежної ступени по МЕК 255-4.

Ампер-секундная характеристика першого варіанту нелінійна -  
 $I_t = A M (K-1), c$

де  $t$  - час дії захисту, з;

До - кратність струму по відношенню до струму спрацьовування;

$A, n$  - коефіцієнти, що визначають вид характеристики;

$M$  - масштабний коефіцієнт, с.

Діапазон установки  $M$  - від 0,05 до 1с з дискретністю 0,01 с.

Межі зміни часу дії захисту від 0 до 32 с.

У першому варіанті МТЗ має дві характеристики:

-пологая-  $A=0,14, n=0,02$ ;

-крутая-  $A=13,5, n=1$ .

Ампер-секундная характеристика другого варіанту  
лінійна -  $t = t_y - a (K-1), z$

де  $t_y$  - уставка другого ступеня МТЗ за часом дії, з;  $a$  - крутизна ампер-секундной характеристики на залежній ділянці, з; До - кратність струму по відношенню до струму спрацьовування Діапазон уставок  $t_y$  - від 0 до 32 із з дискретністю 0,01 с. Діапазон уставок  $a$  -от 0 до 4,0 із з дискретністю 0,01 с. Діапазон кратностей струму по відношенню до уставке ( $K$ ) в межах якого забезпечується точність часу спрацьовування від 1,2 до 20.

Основна погрішність за часом спрацьовування час незалежних ступенів МТЗ:

- для часу спрацьовування до 5 з - не більше 0,01 з;
- для часу спрацьовування від 5 до 32 з - не більше 0,05 с.

Погрішність відліку часу органом витримки часу не більше 0,01 з при витримці до 5 з і не більше 0,05 з при витримці від 5 до 32 з, гарантується для кратностей струму по відношенню до струму спрацьовування в межах від 1,2 до 20.

Є можливість включення і відключення МТЗ через дискретні входи (імпульсно).

Є можливість блокування окремо кожного ступеня МТЗ через дискретний вхід (статично).

Коефіцієнт повернення пускових органів ступенів захисту не менше 0,95 і не більше 0,98.

*Ненапрявлений захист від замикань на землю, що реагує на струм нульової послідовності частоти 50 Гц.*

Захист має наступні характеристики:

- діє з витримкою або без витримки на відключення або сигнал і має два ступені;

- діапазон уставок струму спрацьовування від 0,005 до 0,3 А з дискретністю струму спрацьовування 0,005 А з відхиленням не більш  $\pm 10\%$ ;

- діапазон уставок за часом спрацьовування від 0 до 32 із з дискретністю 0,01 с.

Захист підключений через фільтр першої гармоніки, загруднення захисту на частоті 150 Гц не менше чотири, на частоті 400 Гц не менше 15.

Є можливість включення і відключення захисту від замыканий на землю через дискретний вхід (імпульсно).

*Захист максимальної напруги*

Захист максимальної напруги діє з витримкою времени

на відключення або сигнал. Контролює напругу у всіх трьох фазах незалежно.

Характеристики захисту максимальної напруги:

-діапазон уставок по напрузі спрацьовування від 0,4 до 1,5  $I_n$  з дискретністю 0,1 В;

-діапазон уставок за часом спрацьовування від 0 до 32 із з дискретністю 0,01 з;

-коефіцієнт повернення не менше 0,95.

Є можливість включення і відключення захисту максимального напруги через дискретні входи (імпульсно).

*Захист мінімальної напруги*

Захист мінімальної напруги діє з витримкою часу на отключення або сигнал. Контролює напругу у всіх трьох фазах .

Характеристики захисту мінімальної напруги:

-діапазон уставок по напрузі спрацьовування від 0,25 до 1,1  $U_n$  з дискретністю 0,1 В;

-діапазон уставок по струму від 0,05 до 1,0  $I_n$  з дискретністю 0,05  $I_n$ ;

-діапазон уставок за часом спрацьовування від 0 до 32 із з дискретністю 0,01с

-коефіцієнт повернення від 1,01 до 1,05.

Є можливість включення і відключення захисту мінімального напруження через дискретні входи (імпульсно).

#### **4.4 Характеристика функцій автоматики**

*Автоматичне повторне включення вимикача (АПВ)*

АПВ двократне або одноразове з витримкою часу діє на включення. Є можливість виводу з роботи другого циклу і в цілому АПВ. Пуск АПВ здійснюється від МТЗ або зовнішніх пристроїв. При пуске АПВ від ДВ час 1-го і 2-го циклів АПВ обчислюється як час уставки

минус 15мс.

АПВ не діє:

- при відключенні вимикача через дискретний вхід;
- при відключенні від захисту безпосередньо після включення через дискретний вхід;
- при відключенні функції АПВ через дискретний вхід (імпульсно);
- при забороні АПВ через дискретний вхід.

Багатократного включення вимикача на коротке замкание при будь-якій несправності в схемі унеможлиблюється.

Тимчасові параметри АПВ:

- діапазон уставок часу першого циклу АПВ - від 0,2 до 32 з;
- діапазон регулювання часу дії другого циклу АПВ - від 0,2 до 75с;
- діапазон регулювання часу блокування пуску першого циклу АПВ після його закінчення - від 5 до 80 з;
- діапазон регулювання блокування пуску АПВ після закінчення другого циклу АПВ від 0 до 32 з;
- діапазон часу блокування пуску АПВ після включення вимикача через дискретний вхід - від 0 до 32 з;
- дискретність установки тимчасових параметрів АПВ - 0,01 з;
- відхилення часу першого і другого циклів АПВ від заданих значень - не більше 3 %, а погрішність АПВ на уставках менше 5 з - не менше 10 мс, але не більше 3 %.

Є можливість скидання АПВ через дискретний вхід (імпульсно).

*Пристрій резервування відмови вимикача (УРОВ)*

- Пуск УРОВ здійснюється при спрацьовуванні МТЗ на відключення или через дискретний вхід.
- УРОВ має два ступені за часом спрацьовування.
- Діапазон уставок по струму від 0,05 до 1 Ін з дискретністю уставки 0,05 Ін.

-Діапазон уставок за часом спрацьовування першого ступеня - від 0 до 32 із дискретністю 0,01 с.

-Діапазон уставок за часом спрацьовування другого ступеня - від 0 до 32 із дискретністю 0,01 с.

-Є можливість проводити включення і відключення УРОВ через дискретні входи (імпульсно).

-При пуску УРОВ від ДВ час 1-ої і 2-ої уставок (ступенів) УРОВ вивчисляется як час уставки мінус 15 мс.

#### *Автоматичне частотне розвантаження (АЧР)*

АЧР діє на відключення і сигналізацію.

Параметри уставок по частоті:

-уставка спрацьовування АЧР - від 45 до 50 Гц;

-уставка повернення пускового органу АЧР - від 45 до 50 Гц;

-дискретність змін уставок по частоті - 0,05 Гц.

Діапазон уставок за часом АЧР:

- час спрацьовування АЧР - від 0,1 до 120 з, з дискретністю 0,01 с.

-погрішність спрацьовування за часом - не більше 10 мс в діапазоні від 0,1 до 32 з і не більше 4% - від 32 до 120 с.

АЧР, що спрацювала на заданій частоті, не повертається в исходное состояние при подальшому зниженні частоти до 30 Гц і зниженні контролююмого напруги до 0,1 Uном.

При зникненні або зниженні на необмежений час контролююмого напруги і при подальшому його появі або підвищенні, якщо частота мережі не змінювалася, не відбувається помилкових спрацьовувань АЧР.

Є можливість включення або відключення АЧР через дискретні входи (імпульсно).

#### *Прискорення при включенні вимикача*

Прискорення вводиться по команді включення вимикача для другої або третього ступеня МТЗ.

Діапазон уставок часу введення прискорення від 0 до 5 із з дискретністю 0,01 с.

Діапазон уставок часу прискорення МТЗ від 0 до 5 із з дискретністю 0,01 с.

Є можливість включення і відключення прискорення раздельно 2-й і 3-й ступенів МТЗ.

#### *Включення вимикача*

Включення вимикача проводиться як від автоматики МІСОМ Р-141, так і через дискретний вхід (імпульсно).

Тривалість сигналу на включення вимикача має діапазон від 0,15 до 5 з, з дискретністю 0,01 с.

За наявності команди на відключення вимикача відбувається блокування сигналу включення.

#### *Відключення вимикача*

Відключення вимикача проводиться як від зашит МІСОМ Р-141, так і через дискретний вхід (імпульсно).

Тривалість сигналу відключень вимикача - від 0,15 до 5 із з дискретністю 0,01 с.

### **4.5 Діагностика мікропроцесорного пристрою МІСОМ Р-141**

МІСОМ Р-141 забезпечує самодіагностику з виявленням несправності з точністю до знімного блоку.

Формування дій на включення, що управляють, і отключение коммутационных апаратів проводиться тільки після перевірки достовірності необхідності виконання операції і справності каналів управління.

Забезпечується безперервна перевірка справності програмного забезпечення (методом контрольних сум).

Вузли, що перевіряються при діагностиці:  
у блоці БВ:

- вузол АЦП;
- флеш-пам'ять;
- годинник реального часу;
- оперативна пам'ять;
- функціонування процесора, наявність живлення всіх вузлів;

в блоці БДВВ-МРЗС:

- дискретні входи;
- вузол дискретних виходів (включно з живленням обмоток реле і їх цілісністю);

у блоці 2БД:

- контроллер міні дисплея;

у блоці БІ

- контроллер послідовного каналу.

#### **4.6. Реєстрація мікропроцесорного пристрою MICOM P-141**

MICOM P-141 здійснює реєстрацію в реєстраторові статистики подій про останні 50-ть аварій, а саме:

- включення і відключення силового вимикача;
- всіх вхідних дискретних сигналів;
- спрацьовування всіх зашит із записом (для останньої аварії)

максимальних

значений струмів, максимальної напруги;

- всіх видаваних дискретних сигналів.

У реєстраторові дискретних сигналів під подією розуміється перелік дискретних сигналів що прийшли і (або) пішли в даний момент часу, а так само вже включених у цей момент часу.

У реєстраторові статистики під подією розуміється перелік дискретних сигналів, які мали місце при розвитку даної аварії.

Максимальна кількість подій, що фіксуються, - 50. Пам'ять подій організована "стеком". Це означає, що якщо при аварії виникає більше 50 подій, які необхідно зафіксувати, то перші події записані в "стек" витеснюються останніми. Таким чином, реєстратор подій збереже 50 последних за часом подій.

МРЗС здійснює реєстрацію аварійних ситуацій із записом миттєвих значень струмів і напруги при аваріях з прив'язкою до поточного часу (режим осциллографування аварійних ситуацій).

Реєстрація струмів і напруги проводиться протягом 100 мс до фіксації аварії і протягом 1 с після фіксації аварії. Період опиту -1,25 мс.

МІСОМ Р-141 зберігає інформацію про вісім останніх аварій.

При виникненні наступної (дев'ятою) аварії, МІСОМ Р-141 проводить реєстрацію струмів і напруги протягом 100 мс до фіксації аварії і протягом 0,5 с після фіксації аварії. Період опиту -1,25 мс. Після цього інформація про предыдущих восьми аваріях стирається, а зберігається тільки остання (дев'ята) аварія і знову відбувається накопичення восьми аварій. Таким чином завжди зберігається інформація про останню аварію.

Інформація про всі події і аварії зберігається у флеш-пам'яті, розположенної в блоці БВ.

#### **4.7. Налаштування, конфігурація МІСОМ Р-141**

##### *Конфігурація МІСОМ Р-141*

У режимі конфігурації МІСОМ Р-141 дозволяє задавати або виключати функції МІСОМ Р-141.

У режимі налаштування МІСОМ Р-141 дозволяє ранжирувати дискретні входи, виходи, світлові індикатори МРЗС, задавати тривалість команд вимкнучателя, вводить коефіцієнт трансформації трансформаторів струму і напруги.

При завданні параметрів функцій захисту і автоматики з допомогою



встроенного пульта або через інтерфейс RS232 MICOM P-141 дозволяє встановлювати:

- уставки спрацьовування;
- витримки часу;
- варіанти МТЗ, варіанти характеристик;
- включати, відключати ступені;
- включати, відключати окремі види захисту і автоматики.

## 5. Склад і конфігурація МІСОМ Р-141

### 5.1.Склад МІСОМ Р-141

Таблиця 5.1. Склад МІСОМ Р-141

Найменування	Кількість
2БД (Блок дисплейний)	1
БВ (Блок обчислювача)	1
БДВВ(Блок дискретних входів-виходів)	1
БДТН(Блок датчиків струмів і напружений)	1
БІ(Блок інтерфейсний)	1
БП (Блок живлення)	1

### 5.2 Конструкція МІСОМ Р-141

МІСОМ Р-141 конструктивно є каркасом з тими, що направляють, помещений в металевий кожух з передніми дверцями, що відкриваються, на яких встановлений блок 2БД з елементами індикації і управління.

По тих, що направляють блоки БП, БДВВ, БІ, БВ і БДТН всовуються всередину корпусу. Міжблочне з'єднання здійснюється через кроссплату, розташовану на задній стінці каркаса, і двома плоскими кабелями.

Для зовнішніх під'єднувань в задній стінці кожуха є спеціальні отвори, через які роз'єми відповідних блоків виходять назовні. Один роз'єм розташований на кришці. Для фіксації блоків усередині приладу на передній верхній планці є спеціальні поворотні пластини. Крім того, для дополнительного кріплення блоку БДТН, на задній стінці кожуха є два отвори під гвинти. На задній стінці пристрою знаходиться три болти заземлення.[2]

## 6. Пристрій і робота мікропроцесорного комплекту

### 6.1. Пристрій MICOM P-141

MICOM P-141 є мікропроцесорною системою, реалізованою на базі сигнального процесора ADSP2115.

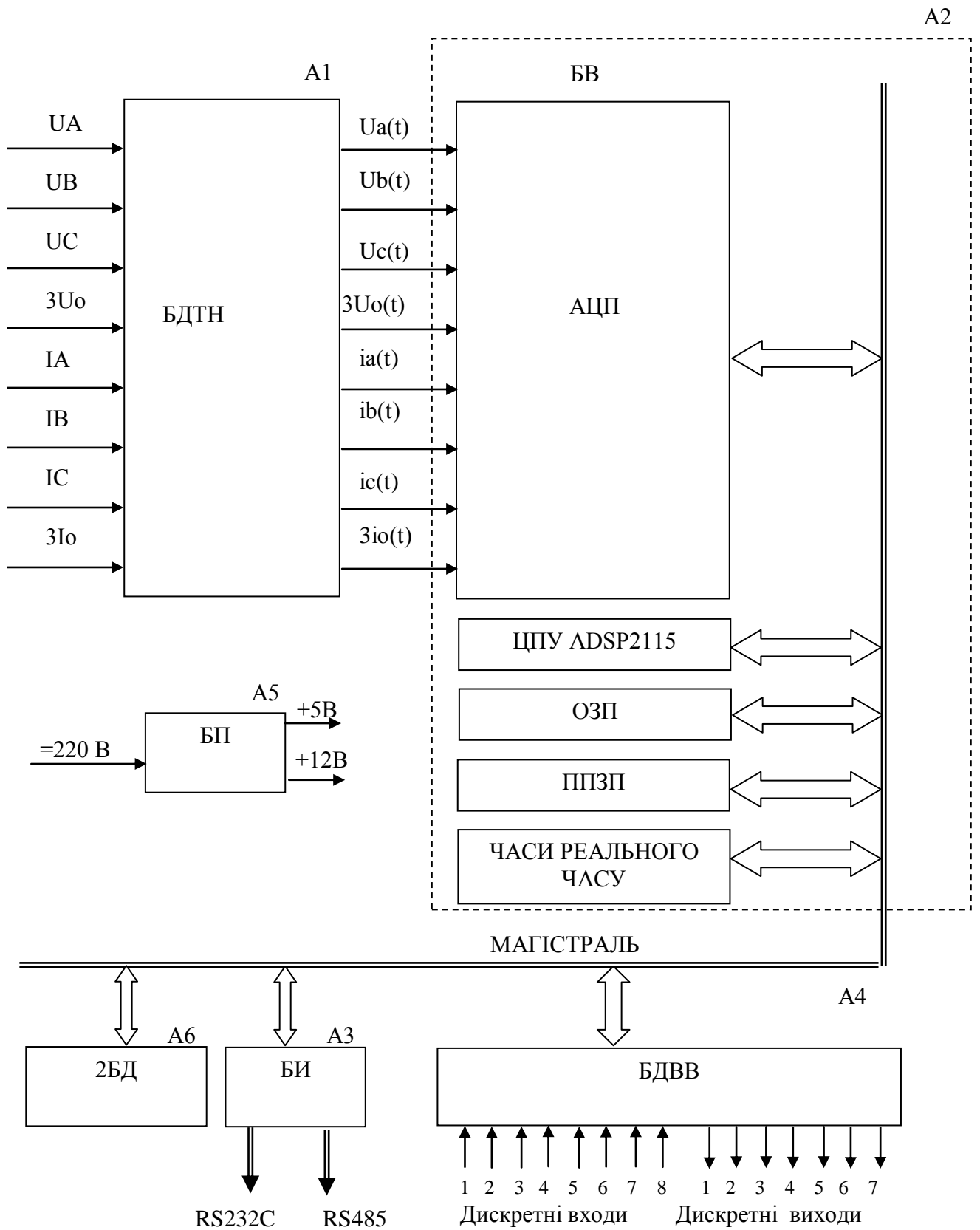
Структурна схема MICOM P-141 приведена на малюнку 6.1.

Блок датчиків струму і напруги БДТН Рсги.468171.008-05 призначений для гальванічної розв'язки від вторинних ланцюгів вимірників трансформаторів струму і напруги, для узгодження рівнів струмів  $i(t)$ , напруги  $u(t)$  з рівнями вхідних аналогових сигналів вузла аналого-цифрового преобразователя (АЦП) блоку БВ.

Блок обчислювача БВ (Рсги.467444.007) призначений для виконання аналого-цифрового перетворення вхідних аналогових сигналів  $i(t)$ ,  $u(t)$  в цифрові сигнали  $i(nT)$ ,  $u(nT)$ ; виконання всіх функцій вимірювання, захист, автоматики, діагностики, реєстрації аварійних подій з прив'язкою до реального часу; налаштування MICOM P-141; управління всіма програмно-доступними блоками (БДВВ, 2БД, БІ); проводить обмін інформацією із зовнішніми пристроями і користувачем.

Блок інтерфейсний БІ Рсги.467119.006 призначений для підключення MICOM P-141 до комп'ютера через інтерфейс RS232, а також в локальну мережу через інтерфейс RS485. За допомогою комп'ютера є можливість провести настройку MICOM P-141, записати уставки, рахувати зареєстровані аварійні події.

Блок дискретних входів виходів БД Рсги.467119.005 призначений для гальванічної розв'язки MICOM P-141, узгодження по рівню і прочитування в обчислювач восьми вхідних дискретних сигналів, і вихід на сім реле.



A1...A6-позиційне позначення блоків в відповідності зі схемою  
принциповою електричною

Рисунок 6.1 Структурна схема MICOM P-141

Блок дисплейний 2БД Рсги.467846.005 містить жидкокристаллический індикатор (два рядки по 16 символів в рядку), чотири кнопки, сім світлодіодів і призначений для організації взаємодії користувача з МІСОМ Р-141:

- налаштування і конфігурації;
- введення уставок;
- установки часу;
- виводу на індикатор поточної інформації про аварійні події;
- сигналізації про всі спрацьовування систем захисту через світлодіоди.

## **6.2. Робота МІСОМ Р-141**

На вхідні обмотки трансформаторів МІСОМ Р-141 (блок БДТН) поступають струми ІА, ІВ, ІС, ЗІо, напруга UА, UВ, UС, ЗUо.

Номінальна лінійна вхідна напруга трансформаторів напруги -100 В. Номінальний струм трансформаторів струму - 5 А; номінальний струм трансформатора ЗІо- 0,1 А.

У вторинних обмотках трансформаторів струму стоять резистори, що погоджують. З виходів обмоток трансформаторів через низькочастотні фільтри RC- аналоговые сигнали  $i_a(t)$ ,  $i_b(t)$ ,  $i_c(t)$ ,  $Z_{io}(t)$ ,  $u_a(t)$ ,  $u_b(t)$ ,  $Z_{uo}(t)$  поступають на вхід АЦП, де проводиться перетворення їх в п'ятнадцятиразрядные двійкові коди, що прочитуються процесором блоку обчислювача.

У процесорі проводиться цифрова обробка сигналів:

- виконуються перетворення Фур'є;
- обчислюються значення струмів ІА, що діють, ІВ, ІС, ЗІо;
- обчислюються значення напруги UА, що діють, UВ, UС, ЗUо;
- обчислюються кути фазових зрушень між всіма струмами і напругою;
- проводиться розрахунок активної потужності, реактивної потужності, частоти сети.

Коефіцієнти трансформації станційних трансформаторів струму і напруги вводяться при конфігурації МІСОМ Р-141.

Сигнали з дискретних входів блоку БДВВ через магістраль считуються в блок БВ. Загальна кількість дискретних входів - вісім. Рівень логічного "нуля" - від 0 до 100 В. Уровень логічної "одиниці" - від 150 до 250 Ст.

Всі дискретні входи можуть бути як прямими, так і не інверсними зависимо один від одного.

Блок БВ реалізує всі функції захисту, автоматики, діагностики і реєстрації аварійних подій, реалізує функції налаштування, конфігурації і перегляду, виводить на мінідисплей інформацію по запиті користувача.

У режимі конфігурації проводиться установка або відключення всіх систем захисту і автоматики.

У режимі налаштування проводиться установка:

- входів;
- виходів;
- вхідних функцій;
- вихідних функцій;
- коефіцієнтів передачі станційних вимірювальних трансформаторів;
- витримок часу блоку включення і відключення СВ;
- конфігурації пристроїв введення-виводу;
- конфігурації реєстраторів дискретних, аналогових сигналів і реєстратора статистики;
- конфігурації визначуваних функцій.

Є можливість проглядання стану системи.

Є також можливість налаштування, конфігурації, прочитування текущої інформації і аварійних масивів інформації за допомогою зовнішнього комп'ютера через інтерфейс RS232. Для цього використовується програма "Tv KIEV"

Включення і відключення сигнальних світлодіодів, виведення інформації на мінідисплей, отримання інформації, що управляє, з кнопок процесор виробить через магістраль і блок 2БД.

При цьому загальна кількість світлодіодів, що знаходяться в блоці, - сім.

Розподіл повідомлень з першого по шостий світлодіод проводиться користувачем. Колір світлодіодів - червоний.

На сьомий світлодіод (колір зелений) виводиться повідомлення "Робота - Неїсправність" пристрою МІСОМ Р-141.

При несправності світлодіод не горить, робота всіх видів захит блокується.

При подачі на аналогові входи справного пристрою МІСОМ Р-141 напруги і струмів, що перевищують значення 6 В і 0,07 А, світлодіод горить постійно, а при подаче менших значень напруги і струмів світлодіод мигає.

Обмін інформацією МРЗС із зовнішнім комп'ютером проводиться через блок БІ-МРЗС. Швидкість обміну інформацією 9600 бит/с.

### **6.3. Живлення МІСОМ Р-141**

Живлення МІСОМ Р-141 проводиться постійною напругою оперативного постійного струму 220 (+30, мінус 65) В.

Напруга живлення поступає на блок живлення БП.

У блоці БП виробляється вторинна напруга живлення "5\Г і "12\Г. Ланцюги вторинної напруги гальванічно розв'язані з ланцюгами напруги 220В.

Напруга живлення "5V" використовується для живлення всіх цифрових і аналогових вузлів МІСОМ Р-141.

Напруга живлення "12V" використовується для живлення обмоток сигнальних і командних реле. [6]

#### **6.4 Перелік виконуваних функцій МІСОМ Р-141**

Пристрій МІСОМ Р-141 використовується як захист повітряних і кабельних ліній напругою 6-35 кВ, що працюють з ізольованою і компенсованою нейтраллю.

*До складу пристрою входять:*

- максимальна 3-х ступінчастий струмовий захист від міжфазних коротких замикань з обмежено-залежною витримкою часу: перший ступінь – струмове відсічення; другий ступінь - з незалежною або залежною від струму витримкою часу; третій ступінь з незалежною витримкою часу; 3-х ступінчастий междуфазная захист з можливістю блокування мінімальною напругою;

- ненапрявлений захист по струму нульової послідовності (захист від замикань на землю);

- захист по мінімальній і максимальній напрузі (ЗН). При цьому можливе блокування захисту по мінімальній напрузі струмом у всіх трьох фазах;

- пристрій резервування відмови вимикача (УРОВ);

- автоматичне повторне включення (АПВ);

- пристрій автоматичного частотного розвантаження спецчерги (АЧРСО);

- блок прискорення МТЗ для швидкого відключення приєднання при включенні його на коротке замикання від АПВ або ручного включення;

- блок включення, що формує сигнал певної тривалості на включення вимикача;

- блок відключення, що формує сигнал певної тривалості на отключение вимикача.

У пристрої МРЗС також передбачені додаткові функції, делающие його зручним в експлуатації.



*Додаткові функції включають:*

- реєстрацію і зберігання дискретних (вхідних, вихідних) і аналогових сигналів при аварії;
- реєстрацію і зберігання інформації про спрацьовування органів захисту і автоматики з прив'язкою їх до поточної дати і часу;
- реєстрацію і зберігання останньої аварії (гарантовано);
- експлуатаційні вимірювання струмів, напруги, частоти, активної і реактивної потужності;
- контроль ресурсу вимикача по кількості циклів спрацьовування;
- контрольні функції (контроль програмного забезпечення, контроль зовнішніх вимірювальних трансформаторів, контроль справності котушок вихідних реле). [5]

#### **6.4.1 МТЗ від міжфазних коротких замикань**

МТЗ від міжфазних коротких замикань призначена для захисту приєднань 35 кВ при двофазних і трифазних коротких замиканнях.

Функціональна схема роботи МТЗ при міжфазних коротких замиканнях приведена на малюнку Блок, показаний на малюнку 6.2 реалізований программно.

Захист має три ступені.

Кожен із ступенів має уставку по струму спрацьовування пускового органу (ПО) і за часом спрацьовування. При спрацьовуванні струмових ПО будь-якій із ступеней МТЗ ( $I_{сп} > I_{уст}$ ), запускаються таймери цих же ступенів, які, відлічивши установленное час, впливають на вихідні реле.

Другий ступінь з время-токозависимой витримкою часу і з незалежною витримкою часу одночасно не використовуються.

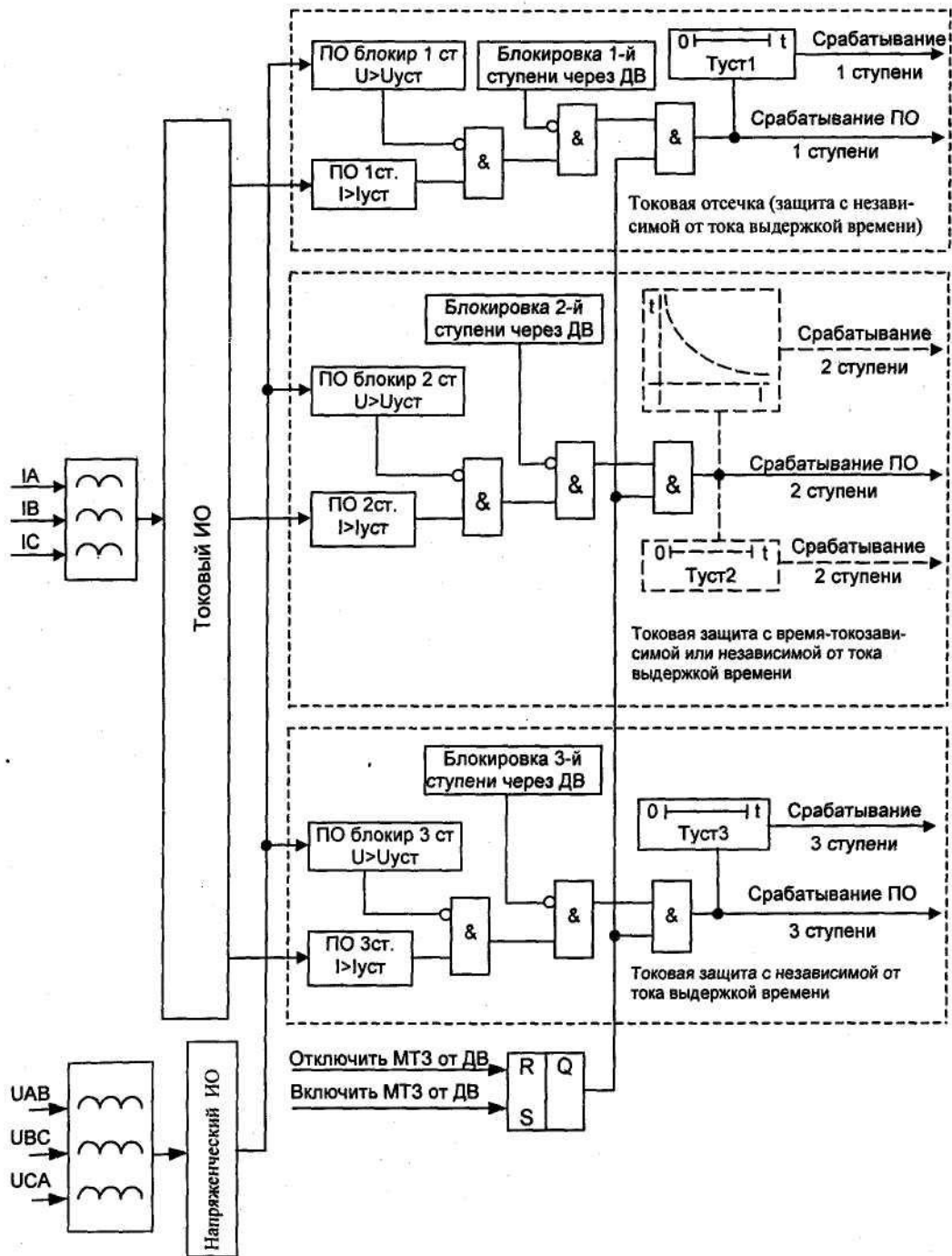
Після спрацьовування будь-який із ступенів відбувається пуск УРОВ, а також пуск АПВ, якщо воно повинне працювати після спрацьовування даного ступеня.

При будь-якому включенні приєднання на коротке замикання проводиться спрацьовування другого або третього ступенів, що задаються, по ланцюгу прискорення при включенні.

Через дискретні входи МТЗ можна статично блокувати, а також производити її включення/відключення.

Активні сигнали "Стат. Бл Мт31бн", "Стат. Бл Мт32бн", "Стат. Бл МТ33БН", забезпечують можливість роботи відповідного ступеня МТЗ без блокування по напрузі.

В тому разі якщо, відключення МТЗ проводиться через дискретний вхід, то подальше включення необхідно обов'язково проводити через дискретний вхід. [2]



Малюнок 6.2. Функціональна схема блоку максимального струмового захисту (МТЗ) з можливістю блокування мінімальною напругою (МТЗБН)

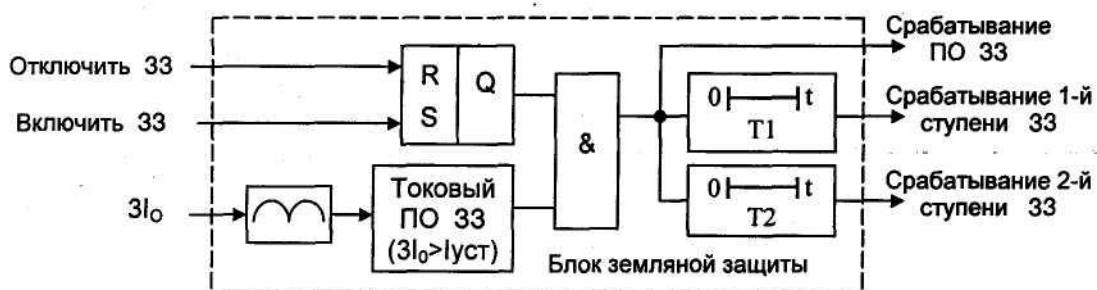
### 6.4.2 Максимальний струмовий ненапрявлений захист від замикань на землю в ізолюваних або компенсованих мережах

Пристрій призначений для захисту приєднань 35 кВ, що працюють з ізолюваною або компенсованою нейтраллю.

Функціональна схема струмового ненапрявленого захисту від замикання на землю в ізолюваних або компенсованих мережах приведена на малюнку 6.3. Блок, показаний на малюнку 6.3 реалізований програмно. Пристрій підключається до трансформатора струму нульової послідовності і має уставку по струму срабатывання і два уставки за часом. Після спрацювання пристрій діє на відключення або на сигнал.

Через дискретні входи можна проводити включення/відключення 33.

В тому випадку, якщо відключення ненапрявленого захисту проводиться через дискретний вхід, то подальше включення необхідне обов'язково виробить через дискретний вхід



Малюнок 6.3 Функціональна схема ЗЗ

### 6.4.3 Захист по максимальній напрузі

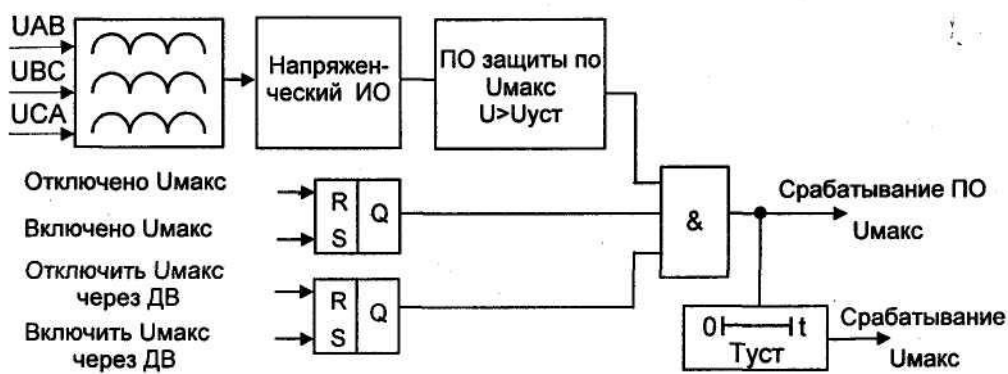
Пристрій призначений для захисту приєднань 35 кВ від підвищеної напруги.

Функціональна схема захисту по максимальній напрузі приведена на малюнку 6.4. Блок, показаний на малюнку 6.4 реалізований програмно.

Пристрій підключається до трансформаторів напруги. Пристрій має уставку по напрузі спрацьовування і уставку за часом. Після спрацьовування пристрій діє на відключення або на сигнал.

Через дискретні входи можна проводити включення/відключення захисту по максимальній напрузі.

В тому разі якщо відключення захисту по максимальній напрузі производится через дискретний вхід, то подальше включення необхідно обов'язково проводити через дискретний вхід.



Малюнок 6.4 Функціональна схема блоку захисту по максимальній напрузі

#### 6.4.4 Захист по мінімальній напрузі з контролем струму

Пристрій призначений для захисту приєднань 35 кВ від понижених напруги. Контроль струму призначений для блокування дії захисту по мінімальній напрузі при відключенні лінії.

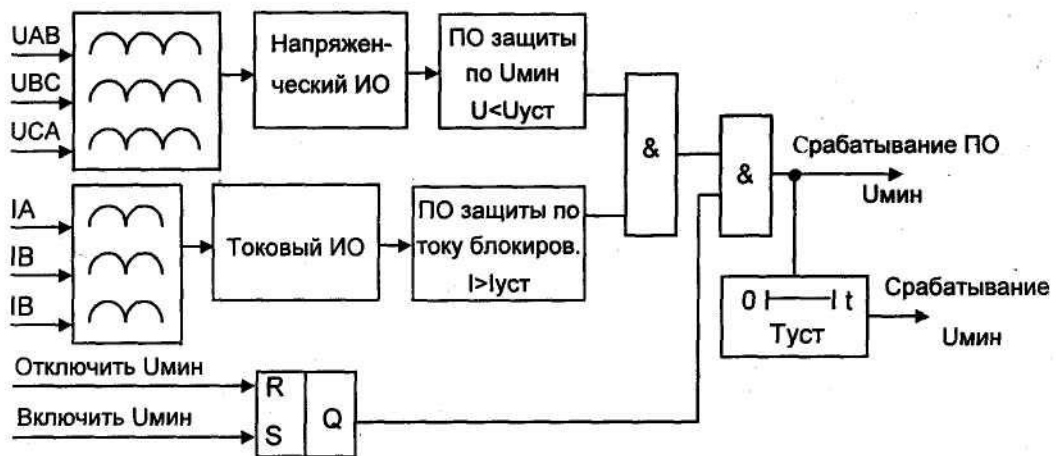
Захист по мінімальній напрузі з контролем струму спрацьовує, якщо напруга на всіх трьох фазах нижча за настановне значення, а струм хоч би по одній фазі перевищує уставку.

Функціональна схема захисту по мінімальній напрузі приведена на малюнках 6.5. Блок, показаний на малюнках 6.5 і реалізований програмно.

Пристрій підключається до трансформаторів напруги і струму. Пристрій має уставку по напрузі спрацьовування, уставку по струму при мінімальному напруженні і уставку за часом. Після спрацьовування пристрій діє на отключення або на сигнал.

Через дискретні входи можна проводити включення/відключення захисту по мінімальній напрузі.

В тому випадку, якщо відключення захисту по мінімальній напрузі производится через дискретний вхід, то подальше включення необхідне обов'язательно проводити через дискретний вхід.



Малюнок 6.5. Захист по мінімальній напрузі з контролем струму

#### 6.4.5 Пристрій резервування відмови вимикача (УРОВ)

Пристрій призначений для відключення суміжних живлячих присоединений при відмові силового вимикача приєднання, на якому відбулося короткое замикання.

Функціональна схема пристрою резервування відмови вимикача приведена на малюнку 6.6. Блок, показаний на малюнку 6.6, реалізований програмно.

Пристрій має уставку по струму спрацьовування і два уставки за часом.

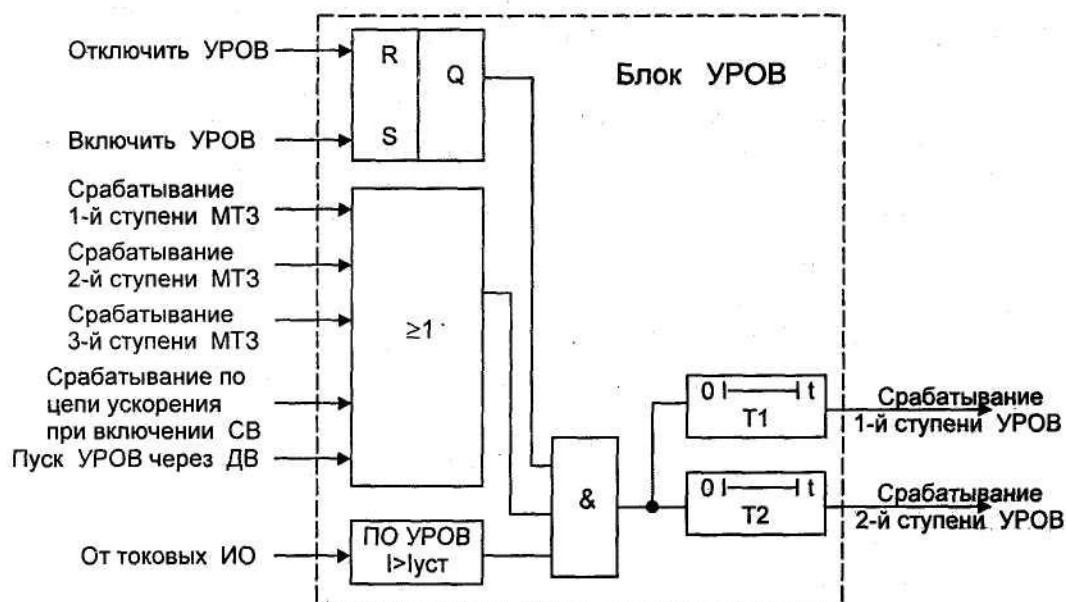
Для спрацьовування УРОВ, окрім наявності струму, що перевищує уставку, требуется також наявність пуску.

Пристрій пускається при спрацьовуванні внутрішньої МТЗ на відключення або через дискретний вхід від інших пристроїв захисту.

При спрацьовувань, пристрій з першою витримкою або без витримки времени (перший ступінь) повторно діє по іншому ланцюгу на выключатель, що відмовив, і, якщо він не відключається, відлічивши заданий час (другий ступінь) действует на відключення суміжних живлячих приєднань.

Через дискретні входи можна проводити включення/відключення УРОВ.

В тому випадку, якщо відключення УРОВ проводиться через дискретний вхід, то подальше включення необхідно обов'язково проводити через дискретний вхід.



Малюнок 6.6 Функціональна схема блоку пристрою резервування відмови вимикача (УРОВ).

#### **6.4.6 Автоматичне повторне включення АПВ**

Пристрій АПВ призначений для автоматичного повторного включення приєднання після його відключення від пристроїв захисту. АПВ двократного действия.

Функціональна схема блоку формування команди пуску АПВ від МТЗ приведена на малюнку 6.7. Функціональна схема блоку АПВ приведена на малюнку 6.9. Блоки, показані на малюнках 6.7, 6.9 реалізовані програмно.

Тимчасова діаграма роботи АПВ приведена на малюнку 6.8.

АПВ має уставки по тривалості першого і другого циклу АПВ, по довготривалості блокування першого циклу і АПВ в цілому і по тривалості блокування АПВ при ручному включенні вимикача СВ.

Після спрацьовування МТЗ відбувається пуск АПВ. При цьому запускається таймер першого циклу (Т1), який відлічивши встановлений час, діє на включення вимикача приєднання. Одночасно запускається таймер блокування 1 (Тбл.1), який блокує на заданий час таймер першого циклу і підготавлює ланцюг пуску другого циклу АПВ.

Якщо перше включення було на коротке замикання, знову спрацьовує МТЗ і відбувається пуск таймера другого циклу АПВ (Т2). Таймер першого циклу в цей час заблокований.

Таймер другого циклу АПВ, відлічивши встановлений час, діє на включення вимикача. Одночасно запускається таймер блокування 2 (Тбл.2), який блокує на заданий час таймери першого і другого циклів.

Якщо і друге включення було на коротке замикання, спрацьовує МТЗ і проводить остаточне відключення. Пуску АПВ більше не відбувається, таймери першого і другого циклів в цей час заблоковані.

Після закінчення часу Тбл.2 (таймер другого циклу АПВ), незалежно від того було включення успішним або неуспіхом, відбувається повернення АПВ в исходное стан.

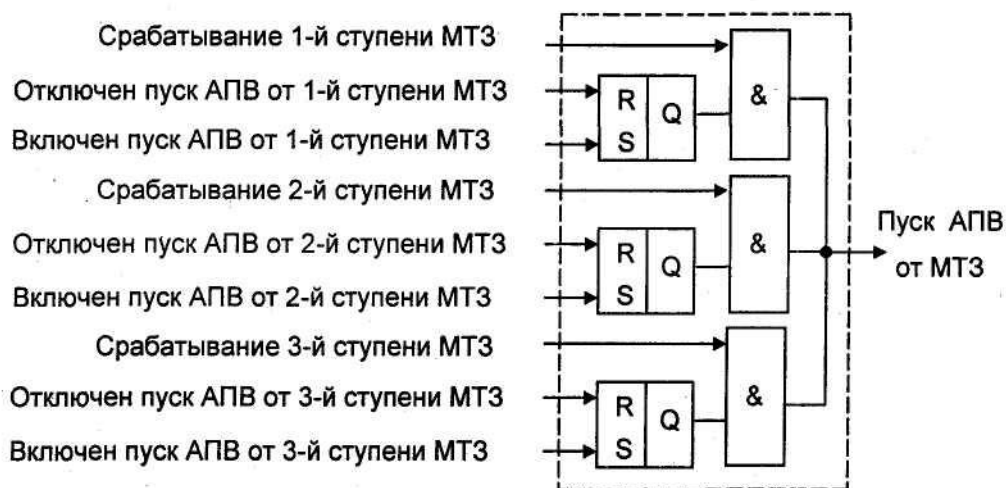


Можна проводити включення/відключення пуску АПВ від будь-якого ступеня МТЗ.

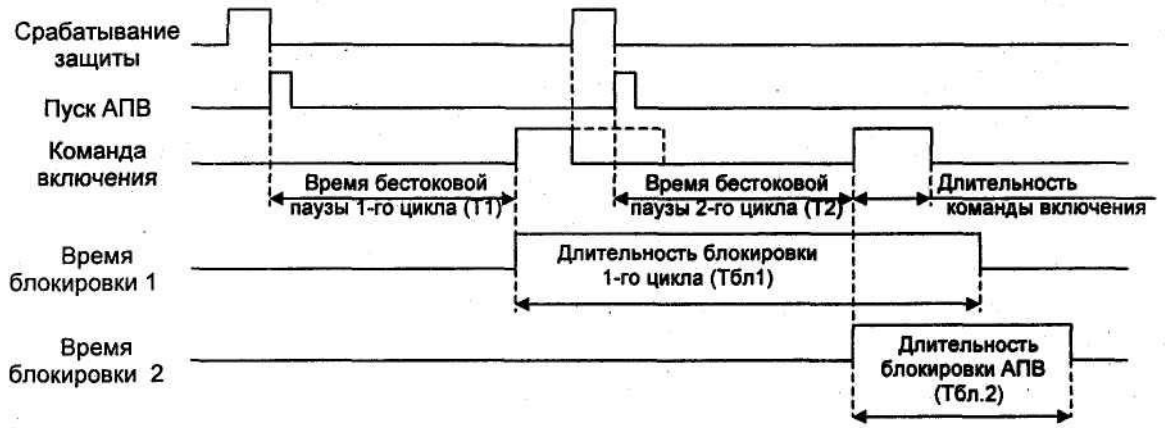
Через дискретний вхід можна також проводити заборону АПВ, а також включення/отключення другого циклу АПВ і АПВ в цілому.

В тому випадку, якщо відключення другого циклу АПВ і (або) АПВ в цілому производится через дискретний вхід, то подальше включення необхідне обов'язково проводити через дискретний вхід.

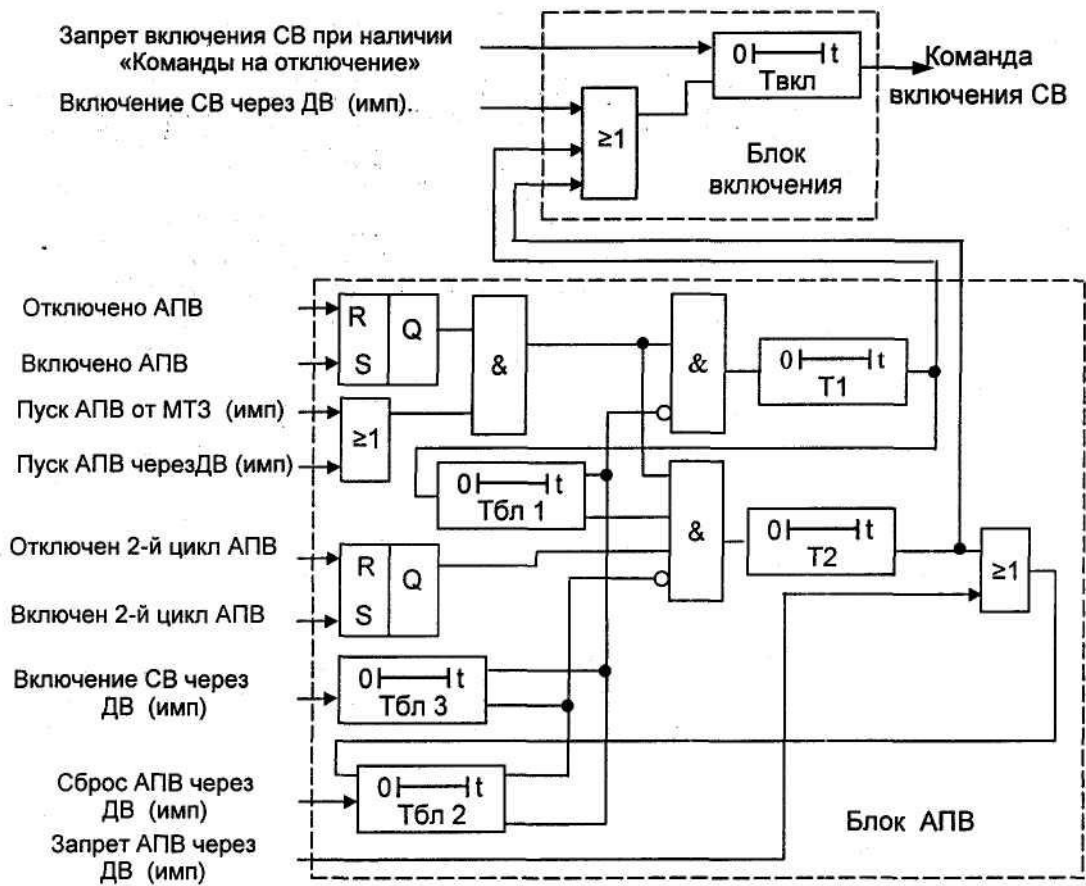
При ручному включенні силового вимикача запускається таймер блокування 3 (Тбл.3), який на встановлений час блокує АПВ. Таким чином, при включенні вимикача на коротке замикання і спрацюванні МТЗ пуску АПВ не відбувається, АПВ буде готове до дії після закінчення часу Тбл.3.



Малюнок 6.7 Функціональна схема блоку формування команди пуску АПВ від МТЗ



Малюнок 6. 8 Тимчасових діаграм роботи двократного АФВ



Малюнок 6. 9 Функціональна схема блоку АФВ і блоку включення

### 6.4.7 Пристрій автоматичного частотного розвантаження спецчерги (АЧРСО)

Пристрій АЧРСО призначений для автоматичного відключення присоединения при зниженні частоти в мережі нижче заданою.

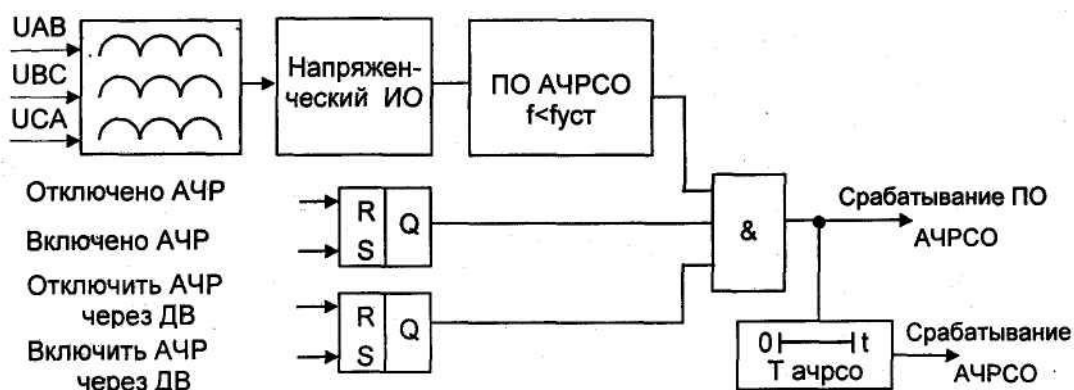
Функціональна схема блоку АЧРСО приведена на малюнку 5.10. Блок, показаний на малюнку 5.10, реалізований програмно.

АЧРСО має уставку по частоті спрацьовування ( $f < f_{уст.}$ ) пускового органу (ПО) і за часом спрацьовування.

При спрацьовуванні ПО АЧРСО запускається таймер Т АЧРСО, який, отсчитав встановлений час, впливає на вихідні реле.

Через дискретні входи можна проводити включення/відключення АЧРСО

В тому випадку, якщо відключення АЧРСО проводиться через дискретний вхід, то подальше включення необхідно обов'язково проводити через дискретний вхід.



Малюнок 6. 10 Функціональна схема блоку АЧРСО

### 6.4.8 Блок прискорення

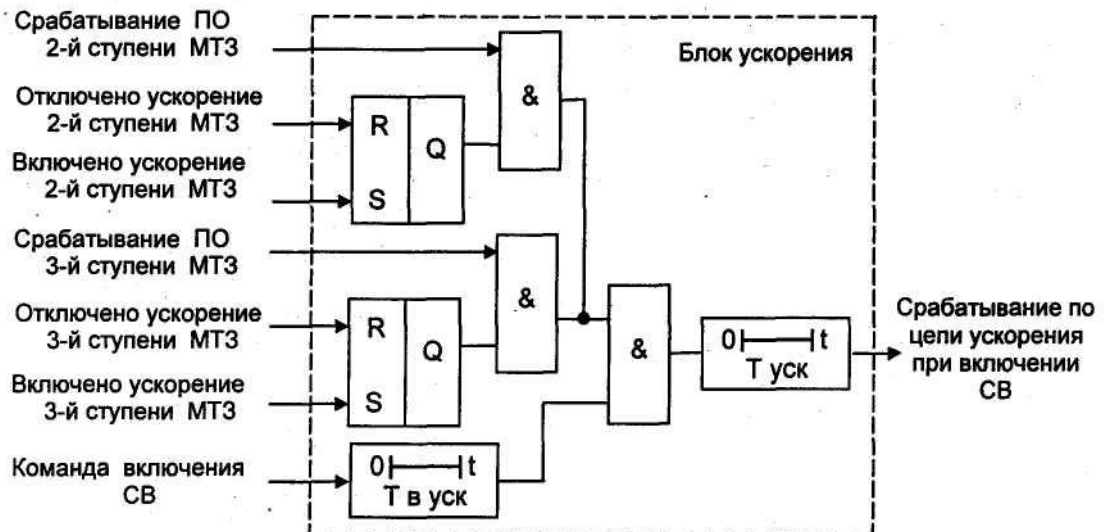
Блок прискорення призначений для швидкого відключення приєднання при включенні його на коротке замикання від АПВ або від ручного включення.

Функціональна схема блоку прискорення приведена на малюнку 6.11. Блок, показаний на малюнку 6.11, реалізований програмно.

Блок прискорення має уставки за часом введення прискорення і за часом ускорення.

При появі команди включення СВ запускається таймер введення прискорення на заданий час ( $T_{в.уस्क.}$ ). Якщо відбувається включення на коротке замикання або коротке замикання з'являється до закінчення часу  $T_{в.уस्क.}$ , то при срабатывании ПО відповідних (вибраних користувачем) ступенів захисту, происходит пуск таймера прискорення (Бляк), який відлічивши встановлений час, видає команду на відключення вимикача з часом, значно меншим часу спрацьовування відповідних (прискорюваних) ступенів.

У пункті "Управління" розділу головного меню "МТЗ" можна проводити включення/відключення прискорення другого і третього ступеня МТЗ.



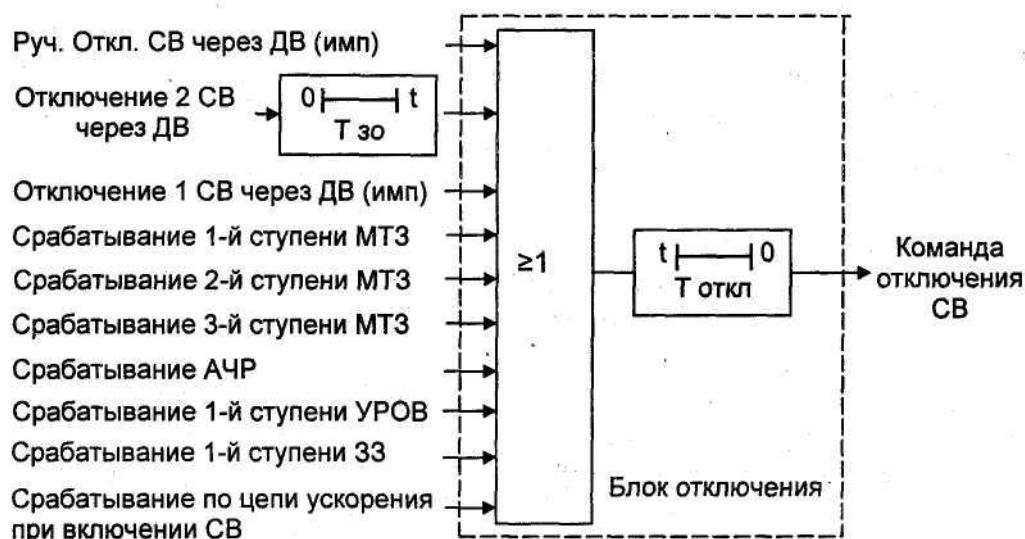
Малюнок 6.11 Функціональна схема блоку прискорення

### 6.4.9 Блок відключення силового вимикача

Блок відключення призначений для формування команди відключення определеної тривалості. Це необхідно для надійного відключення выключателя при дуже короткому імпульсі на відключення, а також для захисту соленоїда отключення вимикача при відмові приводу вимикача.

Функціональна схема блоку відключення вимикача приведена на малюнку 6.12. Блок, показаний на малюнку 6.12, реалізований програмно.

Блок відключення має уставку по тривалості імпульсу відключення. Длітьельность імпульсу відключення визначається таймером відключення (Тоткл).



Малюнок 6.12 Функціональна схема блоку відключення силового вимикача

### 6.4.10.Блок включення силового вимикача

Блок включення призначений для формування команди включення определеної тривалості. Це необхідно для надійного включення вимикача при дуже короткому імпульсі на включення, а також для захисту соленоїда включения вимикача при відмові приводу вимикача.

Блок включення вимикача суміщений з блоком АПВ.

Функціональна схема блоку включення вимикача приведена на малюнку 6.9 Блок, показаний на малюнку 6.9 реалізований програмно.

Блок включення має уставку по тривалості імпульсу включення. Длительность імпульсу включення визначається таймером включення (Твкл.). При появленні відключаючої команди, команда на включення знімається миттєво.

#### **6.4.11.Блок контролю несправності ланцюгів управління вимикачем**

Функціональна схема контролю несправності ланцюга управління выключателем приведена на малюнку 6.13 Блок, показаний на малюнку 6.13, реалізований програмно.

Сигнал несправності ланцюгів УВ вирішується тільки у разі ранжирування команд "Контроль ланцюгів ВКЛ" або (и) "Контроль ланцюгів ОТКЛ" на дискретні входи.

За відсутності ранжирування обох сигналів команда "Несправність цепей УВ" заборонена.



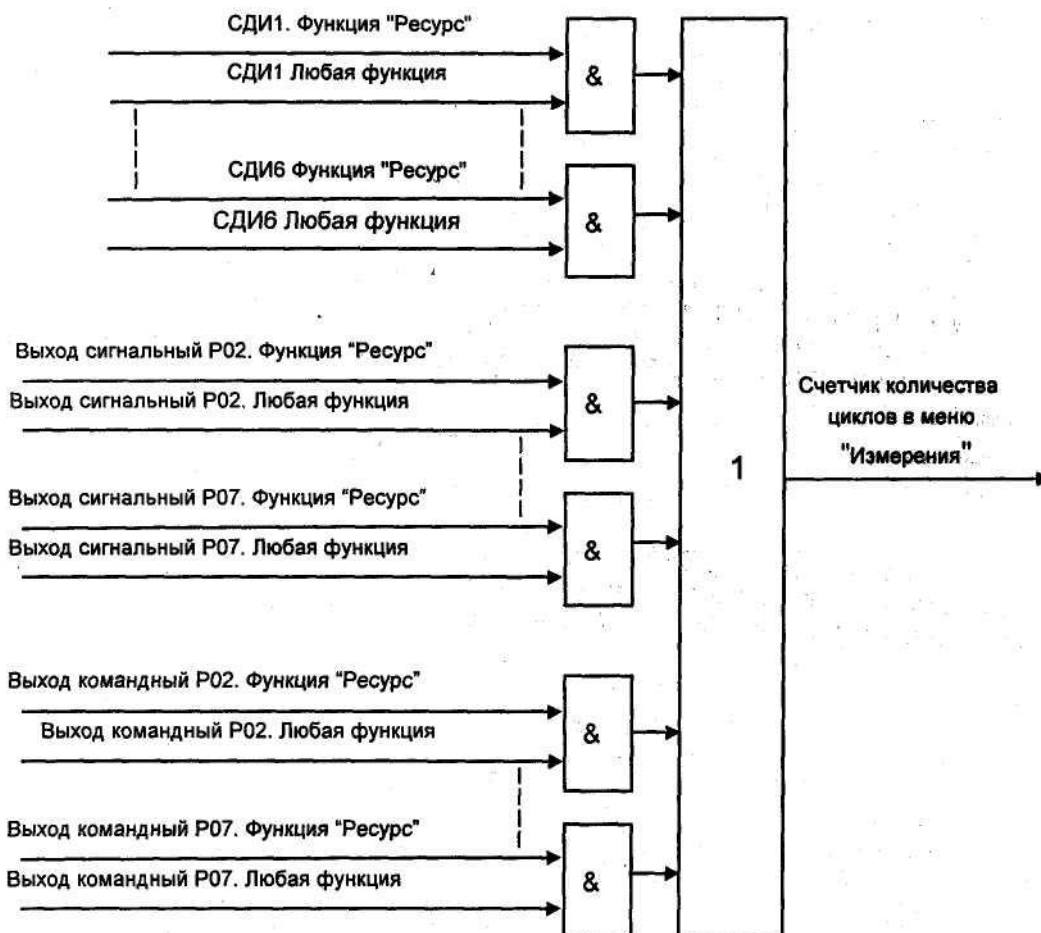
Малюнок 6.13 Функціональна схема блоку контролю несправності ланцюгів управління вимикачем

#### **6.4.12. Блок контролю ресурсу силового вимикача**

Блок контролю ресурсу вимикача призначений для підрахунку кількості спрацьовувань силового вимикача (СВ).

Функціональна схема блоку контролю ресурсу вимикача приведена на малюнку 6.14. Блок, показаний на малюнку 6.14 реалізований програмно.

Підрахунок кількості циклів спрацьовування вимикача робиться по любому події (спрацьовування будь-якого СДІ, сигнал на будь-яких дискретних виходах), якщо в списку привласнених цій події функцій є функція "Ресурс".



Малюнок 6.14 Функціональна схема блоку контролю ресурсу вимикача

## 7. Охорона праці і безпека життєдіяльності

### 7.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих чинників при розробці і експлуатації системи

У кваліфікаційній роботі магістра розробляється система керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ.

Таблиця 6.1.

Перелік і розташування джерел небезпеки на об'єкті проектування

Вид джерела небезпеки	Об'єкт - джерело небезпеки	
	назва	місцеположення
1. Джерело електро-магнітної небезпеки	силовий трансформатор, високовольтні лінії	ВРП-35КВ
2. Джерело пожежної небезпеки	трансформаторне масло, горючі конструкції	ВРП-35КВ (силові трансформатори, вимикачі), приміщення обслуговуючого персоналу
3. Вибухонебезпечне джерело	трансформаторне масло	ВРП-35КВ (силові трансформатори, вимикачі)
4. Джерело шуму	трансформатор	підстанція
5. Джерело радіаційної небезпеки	—	—
6. Джерело біологічної небезпеки	—	—
7. Джерело хімічної небезпеки	—	—

Управління всією системою вестиме оператора. Оператор може контролювати роботу системи прочитуючи дані з монітора.

Нааявний в даний час в нашій країні комплекс розроблених



організаційних заходів і технічних засобів захисту, накопичений передовий досвід роботи ряду обчислювальних центрів показує, що є можливість добитися значно великих успіхів в справі усунення дії на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Проте стан умов праці і його безпеки у ряді ВЦ ще не задовольняють сучасним вимогам. Оператори МРЗС-05 на далі ЕОМ, оператори підготовки даних, програмісти і інші працівники ВЦ ще стикаються з дією таких фізично небезпечних і шкідливих виробничих чинників, як підвищений рівень шуму, підвищена температура зовнішнього середовища, відсутність або недостатня освітленість робочої зони, електричний струм, статична електрика та інші.

Багато співробітників ВЦ пов'язано з дією таких психофізичних чинників, як розумове перенапруження, перенапруження зорових і слухових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження. Дія вказаних несприятливих чинників призводить до зниження працездатності, викликане стомленням, що розвивається. Поява і розвиток стомлення пов'язана із змінами, що виникають під час роботи в центральній нервовій системі, з гальмівними процесами в корі головного мозку. Наприклад сильний шум викликає труднощі з розпізнаванням колірних сигналів, знижує швидкість сприйняття кольору, гостроту зору, зорову адаптацію, порушує сприйняття візуальної інформації, зменшує на 5-12% продуктивність праці. Тривала дія шуму з рівнем звукового тиску 90 дБ знижує продуктивність праці на 30-60 %.

Медичні обстеження працівників ВЦ показали, що окрім зниження продуктивності праці, високі рівні шуму приводять до погіршення слуху. Тривале знаходження людини в зоні комбінованої дії різних несприятливих чинників може привести до професійного захворювання. Аналіз травматизму серед працівників ВЦ показує, що в основному нещасні випадки походять від дії фізично небезпечних виробничих чинників при заправці носія інформації на барабан, що обертається, при зняттю кожусі, при виконанні

співробітниками невластивих ним робіт. На другому місці випадки, пов'язані з дією електричного струму.

Електричні установки, до яких відноситься практично все устаткування ЕОМ (МІСОМ Р-141), представляють для людини велику потенційну небезпеку, оскільки в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт чоловік може торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок: токоведучі провідники, корпусу ЕОМ і іншого устаткування, що опинився під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції, не подають яких-небудь сигналів, які попереджають людину про небезпеку. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останньої через тіло людини. Виключно важливе значення для запобігання електротравматизму має правильна організація обслуговування електроустановок ВЦ, що діють, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт. При цьому під правильною організацією розуміється строге виконання низки організаційних і технічних заходів і засобів, встановлених “Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правила техніки безпеки, що діють, при експлуатації електроустановок споживачів” (ПТЕ і ПТБ споживачів) і “Правила установки електроустановок” (ПУЕ). Залежно від категорії приміщення необхідно прийняти певні заходи, що забезпечують достатню електробезпеку при експлуатації і ремонті електроустаткування. Так, в приміщеннях з підвищеною небезпекою електроінструменти, переносні світильники мають бути виконані з подвійною ізоляцією або їх напруга живлення не повинна перевищувати 42В. У ВЦ до таких приміщень можуть бути віднесені приміщення машинного залу, приміщення для розміщення сервісної і периферійної апаратури. У особливо небезпечних же приміщеннях напруга живлення переносних світильників не повинно перевищувати 12В, а робота з напругою не вище 42В вирішується тільки із застосуванням СИЗІЙ (діелектричних рукавичок, килимків і тому подібне).

Роботи без зняття напруги на токоведущих частинах і поблизу них, роботи проводяться безпосередньо на цих частинах або при наближенні до них на відстань менш встановленого ПЕУ. До цих робіт можна віднести роботи по наладці окремих вузлів, блоків. При виконанні такого роду робіт в електроустановках до 1000В необхідне застосування певних технічних і організаційних мерів, таких як:

огорожі, розташовані поблизу робочого місця і інших токоведущих частин, до яких можливий випадковий дотик;

робота в діелектричних рукавичках, або стоячи на діелектричному килимку;

застосування інструменту з ізолюючими рукоятками, за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Роботи цього вигляду винні виконуються не менше чим двома працівниками.

Відповідно до ПТЕ і ПТБ споживачам і обслуговуючому персоналу електроустановок пред'являються наступні вимоги:

особи, що не досягли 18-річного віку, не можуть бути допущені до робіт в електроустановках;

обличчя не повинні мати каліцтв і хвороб, що заважають виробничій роботі;

обличчя повинні після відповідної теоретичної і практичної підготовки пройти перевірку знань і мати посвідчення на доступ до робіт в електроустановках.

У ВЦ розрядні струми статичної електрики найчастіше виникають при дотику до будь-якого з елементів ЕОМ. Такі розряди небезпеки для людини не представляють, але окрім неприємних відчуттів вони можуть привести до виходу з ладу ЕОМ. Для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики у ВЦ покриття технологічної половини слід виконувати з одношарового полівінілхлоридного антистатичного лінолеуму.

Іншим методом захисту є нейтралізація заряду статичної електрики іонізованим газом. У промисловості широко застосовуються радіоактивні нейтралізатори. До загальних заходів захисту від статичної електрики у ВЦ можна віднести загальні і місцеве зволоження повітря.

Згідно «Гранично допустимим рівням дії постійних магнітних полів при роботі з магнітними пристроями і магнітними матеріалами» № 1742—77 напруженість постійного поля на робочому місці не повинна перевищувати 8 кА/м, а магнітних полів промислової частоти приймається залежно від тривалості імпульсу, тривалості паузи між імпульсами і загального часу дії протягом робочого дня.

У випадку, якщо напруженість поля перевищує допустимі значення або тривалість перебування людини в електричному або магнітному полі не відповідає допустимим значенням, повинні застосовуватися певні методи і засоби захисту залежно від характеру і місцезнаходження джерел полів і умов опромінювання персоналу: захист часом, захист відстанню, вибір оптимальних геометричних параметрів установок, повітряних ліній (ВЛ) і КРИЧУ (відкритих розподільних пристроїв), стаціонарні і переносні екрануючі пристрої (екрани), спеціальні засоби індивідуальної захисту.

Пожежі у ВЦ представляють особливу небезпеку, оскільки зв'язані з великими матеріальними втратами. Характерна особливість ВЦ - невеликі площі приміщень. Як відомо, пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин, окислення і джерел запалення. У приміщеннях ВЦ присутні все три основні чинники, необхідні для виникнення пожежі.

Протипожежний захист - це комплекс організаційних і технічних заходів, направлених на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі, обмеження його розповсюдження, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

Джерелами загоряння у ВЦ можуть бути електронні схеми від ЕОМ, прилади, вживані для технічного обслуговування, пристрою

електроживлення, кондиціонування повітря, де в результаті різних порушень утворюються перегріті елементи, електричні іскри і дуги, здатні викликати спалах горючих матеріалів.

У сучасних ЕОМ має місце бути дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. У безпосередній близькості один від одного розташовуються сполучні дроти, кабелі. При протіканні по ним електричного струму виділяється значна кількість теплоти. При цьому можливе оплавлення ізоляції. Для відведення надмірної теплоти від ЕОМ служать системи вентиляції і кондиціонування повітря. При постійній дії ці системи є додатковою пожежною небезпекою. Для більшості приміщень ВЦ встановлена категорія пожежної безпеки.

Одним з найбільш важливих завдань пожежного захисту є захист будівельних приміщень від руйнувань і забезпечення їх достатньої міцності в умовах дії високих температур при пожежі. Враховуючи високу вартість електронного устаткування ВЦ, а також категорію його пожежної безпеки, будівлі для ВЦ і частин будівлі іншого призначення, в яких передбачено розміщення ЕОМ, мають бути 1 і 2 ступені вогнестійкості.

Для виготовлення будівельних конструкцій використовуються, як правило, цеглина, залізобетон, скло, метал і інші негорючі матеріали. Застосування дерева має бути обмежене, а у разі використання, необхідно просочувати його вогнезахисними складами. У ВЦ протипожежні перешкоди у вигляді перегородок з матеріалів, що не згорають, встановлюють між машинними залами.

До засобів гасіння пожежі, призначених для локалізації невеликих спалахів, відносяться пожежні стовбури, внутрішні пожежні водопроводи, вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри і тому подібне

У будівлях ВЦ пожежні крани встановлюються в коридорах, на майданчиках сходових кліток і входів. Вода використовується для гасіння пожеж в приміщеннях програмістів, бібліотеках, допоміжних і службових

приміщеннях. Застосування води в машинних залах ЕОМ, сховищах носіїв інформації, приміщеннях контрольно-вимірювальних приладів зважаючи на небезпеку пошкодження або повного виходу з ладу дорогого устаткування можливо у виняткових випадках, коли пожежа приймає загрозливо крупні розміри. При цьому кількість води має бути мінімальною, а пристрої ЕОМ необхідно захистити від попадання води, накриваючи їх брезентом або полотном.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. По вигляду використовуваної речовини вогнегасники підрозділяються на наступні основні групи:

У виробничих приміщеннях ВЦ застосовуються головним чином углекислотные вогнегасники, гідністю яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереження електронного устаткування, діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу.

Відповідно до “Типових правил пожежної безпеки для промислових підприємств”, зали ЕОМ, приміщення для зовнішніх пристроїв, що запам'ятовують, підготовки даних, сервісної апаратури, архівів, копіює-розмножувального устаткування і тому подібне необхідно обладнати димовими пожежними извещателями. У цих приміщеннях на початку пожежі при горінні різних пластмасових, ізоляційних матеріалів і паперових виробів виділяється значна кількість диму і мало теплоти.

Основними потенційно небезпечними і шкідливими чинниками при експлуатації системи захисту та управління РТП-35/10 кВ:

- небезпека поразки електричним струмом;
- підвищений рівень шуму;
- пожежна небезпека;
- іонізуюче випромінювання.

Розроблені заходи дозволяють понизити небезпечні і шкідливі

чинники до допустимих норм, і тим самим забезпечити безпеку роботи оператора, що здійснює контроль роботи системи. [14]

## **7.2 Дії при виникненні надзвичайних ситуацій**

У Україні щорічно виникають тисячі важких надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, в результаті яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки досягають декількох мільярдів гривень. В даний час в багатьох областях України у зв'язку з небезпечними природними явищами, аваріями і катастрофами, обстановка характеризується як дуже складна. Тенденція зростання кількості природних і, особливо, техногенних надзвичайних ситуацій, ваговитість наслідків об'єктивно примушують розглядати їх як серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільства і навколишнього середовища, а також стабільності розвитку економіки країни.

Руйнівну силу техногенних катастроф і стихійних лих в деяких випадках можна порівняти з військовими діями, а кількість постраждалих значною мірою залежить від типу, масштабів, місця і темпу розвитку ситуації, особливостей регіону і населених пунктів, які опинилися в районі події, об'єктів господарської діяльності. Несподіваний розвиток подій веде до значного скорочення часу на підготовку рятувальних робіт і їх проведення.

Надзвичайна ситуація (ЧС) - порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, викликане аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншою небезпечною подією, яка привела (може привести) до загибелі людей і (або) значних матеріальних втрат.

Надзвичайні ситуації, які можуть виникати на території України і здійснювати негативний вплив на функціонування об'єктів економіки і життєдіяльність населення в мирний і військовий час, розділяються за наступними основними ознаками:

за сферою виникнення;

за галузевою ознакою;

за масштабами можливих наслідків.

Надзвичайні ситуації, які можуть виникати на території України

Загальними ознаками надзвичайних ситуацій є:

- наявність або загроза загибелі людей або значне порушення умов їх життєдіяльності;
- спричинення економічних збитків;
- істотне погіршення стану навколишнього середовища.

Всі надзвичайні ситуації за масштабом можливих наслідків розділяються з урахуванням територіального розповсюдження, характеру сил і засобів, які притягуються для ліквідації наслідків, на НС:

- загальнодержавного рівня - надзвичайна ситуація розвивається на території два і більше областей або загрожує трансграничним стирас несенням, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в об'ємах, які перевищують власні можливості окремої області, але не менше одного відсотка об'єму витрат відповідного бюджету;

- регіонального рівня - надзвичайна ситуація розгортається на території два і більше адміністративних районів або загрожує перенесенням на територію суміжної області держави, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в об'ємах, які перевищують власні можливості окремого району, але не менше одного відсотка об'єму витрат відповідного бюджету;

- місцевого рівня - надзвичайна ситуація, яка виходить за межі потенційного небезпечного об'єкту, загрожує розповсюдженням самої ситуації або її вторинних наслідків на навколишнє середовище, сусідні населені пункти, інженерні споруди, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси, які перевищують власні можливості потенційно небезпечного об'єкту, але не менш одного відсотку об'ємів витрат відповідного бюджету. До місцевого рівня також належать всі надзвичайні




ситуації, які виникають на об'єктах житлово-комунальної сфери і інших, що не входять в затверджені переліки потенційно небезпечних об'єктів;

об'єктового рівня - надзвичайні ситуації, які не підпадають під відмічені визначення. [14]

### 7.3. Розрахунок занулення трансформатора вище 1000 В

Розраховуємо занулення трансформатора вище 1000 В.

Якщо трансформаторна підстанція напругою 35/10 кВ. Загальна довжина зв'язаних ліній 35 кВ – 18 км. Від розподільного пристрою 10 кВ підстанції відходять три повітряні лінії 3,5; 18,26; 7,58 км. До шин 10 кВ приєднаний трансформатор власних потреб напругою 10/0,4 кВ з схемою з'єднання  нейтраль якого приєднана до контура заземлення підстанції. Заземлюючий контур виконаний у вигляді прямокутника 20x13 м. питомий опір ґрунту з, виміряне в дощовий період осені, складає 60 Ом м.

*Рішення:*

Загальна довжина електрично зв'язаних повітряних ліній 10 кВ:

$$l_{\text{вз}} = 3,5 + 18,26 + 7,58 = 29,34 \text{ км. (7.1)}$$

Струм замикання на землю на стороні 10 кВ:

$$I_3 = \frac{U_n \cdot (5 \cdot l_K + l_{\text{вз}})}{350} = \frac{10 \cdot 29,34}{350} = 0,83 \text{ А} \quad (7.2)$$

на стороні 35 кВ:

$$I_3 = \frac{U_n \cdot (5 \cdot l_K + l_{\text{вз}})}{350} = \frac{35 \cdot 18}{350} = 1,8 \text{ А} \quad (7.3)$$

Приймаємо для розрахунку  $I_3 = 1,8 \text{ А}$ .

Оскільки заземлення виконаний загальною для електроустаткування напругою до і вище 1000 В, той опір заземлення :

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3} = \frac{125}{1,8} = 69,44 \text{ Ом} \quad (7.4)$$

де 125 – максимальне значення напруги щодо землі на корпусах устаткування, В;

З умови ми знаємо, що до загального контура заземлення приєднується нейтраль трансформатора власних потреб. Відповідно, опір контура заземлення не належний перевищувати 4 Ом. Приймаємо для розрахунку

Заземлення виконаний сталевими куточками 50x50x4 мм завдовжки 2,5 м, які поглиблені на 0,7 м від поверхні землі і зв'язаних між собою сталевую смугою перетином 40x4 мм.

Розрахунковий опір ґрунту з урахуванням сезонного коефіцієнта  $k_c=1,45$  (8, с.309, табл. 68) і  $k_1=1,15$  (8, с.309, табл. 69):

$$\rho_{рас} = \rho \cdot k_c \cdot k_1 = 60 \cdot 1,45 \cdot 1,15 = 100,05 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (7.5)$$

Опір куточка (при відстані від середини куточка до поверхні  $h_{сер} = 0,7 + 2,5/2 = 1,95$  м):

$$R_g = 0,366 \frac{\rho_{рас}}{l_g} \left( \lg \frac{2,1 l_g}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 h_{сер} + l_g}{4 h_{сер} - l_g} \right), \quad (7.6)$$

де  $\rho_{рас}$  – розрахунковий питомий опір землі, Ом м;

$l_v$  – довжина вертикального куточка,  $l_v = 2,5$  м;

$d$  – ширина смуги,  $d = 0,05$  м;

$$R_g = 0,366 \frac{100,05}{2,5} \left( \lg \frac{2,1 \cdot 2,5}{0,05} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1,95 + 2,5}{4 \cdot 1,95 - 2,5} \right) = 36 \text{ Ом}$$

Розрахунковий опір смуги, яка сполучає вертикальні заземлители:

$$R_2 = 0,366 \frac{\rho_{рас}}{l_2} \lg \frac{2 l_2^2}{d \cdot h}, \quad (6.7)$$

де  $c_{рас}$  – розрахунковий питомий опір землі:

для смуги зв'язку  $k_c=3,0$  (8, с.309, таблиця. 68) і  $k_1=1,6$  (8, с.309, таблиця. 69):  $c_{рас}=c \cdot k_c \cdot k_1 = 60 \cdot 3,0 \cdot 1,6 = 288 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ;

$l_{г}$  – довжина горизонтальної смуги:  $l_{г} = 66 \text{ м}$ ;

$d$  – ширина смуги:  $b = 0,04 \text{ м}$ ;

$h$  – відстань від поверхні ґрунту до середини ширини горизонтальної смуги:

$$h = 0,7 + \frac{d}{2} \quad (6.8)$$

$$h = 0,7 + \frac{0,04}{2} = 0,72 \text{ м}$$

$$R_z = 0,366 \frac{288}{66} \lg \frac{2 \cdot 66^2}{0,04 \cdot 0,72} = 8,8 \text{ Ом} \quad (7.9)$$

Теоретична кількість вертикальних заземлителів:

$$n_m = \frac{R_B}{R_z} = \frac{36}{4} \cong 9 \quad (6.10)$$

Відстань між заземлителями:

$$a = \frac{l}{n_m} = \frac{66}{9} = 7,3 \text{ м} \quad (6.11)$$

При  $n=9$  і  $a/l_v=7,3/2,5=2,92$  знаходимо коефіцієнт використання для вертикальних заземлителів  $z_v=0,76$  (9, с.106, таблиця. 3.2) і для горизонтальних  $z_{г}=0,56$  (9, с.107, таблиця. 3.3) і визначаємо відповідній дійсності число вертикальних заземлителів:

$$n_{\partial} = \frac{R_B \cdot \eta_z}{\eta_6} = \left( \frac{1}{R_z \cdot \eta_z} - \frac{1}{R_z} \right) = \frac{36 \cdot 0,56}{0,76} \left( \frac{1}{4 \cdot 0,56} - \frac{1}{8,8} \right) = 9,01 \quad (7.12)$$

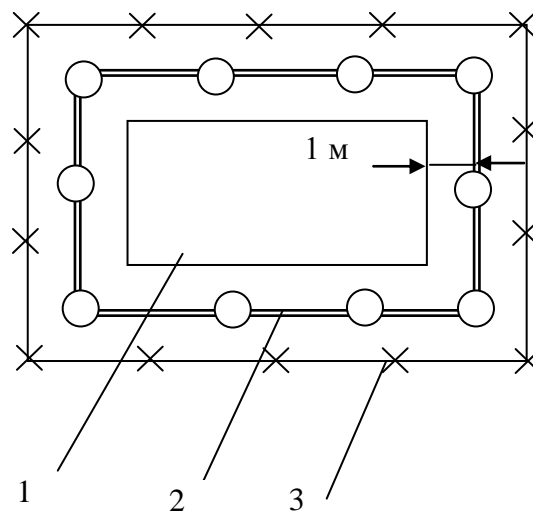
Приймаємо до монтажу 10 заземлителів і виконуємо перевірочний розрахунок

При  $n = 10$   $a = \frac{66}{10} = 6,6 \text{ м}$   $a/l = 6,6/2,5 = 2,64$  і  $z\gamma = 0,76$  (9, с.106,

таблиця. 3.2);  $z\gamma = 0,56$  (9, с.107, таблиця. 3.3).

Розрахунковий опір заземлюючого пристрою:

$$R_{рас} = \frac{R_г \cdot R_г}{R_г \cdot n \cdot \eta_г + R_г \cdot \eta_г} = \frac{36 \cdot 8,8}{8,8 \cdot 10 \cdot 0,76 + 36 \cdot 0,56} = 3,64 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом} \quad (7.13)$$



Малюнок 7.1 План заземлюючого пристрою:

1 – майданчик, для устаткування; 2 – контур заземлення; 3 – огорожа підстанції.

## 8. Економічна частина

### 8.1. Резерви і чинники зниження витрат на виробництво продукції.

Одними з найважливіших завдань, які доводиться вирішувати економістам, є: вибір оптимального обсягу виробництва і формування найбільш ефективної структури виробничих чинників (витрат). Оскільки обґрунтування рішень з цього питання спирається на аналіз залежностей величин витрат і прибутку від обсягу виробництва, істотним моментом виявляється характер поведінки різних видів витрат при зміні кількості вироблюваної продукції. З урахуванням цієї характеристики різні види витрат діляться умовно на дві групи: *постійні* і *змінні* витрати.

*Постійні витрати* - це ті, які не можуть бути за відносно короткий проміжок часу (короткостроковий період) ні збільшені, ні зменшені з метою збільшення або зменшення обсягу випуску продукції. Звичайно це витрати на придбання устаткування, унікальних (дорогих) приладів, будівництво будівель, споруд, тобто капітальні вкладення, що вимагають здійснення комплексу більш менш тривалих проектних, випробувальних, пуско-налагоджувальних робіт.

*Змінні витрати* — це ті, які можуть бути збільшені або зменшені з метою відповідної зміни обсягів виробництва в рамках короткострокового періоду. Звичайно це витрати на наступні види ресурсів: сировина, паливо, енергія, жива праця, тобто поточні і незначні капітальні вкладення і інструмент, пристосування, устаткування.

Як правило, постійним витратам відповідають *постійні* статті витрат собівартості, а змінним витратам *змінні* статті.

Відповідно до *змінних чинників* виробництва (або змінним ресурсам) ми умовно відноситимемо ті, яких підприємство набуває за рахунок

змінних витрат, а до *постійних чинників* - що набувають за рахунок вкладення постійних витрат.

У наведених вище визначеннях *постійних* і *змінних витрат* як ключовий використовується поняття *короткострокового періоду*. Природно, існує і поняття довгострокового періоду.

**Короткостроковий період** — період, протягом якого підприємство не може змінити свої виробничі потужності. У цей період воно в змозі добиватися зрушень лише в інтенсивності використання цих потужностей.

**Довгостроковий період** - це такий період, який достатній для зміни кількості всіх ресурсів, що привертаються, включаючи виробничі потужності.

*Короткостроковий і довгостроковий періоди* не є строго певними інтервалами, однаковими для всіх галузей. Останні розрізняються, перш за все, по можливостях зміни виробничих потужностей, а не за тривалістю (Долан, 1992; Аналіз, 1999).

У легкій промисловості вказані зміни можуть бути здійснені досить швидко (так, підприємство по пошиттю одягу розширить свої виробничі потужності за декілька днів, встановивши додаткові столи для розкрою тканин і швейні машини). У важкій промисловості цей процес вимагає значительно більшого часу (наприклад, для будівництва нафтопереробного заводу може знадобитися декілька років).

Як вже ясно з сказаного, протягом короткострокового періода фірма може змінити обсяг виробництва шляхом присоединення змінних ресурсів до фіксованих потужностей. Наприклад, на невеликому підприємстві по виробництву велосипедів при постійній кількості устаткування власник може найняти більше за робочих для його обслуговування. Щоб ухвалити рішення, скільки людей найняти, він повинен знати, як зросте кількість виробів, що випускаються, у міру збільшення числа працівників.

У найзагальнішому вигляді динаміку обсягу виробництва, связанную зі все більш інтенсивним використанням фіксованих потужностей, описує

так званий закон убуюаючої отдачі, або закон убуюаючого граничного продукту.

Відкритий неокласиком Дж. К. Кларком «закон убуюаючої віддачі» (у інтерпретації А. Маршалла - «закон убуюаючої родючості») спирався на той факт, що будь-яка *виробнича система* має режим, при якому її діяльність відрізняється найбільш високим рівнем ефективності (максимальною віддачею). Це означає, що одиниця вироблюваної роботи (продукції, що випускається, або послуги, що надається) виконується з мінімальними витратами або на один і той же об'єм витрат доводиться найбільша кількість вироблюваної продукції (максимум віддачі).

Таким чином, своєрідним індикатором досягнення подібного режиму є взаємозв'язок ресурсів, що залучаються до виробництва, і об'єму продукції, випускаемой в одиницю часу (хвилину, годину, місяць, рік). Отклоненіє даного об'єму у велику або меншу сторону від показників раціонального режиму зв'язано із зростанням питомих витрат виробництва.

Зокрема, вважається, що для заводів по производству легкових автомобілів найбільш ефективною програмою є випуск 600 тис. - 1 млн. автомобілів в рік. При такому об'ємі досягатиметься мінімальна себестоимость автомобіля.

Відомо, що найбільш раціональною для середнього легкового автомобіля є швидкість в межах 90-100 км. в годину, оскільки при ній досягається мінімальне споживання палива на 100 км. шляху. Зниження або увеличение швидкості веде до збільшення питомої витрати палива, а відповідно і зростанню собівартості перевозки вантажу або пасажирів.

Основу *виробничої системи* можуть складати технічні пристрої (верстат, складальна лінія, хімічний реактор, фізична установка, ін.) або екологічні системи (лісові і сільськогосподарські угіддя, водні джерела, ін.). При цьому поняття виробничої системи розповсюджується не тільки на промислове середовище, але і на сферу послуг. Загальною для всіх них є

наявність вже згаданих спеціальних режимів роботи, які характеризуються максимальним ступенем ефективності роботи цих систем.

Значення найбільш ефективних режимів виробничих систем обумовлені головним чином характеристиками базових основних фондів, тобто постійними чинниками виробництва. Саме таким режимам, як правило, відповідають проектні *виробничі потужності* цехів і ділянок, *пропускні спроможності* різних видів устаткування або підрозділів по наданню послуг (зокрема, видів транспорту, точок живлення, курортів, туристичних центрів, ін.). Для економічних одиниць, прив'язаних до екосистем, характерною особливістю є зв'язок показників раціональних режимів із *здатністю* екосистем, *що несе*. Даний *раціональний режим* є одним з параметрів *гомеостазу* виробничих систем (див. докладніше в розділі 21 «Управління розвитком підприємства», а також в публікації: Мірошник, 2000).

Згідно *закону убуючої віддачі*, послідовне приєднання додаткових одиниць змінного ресурсу (наприклад, праці) до фіксованого ресурсу (наприклад, капіталу або землі), починаючи з певного моменту, приводить до зменшення додаткового або граничного продукту, що отримується з розрахунку на кожну додаткову одиницю змінного ресурсу. Це означає, що якщо кількість робочих, обслуговуючих дане виробниче устаткування, зростатиме, то наступить момент, коли зростання обсягу виробництва відбуватиметься все повільніше у міру залучення кожного додаткового робочого.

Для ілюстрації цього закону поводитимемося наприклад з велосипедною фірмою. Припустимо, що спочатку в ній було зайнято тільки троє робочих. У міру збільшення цієї кількості з'являється можливість їх додаткової спеціалізації, в результаті знижаються втрати часу при переході від однієї операції до іншої, виробничі потужності використовуються все більш повно. Таким чином, кожен додатковий робочий вносить все більший



внесок (дає все більший додатковий, або граничний, продукт) в загальний обсяг виробництва. Проте на певному етапі зайнятих станет дуже багато; робочий простір, виробничі оборуодование виявляться «перенаселеними». П'ять чоловік можуть обслужити лінію збірки краще, ніж три, але якщо робочих стане десять, вони почнуть заважати один одному. Їм доведеться простоювати, щоб скористатися тим або іншим устаткуванням. У результаті кожен додатковий робочий вноситиме все менший внесок в увеличение загального обсягу виробництва в порівнянні зі своїм предшественником.

Приведений приклад відноситься до оброблювальної промитий ленности. Але та ж закономірність виявляється і в сільському господарстві, коли як змінний ресурс беруться добрива, а постійного - кількість оброблюваної землі. З внесенням більшої кількості добрив урожай збільшуватиметься, але з певного моменту приріст на кожную додатково внесенную тонну почне скорочуватися. Більш того, надлишок добрив чреватий повною загибеллю урожаю.

Спробуємо тепер глибше проаналізувати динаміку изменения економічних показників залежно від динамики змінних витрат.

На малюнку 8.1 показано, як випуск комп'ютерів у фірмі «Філдком Інк.» реагує на зміни у витратах одного виду -затратах праці. Всі інші види витрат залишаються постійними, змінюється тільки кількість робочих (Долан, 1992).

Одін що працює взагалі не в силах нічого провести, поскільки окремі види устаткування вимагають залучення до производственному процесу як мінімум двох чоловік. Випуск растет спочатку дуже швидко, потім - повільніше, у міру того як до праці притягується більша кількість робочих.

Таблиця 8.1. Витрати виробництва додаткових об'ємів продукції

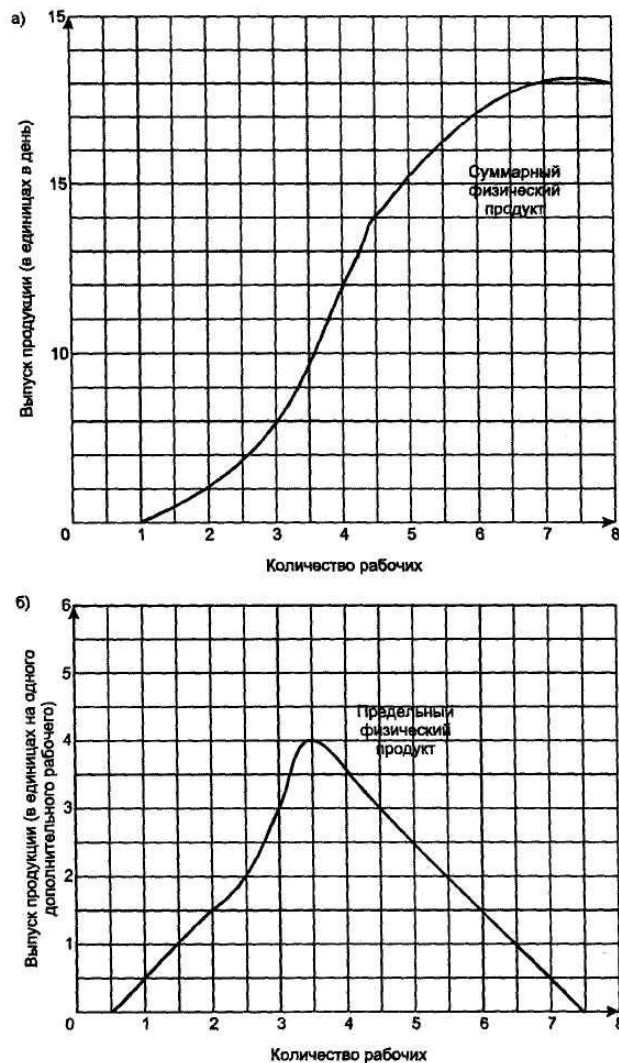
Выпуск (единиц ежедневно)	Затраты труда	Полные издержки на оплату труда (долларов ежедневно)	Граничные издержки (долларов на единицу выпуска)
0	0	0	0
1	2	200	200
3	3	300	50
7	4	400	25
10	5	500	33
12	6	600	50
13	7	700	100

Після того, як число зайнятих досягає семи, все устаткування виявляється використаним повністю, і тому додаткові робочі вже нічого не додають до випуску. Колонка 3 в таблиці. 1 і графіки на мал. 8.1 показують додаткові об'єми продукції, що створюються залученням додаткового числа робочих. Вони носять назву граничного фізичного продукту (тобто продукту, вираженого в натуральних одиницях: шт., кг, м<sup>3</sup> і ін.).

Закон убуючої віддачі застосовний до всіх виробничих процесів і всіх змінних ресурсів, коли по меншій мірі один виробничий (постійний) чинник остається незмінним.

Взаємозв'язок між кількістю використовуваних ресурсів і обсягом виробництва, що досягається, в натуральних показателях є важливою характеристикою діяльності фірми, аналіз якої повинен грати важливу роль в управленні. Проте більшість ділових рішень приймаються на основі не натуральних, а грошових показників. Звідси витекає необхідність пов'язати дані про об'єм виробництва, получаемые на основі аналізу закону убуючої віддачі, з інформацією про ціни на ресурси. Такий підхід дозволяє визначити динаміку загальних витрат на одиницю продукції.

Отже, рішення фірми як на короткостроковий, так і на довгостроковий періоди ухвалюються на основі аналізу витрат.



Мал. 8.1. Взаємозв'язок між зайнятістю і обсягом випуску: а) залежність випуску від кількості зайнятих; б) залежність оптимального випуску від кількості зайнятих. [12]

## 8.2. Рентабельність підприємства і методи її збільшення

Якщо прибуток виражається в абсолютній сумі, то рентабельність — це відносний показник інтенсивності виробництва. Він відображає рівень прибутковості щодо певної бази (Коробів, 1995).

Роботу підприємства можна вважати за рентабельну, якщо суми виручки від реалізації продукції достатні не тільки для покриття витрат на виробництво і реалізацію, але і для освіти прибули.

Рентабельність може обчислюватися по-різному. Впродовж останніх 25 років широко застосовувався показatelj рентабельності, обчислюваний як відношення прибули до суми виробничих фондів (основних виробничих фондів і матеріальних оборотних коштів).

Враховуючи, що даний показник в колишніх умовах господарювання був плановим, передбачалося, що він повинен був впливати на збільшення випуску продукції з найменшою сумою виробничих фондів, тобто стимулювати поліпшення використання останніх.

Проте, як показав минулий період, поставлена мета не була досягнута. Проте даний показatelj рентабельності, обчислюваний як відношення прибули до вартості виробничих фондів, продовжує застосовуватися в практиці підприємницької діяльності для узагальненої оцінки рівня прибутковості, доходності підприємства. При цьому міркують так: оскільки в процесі виробництва беруть участь як засоби праці, так і предмети праці, чим більше «з'їм» прибутки з кожного рубля виробничих фондів, тим краще і ефективніше працює підприємство, і навпаки.

Показник рентабельності виробництва обчислюється по формулі

$$У_{р.н} = \frac{П}{(\Phi_{ср.з} + O_{об.с.о})} \cdot 100, \quad (8.1)$$

де  $П$  - сума валового прибутку, грн.;  $\Phi_{ср.з}$  - середньорічна вартість основних виробничих фондів, грн.;  $O_{об.с.о}$  - середньорічна вартість оборотних коштів, грн.;  $У_{р.н}$  - рівень рентабельності виробництва %.

Наприклад, визначити рентабельність виробництва, якщо вартість товарної продукції в звітному році - 800 тис. грн.; залишок товарної

продукції на початок звітнього року - 300 тис. грн.; на кінець звітнього року - 120 тис. грн.; собівартість реалізованої продукції - 800 тис. грн. ; прибуток від внереализационных операцій — 15 тис. грн.; середньорічна вартість основних фондів — 850 тис. грн.; оборотних фондів - 250 тис. грн.

Вартість реалізованої товарної продукції знаходимо як суму вартості товарної продукції на початок року і продукції, виробленої в звітньому році, за мінусом вартості товарної продукції на кінець року:

$$800 + 300 - 120 = 980 \text{ тис. грн. (8.2)}$$

Прибуток від реалізації товарної продукції визначається як різниця між вартістю реалізованої продукції і її себестоимостью:

$$980 - 800 = 180 \text{ тис. грн. (8.3)}$$

Балансовий прибуток - як сума прибули від реалізації товарної продукції і прибутку від внереализационных операцій:

$$180 + 15 = 195 \text{ тис. грн. (8.4)}$$

Рівень рентабельності виробництва визначається як отношение балансового прибутку до середньорічної вартості основних фондів і оборотних коштів:

$$\frac{195}{850 + 250} \cdot 100\% = 17,73\% \text{ (8.5)}$$

Окрім рентабельності виробництва, в процесі аналізу підприємств широко використовується показник рентабельності продукції, що обчислюється як відношення прибули від реалізації продукції до повної себестоимости цієї продукції.

Застосування цього показника рентабельності найбільш раціонально при внутрішньогосподарчих аналітичних розрахунках, при контролі за прибутковістю (збитковістю) окремих видів виробів, впровадженні у виробництво нових видів продукції і знятті з виробництва неефективних виробів.

Показник рентабельності продукції характеризує изменение поточних витрат на виробництво і реалізацію як всієї продукції, так і окремих її видів. У зв'язку з цим при планировании асортименту вироблюваної продукції учитывається, наскільки рентабельність окремих видів продукції будет впливати на рентабельність всієї продукції. Тому вельми важливо сформувати структуру продукції залежно від зміни питомих вагів виробів з більшою або меншою рентабельністю з тим, щоб в цілому підвищити ефективність виробництва і дістати додаткові можливості увеличения прибули.

Рентабельність продукції обчислюється по формулі

$$У_{р.лр} = \frac{П_p}{C_n} \cdot 100, \quad (8.6)$$

де  $У_{р.лр}$  - рентабельність продукції %;  $П_p$  -прибыль від реалізація продукції підприємства, грн.;  $С_n$  - повна собівартість реалізованої продукції, грн. (включає виробничу собівартість, адміністративні витрати, витрати на збут, інші операційні витрати).

Динаміка зміни показників рентабельності продукції по галузях промисловості представлена в таблиці. 8.2.

Таблиця 8.2. Рентабельність промислової продукції по отраслям\* %  
(Статистичний, 2018).

	2012 р.	2015 р.	2016 р.	2018 р.	2019 р.	2020** р.
<i>Вся промисловість</i>	<b>30,3</b>	<b>16,6</b>	<b>8,9</b>	<b>5,7</b>	<b>94</b>	<b>4,8</b>
Електроенергетика	27,5	9,9	12,9	12,4	14,1	-0,3
Паливна промисловість	22,3	20,4	18,3	12,8	22,8	15,1
Чорна металургія	37,1	13,0	2,3	0,1	6,8	10,1
Хімічна і нафтохімічна промисловість	54,0	19,5	7,4	-1,2	4,3	4,7

Машинобудування	32,6	24,3	10,4	4,9	7,5	-0,4
Деревообробна промисловість	27,8	18,7	7,7	3,4	6,6	3,9
Промисловість будівельних матеріалів	22,4	15,4	3,7	1,4	0,8	-5,0
Легка промисловість	36,2	17,5	1,6	-4,3	-1,9	0,1
Харчова промисловість	25,3	22,6	12,2	7,4	7,3	3,7

\* Без спільних підприємств.

\*\* Рентабельність операційної діяльності (відношення фінансового результату від операційної діяльності до витрат на операційну діяльність).

Показники рентабельності активно беруть участь в процесах аналізу фінансово-господарської діяльності підприємств, фінансовому плануванні, виробленні управлінських рішень, прийнятті рішень потенційними кредиторами і інвесторами. [12]

### **8.3 Розрахунок повної собівартості системи керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ**

Собівартість продукту - це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на його виробництво і збут. Витрати на виробництво формують виробничу собівартість, а витрати на виробництво і збут - повну собівартість. Розрахунок собівартості продукту за статтями витрат називається калькуляцією. Калькуляція собівартості програмного продукту здійснюється відповідно «Типовому положенню з планування, обліку і калькуляції собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості».  
/Ссылка на літературу: Типове положення з планування, обліку і

калькуляції собівартості продукції. Затверджено КМ. України від 26 квітня 1996 № 473 // Бізнес. - № 32-35/.

Витрати, пов'язані з виробництвом і збутом (реалізацією) продукту (системи керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ) групуються за наступними статтями:

1. Матеріали і комплектуючі вироби.
2. Основна заробітна плата.
3. Додаткова заробітна плата.
4. Відрахування на соціальні заходи.
5. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування.
6. Загальновиробничі витрати.
7. Адміністративні витрати.
8. Витрати на збут.

#### *8.3.1 Матеріали і комплектуючі вироби.*

Розглядаються виходячи з відомостей на матеріали, сировину, що комплектують, операцію з розрахунку на 1 одиницю випуску.

Таблиця 8.3

#### Матеріали і комплектуючі вироби

Найменування	Кількість	Вартість, грн.
Пристрій МІСОМ Р-141	1	15000
Провідники	10 м	1000
Сумарна вартість купувальних виробів (Сп)		16000



### 8.3.2 Витрати на основну заробітну плату ( $Z_0$ ):

$$Z_0 = T \cdot ЧКА = 13 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 2 = 1300 \text{ грн}, \quad (8.7)$$

де  $T$  - сумарна трудомісткість розробки продукту (година).

Визначається експертним шляхом виходячи з фактично витраченого часу на виробництво і наладку продукту;

$Ч$  - середня годинна тарифна ставка 1 робочого, який задіяний у виробництві продукту, грн./час;

$K$  - коефіцієнт трудової участі (розрядності);

$A$  - кількість працівників задіяних у виробництві.

### 8.3.3 Додаткова заробітна плата (10?30% від $Z_0$ ):

$$Z_d = Z_0 \cdot \frac{K_d}{100} = 1300 \cdot \frac{20}{100} = 260 \text{ грн}, \quad (8.8)$$

де  $K_d$  - відсоток додаткової заробітної плати.

8.3.4 Відрахування на соціальні заходи містять відрахування від суми основної і додаткової зарплати по встановлених ставках

- на обов'язкове державне пенсійне страхування - 33,2%;
- на державне страхування від нещасних випадків - 0,9%;
- на обов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття - 1,3%;
- у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності і витратами, обумовленими народженням дитини і похованням, - 1,5%)

$$H_{см} = (Z_0 + Z_d) \cdot \frac{36,9}{100} = (1300 + 260) \cdot \frac{36,9}{100} = 575,64 \text{ грн} \quad (8.9)$$

### 8.3.5 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування:

Якщо устаткування знаходиться на балансі підприємства.

Витрати на зміст і експлуатацію устаткування (РСЕО) = основна зарплата \* %РСЕО, визначається з відомостей за аналізом повної собівартості продукту (в середньому 120-150%).

$$Z_{ue} = z_o \cdot 150\% = 1300 \cdot 150\% = 1950 \text{ грн} \quad (8.10)$$

### 8.3.6 Загальновиробничі витрати.

Є витратами, пов'язаними з управлінням підрозділом, витратами на службові відрядження співробітників підрозділу (цехи), амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загальцехового призначення і так далі

Визначаються у розмірі 130% від основної зарплати.

$$Z_{obz} = z_o \cdot 250\% = 1300 \cdot 250\% = 3250 \text{ грн} \quad (8.11)$$

### 8.3.7 Виробнича собівартість продукту.

$$P_c = c_n + Z_o + Z_d + H_{cm} + Z_{ue} + Z_{obz} = 16000 + 1300 + 260 + 575,64 + 1950 + 3250 = 23335,64 \text{ грн} \quad (8.12)$$

### 8.3.8 Адміністративні витрати.

Можуть включати:

- витрати, пов'язані з управлінням підприємства;
- витрати на службові відрядження адміністрації підприємства;
- витрати на пожежну і сторожову охорону;
- витрати, пов'язані з підготовкою (навчанням) і перепідготовкою кадрів;
- витрати на перевезення працівників до місця роботи і назад;
- витрати на сплату відсотків за фінансові кредити, а також відсотків за товарні і комерційні кредити; витрати, пов'язані із сплатою

відсотків за користування матеріальними цінностями, узятими в оренду (лізинг);

- витрати, пов'язані з оплатою послуг комерційних банків і інших кредитно-фінансових установ;
- податки, відрахування.

Визначаються у розмірі 140-200% від основної зарплати.

$$Za = zo \cdot 200\% = 1300 \cdot 200\% = 2600 \text{ грн} \quad (8.13)$$

### 8.3.9 Витрати на збут.

Включають витрати на рекламу і передпродажну підготовку продукту. Орієнтування ці витрати визначаються у розмірі 5-10% від виробничої собівартості.

$$Zc = nc \cdot 10\% = 23335,64 \cdot 10\% = 2333,56 \text{ грн} \quad (8.14)$$

### 8.3.10 Повна собівартість продукту.

$$C = nc + za + Zc = 23335,64 + 2600 + 2333,56 = 28269,2 \text{ грн} \quad (8.15)$$

### 8.3.11 Калькуляція собівартості продукту зводиться в таблицю

Калькуляція собівартості системи керування електричною  
підстанцією ПС35/10 кВ

<b>Найменування статей калькуляції</b>	<b>Величина, грн</b>
Матеріали і комплектуючі вироби.	16000
Основна заробітна плата	1300
Додаткова заробітна плата	260
Відрахування на соціальні заходи	575,64
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	1950
Загальновиробничі витрати	3250
Адміністративні витрати	2600
Витрати на збут	2333,56
<b>Повна собівартість продукту</b>	<b>28269,2</b>

#### 8.4. Розрахунок ціни системи керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ

У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: *c/c* плюс прибуток, забезпечення фіксованого об'єму прибули, залежно від рівня попиту [12].

Розрахунок оптової ціни продукту проведемо по схемі «собівартість плюс прибуток».

$$C_{opt} = Z + P \quad (8.16)$$

де  $Z$  - собівартість пристрою МІСОМ-141

$P$  - величина прибули.

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції встановлюваного підприємством:

$$R = \frac{P}{C} \cdot 100\%, \quad (8.17)$$

де  $R$  - рентабельність продукції (продукту), приймається в розмірі до 35%.

Тоді оптова ціна програмного продукту визначається:

$$C_{opt} = C + \frac{R \cdot C}{100} = 28269,2 + \frac{35\% \cdot 28269,2}{100} = 38163,42 \text{ грн}, \quad (8.18)$$

Позитивні сторони даної методики полягають в її простоті, комплексній очевидності такої функції ціни як відшкодування витрат на виробництво і забезпечення прибутковості від створення і реалізації продукту. Недолік даної методики полягає в тому, що вона майже не враховує ринкові чинники ціноутворення і перш за все попит. Проте в умовах ринкової економіки існують ситуації, якщо підприємствам доцільно її застосовувати: в умовах відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності продукції з боку держави, виконанні одноразових замовлень, виготовленні оригінальної продукції.

Необхідно відзначити, що для встановлення реальної ціни яка б відповідала умовам існуючого ринку програмних продуктів, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

$$Ц_{розн} = ц_{опт} \cdot 1,2 = 38163,42 \cdot 1,2 = 45796,1 \text{ грн} \quad (8.19)$$

де 20% ПДВ

Вивід. При визначенні повної собівартості системи керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ ми визначили, що вона рівна **28269,2 грн**

## Висновок

У даній магістерській роботі ми розглянули систему керування електричною підстанцією ПС35/10 кВ.

Вивчивши характеристики, пристрій і принцип дії можна зробити наступні висновки:

- даний мікропроцесорний пристрій є найбільш прийнятним для керування та захисту підстанцій 35/10 КВ

- МІСОМ Р-141 завдяки своєму широкому діапазону функціональних можливостей зменшує необхідність використання інших приладів і пристроїв (вимірювальні прилади, пристрої захисту, автоматики і телемеханіки і тд.), що дає економічну вигоду використання МІСОМ Р-141.

- наявність інтерфейсних блоків дає можливість вводити і прочитувати інформацію через локальну мережу і комп'ютер (зміна конфігурацій і налаштування МІСОМ Р-141 на відстані).

- великий діапазон значень параметрів МІСОМ Р-141, що дає можливість застосування його практично на всіх ПЛ 6-35кВ.

## Перелік використаної літератури.

1. Мікропроцесорні пристрої елейного захисту, автоматики дистанційного керування. Принципи побудови.: К,2018 грама.-40с.
2. Електричні системи і мережі. Навчальний посібник для студентів електроенергетичних спеціальностей вузів. - Пб: Видавництво Сизова м.П., 2017.-304с.,с илл
3. Керівництво по експлуатації МРЗС-05 . ПО “Киевприбор”.,2016.
4. В.С. Трондюк, В.В. М'ясників, А.В. Іванченко. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з курсу „Електропостачання сільського господарства”(Релейній захист): До.-2017
5. Правила пристрою електроустановок. 6-е видавництво – Энергоиздат.2016.-645с.
6. Анісімов А.В. Інформаційні системи та бази даних: Навчальний посібник для студентів факультету комп'ютерних наук та кібернетики. / Анісімов А.В., Кулябко П.П. – Київ. – 2017. – 110 с.
7. Антоненко В. М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навч. посібник / В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогушина. – Ірпінь : Нац. університет ДПС України, 2016. – 212 с.
8. Воронін А. М. Інформаційні системи прийняття рішень: навчальний посібник. / Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Климова А. С. – К. : НАУ-друк, 2015. – 136с.
9. Інформаційні системи в промисловості : навчальний посібник / Л. О. Добровольська, О. О. Черевко. – Маріуполь : ПДТУ, 2014. – 238 с.
10. Нuman, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2014. — 287 с.
11. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2013.



12. Економіка підприємства: Навчальний посібник / Під общ. ред. д. э. н., проф. Л. Р. Мірошника. – Суми: ІТД «Університетська книга», 2002. – 632 с.
13. Каганов І. Л. Курсове і дипломне проектування. – 2-е видавництво, переб. і доп. – М.: Колос, 2016.
14. Долин П. А. Основи техніки безпеки в електроустановках. – М.: Енергоатоміздат, 2014.
15. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of electrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.
16. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-IECON, November 2015.
17. Курсові і дипломні проектування по автоматизації технологічних процесів / Ф. Я. Ізаков і др. - М.: Агропромвидав, 2018.
18. Техніка читання схем автоматичного управління і технологічного контролю / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, М.Б. Міндін, С.А. Ключев; Под ред. А.С. Ключева.-3-е вид., перераб. і доп.- М.: Енергоатомвидав., 2001.- 432 с.
19. Автоматика и автоматизация технологических процессов: Пособие / Т.Б. Головкин, К.Г. Рогов, Ю.О. Скрипник. - К.: Лебідь, 2017. - 232 с.