

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:

“Автоматизована система підвищення надійності роботи ліній електропередач  
вище 10 кВ”

Керівник роботи: \_\_\_\_\_ Т. В. Коротка

дипломник:  
студент гр. СУмдн-91П \_\_\_\_\_ С. С. Копаниця

Суми – 2020 р.

## Реферат

Копаниця Сергій Сергійович. Автоматизована система підвищення надійності роботи ліній електропередач вище 10 кВ. – Комп'ютерний набір тексту. – Кваліфікаційна робота магістра зі спеціальності 151 -"Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології". – Сумський державний університет, Суми, 2020.– 91 сторінка пояснювальної записки, до складу якої входять 7 рисунків, 30 таблиць, графічно конструкторська документація складається з презентації.

В даній роботі розглянуто питання автоматизованої системи підвищення надійності роботи ліній електропередач вище 10 кВ.

Ключові слова: мікропроцесор, аналогово-цифровий перетворювач, оптоволоконні лінії.

## **Summary**

Kopanitsa Sergey Sergeevich. Automated system to increase the reliability of power lines above 10 kV. - Computer typing. - Qualifying work of the master on a specialty 151 - "Automation and computer-integrated technologies". - Sumy State University, Sumy, 2020.– 91 pages of explanatory note, which includes 7 figures, 30 tables, graphic design documentation consists of a presentation.

In this paper the question of the automated system of increase of reliability of work of power lines above 10 kV is considered.

Keywords: microprocessor, analog-to-digital converter, fiber-optic lines.

# СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: “Комп'ютерних наук”

Секції: 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 студенту:

Копаниці Сергію Сергійовичу

(Прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** “Автоматизована система підвищення надійності роботи ліній електропередач вище 10 кВ”.

затверджена наказом по університету

від 19 листопада 2020 р № 1797-III

**2. Термін здачі студентом закінченої роботи:** 28.11.2020г

**3. Вихідні дані до роботи:** Завдання кафедри, матеріали переддипломної практики.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:**

1. НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРУГОЮ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ), ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.
2. АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ, МЕТОДІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ПЛ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ).
3. МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ПЛ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ).
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.

## 5. Перелік графічного матеріалу:

1. Вимикач вакуумний ВВ/TEL-35.
2. Схема електричних з'єднань підстанції.
3. Кола сигналізації захисного пристрою МІСОМ Р121.
4. Схема структурна цифрового пристрою захисту. Лицьова панель МІСОМ Р121
5. Схема підключення МІСОМ Р121
6. (Плакат) Калькуляція собівартості автоматизованої системи підвищення надійності роботи ліній електропередач вище 10 кВ.

## 6. Дата видачі завдання 7.10.20.

Керівник \_\_\_\_\_ Т. В. Коротка  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ С. С. Копаниця  
(підпис)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів кваліфікаційної роботи магістра	Терміни виконання етапів		Примітка
		початку	закінчення	
1.	АНАЛІЗ ЗАВДАННЯМ КАФЕДРИ. НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРУГОЮ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ), ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.	14.10.20	29.10.20	
2.	АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ, МЕТОДІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ПЛ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ).	29.10.20	03.11.20	
3.	МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ПЛ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ).	03.11.20	13.11.20	
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	13.11.20	14.11.20	
5.	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.	14.11.20	15.11.20	
6.	РОЗРОБКА ГРАФІЧНОЇ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРОЕКТУ	15.11.20	20.11.20	
7.	ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ, ГРАФІЧНОЇ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	20.11.20	23.11.20	
8.	ПРЕДСТАВЛЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА КЕРІВНИКУ І ОДЕРЖАННЯ ВІДГУКУ	23.11.20	28.11.20	
9.	ЗДАЧА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА ДЛЯ РЕЦЕНЗУВАННЯ	28.11.20	03.12.20	

Студент \_\_\_\_\_ С. С. Копаниця  
(підпис)

Керівник роботи: \_\_\_\_\_ Т. В. Коротка  
(підпис)

## Зміст

	Стр.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1. НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРУГОЮ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ), ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....	10
1.1. Електричний розрахунок ПЛ-35 кВ.....	10
1.2. Механічний розрахунок ВЛ-35 кВ.....	12
2. АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ, МЕТОДІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ПЛ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ).....	15
2.1. Аналіз методів та засобів керування ПЛ вище 10 КВ (35 КВ).....	15
2.2.1. Цифрове реле.....	18
2.2.2. Обробка інформації у цифрових реле.....	36
2.2.3. Фільтрація сигналів.....	40
2.3.1. Провідні канали зв'язку.....	45
2.3.2. Волокноно-оптичні канали передачі інформації.....	47
3. МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ПЛ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ).....	50
3.1. Універсальний пристрій струмового захисту автоматики і керування МІСОМ Р121.....	50
3.2. Перевірка та обґрунтування вибору трансформаторів струму.....	51
3.3. Розрахунок та вибір уставок струмової відсічки, МСЗ та захисту від перевантажень.....	57
3.4. Компонування та монтаж.....	60
3.5. Особливості наладки та експлуатації.....	61
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	65
4.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливих факторів розробляючого об'єкту.....	65
4.1.1. Призначення і параметри роботи розробляючого об'єкту.....	65

4.1.2	Питання техніки безпеки при експлуатації системи .....	66
4.1.2.1.	Потенційно небезпечні і шкідливі виробничі фактори .....	66
4.1.2.2.	Забезпечення електробезпеки розробляючого об'єкту .....	69
4.1.2.3.	Техніка безпеки при роботі з пристроєм Р121 .....	70
4.2.	Розрахунок заземлення трансформаторної підстанції.....	72
5.	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	76
5.1.	Матеріально-технічне забезпечення виробництва .....	76
5.2.	Акціонерне товариство як форма приватизації.....	78
5.3.	Розрахунок повної собівартості автоматизованої системи підвищення надійності роботи ліній електропередач вище 10 кВ .....	82
5.4.	Розрахунок ціни автоматизованої системи підвищення надійності роботи ліній електропередач вище 10 кВ .....	86
	Висновки.....	88
	Список використаної літератури.....	90

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

МСЗ – максимально струмовий захист

АПВ – автоматичне повторне вмикання

РЗ – релейний захист

ЕОМ – електронно обчислювальна машина

АЦП - аналого-цифровий перетворювач

ТС - трансформатор струму

ТН - трансформатор напруги

ВОК - волоконно-оптичний кабель

МП - мікропроцесор

ОЗП – оперативно запам'ятовуючий пристрій

ПЗП – постійно запам'ятовуючий пристрій

ППЗП - перепрограмований постійно запам'ятовуючий пристрій



## ВСТУП

Енергетична база України досить розвинута. Загальна потужність ТЕС, ГЕС і АЕС понад 52 млн. кВт. Протяжність мереж всіх класів напруги близько 1 млн. км.

В умовах нової концепції розвитку електричних мереж, важливе місце відводиться заміні масляних вимикачів на вакуумні (в першу чергу ВВ/ТЕЛ), запровадження нових конструктивних рішень по РУ-35, комплектах телемеханіки, тощо.

Для зменшення втрат електроенергії та підвищення економічності електропостачання проводяться наступні заходи: підтримування оптимальних рівнів напруги на шинах 35 кВ трансформаторних підстанцій 110...35/10 кВ; відключення одного із трансформаторів в режимах малих навантажень на двотрансформаторних підстанціях; вирівнювання навантажень фаз; встановлення в мережах компенсаторів реактивної потужності; застосування на ТП пристроїв РПН та ПСН; заміна недовантажених та перевантажених трансформаторів; переведення електричних мереж на більш високу номінальну напругу.

Потрібно відмітити, що для досягнення максимальної надійності та ефективності електропостачання всі перелічені заходи повинні враховувати, як економічну користь від їх використання, так і додаткові витрати на їх впровадження.

Дана робота є прикладом реконструкції розподільної повітряної лінії 35 кВ з метою підвищення її надійності та ефективності за допомогою мікропроцесорної системи керування. [1]

# 1. НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРУГОЮ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ), ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

## 1.1. Електричний розрахунок ПЛ-35 кВ.

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

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

Перетин 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 провід АСС-70. Його параметри:

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

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 перетин 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:

$$\Delta U_0 = \sqrt{3} \cdot I \cdot r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi, \text{ де}$$

$$\cos\varphi = \sqrt{\left(\frac{S_O}{S_B}\right)}, \cos\varphi = 0,87, \sin\varphi = 0,49.$$

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

Втрати напруги по всій лінії  $\Delta U = \Delta U_O \cdot L$ , 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:

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

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	<b>Постійна надбавка</b>		
	Втрати в трансформаторі	+2,5	+2,5
	Регульована надбавка	-3,4	-0,85
Шини 10 кВ		+3,15	0
		+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 дроти 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 перетин 79,3 мм<sup>2</sup>
- розрахунковий діаметр дроту 11,4 мм
- розрахункова вага дроту 275 кг/км.

- частковий опір дроту 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 дроті при найбільшому вантаженні:  $уд.мах.=0,42$  ув.р.

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

$уд.мах.=0,42 \cdot 25=10,5$  кг/мм<sup>2</sup>.

Максимально допустима напруга в дроті при середньорічній температурі повітря:  $уе=0,25$  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:

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

2. Від ваги ожеледиці:

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

де  $b$ - товщина стінки ожеледиці, мм

$d$ - розрахунковий діаметр дроту, мм.

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

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:

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

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

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

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

5. Від вітру на дріт, який покритий ожеледицею:

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

де  $Q_{\text{ож}}=0,25 \times Q_{\max}=0,25 \times 50=12,5$  кг/(мм<sup>2</sup>·г)

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

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

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

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

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

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

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

## **2. АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ, МЕТОДІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ПЛ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ).**

### **2.1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ПЛ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ).**

В загальному комплексі засобів автоматизації, призначених для підвищення якості виробництва електроенергії й забезпечення безперебійного електропостачання споживачів, головне місце займає техніка релейного захисту. Попереджуючи розвиток аварій, запобігаючи можливості поширення впливу пошкоджень на всю систему релейний захист разом із пристроями електроавтоматики й телемеханіки є важливою ланкою в технічному оснащенні наших енергосистем.

Період розвитку релейного захисту з кінця минулого сторіччя по дійсний час містить у собі застосування електромеханічних систем і лампової електронної техніки, етап використання дискретних напівпровідникових компонентів і етап впровадження інтегральних мікросхем (ІС) різного ступеня інтеграції.

Кожен етап має свої характерні риси. Так, у процесі розвитку електромеханічних систем були сформульовані принципи побудови пристроїв захисту устаткування електричних станцій і систем, орієнтовані в основному на контроль інтегральних параметрів струму, напруги і їх відношення (опору).

Використовуючи напівпровідникові дискретні компоненти, у першу чергу, прагнули поліпшити масогабаритні показники і підвищити надійність.

Бурхливий розвиток інтегральної мікроелектроніки в 70-х і 80-х роках дозволив у корені змінити підхід до побудови систем релейного захисту. З'явилися різні цифрові інтегральні схеми середнього й високого ступеня інтеграції, а також різноманітні прецензійні аналогові ІС. Сучасні цифрові ІС реалізують функції цілих блоків і вузлів обчислювальних пристроїв, мають високу швидкодію, що обумовило появу зовсім нового напрямку в електроніці

- створення мікропроцесорів, що істотно розширило можливості, як практичної реалізації розроблених методів обробки сигналів, так і подальшого розвитку релейного захисту на їхній основі. Тому з'явилася надія на широке впровадження цифрових методів обробки інформації в пристроях релейного захисту.

Розширення високовольтних систем, їх взаємне об'єднання, підвищення вимог у відношенні безперебійності електропостачання привели до необхідності проведення в енергосистемах, на заводах-виробниках у проектних і науково-дослідницьких організаціях великої творчої роботи по вивченню явищ, які відбуваються в електричних системах, по розробці методів розрахунків, по створенню нових принципів захисту й конструювання реле, які забезпечують негайну локалізацію й ліквідацію коротких замикань.

У зв'язку з потребою підвищення швидкості дії захисту ліній електропередачі і застосування різних видів автоматики, з метою збереження стійкості паралельної роботи електричних систем, стала необхідною розробка принципів побудови захисту, який володіє необхідною чутливістю і не реагує на струми навантаження і розходження ЕРС по кінцям ліній електропередачі. Це робиться за допомогою способів аналізу роботи захисту, що базуються на застосуванні методу геометричних місць.

Із зростанням довжини ліній електропередачі починає проявлятися розподілений характер параметрів лінії, який зумовлює хвильові процеси, що відбуваються в них. При цьому вже не є можливим використовувати спрощені методи розрахунків, які враховують тільки зосереджені індуктивності. Передача великих потужностей на далеку відстань пов'язана також із застосуванням пристроїв поперечної й повздовжньої компенсації, які вносять додаткові ускладнення в дослідження усталених і особливо перехідних процесів в електропередачі.

Вплив ємкісної провідності ліній призводить до появи вищих гармонічних складових у струмі короткого замикання, а наявність



повздожньої ємнісної компенсації призводить до виникнення субгармонійних складових (які мають частоту нижче промислової).

Для розрахунку таких ліній електропередач можна застосовувати метод математичного моделювання.

Як висновок можна сказати, що застосування мікропроцесорів та побудованих на їх основі мікропроцесорних систем релейного захисту й автоматики електричних систем є великим кроком вперед, оскільки вони мають таку універсальність і функціональну складність, що істотно зросли можливості як практичної реалізації розроблених методів обробки сигналів, так і подальшого розвитку засобів автоматизації. [5]

### 2.2.1. ЦИФРОВІ РЕЛЕ

Новітні технології все більше застосовуються в повсякденному житті. Перехід від аналогових пристроїв до цифрових відбувався на протязі багатьох років, і на сьогоднішній день вже нікого не здивуєш, наприклад, електронним годинником.

Конструкція цифрових приладів дуже складна, але зате вони мають більші можливості при набагато нижчій ціні на відміну від механічних. Так само і в релейному захисті. Більшість фірм виробників скорочують виробництво електромеханічних реле і пристроїв та переходять на цифрову елементну базу.

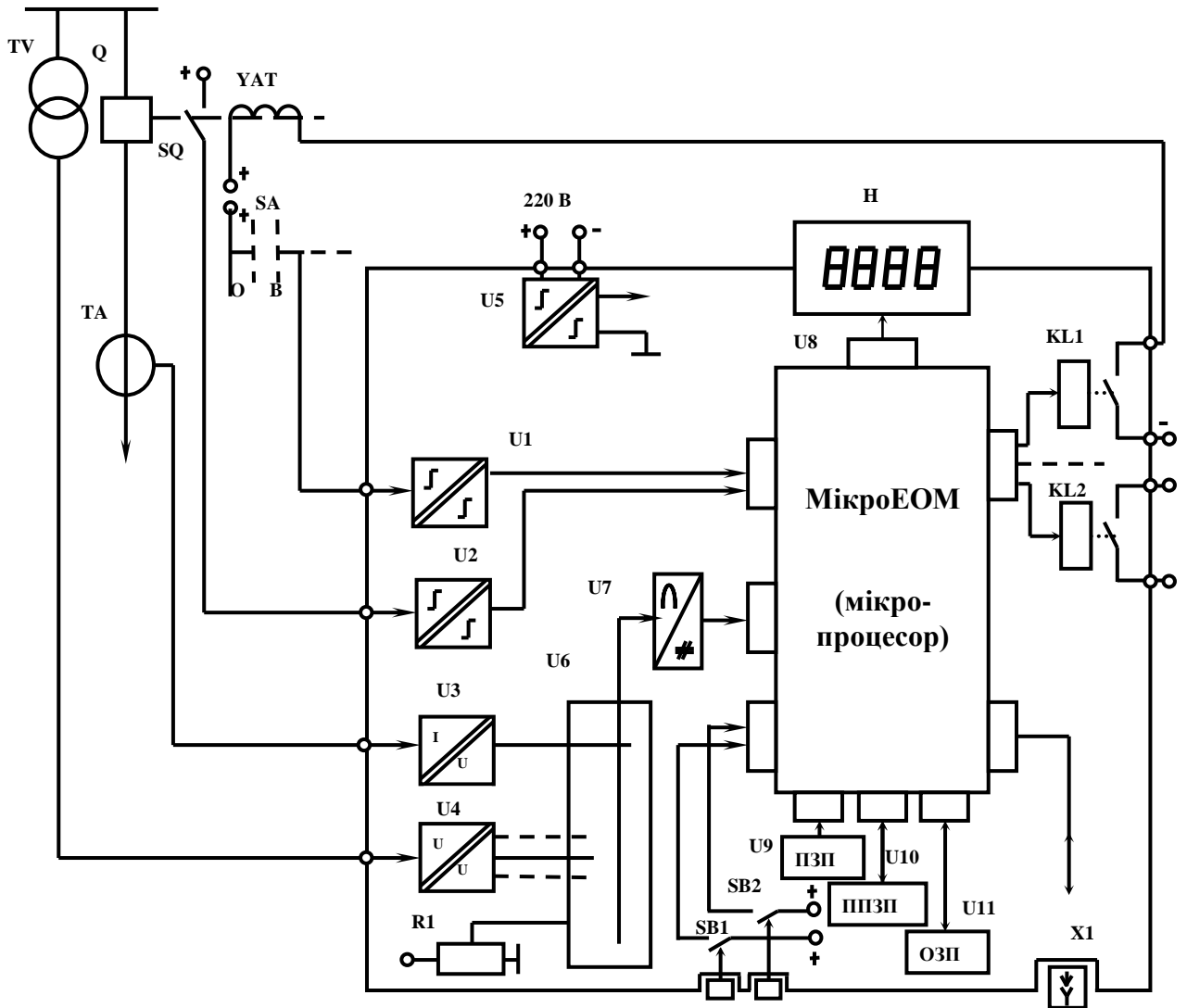
Перехід на нову елементну базу не приводить до зміни принципів релейного захисту та автоматики. Він тільки розширює її функціональні можливості, спрощує експлуатацію і знижує вартість. Саме через ці принципи мікропроцесорні реле дуже швидко займають місце застарілих електромеханічних і мікроелектронних.

Цифрові пристрої в релейному захисті і автоматиці (РЗА) почали широко застосовуватися за кордоном біля двадцяти років тому назад. За цей час виробилась оптимальна структура побудови апаратної частини реле, багато технічних рішень стали типовими. Внаслідок чого сучасні цифрові реле, навіть вироблені різними фірмами, мають багато спільного, а їх характеристики досить близькі.

Цифрові реле володіють всіма якостями, які досягнуті за допомогою електронних реле з аналоговими принципами обробки інформації. Це більш близький до одиниці коефіцієнт повернення вимірювальних органів (0,96 - 0,97) замість 0,80-0,85 (у механічних реле), мала споживана потужність від трансформаторів струму (ТС) та напруги (ТН) (на рівні 0,1 - 0,5 ВА замість 10-30 ВА у електромеханічних реле). Що правда, при цьому, цифровим реле потрібне надійне джерело живлення. Практично, незалежно від числа

реалізуючих функцій цифровий пристрій РЗ споживає від мережі оперативного струму потужність порядку 5-20 Вт.

Оскільки цифрові пристрої РЗ мають багато подібного, то їх структурні схеми дуже схожі і подібні представлені на рис. 2.1.

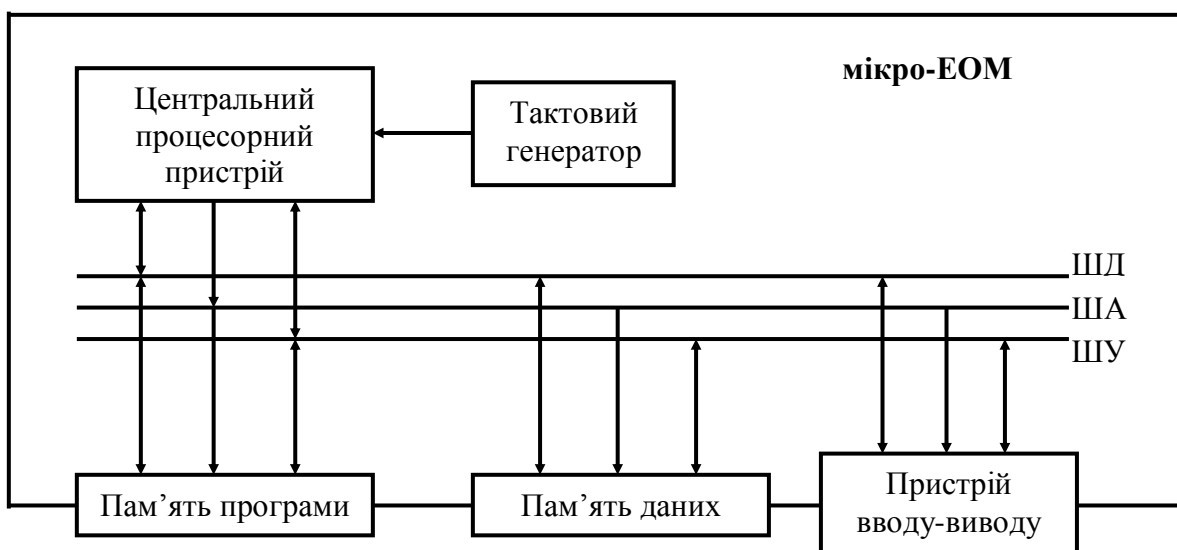


**Рисунок 2.1. Структурна схема цифрового пристрою керування**

Центральним вузлом цифрового пристрою є мікроЕОМ, яка через свої пристрої вводу-виводу обмінюється інформацією з периферійними вузлами. За допомогою цих додаткових вузлів здійснюється зв'язок мікроЕОМ (мікропроцесора) з зовнішнім середовищем: датчиками вихідної інформації, об'єктом управління, оператором і т. д.

Для полегшення розуміння роботи цифрових пристроїв РЗА необхідно мати хоча б загальне поняття про будову і функціонування ЕОМ. Розглянемо структурну схему мікроЕОМ, представлену на рис. 2.2.

Центральний управляючий і обчислюючий блок мікроЕОМ називається центральним процесорним пристроєм (Central Processing Unit-CPU) або просто процесором. Швидкий розвиток мікроЕОМ почався після виконання цього вузла в вигляді інтегральної мікросхеми (ІМС), що дало привід називати таку ІМС мікропроцесором. Як видно із структурної схеми мікроЕОМ мікропроцесор в якості самостійного вузла не застосовується.



**Рисунок 2.2. Структурна схема мікроЕОМ**

Потрібно відмітити, що в реальному пристрої РЗ можуть використовуватися декілька мікропроцесорів (МП), кожний з яких буде зайнятий вирішенням окремої частини загальної задачі з метою забезпечення високої швидкодії. Так фірма ALSTOM, з цією метою використовує один потужний мікропроцесор для MICOM P121 32-розрядний мікропроцесор типу (DSP) TMS320C32, а фірма ABB, використовує 4-10 мікропроцесорів, що працюють паралельно.

Для роботи МП потрібний зовнішній запам'ятовуючий пристрій, де зберігається програма (послідовність команд), яку необхідно виконати. В пристроях працюючих по строго визначеній програмі, якими і являються

реле захисту, програма записується в постійно запам'ятовуючому пристрої (ПЗП).

Для зберігання змінних і проміжних результатів обчислень (даних) застосовується оперативно запам'ятовуючий пристрій (ОЗП).

Обмін інформацією з зовнішнім устаткуванням проводиться за допомогою пристроїв вводу-виводу.

Будь-яка інформація в ЕОМ представляється в вигляді чисел (числових кодів). Обмін інформацією між вузлами мікроЕОМ забезпечується за допомогою шин, тобто системи електричних ліній. Шини розрізняються по функціям: шина передачі даних ШД, шина адрес ША, шина передачі команд управління ШУ. Наприклад, при читанні даних із пристрою вводу-виводу (ПВВ) в процесор останній видає на ША адрес ПВВ, а на ШУ - сигнали, що дають команду ПВВ видати дані на ПД. В результаті цього на ШД з'являється число, яке було в ПВВ в момент звертання. При передачі інформації використовується двійкова система обчислення, яка використовує для обчислень тільки два символи 0 і 1, що робить реалізацію вузлів ЕОМ на основі електричних схем найбільш простою.

Швидкість роботи мікроЕОМ значно залежить від розрядності чисел, які передаються по шинам від вузла до вузла. Це визначається розрядністю шини даних. Перші мікроЕОМ працювали з чотирьохрозрядними числами, сучасні - з 16- і 32-розрядними машинними словами. Час виконання команди визначається тактовою частотою задаючого генератора і залежить від швидкодії застосованих ІМС, що в свою чергу визначається технологією їх виготовлення. Сьогодні електронною промисловістю представлені десятки різновидів МП, і вони постійно вдосконалюються.

Обов'язковими вузлами цифрового пристрою РЗА є:

Вхідні U1-U4 і вихідні KL1-KL2 перетворювачі сигналів, тракт аналого-цифрового перетворення U6, U7, кнопки управління і вводу інформації оператором SB1, SB2, дисплей Н для відображення інформації та блок

живлення U5. Сучасні цифрові пристрої, як правило, забезпечуються і комунікаційним портом X1 для зв'язку з іншими пристроями.

Основними функціями вище вказаних вузлів є:

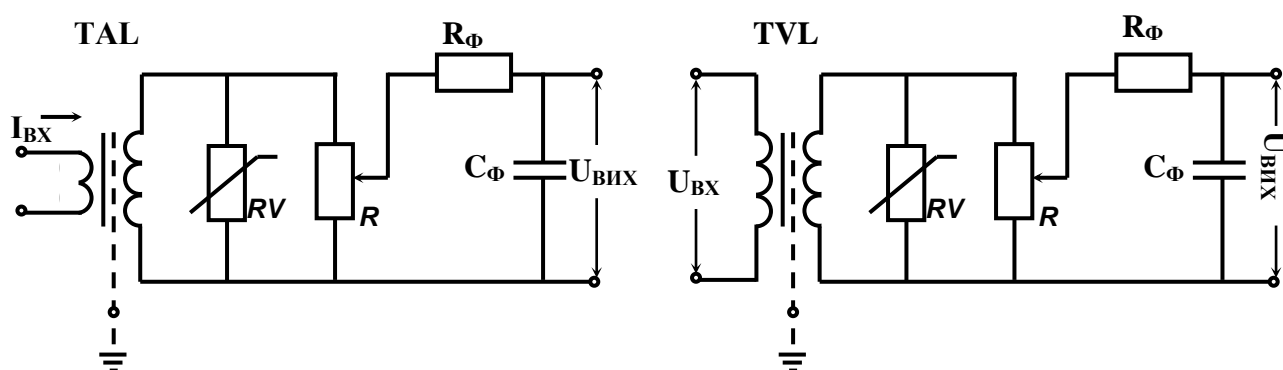
*Вхідні перетворювачі* забезпечують гальванічну розв'язку зовнішніх кіл від внутрішніх кіл пристрою. Одночасно, вхідні перетворювачі забезпечують приведення контролюючих сигналів до єдиного виду (як правило, до напруги) і нормованого рівня. В них же забезпечується попередня частотна фільтрація вхідних сигналів перед їх аналого-цифровим перетворенням. Одночасно проводяться заходи по захисту внутрішніх елементів пристроїв від дії перешкод та перенапруг. Розрізняють перетворювачі вхідних сигналів аналогові (U3,U4) і логічні (U1,U2). Перші намагаються виконати так, щоб забезпечити лінійну (або нелінійну, але з відомим законом) передачу контрольованого сигналу на всьому діапазоні його вимірювання. Перетворювачі логічних сигналів, навпаки, намагаються зробити чутливими тільки в певному вузькому діапазоні можливого знаходження контрольованого сигналу.

В більшості випадків пристрої РЗ працюють з сигналами від джерел змінного струму і напруги, з традиційними номінальними рівнями: 1А, 5 А, 100 В. Такі рівні сигналів забезпечують необхідний перешкодозахист, але зовсім не придатні для обробки в електронних схемах. Використання ж датчиків з вихідними сигналами, погодженими з вимогами електроніки, стикається з необхідністю або різко обмежувати довжину ліній зв'язку, розміщуючи пристрої поблизу датчиків інформації, або впроваджувати додаткові заходи по їх захисту від перешкод, такі як екранування, що досить дорого. На перших етапах переходу від електромеханічних систем захисту до електронних використання нетрадиційних вимірювальних датчиків вповільнюється за рахунок відсутності повної номенклатури приладів і пристроїв з малим споживанням потужності. За цією ж обставиною не отримують широкого впровадження в енергетиці і оптико-електронні ТС, що мають ряд переваг, але дуже малу вихідну потужність.

При підключенні мікропроцесорних пристроїв до традиційних датчиків струму і напруги потрібне приведення їх сигналів до єдиного виду і діапазону вимірювання, які б підходили для обробки електронними вузлами.

Частіше за все вхідні погоджувальні перетворювачі цифрових пристроїв виконуються на базі звичайних електромагнітних трансформаторів з феромагнітним осердям. Не дивлячись на те, що такі трансформатори мають нелінійні передаточні характеристики, деяку нестабільність в часі і при зміні температури, вони все ж використовуються для побудови пристроїв РЗ, що допускають роботу з похибкою 2-5%.

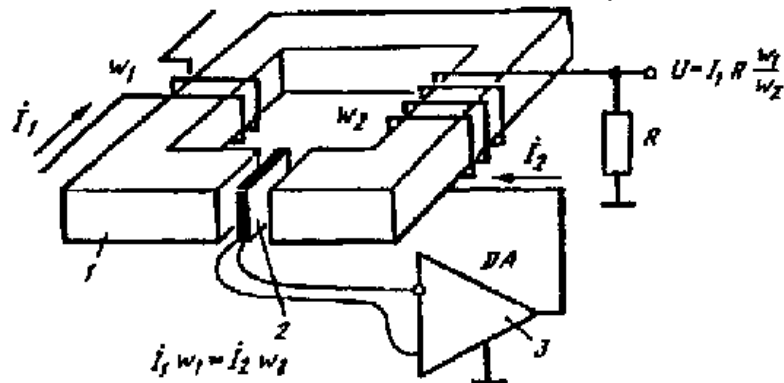
В трансформаторних перетворювачах (рис. 2.3) основну увагу приділяють зниженню міжобмоткової ємності, по якій можливе попадання імпульсних перешкод всередину пристрою. З цією метою секціонують вторинну обмотку або розмішують між первинною і вторинною обмотками електростатичний екран. Оскільки електронні вузли споживають дуже малу потужність, перетворення струмових сигналів в напругу проводять найпростішим способом - з використанням шунтів  $R$ . Для захисту електронних вузлів від можливих перевантажень широко використовують варістори  $RV$  (або стабілітрони) і фільтри низьких частот, наприклад, на основі  $R/C$  - кіл.



**Рисунок 2.3. Вхідні перетворювачі на основі проміжних трансформаторів**

Ефективність фільтра низьких частот пояснюється тим, що енергія імпульсної перешкоди зосереджена в високочастотній області спектру. Обмеження полоси пропускання тракту в області високих частот необхідно і для правильної роботи аналогово-цифрового перетворювача, незалежно від того, буде чи ні застосовуватись в подальшому цифрова фільтрація сигналів.

В окремих цифрових пристроях вхідні перетворювачі виконуються на основі так званих активних трансформаторів. Ці перетворювачі відомі як перетворювачі з датчиками Холла. На рис. 2.4. представлена схема такого перетворювача.



**Рисунок 2.4. Вхідний перетворювач з датчиком Холла:**

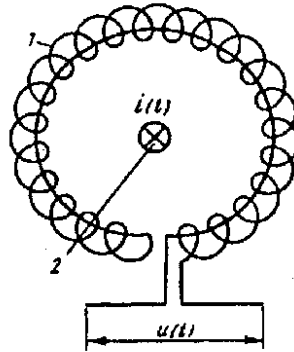
1-магнітопровід; 2-датчик Холла; 3-підсилювач

Датчик Холла через його температурну нестабільність досить важко використовувати для вимірювання магнітного потоку. Однак, його досить легко використовувати як нуль індикатор. Що і використовується в даному перетворювачі, де підсилювач DA генерує у вторинну обмотку трансформатора такий струм, щоб виконувалась рівність МРС обмоток. Клас точності таких перетворювачів досягає 0,1, що з лишком задовольняє вимоги релейного захисту.

Останнім часом, в зв'язку з появою електронних пристроїв із надто малим споживанням, збільшилася цікавість до датчиків струму типу "котушка Роговського" (рис. 2.5.). Вимірювальна котушка Роговського не має феромагнітного осердя і розташовується навкруги провідника з контролюючим струмом  $i(t)$ . Магнітне поле провідника з струмом індукує в котушці ЕРС.

Звернемо увагу на ту обставину, що ЕРС котушки є похідною від струму. Тому для отримання сигналу необхідно виконати інтегрування вихідної напруги котушки.





**Рисунок 2.5. Датчик струму типу "котушка Роговського":**

1-котушка Роговського; 2-провідник з струмом

При синусоїдальному струмові  $i(t) = I_m \sin(\omega t)$  ЕРС, що індукується в котушці буде синусоїдальною, але зсунутою по фазі на  $90^\circ$ , а її діюче значення визначатиметься за формулою:

$$U = \mu_0 \cdot n \cdot S \cdot \omega \cdot I_m.$$

Відсутність в котушці нелінійного феромагнітного осердя забезпечує малу похибку перетворення (в кращих зразках - не більше 0,1%) в дуже широкому діапазоні вимірювання контролюючих струмів (від нуля до сотень кілоампер). За допомогою котушки Роговського можна вимірювати струми в діапазоні частот від 0,1 Гц до 1 МГц. Основним недоліком котушки Роговського є дуже мала віддавана потужність і низький рівень вихідного сигналу. Але не дивлячись на цей недолік, датчики типу котушки Роговського вже почали досить широко застосовувати на практиці.

*Вихідні релейні перетворювачі.* Дія реле на об'єкт захисту традиційно виконується в вигляді дискретних сигналів управління. При цьому вихідні кола пристрою захисту виконуються так, щоб забезпечити гальванічну розв'язку комутуючих кіл як між собою, так і відносно внутрішніх кіл пристрою РЗ. Вихідні

перетворювачі повинні володіти відповідною комутаційною здатністю і, в загальному випадку, забезпечувати видимий розрив комутуючого кола.

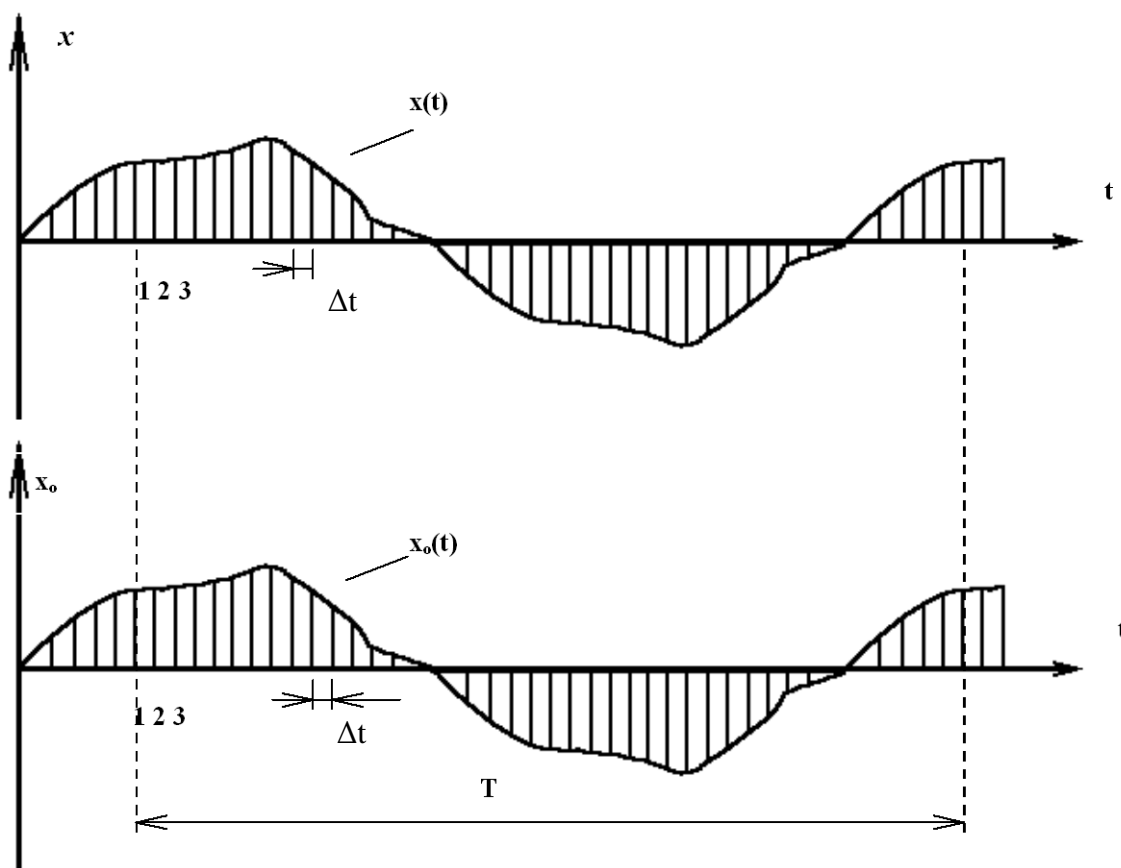
Не дивлячись на очевидні досягнення в області високих потенціалів і великих струмів в цифрових реле, в більшості випадків застосовуються проміжні електромагнітні реле. Контактна пара поки ще залишається поза конкуренцією, як єдиний пристрій, що забезпечує видимий розрив в комутуючому колі. До того ж це і саме дешеве рішення. Як правило в цифрових пристроях РЗ застосовують декілька типів малогабаритних реле: з більшою комутаційною здатністю - для роботи безпосередньо в колах управління вимикачів, з меншою - для роботи в колах сигналізації. Потужні реле здатні включати кола з струмом приблизно 5-30 А, але їх вимикаюча здатність звичайно не перевищує 0,2 А при постійній напрузі 220 В. Таким чином, схема управління повинна передбачувати комутування струму в колі електромагніта вимикача його допоміжним контактом. Вимикаюча здатність сигнальних реле звичайно не перевищує 0,15 А в колах постійного струму напругою 220 В.

Тракт аналого-цифрового перетворювача включає мультиплексор Ш і сам аналого-цифровий перетворювач (АЦП) — U7. Мультиплексор — це електронний комутатор, який по чергово подає контролюючі сигнали на вхід АЦП. Застосування мультиплексора дозволяє використовувати один (АЦП) (як правило такий, що дорого коштує) для декількох каналів. В АЦП виконується перетворення миттєвого значення вхідного сигналу в пропорціональне йому цифрове значення. Перетворення відбуваються з заданою періодичністю. В подальшому в мікроЕОМ по цим вибіркоvim даним, із вхідних сигналів, розраховуються інтегральні параметри контролюючих сигналів - їх амплітудні або діючі значення.

Практично всі реально існуючі фізичні явища і процеси описуються аналоговими сигналами. Аналоговий сигнал безперервно змінюється в часі і може приймати будь-які значення в деякому діапазоні, який визначається природою фізичної величини.

Дискретний (цифровий) сигнал, на відміну від аналогового, може приймати лише кінцеву кількість значень і є визначеним тільки для конкретних моментів часу.

Процес переходу від аналогового сигналу до дискретного називається дискретизацією або квантуванням сигналу, а пристрої, що виконують дану операцію називаються аналого-цифровими перетворювачами. Перехід від аналогового сигналу до дискретного завжди проходить із втратою деякої кількості інформації. Кінцеве число градуювання дискретного сигналу обумовлює похибку квантування по рівню, а однією із причин необхідності квантування по часу є те, що і сам процес аналого-цифрового перетворення, і слідуючий за ним цикл обчислень в мікроЕОМ займає певний час, по закінченню якого можна робити нову вибірку із вхідного сигналу (рис. 2.6.).



**Рисунок 2.6. Аналого-цифрове перетворення сигналу**

Характеризуючи АЦП, говорять про його розрядність і інтервал дискретизації сигналу по часу  $\Delta t$  або частоту виборок  $f_b=1/\Delta t$ , або якщо говорять про періодичні сигнали з періодом  $T$ , про кількість виборок за період  $N=f_b \cdot T$ .

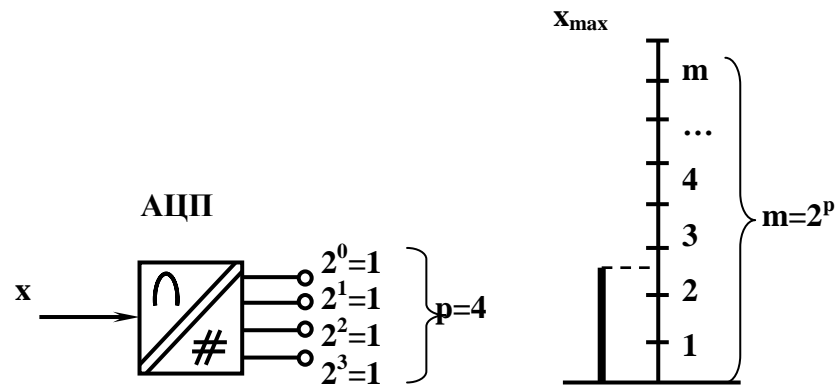
Для періодичних сигналів існує взаємозв'язок між верхньою частотою перетвореного сигналу і необхідною кількістю виборок. В працях зарубіжних і вітчизняних вчених (К. Шеннон, В.А. Котельніков) ще в 30-х роках було показано, що для точного поновлення початкового сигналу з його дискретного представлення частота виборок повинна, як мінімум, в два рази перевищувати саму високочастотну гармонічну складову вхідного сигналу, тобто:

$$f_b \geq 2f_{\max} \text{ або } N \geq 2f_{\max} T$$

Більш того, при аналого-цифровому перетворенні з вхідного сигналу повинні бути виключені всі гармошки з частотою, більш високою, чим частота квантування, а інакше при поновленні сигналу з'являється результуюча складова низької частоти. Тому на вході АЦП завжди встановлюють аналоговий фільтр низьких частот з полосою пропускання не більшою за  $f_b$ .

В пристроях РЗА застосовують АЦП з частотою виборок від 600 до 2000 Гц. Більш висока частота виборок використовується в тому випадку, коли пристрій захисту забезпечує додатково і осцилографування аварійного процесу. Цифровий пристрій з частотою виборок 2000 Гц еквівалентне осцилографу з полосою пропускання 0-1000 Гц. Для порівняння відмітим, що запис звуку на компакт-дисках проводиться з частотою дискретування близькою до 44 кГц, що забезпечує якісний звук фонограм, включаючи частоти більше 20 кГц.

Другою важливою характеристикою АЦП є розрядність  $p$  формуючого ним двійкового числа. Для того, щоб в'яснити яким повинно бути значення  $p$ , розглянемо роботу АЦП на прикладі, так званого, "чорного ящика" (рис 2.7), на вхід якого подається аналоговий сигнал  $X$ , а на його виходах з'являється еквівалентне число в вигляді двійкових сигналів з двома можливими рівнями, умовно позначеними як 0 і 1. Доречі, представлення числа напругою чи струмом тільки двох рівнів і робить двійкову систему обчислення більш привабливою за інші.



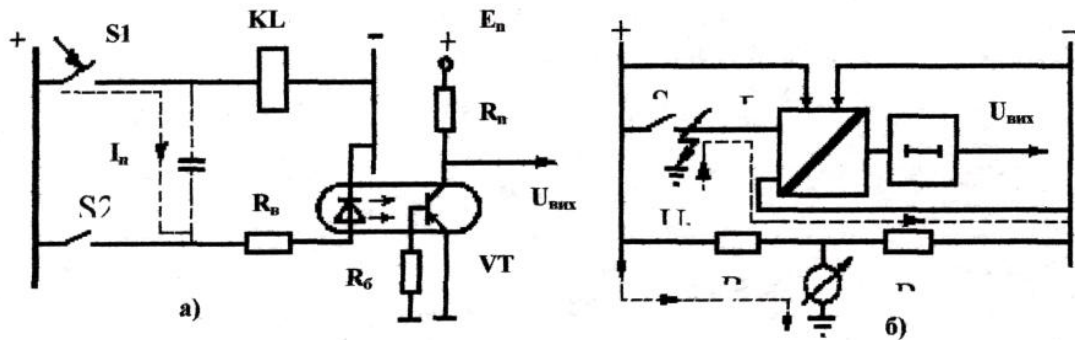
**Рисунок 2.7.** До пояснення розрядності АЦП

Існує зв'язок між розрядністю АЦП і точністю вимірювання аналогової величини. Наприклад, в двохранньому АЦП на його двох виводах можливе формування тільки чотирьох незалежних числових комбінацій: 00, 01, 10 і 11. Ці числа можна приймати як знаходження вхідного сигналу в одному із чотирьох піддіапазонів, обмежених  $0-X_{\max}$ . У випадку  $p$ -розрядного АЦП можливе ототожнювання знаходження сигналу в будь-якому із  $m=2^p$  піддіапазонах. При цьому ступінь квантування сигналу при визначенні рівня сигналу складе  $X_{\max}/2^p$ . В енергетиці, з усіх величин, в найбільш широкому діапазоні змінюється струм. Струм при нормальному режимі роботи електроустановки знаходиться в межах  $0-I_{\text{ном}}$ , а в аварійних — досягає  $(10\div 30)I_{\text{ном}}$ . Для перетворення з похибкою 2-5% число ступенів квантування  $n$  повинно бути  $2000\div 4000$ , тобто потрібний АЦП з  $p=11\div 12$ .

Практично в усій сучасній електронній апаратурі введення дискретних сигналів проводиться за допомогою перетворювачів на основі оптронів. Потрібно відмітити, що схеми реальних перетворювачів набагато складніші, ніж приведені на рис. 2.8.

Оптрони навіть різних виробників мають досить близькі характеристики. Так, власний час перемикання у оптронів складає долі мікросекунди. Для оптопар (світлодіод-фотоприймач) характерна мала прохідна ємність, що протидіє проникненню перешкод по цьому шляху. Допустима напруга між

колом управління і елементами цього кола досягає декількох кіловольт, а робочий струм світлодіода VD складає 3-5 мА.



**Рисунок 2.8. Варіанти вводу дискретного сигналу**

Малий вхідний струм оптрона з однієї сторони являється позитивним моментом, так як приводить до зниження потужності яку споживає перетворювач, вирішує проблему розсіювання тепла резистора  $R_g$  і зменшує навантаження на управляючий контакт S2 (рис. 2.8.а). Але з іншої сторони, малий робочий струм оптрона приводить до ряду проблем.

В першу чергу, малий вхідний струм обумовлює низьку перешкодозахищеність перетворювача. Наприклад, якщо є протяжний провідник, зв'язуючий ключ S2 з оптроном, можливе хибне спрацювання при перезарядці ємності C, в момент замикання ключа S1, в сторонньому колі. Щоб виключити хибну роботу пристрою РЗ в такій ситуації, на виході перетворювача встановлюють елемент затримки DT (рис. 2.8.б) з фіксованою або регулюючою затримкою в формуванні вихідного сигналу. Для того, щоб відмежуватися від перехідних процесів, звичайно достатньо затримки 0,5-3 мс.

Пристрої з малим споживанням можуть реагувати на замикання на землю в колі оперативного струму, так як і вхідний струм співрозмірний з струмом кола контролю ізоляції кола оперативного струму. Для виключення цього вхідні реле вимірювального перетворювача E виконують з прив'язкою до потенціалів полюсів кола оперативного струму і піднімають поріг перемикавання перетворювача E до рівня 60-80% номінальної напруги кола.

Блок живлення (БЖ) — U5 — забезпечує стабілізованою напругою всі вузли представленого пристрою, незалежно від можливих змін напруги в живлячій мережі. Практично в усіх сучасних пристроях використовуються імпульсні БЖ, виконані на базі височастотних інверторів. Схематично такий БЖ з одноконттактним інвертором представлений на рис. 2.9.

За допомогою електронного ключа, виконаного на транзисторі  $VT1$ , на первинну обмотку розв'язуючого трансформатора  $T$  подаються імпульси напруги з частотою декілька десятків кілогерц. Трансформатор, працюючий на високій частоті, отримується невеликих розмірів, з малим числом витків в обмотках, але з відносно великою прохідною потужністю.

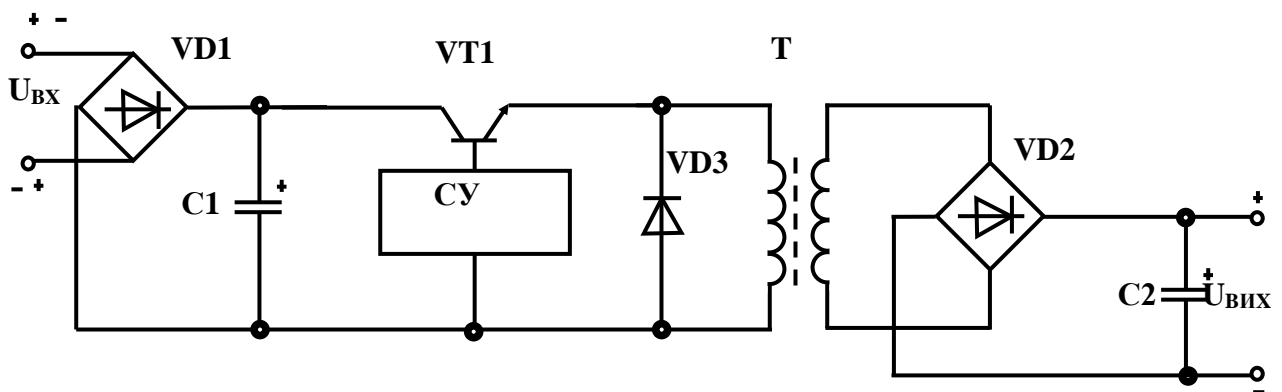


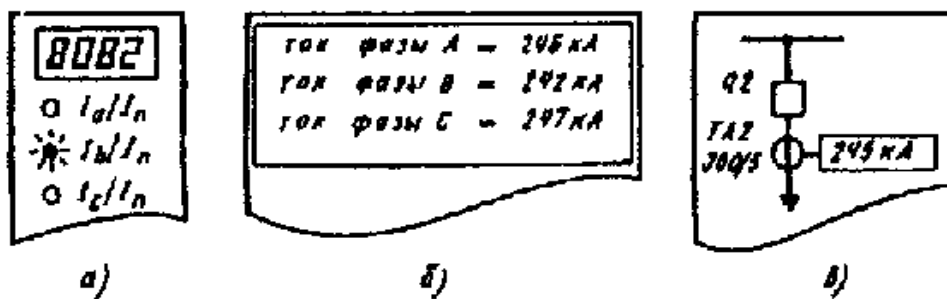
Рисунок 2.9. Спрощена схема імпульсного блока живлення:

$CU$  - схема управління

Використання широтно-імпульсної модуляції при управлінні ключем  $VT1$  дозволяє підтримувати стабільною вихідну напругу інвертора при зміні живлячої напруги в широких межах. Для виключення пошкодження інвертора при недотриманні полярності живлячої напруги на його вході встановлюється діодний міст  $VD1$ . Ємності накопичувальних конденсаторів  $C1$  і  $C2$ , звичайно, вибирають за вимогами до згладжування пульсації в вихідній напрузі при живленні інвертора від випрямленого постійного струму. В деяких випадках ємності  $C1$  і  $C2$  збільшують до рівня, достатнього для виключення похибок в мікропроцесорній частині при короткочасних зниженнях живлячої напруги, виникаючих, наприклад, при коротких замиканнях на суміжних фідерах в колі оперативного струму. Відмітимо, що в БЖ велика увага приділяється захисту від

перенапруг в живлячій мережі і виключенню проникнення перешкод всередину пристрою.

Дисплеї і клавіатура є невід'ємними компонентами будь-якого цифрового пристрою. За допомогою них оператор отримує інформацію від пристрою, змінює режим його роботи, вводить нову інформацію. Вимоги до засобів візуального відображення інформації дуже протиречиві. Це є причиною великої різноманітності дизайнів лицевих панелей цифрових пристроїв РЗ. Для відображення інформації в реле використовуються і окремі світлодіодні індикатори, і табло, і навіть графічні екрани. Для спрощення будемо називати сукупність елементів візуального відображення інформації в реле дисплеєм. Очевидно, що дисплей не повинний бути дорогим, так як "спілкування" людини з реле буває дуже рідко. Дисплей реле повинний забезпечувати швидке й однозначне представлення інформації. Цим вимогам відповідають прості дисплеї у вигляді світлодіодних індикаторів. З іншого боку, цифровий пристрій захисту - це пристрій, що може надати оператору дуже великий об'єм інформації: діючі значення струмів і напруг електроустановки, їх аварійні значення, уставки (а їх в цифрових реле може бути декілька наборів), стан входів і виходів управління і т.д. Для оперативного отримання такого об'єму інформації потрібні відповідно і більш інформативні дисплеї. На рис. 2.10. представлені деякі варіанти виконання дисплеїв пристроїв РЗ.



**Рисунок 2.10. Варіанти дисплеїв цифрових пристроїв захисту**

В цифрових пристроях деяких типів захисту (рис.2.10.а) окремий світлодіодний індикатор (або крайній лівий розряд цифрового світлодіодного табло) вказує на відображаючий параметр, а числове значення цього параметру виводиться в трьох правих розрядах цифрового табло. Світлодіодний дисплей



добре видимий, особливо в умовах малої зовнішньої освітленості.

В більш сучасних реле застосовуються світлоцифрові багаторядкові табло (рис. 2.10.6), що забезпечує легке зчитування інформації. Такі табло виконуються на основі рідкокристалічних індикаторів (РКІ). Основними недоліками РКІ є відносно низька контрастність зображення і недієздатність при низьких температурах. Однак, низька вартість і легкість управління РКІ забезпечують їх широке застосування.

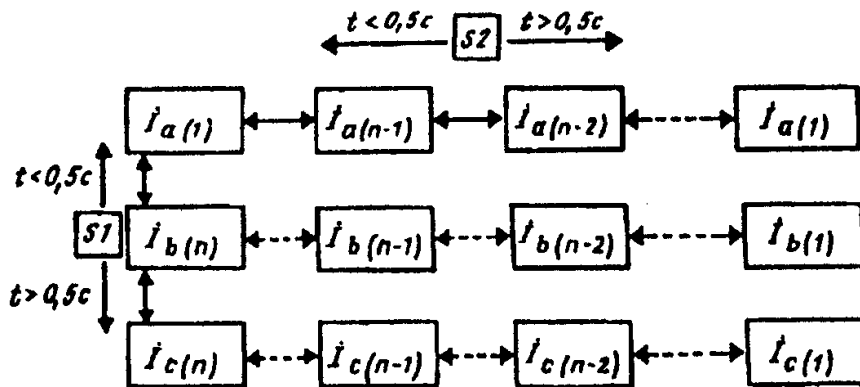
Найбільш наглядно інформація представляється на графічному дисплеї, що в деякій мірі демонструє рис. 2.10.в.

Потрібно сказати декілька слів про представлення числових даних в пристроях РЗ. Цифрові реле мають похибку 2-5%. З врахуванням цієї похибки і виконуються дисплеї цифрових реле - з можливістю відображення тільки трьох значущих цифр. В цифрових реле, найчастіше, використовуються два способи представлення величин — в іменованих одиницях і в відносних. Оперативному персоналу зручніше працювати з іменованими величинами, які відображають реальні значення. Але це потребує занесення додаткової інформації в реле - коефіцієнтів трансформації вимірювальних трансформаторів, а на дисплей необхідно додатково виводити розмірність відображаючих величини. Альтернативним рішенням є представлення всіх величин у відносних одиницях чи процентах. Найчастіше за базисні одиниці приймають номінальні значення контролюючих величин.

Число кнопок, що використовуються в клавіатурах різних пристроїв РЗ, змінюється від двох до десяти. Чим більше кнопок в клавіатурі, тим зручніше і швидше вводити інформацію в пристрій. Однак, кнопки являються найбільш ненадійними елементами цифрової апаратури. Тому там де використовувати клавіатуру доводиться досить рідко прагнуть використовувати мінімальне число кнопок, тобто дві.

Роботу з двохкнопочною клавіатурою можна порівняти з переміщенням по колу з деяких параметрів, перемішуючись за допомогою однієї кнопки і вибору потрібного параметру іншою. В деяких реле дані представляються двовимірним

масивом. Переміщення по координатам масиву здійснюється відповідними кнопками, а вибір елементу масиву - натисканням обох кнопок одночасно. Пояснює цей принцип рис 2.11., де в якості прикладу розглядається процес пошуку інформації про фазні струми, які фіксувалися в пам'яті захисту в момент спрацювання.



**Рисунок 2.11. Пошук інформації в пам'яті реле**

*Порт зв'язку з зовнішніми цифровими пристроями.* Перевагою цифрових пристроїв є можливість передачі інформації в інші цифрові системи, що дозволяє інтегрувати різні системи, економлячи на каналах зв'язку, витратах на попередню обробку сигналів і т.д. Комутаційний порт - необхідний компонент для дистанційної роботи з даним пристроєм.

Пристрої зберігання інформації. На даний час використовуються різні типи пристроїв зберігання інформації. В апаратурі РЗА, розрахованій на довгострокову експлуатацію з мінімальними затратами на обслуговування, повинні використовуватись вузли без рухомих частин.

В функціональному відношенні всі статичні запам'ятовуючі пристрої поділяються на ПЗП, ОЗП і ЕППЗП. Розглянемо їх докладніше.

Для зберігання робочої програми використовують постійні запам'ятовуючі пристрої-ПЗП. На них можна записати інформацію тільки один раз. Плюсами даного виду пристроїв є їх низька вартість і можливість зберігання інформації при вимкненому живленні.

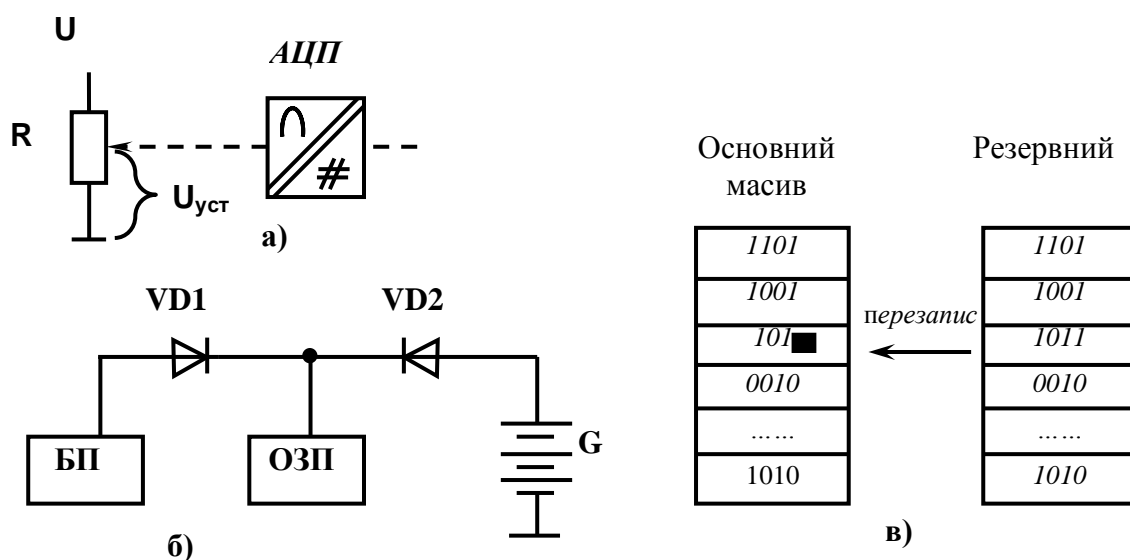
Останнім часом широкого застосування набули пристрої пам'яті з можливістю перепрограмування. Особливо актуальними вони є для пристроїв

захисту, робоча програма яких повинна змінюватись в процесі експлуатації.

Робоча програма в таких пристроях захисту знаходиться в перепрограмованому постійному запам'ятовуючому пристрої (ППЗП або EEPROM).

Для тимчасового зберігання інформації проміжних обчислень використовуються оперативно запам'ятовуючі пристрої.

Окремо потрібно розповісти про зберігання уставок та інших параметрів, які доводиться змінювати в процесі експлуатації захисту. На сучасному етапі для цього використовують ППЗП. До їх появи уставки зберігались або в аналоговому вигляді, як певне регулююче значення опорної напруги  $U_{уст}$  (рис 2.12.а), або в ОЗП з незалежним джерелом живлення (рис 2.12.б).



**Рисунок 2.12 Способи зберігання уставок**

Як і будь-який пристрій зберігання інформації можуть пошкоджуватися або втрачати інформацію. В пристроях з EEPROM-пам'яттю є можливість поновити втрачену інформацію. Для цього важливі масиви інформації, наприклад, уставки, повторюються в різних мікросхемах пам'яті. А так, як одночасне пошкодження інформації в двох мікросхемах мало ймовірно, то є можливість поновити інформацію перезаписом вмісту непошкодженого масиву на місце пошкодженого. Схематично це показано на рис. 2.12.в.

Разом з вище вказаними компонентами в цифрових пристроях, в загальному випадку, можуть зустрічатися і інші компоненти, наприклад, цифро-аналогові

перетворювачі при формуванні аналогових сигналів управління і регулювання. Характеристики однотипних вузлів в пристроях різних виробників є досить близькими. Причиною цього є необхідність реалізації одних і тих же вихідних вимог, орієнтація схемних рішень на одні і ті ж реальні вхідні сигнали, що отримуються від стандартних трансформаторів струму (ТС) і напруги (ТН), і об'єктивні закони, по яким повинна проводитись обробка інформації.

### **2.2.2. ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ У ЦИФРОВИХ РЕЛЕ.**

Практично вся обробка інформації у будь-якому цифровому пристрої відбувається за допомогою мікроЕОМ по визначеному алгоритму, реалізованому у вигляді програми роботи. Для зберігання програми роботи використовують постійні запам'ятовуючі пристрої-ПЗП. Для тимчасового зберігання інформації проміжних обчислень використовуються оперативно запам'ятовуючі пристрої.

Будь-яка інформація в ЕОМ представляється у вигляді чисел (числових кодів). При передачі інформації використовується двійкова система обчислення, яка використовує для обчислень тільки два символи 0 і 1, що робить реалізацію вузлів ЕОМ на основі електричних схем найбільш простою.

Обмін інформацією між вузлами мікроЕОМ забезпечується за допомогою шин, тобто системи електричних ліній. Обмін інформацією із зовнішнім устаткуванням проводиться за допомогою пристроїв вводу-виводу.

Для реалізації взаємодії цифрових пристроїв, що об'єднані у систему використовують інтерфейс. Під інтерфейсом розуміють сукупність апаратних, програмних і конструктивних засобів.

По принципу обміну інформацією інтерфейси поділяються на інтерфейси з паралельною й послідовною передачею даних. Більш швидким є паралельний інтерфейс, спрощена схема якого представлена на рис. 2. 13,а.

В цьому випадку по синхронізуючому сигналу СС (у дійсності це може бути послідовність із декількох сигналів управління), передаючий пристрій

подає на шину даних ШД одночасно всі розряди числа, що передається, а приймаючий його зчитує. Як видно, паралельний інтерфейс потребує досить складного тракту передачі, до складу якого входять  $(n+1)$  фізичні лінії при  $n$ -розрядному слові даних, що передаються. Даний тип інтерфейсу використовується, в більшості, для передачі інформації на невеликі відстані (наприклад, при зв'язку комп'ютера з принтером) або при необхідності забезпечити найбільшу швидкість обміну інформацією.

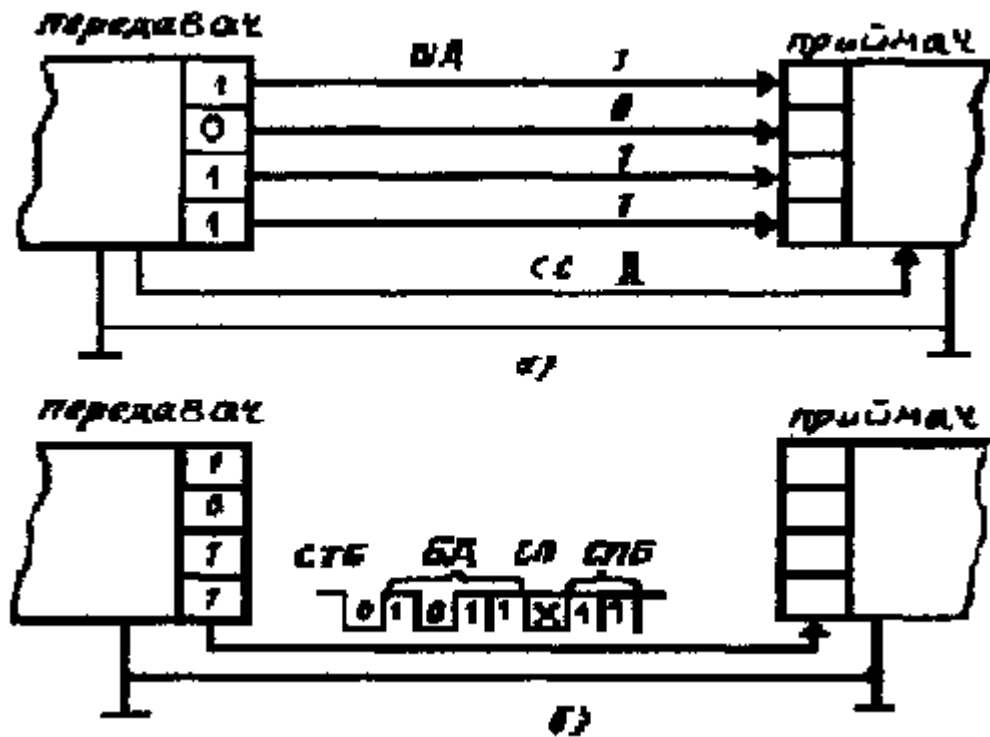


Рисунок 2.13. Варіанти обміну інформацією

З технічної точки зору, більш простим є інтерфейс із послідовною передачею даних. В цьому разі слово даних передається послідовно - розряд за розрядом. Найбільш широко використовується асинхронний режим передачі даних, схематично представлений на рис. 2.13, б. Даний спосіб потребує мінімальну кількість ліній. Це досягається тим, що при передачі даних використовуються певні домовленості, які дозволяють приймачеві не тільки розпізнавати початок і кінець передачі, а й визначати спотворення даних при передачі. Це забезпечується наступним чином. В режимі очікування передавач видає в лінію сигнал логічної одиниці. Початок передачі приймач визначає по появі в лінії логічного нуля. Це так званий стартовий біт СТБ.

Час передачі одного біта є заздалегідь визначеним, тобто приймач і передавач повинні бути попередньо відрегульовані. Після закінчення передачі стартового біта СТБ передавач передає розряд за розрядом біти даних БД. Після передачі даних передається так званий біт паритету БП. Біт паритету по домовленості встановлюється передавачем у стан логічної одиниці, якщо в слові даних непарна кількість одиниць, і використовується "парний" паритет. І, навпаки, у випадку домовленості про роботу з "непарним" паритетом, БП присвоюється нульове значення. Таким чином, використовуючи біт паритету, приймач може визначати одиничні збої при передачі даних. Закінчується повідомлення передачею столових бітів СПБ (1, 1,5 або 2 біта). СПБ визначають мінімальний інтервал між передачею окремих слів даних. При асинхронній передачі, звичайно, використовується стандартний ряд швидкостей: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400 біт/с і т.д.

Існує досить багато стандартів на канали послідовного зв'язку. Вони відрізняються швидкістю обміну інформацією, організацією й довжиною ліній зв'язку. Найбільш відомим є стандарт RS232, який використовується в IBM-сумісних комп'ютерах. Стандарт RS232C був розроблений в 1969 році. Інтерфейс забезпечує довжину зв'язку до 15 км із швидкістю до 19200 біт/с . В деяких цифрових реле порт послідовного зв'язку виконаний у стандарті RS485. Він потребує симетричний канал (вита пара). Забезпечує зв'язок сегментами довжиною до 1200 м із можливістю підключення до 32 вузлів на сегмент; швидкість обміну - до 10 Мбіт/с.

Як видно порти у цифрового реле і персонального комп'ютера виконані в різних стандартах, що виключає їх безпосереднє з'єднання.

Власний час спрацювання вимірювальних органів цифрових реле майже такий, як і у електромеханічних реле. Це можна пояснити тим, що для визначення інтегральних параметрів контролюємих струмів і напруги (діючих значень, фазових зсувів) потрібен деякий час. Так, згідно визначенню, діюче значення періодичної функції від часу  $x(t)$  знаходиться за формулою:

$$x = \sqrt{\left( \frac{1}{T} \cdot \int_n^{n+T} x^2(t) dt \right)}$$

В реальному часі результат обчислень цього інтеграла може бути отриманий тільки після слідкування за контролюємим сигналом  $x(t)$  на протязі відрізка часу, рівного періоду  $T$ .

Цифрові реле, як і їх аналогові прототипи, у принципі можуть формувати сигнал спрацювання і через більш короткий проміжок часу, чим період  $T$ , якщо значення контролюємої величини, зарані перевищує уставку. Це легко визначити, оскільки числове інтегрування представляє собою підрахунок суми приростів:

$$\int_t^{t+T} x(t) dt = \sum_{i=0}^N x(t_i) \Delta t,$$

де  $x(t)$  - значення підінтегральної функції у вузлових точках  $x(t_i)$ , взятих на інтервалі інтегрування;

$\Delta t$  - проміжок часу між двома точками вимірювання.

При значеннях контролюємої величини, що відповідають уставці, час спостереження буде прагнути до  $T$ .

Здається, що в умовах, коли вхідний сигнал, представлений тільки однією гармонікою, на обчислення діючого значення можна витратити менше часу, так як амплітуда синусоїди (а відповідно і діюче значення) може бути обчислена після вимірювання декількох її миттєвих значень. Але, в реальних сигналах, на ряді з потрібною нам гармошкою присутні й інші гармошки та аперіодичні складові. Виділення ж із складного сигналу потрібної гармошки потребує деякого часу.

В загальному випадку, вище сказане не поширюється на реле, в яких не використовується визначення інтегральних параметрів сигналу. Наприклад, в диференційному струмовому захисті теоретично можна порівнювати миттєві значення струмів у відгалуженнях схеми, що захищається. Однак, і в диференційних реле доводиться зустрічатися з питаннями фільтрації. Фільтрація потрібна для подавлення перешкод у робочих точках та при формуванні блокуючих дій, наприклад, при стрибках струму намагнічування, якщо мова йде про диференційну РЗ трансформатора. Стрибки струму намагнічування, звичайно, визначаються за фактом появи другої гармоніки в диференційному струмі. [2]

### 2.2.3. ФІЛЬТРАЦІЯ СИГНАЛІВ

Якщо сигнал, який контролюється періодичний і існує довгий час, то для виділення основної гармошки (або будь-якої іншої) можна скористатися теорією гармонічного аналізу, в відповідності з якою для визначення амплітуди  $k$ -ї гармоніки потрібно спочатку обчислити її ортогональні складові:

$$a_k = \frac{2}{T} \int_t^{t+T} x(t) \cos k\omega t dt, \quad b_k = \frac{2}{T} \int_t^{t+T} x(t) \sin k\omega t dt,$$

і тільки потім - її амплітуду:

$$X_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}.$$

Як показано, ортогональні складові визначаються шляхом інтегрування функції від часу  $x(t)$  на протязі періоду  $T$ .

Числовий спосіб гармонічного аналізу застосовується в тому випадку, коли функція  $x(t)$  відома на проміжку  $0 < t \leq T$  тільки в дискретній системі точок  $t_n = nT/N$ ,  $n=0; 1; \dots, N-1$ . Цей спосіб зв'язаний з необхідністю використання при обчисленні складових, що належать до різних моментів часу:

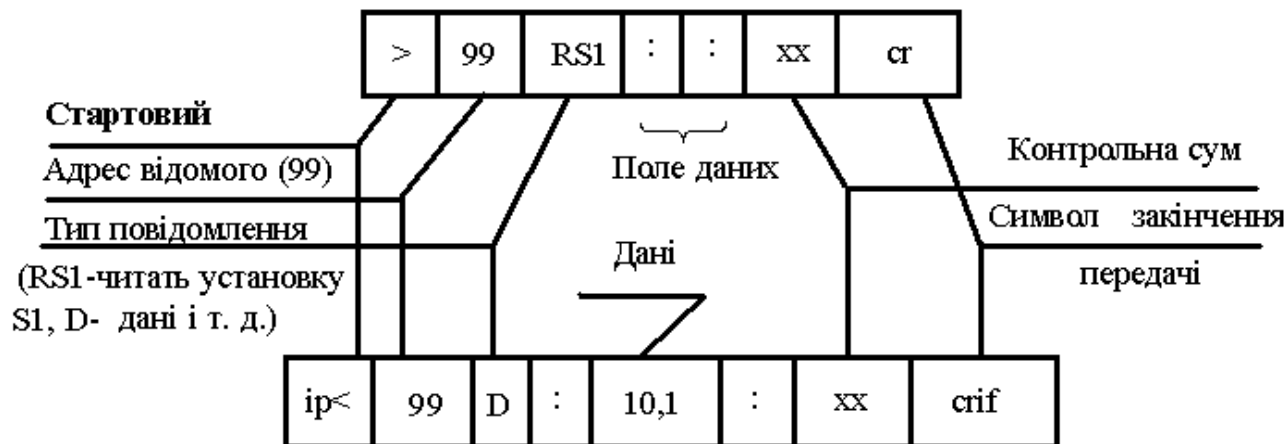
$$a_k = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(t_n) \cos(2\pi \frac{kn}{N}), \quad b_k = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(t_n) \sin(2\pi \frac{kn}{N}), \quad X_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}.$$

Розглянемо роботу цифрового фільтра. Цифровий фільтр працює з послідовністю з  $N$  виборок  $X_{вхn}$ ,  $n=0; 1; \dots, N-1$ , які взяті з інтервалом  $\Delta t$  із вхідного сигналу  $X_{вх}(t)$ . На виході фільтра в результаті відповідних операцій виникає послідовність чисел  $X_{вихn}$ .

Вхідний сигнал складної форми  $X_{вх}(t)$  може бути розбитий на досить короткі прямокутні імпульси. Для будь-якого електричного кола є його імпульсна характеристика  $g(t)$ , який визначає процеси в колі після завершення імпульсу. Сигнал на виході електричного кола в момент спостереження  $n$  обчислюється як сума відгуків кола на всі імпульси в проміжку від  $t=0$  до моменту спостереження  $n$  ( $\Delta t$  - протяжністю окремого імпульсу) тобто:

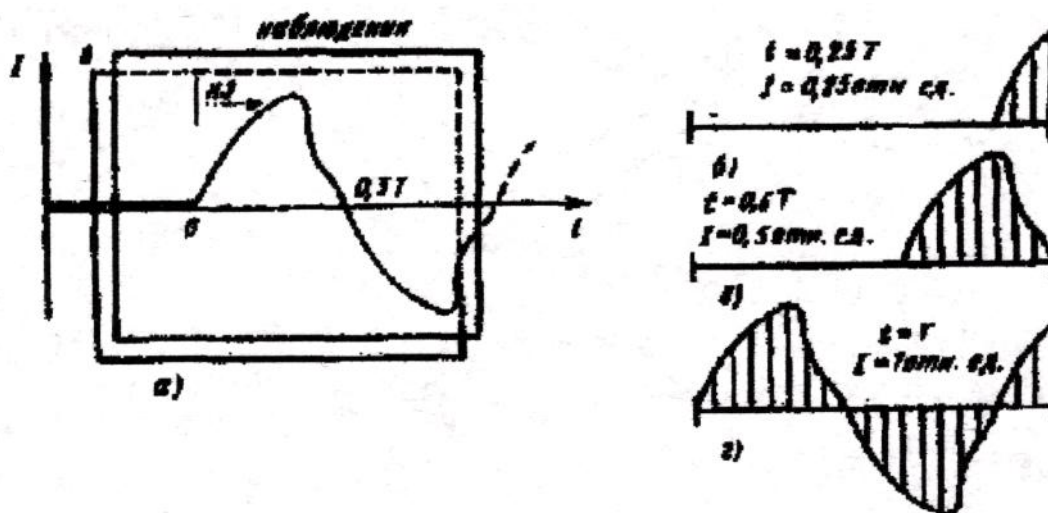
$$X_{вихn} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{k=0}^n X_{вхk} g \left[ t - k \Delta t \right] \approx \sum_{k=0}^n X_{вхk} g \left[ t - k \Delta t \right]$$





**Рисунок 2.14. Пояснення роботи цифрового фільтра**

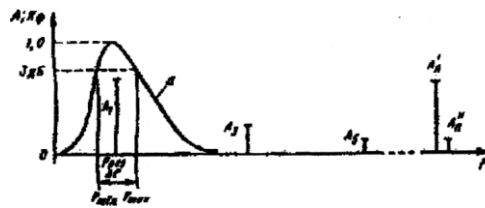
Якщо при обчисленні вісові коефіцієнти, що використовуються  $g [(n-k)\Delta t]$  будуть співпадати з відповідними значеннями імпульсної характеристики будь-якого частотного фільтра, то вихідний сигнал цифрового фільтра буде еквівалентний вихідному сигналу аналогового фільтра. Ідеальний цифровий фільтр повинен оперувати з нескінченним числом виборок із вхідного сигналу, які передують моменту обчислення чергової складової його вихідного сигналу. Реальний цифровий пристрій може працювати лише з скінченним числом виборок  $N$ . Зв'язуючи число виборок, які використовуються, з деяким відрізком часу спостереження за вхідним сигналом (рис. 2.15.а), можна відмітити слідуєче.



**Рисунок 2.15. Спостереження реального сигналу**

В перші моменти часу після стрибкоподібної зміни вхідного сигналу обчислювальний пристрій на протязі деякого часу буде формувати "неправильний" вихідний сигнал. Це пояснюють епюри сигналу, видимого у вікні

спостереження в різні моменти часу (рис. 2.15, б-г). Для наочності на епюрах приведеш діючі значення струму.



**Рисунок 2.16. Частотний спектр вхідного сигналу і АЧХ фільтра:**

$f$ - частота сигналу;  $A$  - амплітуда сигналу;  $K_{\phi}$  - коефіцієнт передачі фільтра

Вихід на усталений режим роботи може бути визначений, наприклад, по співпаданню результатів спостереження в двох зміщених в часі вікнах спостереження (рис. 2.15.а). Точність обчислень буде тим більшою, чим більше виборок знаходиться в вікні спостереження.

Цифрові фільтри мають ряд переваг. Основні з них - надійність в роботі і стабільність характеристик, які недосяжні для аналогових фільтрів. Але, так само, як і аналогові фільтри, цифрові фільтри мають протиріччя щодо виділення потрібної гармоніки з складного сигналу і часу, що витрачається на фільтрацію. Для того, щоб відмежуватися від аперіодичних складових, вищих гармонік ( $A_3$ ,  $A_5$ , на рис. 2.16), перешкод ( $A_{п1}$ ,  $A_{п2}$ ), амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) вхідного тракту реле повинна бути подібною до характеристики полосового фільтра (крива  $a$  на рис.2.16).

Якість полосового фільтра характеризується його полосою пропускання, яка визначається на рівні, коли коефіцієнт передачі фільтра  $K_{\phi}$  зменшується на 3дБ. Як і в коливальних контурах для полосових фільтрів введено поняття добротності:

$$Q = f_{рез} / (f_{max} - f_{min})$$

де  $f_{рез}$ ,  $f_{max}$ ,  $f_{min}$ - відповідно резонансна, максимальна і мінімальна частоти, що характеризують фільтр.

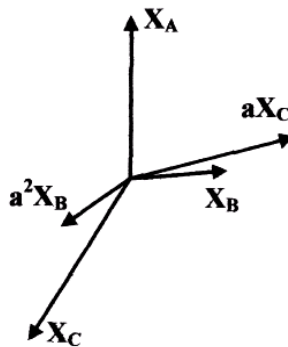
Час затухання власних перехідних процесів в полосовому фільтрі другого порядку визначається виразом:

$$t_{\text{пер}} = 6Q / (2\pi f_{\text{рез}}),$$

тобто, чим вище добротність, тим довше перехідний процес у фільтрі.

До цих же результатів можна прийти, якщо використати спектральний підхід опису електричних коливань. Звуження полоси пропускання покращує перешкодозахищеність реле, так як більшість перешкод є імпульсними сигналами (грозові розряди, комутаційні перенапруги і т.д.), а, значить, мають протяжні спектральні характеристики. При цьому чим вужча полоса пропускання вхідного тракту реле, тим менша частка енергії перешкоди буде добавлятися до робочого сигналу. Але разом, з цим, сильно вузький вхідний тракт реле приводить до недопустимого зниження швидкодії реле. Для підвищення швидкодії РЗ краще застосовувати фільтри з меншою добротністю.

Фільтри симетричних складових.



**Рисунок 2.17. Виділення симетричних складових**

Виділення симетричних складових з трифазної системи струмів і напруг широко використовується в РЗ. Алгоритми обчислення симетричних складових прямої і оберненої нульової послідовності відомі:

$$3X_{1A} = X_A + aX_B + a^2X_C;$$

$$3X_{2A} = X_A + a^2X_B + aX_C;$$

$$3X_0 = X_A + X_B + X_C$$

де  $X_A + X_B + X_C$ , - вектори, що показують відповідні фазні величини (струми чи напруги) виду:  $x = X \sin(\omega t + \varphi)$ ;

$a(a)^2$  - оператори, що повертають даний вектор на кут  $\psi = 2\pi/3$  рад. В напрямку (проти напрямку) повороту векторів трифазної системи.

Векторна діаграма фазних значень величин, що використовується для виконання фільтра оберненої послідовності, приведена на рис. 2.17. У фільтрі сумуються значення векторів  $X_A$ ,  $X_B$ , повернутого в сторону відставання на кут  $120^\circ$  ( $a^2 X_B$ ) і  $X_C$ , повернутого в сторону випередження на  $120^\circ$  ( $a X_C$ ).

### 2.3.1. ПРОВІДНІ КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ

Передача імпульсу по електричному каналу з обмеженою полосою пропускання  $\Delta f = f_{max} - f_{min}$  супроводжується затримкою і викривленням форми сигналу, що передається (рис 2.18)

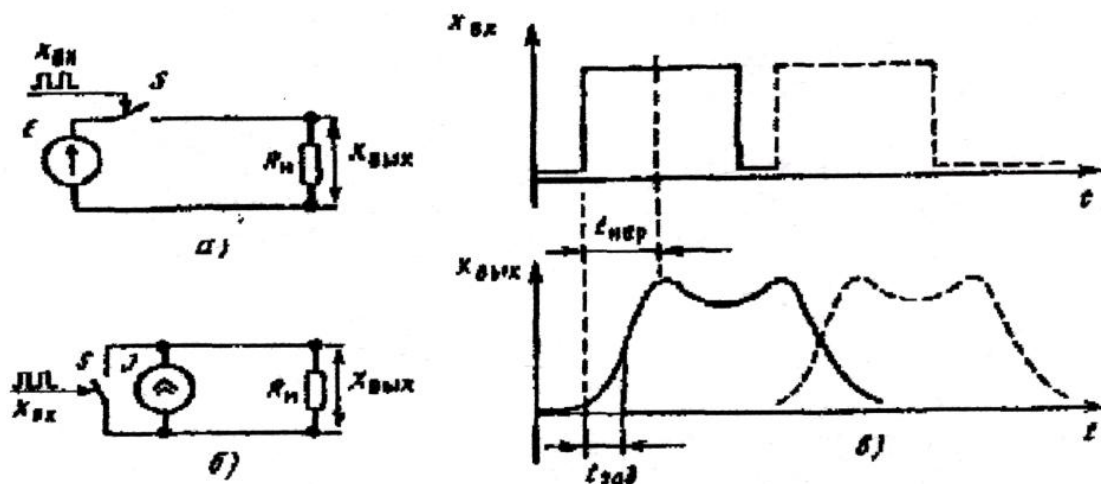


Рисунок 2.18. Викривлення сигналу при передачі по реальному каналу

$X_{вх}$  - вхідний сигнал;  $X_{вих}$  - вихідний сигнал;  $t_{нар}$  - час наростання сигналу;

$t_{зат}$  - час затримки сигналу

Для передачі імпульсних сигналів по телефонним лініям, які розраховані на передачу тональних (аналогових) сигналів використовують модеми. Як слідує із назви, модем (МоДем = Модулятор + Демодулятор) забезпечує перетворення імпульсних сигналів в тональні сигнали шляхом модуляції, яка несе частоти. Сучасні модеми забезпечують повнодугаїєксний зв'язок - передачу інформації по одному телефонному каналу одночасно в обох напрямках. Інколи замість амплітудної модуляції використовується частотна або фазова модуляція. Перспективною є фазова модуляція. В цьому випадку, зміна фази здійснюється після передачі пари бітів (дебіта): 00 = 0°; 01 = 90°; 10 = 180°; 11 = - 90°. фазова маніпуляція знижує еквівалентну швидкість передачі і допомагає підвищенню пропускної спроможності каналу.

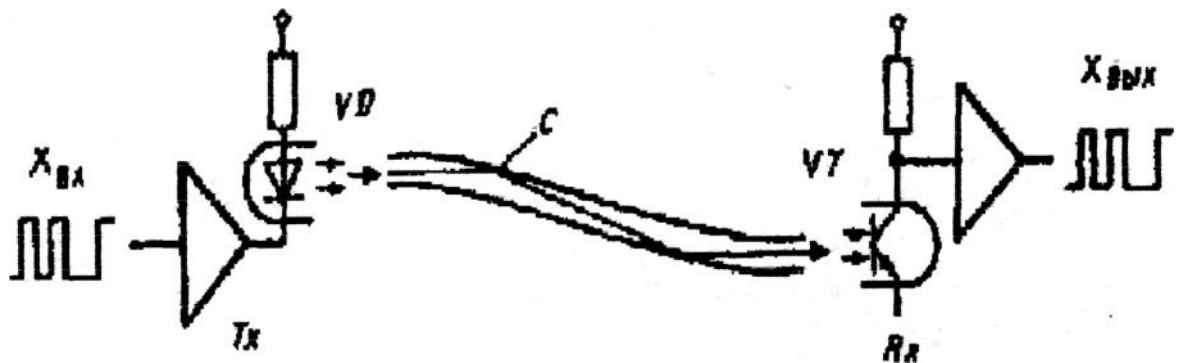
При передачі інформації по послідовному каналу зв'язку застосовують різні способи перевірки точності одержаної інформації. Це і порівняння бітів

паретету з числом одиниць в окремих символах, і порівняння суми кодів всіх символів, які входять в повідомлення, з контрольною сумою цих кодів, яка передається в кінці повідомлення. Все це виключає неправильне прийняття інформації одержувачем. Однак, при більшому рівні електромагнітних перешкод ефективна швидкість передачі інформації по електричним лініям зв'язку різко падає, так як викривлене повідомлення приходиться повторювати. По цій причині, в умовах електростанцій і підстанцій альтернативною електричним лініям стають волоконно-оптичні лінії зв'язку.

Волоконно-оптичні системи зв'язку стали розвиватися з початку 70-х років, їм передувало появлення на початку 60-х років лазеру - потужного інструменту для передачі інформації. Однак звичайне середовище - атмосфера є нестабільною для організації зв'язку в оптичному діапазоні. Допомогло розвитку волоконно-оптичних систем і уже налагоджене до цього часу виробництво зверхчистого кремнію, який необхідний для одержання високоякісного кварцевого скла. Починаючи з 1978 року волоконно-оптичні системи почали використовуватися і для комерційних цілей. В даний час ця галузь швидко розвивається.

### 2.3.2. ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ КАНАЛИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ.

Волоконно-оптичний кабель (ВОК) є складний за будовою, крім забезпечення мінімальних втрат енергії при передачі, достатньо багато уваги приділяється захисту світловоду від зовнішніх дій. Рух світла по криволінійному світловоду проходить при багатократному внутрішньому відбиванні проміння на границі світловід-оболочка. Існує декілька типів ВОК. Самим дешевим є волокно з ступінчатою зміною коефіцієнту переломлення. Часто для цієї цілі використовується оптично прозора пластмаса. Мінімальні втрати в пластмасовому волокні спостерігаються в області видимого (червоного) випромінювання. За допомогою пластмасових світловодів можна передавати дані на відстані до декількох десятків метрів. В кабелях більш високої якості використовується кварцове волокно. Кварцові світлодіоди бувають із ступінчатою і плавною зміною коефіцієнту переломлення (краще). Останнім досягненням волоконно-оптичного далекого зв'язку є передача інформації на частотах до 4 ГГц і на відстані 120 км без повторювачів.



**Рисунок 2.19. Схема передачі інформації з використанням волоконно-оптичного каналу зв'язку**

Світловоди, в порівнянні з електричними кабелями, володіють рядом переваг:

- високий захист від перешкод в умовах електромагнітних полів;
- висока пропускна спроможність. В порівнянні з коаксильними кабелями, в яких швидкість і втрати значно залежать від частоти, дисперсія (залежність фазової швидкості хвилі від частоти) ВОК

незначна, а значить, в них у меншому ступені спостерігається розширення імпульсів.

- Безпечність при використанні. Виключається виніс електричного потенціалу із електроустановки; неможливе загорання кабеля по причині короткого замикання;
- Не використовується дифіцитна мідь, що робить їх потенційно дешевше в перспективі при відпрацюванні технології виробництва оптоволокна;
- Високі експлуатаційні характеристики: малий радіус згину, некретичність до умов прокладки (можлива прокладка рядом з сильнострумовими кабелями), малі масо-габаритні показники і т.д.

Основним же недоліком ВОК є складність з'єднання світлодіодів між собою, а також з випромінювачами і одержувачами сигналів. Це зумовлюється і малим перерізом волокна (діаметр 0,125 мм і менше), і необхідністю виконання зрізу волокна строго перпендикулярно його осі та обробки зрізу з високою точністю чистоти для мінімального затухання. По цій причині одножильні кабелі протяжністю до декількох десятків метрів в наш час вважаються неремонтнопригодними. Однак, технологія зрощування оптичних кабелів швидко вдосконалюється.

При використанні ВОЛЗ, цифрові пристрої захисту необхідно обладнувати модулем оптико-електронного перетворення.

Під шиною зв'язку розуміється сукупність апаратних засобів зв'язку і правил формування повідомлень, які передаються. Фізично шина представляє собою оптико-волоконну петлю, яка послідовно зв'язує окремі реле і пристрій верхнього рівня. Передача сигналу тільки в одному напрямку значно спрощує конструкцію оптико-волоконних перетворювачів. Повідомлення, яке передається по оптичній петлі, циркулює від одного оптико-електронного перетворювача до іншого до тих пір, поки не знайде свого адресата.

Для практичних цілей можна застосовувати наступні співвідношення між швидкістю передачі імпульсів  $V_{\max}$  (виміряної в бодах; бод - це швидкість



передачі, яка обчислюється в тактах за секунду) і полосою пропускання каналу  $\Delta f$  (яка задається в герцах).

$$V_{\max} \leq 2\Delta f$$

Для виключення конфліктних ситуацій (одночасної передачі по петлі декількох повідомлень), пристрій верхнього рівня є ведучим і тільки йому дається право ініціювати обмін інформацією. Відомі пристрої можуть тільки відповідати на запити ведучого пристрою.

При необхідності одночасного звернення ведучого пристрою до всіх відомих (наприклад при синхронізації внутрішнього часу) використовується широкоповідомлювальний режим. При цьому використовується загальний для всіх відомих адрес. [3]

### **3. МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ПЛ ВИЩЕ 10 КВ (35 КВ).**

#### **3.1. УНІВЕРСАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ СТРУМОВОГО ЗАХИСТУ АВТОМАТИКИ І КЕРУВАННЯ МІСОМ Р121**

Пристрій МІСОМ Р121 є останнім поколінням мікропроцесорних пристроїв захисту. Він має широкий набір функцій

- МСЗ;
- СВ;
- АПВ;
- ЗНЗ;
- тепловий захист від перевантажень;
- датчик початкового навантаження;
- захист мінімального струму і оберненої послідовності,

які забезпечують надійний захист повітряної лінії, що захищається.

Узгодження з іншими пристроями спрощується за рахунок гнучких функцій автоматики. Дві групи уставок адаптують складний захист до управління схемами. Є можливість змінювати уставки, як “по місцю” так і дистанційно. Пристрій МІСОМ Р121 сумісний з широким діапазоном стандартних протоколів передачі інформації (MODBUS, R-BUS, МЕК 870-5-103 і т.д.).

Для кращого управління, по локальній сітці, може бути передана вся інформація, яка запам’ятовується: уставки, вимірювання, події, помилки або записи осцилограм. Дистанційні команди миттєво виконуються і передаються на суміжні комутаційні пристрої.

Пристрій простий і зручний інтерфейс “людина-машина”. Функціональні клавіші і рідинно-кристалічний дисплей (РКД) розташовані на передній панелі – дозволяють програмувати пристрій згідно з вимогами користувача.

Вимірювання струмів, напруги та частоти подаються в дійсних значеннях, що досить зручно для обслуговуючого персоналу. Вони можуть бути виведені за допомогою локальної сітки на персональний комп'ютер.

Для MICOM P121 легко назначаються входи і виходи і суміщаються будь-які ступені, які програмуються незалежно для кожного із виходів.

Програмне забезпечення, яким комплектується пристрій MICOM P121 разом з портами передачі інформації, забезпечують вільний доступ користувача до всієї інформації, що зберігається, вихід до характеристик пристрою або до параметрів, що контролюються.

Лицьова панель дає змогу користувачу переміщуватися по меню для доступу до даних, змінювати уставки, перевіряти роботу самого пристрою. Через порт RS232, що знаходиться під нижньою кришкою лицьової панелі можна провести наладку пристрою, або контролювати його роботу за допомогою простого персонального комп'ютера та спеціалізованого програмного забезпечення, яким по замовленню може бути укомплектований пристрій MICOM[4]

### **3.2. ПЕРЕВІРКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ.**

Трансформатори струму (ТС), що використовуються для релейного захисту вибираються за номінальним струмом та напругою встановлення, після чого вони перевіряються на термічну та електродинамічну стійкість при короткому замиканні (КЗ). Наступним пунктом перевірки ТС є визначення значення похибки, яка не повинна перевищувати 10% за струмом та  $7^\circ$  за кутом. Для перевірки за цією умовою в інформаційних матеріалах заводів - постачальників ТС та в іншій довідковій літературі подаються характеристики та параметри ТС:

1. *Криві залежності 10%-вої кратності ( $m$ ) від опору навантаження ( $Z_n$ ), підключеної до вторинної обмотки ТС. Десятивідсотковою кратністю*

називається відношення, тобто кратність первинного струму, що проходить через ТС, до його номінального струму при якому струмова похибка ТС складає 10% при заданому навантаженні ( $Z_n$ ). Кутова похибка при цьому досягає  $7^\circ$ .

Таким чином, знаючи кратність первинного струму, що проходить через ТС  $m=I_1/I_{ном}$ , можна за кривими 10%-вої кратності для даного типу ТС визначити допустиме навантаження  $Z_{ндоп}$  при якому похибка ТС не буде перевищувати 10%.

*2. Криві залежності допустимої кратності  $K_{10}$  від опору навантаження  $Z_n$ , підключеної до вторинної обмотки* (для ТС виготовлених у відповідності з ГОСТ7746-78).

Згідно вказаного ГОСТ допустимої кратності  $K_{10}$  називається найбільше відношення, тобто найбільша кратність, первинного струму, що проходить через ТС, до його номінального струму  $I_1/I_{ном}$ , при якому повна похибка ТС є при заданому вторинному навантаженні не перевищує 10%. При цьому гарантована допустима кратність при номінальному вторинному навантаженні  $Z_{н,ном}$  називається номінальною допустимою кратністю  $K_{10ном}$ . Користуючись кривими допустимої кратності можна визначити допустиме навантаження за відомою кратністю первинного струму при якому повна похибка не буде перевищувати 10%.

*3. Типові криві намагнічування*, що являють собою залежність максимальних значень індукції в осерді ТС  $B_{max}$  від діючих значень напруженості магнітного поля  $H$  при середній довжині магнітного шляху; з відомими перерізом осердя; номінальному значенні магніторухійній силі ( $A$ ).

Як відомо, максимальне значення індукції ( $T$ ) та напруженості магнітного поля ( $A/cm$ ) визначаються формулами:

$$B_{max} = \frac{E_2}{4,44 f \omega_2 S}; \quad (3.1)$$

де  $E_2$  - вторинна ЕРС ТС, В;  $f$ - частота змінного струму, що дорівнює 50Гц;

$\omega_2$  - кількість витків вторинної обмотки;  $S$  - переріз осердя ТС,  $\text{см}^2$ ;

$$H = \frac{I_{\text{нам}} \omega_2}{l}; \quad (3.2)$$

де  $I_{\text{нам}}$  - намагнічуючий струм, А;  $l$  - середня довжина намагнічуючого шляху, см.

Користуючись вказаними формулами і типовими кривими намагнічування, можна визначити струм намагнічування  $I_{\text{нам}}$ , потім визначити вторинний струм ТС:

$$I_2 = \frac{I_1}{K_i} - I_{\text{нам}}; \quad (3.3)$$

і визначити допустимість отриманої похибки ТС.

4. *Дійсні характеристики намагнічування* (називаються також вольт-амперними), що представляють собою залежність напруги на затискачах вторинної обмотки ТС  $U_2$  від струму намагнічування  $I_{\text{нам}}$ , що протікає по цій обмотці, тобто  $U_2=f(I_{\text{нам}})$ . Користуючись діючими характеристиками намагнічування, можна також визначити  $I_{\text{нам}}$  і  $I_2$  та оцінити допустимість отриманої похибки.

Навантаження вторинної обмотки ТС. Навантаження вторинної обмотки ТС складається з послідовно ввімкнутих опорів: реле, приладів, жил контрольного кабелю, та перехідного опору в місці контактних з'єднань: де  $Z_p$ ,  $Z_{\text{пр}}$ ,  $R_{\text{каб}}$ ,  $R_{\text{пер}}$  — опори реле, приладів, кабелю, перехідних контактів

$$Z_{\text{н}}=Z_p+Z_{\text{пр}}+R_{\text{каб}}+R_{\text{пер}}; \quad (3.4)$$

відповідно.

Для спрощення розрахунків проводиться арифметичне, а не геометричне складання повних та активних опорів. Навантаження вторинної обмотки ТС залежить також від схеми їх з'єднання і виду КЗ. Тому, навантаження повинне визначатись для найбільш завантаженого ТС з врахуванням схеми з'єднання і для такого виду КЗ, при якому виходять найгірші результати. В загальному вигляді навантаження вторинної обмотки ТС визначають за формулою:

$$Z_{\text{н}}=U_2/I_2$$

Навантаження на затискачах вторинної обмотки ТС  $U_2$  дорівнює падінню напруги підключеного до неї навантаження:

$$U_2 = I_2(Z_p + R_{\text{каб}} + R_{\text{пер}}); \quad (3.5)$$

де  $I_2 = I_1/K_1$  - струм, що проходить по вторинній обмотці.

Для визначення  $Z_H$  необхідно за формулою (3.5) знайти  $U_2$  з врахуванням дійсного проходження струмів по вторинних колах при даній схемі з'єднання обмоток і розрахунковому виді КЗ.

Опори жил контрольних кабелів та проводів визначаються за формулою: де  $l$  - довжина кабелю, м;  $\nu$  - питома провідність, що дорівнює 57 Ом/м

$$R_{\text{каб}} = \frac{l}{\nu S}; \quad (3.6)$$

для міді і 34 Ом/м для алюмінію;  $S$  — переріз жил кабелю або проводу, мм<sup>2</sup>.

Опір реле і приладів визначається за їх споживанням:

$$Z_p = \frac{S_p}{I_p^2}; \quad (3.7)$$

де  $S_p$  - споживана потужність реле і приладів, ВА;  $I_p$  - струм, при якому задано споживання, А.

Розрахункові формули для найбільш розповсюджених схем з'єднання вторинних обмоток ТС і при різних видах КЗ приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

**Формули для визначення опору навантаження на затискачах вторинних обмоток ТС в залежності від схеми з'єднання ТС та реле і виду КЗ**

Схема з'єднання ТС та реле	Вид КЗ	Формули для визначення опору навантаження на зажимах вторинних обмоток
З'єднання у зірку	Трифазне та двофазне	$Z_H = R_K + Z_p + R_{неp}$
	Однофазне	$Z_H = 2R_K + Z_p + R_{неp}$
З'єднання у неповну зірку	трифазне	$Z_H = \sqrt{3}R_K + Z_p + R_{неp}$
	Двофазне АВ або ВС	$Z_H = 2R_K + Z_p + R_{неp}$
	Двофазне АС	$Z_H = R_K + Z_p + R_{неp}$
З'єднання на різницю струмів двох фаз	Трифазне	$Z_H = \sqrt{3}(2R_K + Z_p) + R_{неp}$
	Двофазне АС	$Z_H = 4R_K + 2Z_p + R_{неp}$
	Двофазне АВ або ВС	$Z_H = 2R_K + Z_p + R_{неp}$
З'єднання у трикутник	Трифазне та двофазне	$Z_H = 3(R_K + Z_p) + R_{неp}$
	Однофазне	$Z_H = 2(R_K + Z_p) + R_{неp}$
Послідовне з'єднання двох ТС однієї фази	—	$Z_H = 0,5Z_H$
Паралельне з'єднання двох ТС однієї фази	—	$Z_H = 2Z_H$

Визначення допустимого навантаження на ТС. Допустиме навантаження на ТС визначається, виходячи з наступних вимог: забезпечення точності вимірювальних органів релейного захисту при КЗ в розрахункових точках електричної мережі; запобігання відмови спрацювання захисту при найбільших значеннях струму КЗ в місці встановлення захисту внаслідок надмірного збільшення кутової похибки ТС або вібрації контактів електромеханічних реле, обумовлених викривленням форми кривої струму; обмеження напруги у вторинних ланцюгах ТС допустимими значеннями.

Розрахунковий первинний струм для перевірки ТС за умовою забезпечення необхідної чутливості. Розрахункова перевірка ТС на допустиму похибку провадиться при значеннях первинного струму, які залежать від умов

роботи захисту та від значення струму КЗ. В загальному вигляді розрахунковий первинний струм дорівнює:

$$I_{роз} = I_{1max}; \quad (3.8)$$

де- $I_{1max}$  максимальний струм, що проходить через ТС при КЗ в тих точках за мережі, що захищається, коли збільшення похибки ТС понад допустиме значення може викликати неправильну дію захисту.

Для практичних розрахунків похибок ТС приймають такі значення максимального струму  $I_{1max}$  для різних видів захисту.

Відсічки та максимальних струмових захистів з незалежною характеристикою витримки часу

$$I_{1max} = 1,1 \cdot I_{зс} \cdot \frac{K_1}{k_{сх}}; \quad (3.9)$$

де  $I_{зс}$  - вторинний струм спрацювання захисту;  $K_1$  - коефіцієнт трансформації ТС; 1,1 - коефіцієнт, що враховує можливе зменшення струму на 10% чрез похибки ТС;  $k_{сх}$  - коефіцієнт схеми.

Максимальні струмові захисти з залежною характеристикою витримки часу

$$I_{1max} = I_{kmax} \quad (3.10)$$

де  $I_{kmax}$  - максимальне значення струму КЗ, що проходить через ТС при КЗ в точках, для яких виконується узгодження даного захисту з захистами суміжних ділянок мережі.

Струмові направлені захисти та дистанційно напрямлені захисти з окремим органом напрямку потужності. Максимальний струм  $I_{1max}$  визначають за формулою [3.10] для двох випадків: при КЗ на початку лінії, яка захищається та при КЗ на шинах підстанції, від якої відходить лінія, що захищається і приймається рівним більшому значенню струму КЗ, що проходить через ТС який перевіряється у вказаних випадках.

*Дистанційні захисти.* Максимальний струм  $I_{1max}$  визначають за формулою [3.10] при КЗ в кінці першої зони захисту. Якщо схема



дистанційного захисту виконана так, що при однофазних КЗ захист виводиться з дії, то  $I_{max}$  приймається при КЗ на початку першої зони.

*Диференційні захисти.* Максимальний струм  $I_{Imax}$  визначають за формулою [3.10] при КЗ поза зоною захисту (наскрізне КЗ) в умовах, коли через ТС проходить найбільший струм.

Для нашої лінії вибираємо трансформатори на вводі 35 кВ ТЛК 35/100.

### **3.3. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР УСТАВОК СТРУМОВОЇ ВІДСІЧКИ, МСЗ ТА ЗАХИСТУ ВІД ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ**

Струм спрацювання МСЗ повинен бути більший максимального робочого струму ділянки мережі, що захищається і менший мінімального струму трифазного короткого замикання. При цих умовах будуть виключені небажані спрацювання захисту при нормальному режимі і не спрацювання його при КЗ.

$$I_{роб.мах} > I_{сп} < I_{к.з.мін}^{(3)}$$

В нашому випадку

$$I_{роб.мах} = S_{роб.мах} / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi.$$

Де  $S_{роб.мах}$  - максимальна розрахункова потужність навантаження, кВА.

$U$  - напруга мережі, кВ

$\cos\varphi$  - коефіцієнт потужності.

Згідно з нашими розрахунками приймаємо:

$$S_{роб.мах} = 1254 \text{ кВА}, \cos\varphi = 0,72.$$

В такому разі:

$$I_{роб.мах} = 1254 / \sqrt{3} \cdot 35 \cdot 0,72 = 99,4 \text{ А}$$

Мінімальний струм трифазного короткого замикання згідно розрахунків:

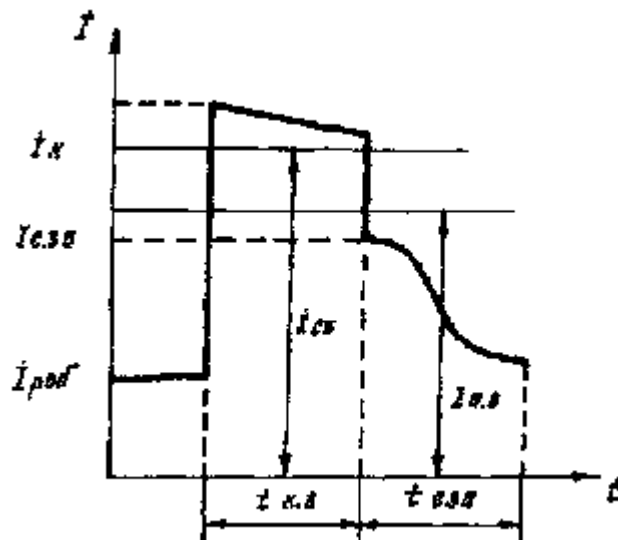
$$I_{к.з.мін}^{(3)} = 369,4 \text{ А}$$

$$99 > 100 < 369,4$$

Отже приймаємо значення струму уставки 100 А.

Струм спрацювання  $I_{сп}$  і час спрацювання  $T_{сп}$  - параметри спрацювання МСЗ. Розглянемо як буде змінюватися струм в елементі мережі при появі, а потім при зниканні КЗ.

При появі КЗ в момент часу  $T_k$  робочий струм  $I_{роб}$  підвищується до значення  $I_k$ , який протікає на протязі  $I_{кз}$  після спрацювання захисту і відключення пошкодженої ділянки струм в непошкодженій ділянці кола зменшиться до значення струму самозапуску  $I_{сп} > I_{роб}$ .



**Рисунок 3.1. Залежність сили струму в елементі мережі під час КЗ**

Це можна пояснити тим, що електродвигуни за час існування КЗ загальмовуються із-за зниження напруги і після зникнення КЗ проходить їх самозапуск, який супроводжується струмом, більшим ніж робочий. При цьому тривалість самозапуску може бути більше часу повернення і тому попередній захист не встигне повернутися в початкове положення і виникне неправильне спрацювання.

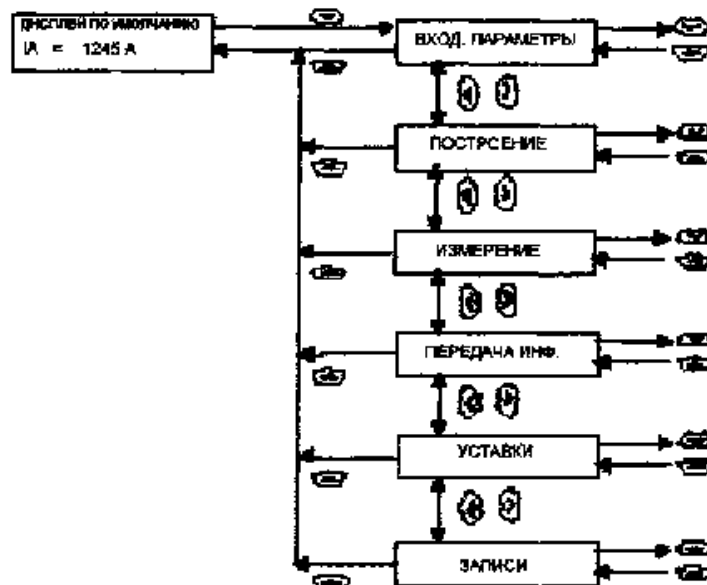
Для таких випадків в пристрої МІСОМ Р121 передбачена спеціальна функція захисту, яка називається "ПУСК-НАБРОС". Вона блокує один чи декілька ступенів МСЗ на визначений час ( $T_{сп}$ ) або, як варіант, автоматично збільшує уставки вибраних ступенів захисту. Це дозволяє при виборі уставок МСЗ орієнтуватися тільки на максимальний робочий струм та мінімальний струм КЗ, не враховуючи струм самозапуску (тобто не потрібно робити

надбавку), що значно покращує при КЗ такий параметр МСЗ, як час спрацювання.

Під час перевантаження установки температура її компонентів значно зростає, і може перевищити проектний максимум термічної стійкості, що призводить до передчасного старіння ізоляції, або в крайньому випадку, до її виходу з ладу.

Щоб запобігти цьому в пристрої MICOM P121 використовується захист від перегріву. Який заснований на моделюванні на спеціальному елементі процесу охолодження та нагріву установки. Температура цього об'єкту (по технологічним умовам його виготовлення) прямо пропорційна квадрату струму. Тобто якщо через даний об'єкт буде протікати струм більший від номінального, то буде змодульований процес перегріву і установка буде відключена. Даний захист орієнтується на найбільший струм, що протікає по різним фазам.

Вибір уставок для всіх видів захисту в пристрої MICOM P121 виконується за допомогою програмного забезпечення фірми ALSTOM через клавіатуру та дисплей. Вони знаходяться в підменю "Уставки".



**Рисунок 3.2. Будова основного меню пристрою MICOM P121.**

В пристрої MICOM P121 є можливість застосовувати дві групи уставок

("Уставки 1" і "Уставки 0"). При цьому активною буде тільки 1 група уставок, інша буде пасивною. Це потрібне для різних режимів роботи установки. Наприклад, якщо різниця між денним навантаженням і вечірнім є дуже великою, то доцільним буде використання різних груп уставок в залежності від часу доби.

### **3.4. КОМПОНУВАННЯ ТА МОНТАЖ**

Пристрої захисту, хоча й мають міцну конструкцію, потребують перевірки перед монтажем. Після отримання пристрою захисту негайно потрібно перевірити відсутність пошкоджень при транспортуванні. Якщо при транспортуванні виникло пошкодження, потрібно це довести до відома установи яка проводила транспортування та у відділ збуту компанії ALSTOM.

Пристрої захисту, які транспортуються в розібраному вигляді і не підлягають негайному запакуванню, потрібно помістити у їх захисні пластмасові упаковки.

Пристрої захисту мають в своєму складі компоненти які досить чутливі до електростатичних розрядів. Нормальні рухи людини можуть генерувати електростатичні потенціали в декілька тисяч вольт. Розряд цих потенціалів на напівпровідникові пристрої може привести до пошкоджень цих пристроїв, які зразу можуть і не проявитися, але згодом можуть призвести до зниження їх надійності.

Захисти постачаються, як окремо, так і в складі комплекту панелі. В процесі монтажу на панелі модулі захисту повинні бути захищені своїми металевими корпусами. Переносити захисти дозволяється тільки кваліфікованому персоналу.

Якщо монтаж захисту не планується відразу після отримання, то їх потрібно зберігати у місці захищеному від пилу та вологи в своїй упаковці.

*Пристрій MICOM P121.*

Пристрій MICOM P121 має металевий корпус 4U для встановлення на панелі та вбудованого монтажу.

Маса пристрою змінюється в залежності від компонентів які передбачені вимогами до захисту на даному об'єкті, що захищається: від 1,7 кг при мінімальній комплектації до 2,1 кг при максимальній.

Після монтажу пристрою на панелі потрібно провести підключення електричної частини (підключення живлення, трансформаторів струму та напруги, проміжних реле, каналів передачі інформації і т.д.). для цього на задній панелі пристрою є клемна колодка. Підключення проводиться згідно схеми підключення з дотриманням вимог правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та правил техніки безпеки (ПТБ).

### **3.5. ОСОБЛИВОСТІ НАЛАДКИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Пристрій МІСОМ Р121 є повністю цифровим і постійно сам себе тестує. Тому несправність апаратної частини чи програмного забезпечення визначається миттєво і подається сигнал несправності. Так як внутрішні пошкодження виявляються, в залежності від їх типу (незначні та серйозні), сигнальне оповіщення висвічується на ЖДК, оскільки воно володіє найвищим пріоритетом. Це відбувається перед загоранням світлодіода (постійно світиться чи мигає) і замикання реле контролю несправності (якщо пошкодження серйозне).

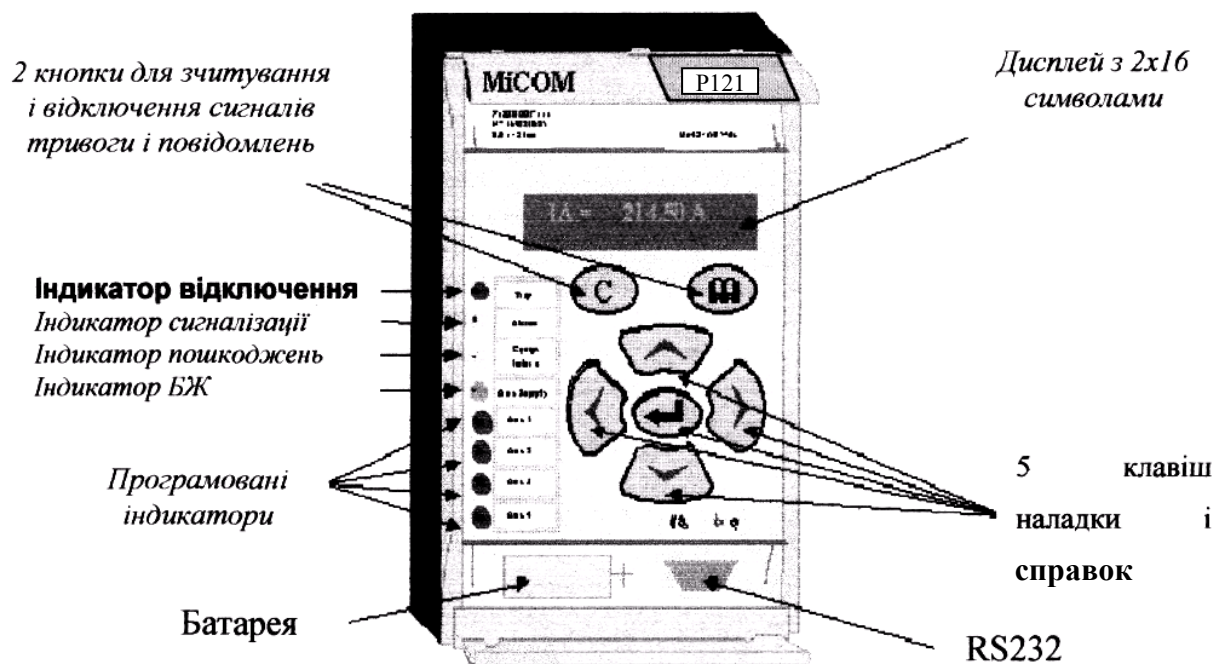
Пошкодження обладнання (незначне чи серйозне) не може бути підтвердженим із лицьової панелі (використовуючи клавішу на клавіатурі). Тільки після того як не стане причини підтвердиться пошкодження, а значить скинеться світлодіод пошкодження.

Як було сказано вище реле МІСОМ Р121, є повністю цифровим і виконує всі функції захисту, що закладені в програмному забезпеченні. Воно має високу ступінь самоуправління і при незначних пошкодженнях дасть сигнал тривоги. В результаті цього, налагоджувальні випробування не повинні бути такими ж громіздкими як із не цифровими реле (статичними або електромеханічними). Наладка реле МІСОМ Р121 полягає в наступному:

- перевірки правильного функціонування апаратних засобів;
- перевірки правильного встановлення програмного забезпечення для конкретного об'єкта.

Це виключає необхідність перевірки кожної функції реле, якщо уставки були перевірені одним із наступних методів:

- добування уставок закладених у реле за допомогою відповідного програмного забезпечення (привелегійований метод);
- добування уставок закладених у реле через інтерфейс користувача на лицьовій панелі.



**Рисунок. 3.3. Лицьова панель MICOMP121.**

Лицьова панель дає змогу користувачу перемішуватися по меню для доступу до даних, змінювати уставки, перевіряти роботу самого пристрою. Через порт RS232, що знаходиться під нижньою кришкою лицьової панелі можна провести наладку пристрою, або контролювати його роботу за допомогою простого персонального комп'ютера та спеціалізованого програмного

забезпечення, яким по замовленню може бути укомплектований пристрій MICOM P121.

Також при наладці та експлуатації для управління пристроєм використовується порт RS485, який розміщений на задній стінці.

Якщо під час наладки або експлуатації виникають сумніви, щодо працездатності пристрою, хоча візуально це не визначається (шляхом перевірки параметрів закладеної програми), то потрібно провести випробування.

Бланк налагодочних випробувань є у комплекті програмного забезпечення.

Якщо при випробуваннях використовується переносний ПК разом з встановленим програмним забезпеченням ALSTOM (типу SS07), то одночасно може бути виведена сторінка меню, яка показує дані й текст. Програмне забезпечення ALSTOM дозволяє легко ввести уставки, зберегти їх у файл на жорсткому диску або на дискеті для подальшого використання чи для друку записаних уставок.

Усі налагоджувальні випробування реле MICOM P121 виконуються за допомогою подачі струмів на вторинні ТС нульової послідовності і (або) фазні ТС, із використанням відповідного набору випробувань, що передбачені для цієї цілі.

Персонал, що виконує наладку системи, повинен чітко знати правила проведення робіт для забезпечення відповідної безпеки праці.

Якщо установка електрично не ізолювана, то на затискачах пристрою в період установки, запуску та експлуатації, може виникати небезпечна напруга.

Для забезпечення відповідної безпеки, підключення затискачів струму та напруги повинно бути виконане з використанням ізолюваного блоку затискачів.

Перед подачею напруги установка повинна бути заземлена, через затискач захисного заземлення або відповідного роз'єму живлення.

Рекомендований мінімальний переріз заземлюючого проводу -  $2,5 \text{ мм}^2$ , якщо в розділі технічних даних в документації не було інших вказівок.

Перед подачею живлення необхідно перевірити:

- величину та полярність струму

- величину струму ТС і цілісність з'єднань
- номінал захисних запобіжників (якщо вони застосовуються)
- цілісність заземлювача[5]



## **4 . ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

### **4.1 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК І ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ РОЗРОБЛЯЮЧОГО ОБ'ЄКТУ.**

#### **4.1.1. ПРИЗНАЧЕННЯ І ПАРАМЕТРИ РОБОТИ РОЗРОБЛЯЮЧОГО ОБ'ЄКТУ.**

Так як темою моєї кваліфікаційної роботи магістра є «Автоматизована система підвищення надійності роботи ліній електропередач вище 10 кВ» тому для системи я вибрав захист максимального струму MiCOM серії P121.

Захист максимального струму MiCOM серії P121 - це універсальний струмовий захист фірми АЛЬСТОМ. Захист MiCOM серії P121 спроектований для керування, захисту і контролю промислових установок, розподільчих мереж, підстанцій і для резервного захисту мереж електропередач високої і надвисокої напруги.

Серія захистів MiCOM є продовженням позитивного досвіду створення серій захистів MIDOS, K і MODN, шляхом доповнення їхніми новинками в цифровій техніці. Пристрій серії MiCOM P121 цілком сумісний і використовують той же модульний принцип. Серія захисту MiCOM забезпечує кращий захист для найбільш вимогливих застосувань.

Реле має цілий ряд функцій керування і збору даних. Це може створити частину цілком об'єднаної системи захисту, керування, засобів вимірів, збору даних і реєстрації аварій, подій і ушкоджень. Передня панель захистів постачена дисплеєм на рідких кристалах (РКД) із двома рядками по 16 буквено-цифрових символів в кожній, із заднім підсвічуванням, клавіатурою, що складається з 7 клавіш (для забезпечення доступу до всіх параметрів, сигналів і вимірам) і 8 світлодіоди просто відбивають стан захисту MiCOM P121. Крім цього, використання порту зв'язку RS485 дає можливість зчитувати, встановлювати у вихідне положення і змінювати уставки реле при необхідності від місцевого чи віддаленого персонального комп'ютера, з відповідним

програмним забезпеченням.

Ця маневреність у використанні, знижені вимоги по технічному обслуговуванню і простота збірки дозволяє пристрою серії MiCOM P121 здійснювати рішення проблем захисту електричних мереж.

Захист MiCOM P121 здійснює повний захист від міжфазних коротких замикань і замикань на землю побутових мереж, промислових підприємств і додатково мереж іншого застосування, де потрібно захист максимального струму. Захист від замикань на землю має підвищену чутливість у мережах з малими струмами замикання на землю.

## **4.1.2 ПИТАННЯ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ**

### **4.1.2.1. ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНІ І ШКІДЛИВІ ВИРОБНИЧІ ФАКТОРИ.**

Керування всією системою захисту повітряних ліній буде вести оператор. Вся інформація, що надходить, обробляється пристроєм P121 і зберігається в його пам'яті. Оператор може контролювати роботу системи зчитуючи дані з дисплея.

Наявний у даний час у нашій країні комплекс розроблених організаційних заходів і технічних засобів захисту, накопичений передовий досвід роботи ряду контрольно вимірювальних і захисних центрів повітряних ліній показує, що мається можливість домогтися значно великих успіхів у справі усунення впливу на працюючих небезпечного і шкідливого виробничого факторів. Однак стан умов праці і його безпеки в ряді контрольно вимірювальних і захисних центрів повітряних ліній ще не задовольняють сучасним вимогам. Оператори ще зіштовхуються з впливом таких фізично небезпечних і шкідливих виробничих факторів, як підвищений рівень шуму, підвищена температура зовнішнього середовища, чи відсутність недостатня освітленість робочої зони, електричний струм, статична електрика й інші.

Багато співробітників контрольно вимірювальних і захисних центрів зв'язані з впливом таких психофізичних факторів, як розумова перенапруга,

перенапруга зорових і слухових аналізаторів, емоційні перевантаження. Вплив зазначених несприятливих факторів приводить до зниження працездатності, викликаний стомленням, що розвивається. Поява і розвиток стомлення зв'язаний зі змінами, що виникають під час роботи в центральній нервовій системі, з гальмовими процесами в корі головного мозку. Наприклад сильний шум викликає труднощі з розпізнанням кольірних сигналів, знижує швидкість сприйняття кольору, гостроту зору, зорову адаптацію, порушує сприйняття візуальної інформації, зменшує на 5-12% продуктивність праці. Тривалий вплив шуму з рівнем звукового тиску 90 дБ знижує продуктивність праці на 30-60 %.

На підстанції, що проектується, також мають місце такі види небезпеки, які є загрозою для здоров'я та життя обслуговуючого персоналу:

- ураження електричним струмом;
- травмування рук та інших частин тіла під час роботи з приводами комутаційних апаратів;

- небезпека, що виникає при роботі з трансформаторним маслом. Основним засобом захисту від ураження електричним струмом являється хороша ізоляція струмоведучих частин електроустановки, а також встановлення кожухів та огорож неізольованих струмоведучих частин. Поряд з цим передбачене використання електрозахисних засобів та спецодягу.

До потенційно-небезпечних частин електроустановок відносяться неструмоведучі частини, на яких може з'явитися напруга внаслідок пошкодження ізоляції.

Ці частини електроустановок підлягають захисному заземленню та зануленню в мережах напругою до 1000 В із заземленою нейтраллю.

Потенційно небезпечними є:

- рами і приводи вимикачів та інших комутаційних апаратів;
- металеві конструкції розподільчих пристроїв, рукава і труби електропроводки, кожухи і опорні рами шинопроводів, лотки, струни, троси і сталеві стрічки, на яких закріплені кабелі і проводи, а також інші металеві рами, на яких встановлюється електрообладнання;

- металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів;
- рами розподільчих щитів, щитів керування і шаф, а також з'ємні або відкриваючі- частини, якщо на останніх встановлено електрообладнання напругою більше 110В постійного струму.
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів, окрім трансформаторів струму, що живлять лічильники електроенергії розраховані на напругу 380/220В.

Ураження електричним струмом на території підстанції може статися при: двофазному дотику до неізолюваних частин електроустановок (шини, лінії електропередачі), однофазному дотику неізолюваної від землі людини до неізолюваних струмоведучих частин; наближенні на небезпечну відстань до струмоведучих частин (корпусу силового трансформатору); дотику до струмоведучих частин електроустановок, що виявилися під напругою внаслідок замикання на корпус; потраплення під крокову напругу в зоні розтікання струму; звільненні людини, що знаходиться під напругою. Таким чином потенційно небезпечною зоною ураження електричним струмом є вся територія підстанції, територія поблизу проходження повітряних ліній та електроприлади в приміщенні обслуговуючого персоналу.

Тривале перебування людини в зоні комбінованого впливу різних несприятливих факторів може привести до професійного захворювання. Аналіз травматизму серед працівників підстанцій показує, що в основному нещасливі випадки походять від впливу електричного струму.

#### **4.1.2.2. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ РОЗРОБЛЯЮЧОГО ОБ'ЄКТУ**

Електричні установки, до яких відноситься практично все устаткування ЕОМ, підстанції, а також цифрові реле, представляють для людини велику потенційну небезпеку, тому що в процесі чи експлуатації, проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під

напругою. Специфічна небезпека електроустановок: струмоведучі провідники, корпуси ЕОМ і іншого устаткування, який опинився під напругою в результаті ушкодження (пробою) ізоляції, не подають яких-небудь сигналів, що попереджають людини про небезпеку. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останнього через тіло людини. Винятково важливе значення для запобігання електротравматизму має правильна організація обслуговування діючих електроустановок, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт. При цьому під правильною організацією розуміється строге виконання ряду організаційних і технічних заходів і засобів, установлених діючими “Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів” (ПТЕ і ПТБ споживачів) і “Правила установки електроустановок” (ПУЕ). У залежності від категорії приміщення необхідно прийняти визначені міри, що забезпечують достатню електробезпечність при експлуатації і ремонті електроустаткування. Так, у приміщеннях з підвищеною небезпекою електроінструменти, переносні світильники повинні бути виконані з подвійною чи ізоляцією їхня напруга харчування не повинне перевищувати 42В. В особливо небезпечних же приміщеннях напруга живлення переносних світильників не повинне перевищувати 12В, а робота з напругою не вище 42В дозволяється тільки з застосуванням (діелектричних рукавиць, ковриків і т.п.). Роботи без зняття напруги на струмоведучих частинах і поблизу їх, роботи проведені безпосередньо на цих чи частинах при наближенні до них на відстань менш установленого ПУЕ. До цих робіт можна віднести роботи з налагодження окремих вузлів, блоків. При виконанні такого роду робіт в електроустановках до 1000 В необхідно застосування визначених технічних і організаційних мір, таких як:

огородження, розташовані поблизу робітника місця й інших струмоведучих частин, до яких можливо випадковий дотик;

робота в діелектричних рукавицях, чи стоячи на діелектричному коврику;

застосування інструмента з ізолюючими рукоятками, при відсутності такого інструмента варто користатися діелектричними рукавичками.

Роботи цього виду повинні виконуватися не менш чим двома працівниками.

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

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

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

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

Розрядні струми статичної електрики найчастіше виникають при дотику до кожного з елементів ЕОМ. Такі розряди небезпеки для людини не представляють, але крім неприємних відчуттів вони можуть привести до виходу з ладу ЕОМ. Для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики покриття технологічних підлог варто виконувати з одношарового полівінілхлоридного антистатичного ліноліуму. Іншим методом захисту є нейтралізація заряду статичної електрики іонізованим газом. У промисловості широко застосовуються радіоактивні нейтралізатори. До загальних мір захисту від статичної електрики можна віднести загальні і місцеве зволоження повітря.

#### **4.1.2.3. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ПРИСТРОЄМ P121**

При експлуатації й випробуваннях пристроїв MICOM P121 необхідно керуватися “Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок, електричних станцій і підстанцій і правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів”.

Монтаж, обслуговування й експлуатацію пристроїв дозволяється робити персоналу, що пройшов спеціальну підготовку.

Виїмку блоків із пристроїв і їхню установку, а також роботи на клемниках варто робити при знеструмленому стані пристрою.

Експлуатація й обслуговування пристроїв повинні вироблятися відповідно до «Правил технічної експлуатації електричних станцій і мереж» і технічним описом і інструкцією з експлуатації на пристрій при значеннях кліматичних факторів, зазначених у дійсному технічному описі. Можливість роботи пристрою в умовах, відмінних від зазначених, повинна узгоджуватися з підприємством-власником оригіналів конструкторської документації і з підприємством-виготовлювачем.

При експлуатації пристрою рекомендується не рідше одного разу в три-п'ять років робити огляд, і при необхідності, перевірку основних параметрів. Перевірку взаємодії вимірювальних блоків і логічних кіл (тестова перевірка) рекомендується робити з дією на вихідні реле, сполучаючи перевірку з відключенням приєднання.

Рекомендується періодично порівнювати показання струмів у вимірювальному блоці з іншими приладами, побічно оцінюючи працездатність вимірювальної частини пристрою.


Контроль опору ізоляції пристрою повинний проводитися в холодному стані.

Перевірка електричної міцності ізоляції випробувальною напругою (не більш 1600В) повинна проводитися в холодному стані при закорочених затискачах, що відносяться до кожного електрично-незалежного кола. Проводиться перевірка міцності ізоляції різних незалежних груп кіл щодо корпусу (заземлюючого гвинта) і між собою.

Перевірка уставок спрацювання і коефіцієнтів повернення вимірювальних органів МСЗ пристрою повинна проводитися при плавній зміні струму на входах пристрою. Як показчик спрацювання повинні використовуватися цифри дисплея, що загоряються при цьому, на лицьовій панелі вимірювального блоку, чи контакти вихідних реле пристрою. [9]

## 4.2. РОЗРАХУНОК ЗАЗЕМЛЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Розраховуємо заземлення трансформаторної підстанції.

Якщо трансформаторна підстанція напругою 35/10 кВ. Загальна довжина зв'язаних ліній 35 кВ – 93 км. Від розподільного пристрою 10 кВ підстанції відходять три повітряні лінії 44; 53; 38 км., і одна кабельна завдовжки 16 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 72 Ом м.

*Рішення:*

Загальна довжина електрично зв'язаних повітряних ліній 10 кВ:

$$l_{\text{воз}} = 44 + 53 + 38 = 135 \text{ км.}$$

Струм замикання на землю на стороні 10 кВ:

$$I_3 = \frac{U_n \cdot (5 \cdot l_K + l_{\text{воз}})}{350} = \frac{10 \cdot (35 \cdot 16 + 135)}{350} = 19,8 \text{ А}$$

на стороні 35 кВ:

$$I_3 = \frac{U_n \cdot (5 \cdot l_K + l_{\text{воз}})}{350} = \frac{35 \cdot 93}{350} = 9,3 \text{ А}$$

Приймаємо для розрахунку  $I_3 = 19,8 \text{ А}$ .

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

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3} = \frac{125}{19,8} = 6,3 \text{ Ом}$$

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 виконано 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):

$$r_{рас} = c \cdot k_c \cdot k_1 = 72 \cdot 1,45 \cdot 1,15 = 120,06 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

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

$$R_{\epsilon} = 0,366 \frac{\rho_{рас}}{l_{\epsilon}} \left( \lg \frac{2,1l_{\epsilon}}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h_{сер} + l_{\epsilon}}{4h_{сер} - l_{\epsilon}} \right),$$

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

$l_{\epsilon}$  – довжина вертикального куточка,  $l_{\epsilon} = 2,5$  м;

$d$  – ширина смуги,  $d = 0,05$  м;

$$R_{\epsilon} = 0,366 \frac{120,06}{2,5} \left( \lg \frac{2,1 \cdot 2,5}{0,05} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1,95 + 2,5}{4 \cdot 1,95 - 2,5} \right) = 39 \text{ Ом}$$

Розрахунковий опір смуги, яка сполучає вертикальні заземлители:

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

де  $\rho_{рас}$  – 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):  $\rho_{рас} = c \cdot k_c \cdot k_1 = 72 \cdot 3,0 \cdot 1,6 = 345,6 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;

$l_2$  – довжина горизонтальної смуги:  $l_2 = 66$  м;

$d$  – ширина смуги:  $b = 0,04$  м;

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

$$h = 0,7 + \frac{d}{2}$$

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

$$R_2 = 0,366 \frac{345,6}{66} \lg \frac{2 \cdot 66^2}{0,04 \cdot 0,72} = 10,48 \text{ Ом}$$

Теоретична кількість вертикальних заземлителів:

$$n_m = \frac{R_B}{R_3} = \frac{39}{4} \cong 10$$

Відстань між заземлителями:

$$a = \frac{l}{n_m} = \frac{66}{10} = 6,6 \text{ м}$$

При  $n=10$  і  $a/l=6,6/2,5=2,64$  знаходимо коефіцієнт використання для вертикальних заземлителів  $зв=0,76$  (9, с.106, таблиця. 3.2) і для горизонтальних  $зг=0,56$  (9, с.107, таблиця. 3.3) і визначаємо відповідній дійсності число вертикальних заземлителів:

$$n_d = \frac{R_B \cdot \eta_2}{\eta_6} = \left( \frac{1}{R_3 \cdot \eta_2} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{39 \cdot 0,56}{0,76} \left( \frac{1}{4 \cdot 0,56} - \frac{1}{10,48} \right) = 11,15$$

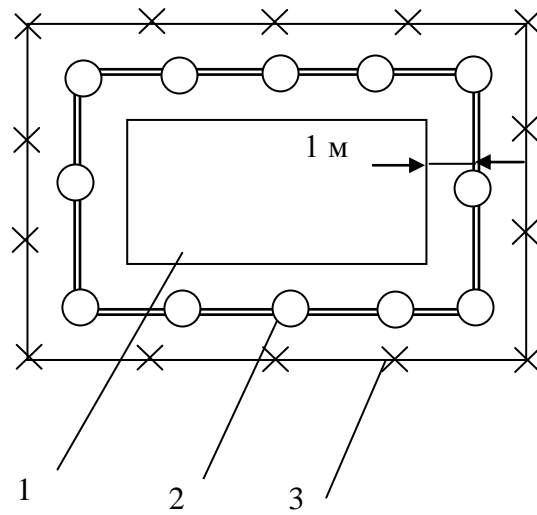
Приймаємо до монтажу 12 заземлителів і виконуємо перевірочний розрахунок

$$\text{При } n=12 \quad a = \frac{66}{12} = 5,5 \text{ м} \quad a/l=5,5/2,5=2,2 \quad \text{і } зв=0,71 \quad (9, \text{ с.106, таблиця.}$$

3.2);  $зг=0,45$  (9, с.107, таблиця. 3.3).

Розрахунковий опір заземляючого пристрою:

$$R_{рас} = \frac{R_6 \cdot R_2}{R_2 \cdot n \cdot \eta_6 + R_6 \cdot \eta_2} = \frac{39 \cdot 10,48}{10,48 \cdot 12 \cdot 0,71 + 39 \cdot 0,45} = 3,83 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом}$$



Малюнок 4.1. План заземляючого пристрою:

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

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1. МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА.

Матеріально-технічне забезпечення підприємства — це таке управління і забезпечення матеріалами, ресурсами, напівфабрикатами, яке забезпечує безперебійний виробничий процес і високе використання виробничої потужності при мінімумі оборотних фондів і капіталу, що авансується.

Існуюча система матеріально-технічного забезпечення підприємства містить такі форми:

1. Система індивідуальних господарських прямих зв'язків.
2. Придбання ресурсів в порядку оптової торгівлі.
3. Закупівля ресурсів на товарних біржах.
4. Придбання ресурсів на ярмарках, виставках-продажах, аукціонах.
5. Оренда устаткування (лізинг).
6. Використання вторинного ринку засобів виробництва для закупки ресурсів.
7. Бартерні угоди.

Деякі коментарі з приводу перерахованих форм.

*Оптова торгівля* формує збутову сферу, що включає спеціалізовані торгові підприємства, а також філії і відділи промислових фірм. Ця сфера є сполучною ланкою між виробниками і широкою мережею роздрібною торгівлі. У функції даного комплексу входять закупівля крупними партіями ресурсів, зберігання товарів, постачання дрібними партіями у міру надходження заявок споживача, доставка товарів споживачам, сортування, стандартизація, розфасовка і інші види діяльності.

З розвитком ринкової інфраструктури з'явилася можливість забезпечення підприємств матеріально-технічними ресурсами шляхом придбання їх на *товарних ринках*.

Закупівля ресурсів можлива також на *ярмарках, виставках-продажах, аукціонах* і в промислових центрах всіх країн.

Використання *лізингу* як оренду устаткування дає певні переваги, оскільки при цій формі забезпечення матеріально-технічними ресурсами підприємства, яке прагне (або тільки створюється) до перебудови виробництва на базі сучасної технології і випуску продукції, відповідної строгим вимогам міжнародного ринку, не вимагається первинного виділення крупних фінансових коштів в іноземній валюті. Всі витрати на першому етапі оплачує лізингова компанія.

Одним з можливих варіантів придбання ресурсів є також укладання бартерних угод. *Бартерна угода - це безвалютний, але оцінений і збалансований обмін товарами, оформлений єдиним договором (контрактом).* Оцінка товарів проводиться з метою створення для еквівалентного обміну, а також митного обліку, визначення страхових сум, оцінки претензій, нарахування санкцій. Умовою еквівалентності товарообігу є обмін товарів по договірних цінах, в основі яких закладені світові ціни. Розраховуються по взаємних претензіях (штрафи, зниження ціни) при бартерних операціях зазвичай додатковими постачаннями або зменшенням постачань товарів. Останнім часом кількість бартерних операцій значно знизилася, але проте вони мають місце.

Одним з найважливіших завдань матеріально-технічного снабження є визначення оптимальної потреби в средствах, тобто підтримка товарно-матеріальних запасів на такому рівні, який дозволяє при мінімумі витрат забезпечити бесперебойное виконання виробничої програми. [14]

## 5.2. АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО ЯК ФОРМА ПРИВАТИЗАЦІЇ.

*Акціонерним товариством* називається товариство, статутний фонд якого роздільний на паї у вигляді акцій рівної номінальної вартості і яке відповідає по своїх зобов'язаннях тільки майном даного суспільства. Акціонери відповідають по зобов'язаннях суспільства тільки в межах акцій, що є у них. Акціонерні товариства бувають двох видів: відкриті (акції суспільства розповсюджуються шляхом відкритої підписки і купівлі-продажу на біржах) і закриті (акції розподіляються між засновниками суспільства і не можуть розповсюджуватися шляхом підписки, купуватися і продаватися на біржі).

*Учасники акціонерного товариства, які створили уставний фонд, формують органи управління, колективно розподіляють щорічний прибуток суспільства і ліквідаційну прибуток у разі продажу суспільства.*

Акції можуть продаватися, надаватися в заставу і тому подібне без згоди решти акціонерів. Акціонери можуть купувати, продавати або передавати третім особам свої акції. Розмір статутного фонду акціонерного товариства має бути не нижче за суму, еквівалентну 1250 мінімальним заробітним платам. В той же час для інших господарських суспільств згідно Закону України «Про господарські суспільства» ця сума має бути не нижче за суму, еквівалентної 625 мінімальним заробітним платам.

Акціонерним визнається господарське товариство - об'єднання капіталів, статутний капітал якого роздільний на певну кількість однакових долей, а кожна з них виражена цінним папером акцією. Тому акції одного випуску повинні мати однакову номінальну вартість. Володарі акцій - акціонери - не відповідають по зобов'язаннях суспільства, а несуть лише ризик збитків - втрати вартості акцій, що належать ним.

По вказаних ознаках акціонерні суспільства вельми близькі до суспільств з обмеженою відповідальністю, хоча насправді між ними є ряд істотних відмінностей. Перш за все, в акціонерному суспільстві інша організація статутного капіталу - тут в наявності повна рівність долей і їх обов'язкове

оформлення акціями (закон навіть говорить про ділення статутного капіталу акціонерного суспільства саме на акції, а не на долі). Наявність таких цінних паперів принципова особливість акціонерної форми підприємництва, бо тільки акціонерному суспільству дозволено випускати акції.

Оформлення прав акціонера акціями (цінними паперами) означає, що і здійснення, і передача цих прав іншим особам можливі тільки за допомогою акцій або шляхом їх передачі. Тому при виході з акціонерного суспільства його учасник не може зажадати від самого суспільства ніяких виплат або видач, що належать на його частку. Адже здійснити цей вихід можна лише одним способом - продавши, поступившись або іншим чином передавши свої акції (або акцію) іншій особі. Отже, акціонерне суспільство на відміну від суспільства з обмеженою відповідальністю гарантоване від зменшення свого майна при виході з нього учасників.

Інші відмінності цих суспільств пов'язані з складнішою структурою управління в акціонерному суспільстві, наявністю тут розвиненого спеціального законодавства з переважанням в нім норм імперативного характеру. Ці відмінності викликані спробами запобігти зловживанням, великі можливості для яких надає ця організаційно-правова форма підприємництва. Річ у тому, що керівники такого суспільства за наявності величезного числа дрібних акціонерів, як правило некомпетентних в підприємницькій діяльності і зацікавлених тільки в отриманні дивідендів, набувають, по суті, безконтрольні можливості використання капіталу суспільства. Цим пояснюється поява правил про публічне ведення справ акціонерного суспільства, про необхідність формування в нім контрольного органу акціонерів, що постійно діє, - наглядової ради і ін.

Необхідно мати на увазі, що акціонерне суспільство як форма об'єднання капіталів розрахована на крупне підприємство і зазвичай не використовується дрібними компаніями. Тому акціонерне суспільство не лімітується по кількості учасників. Навпаки, форма суспільства з обмеженою

відповідальністю розрахована на порівняно невелику кількість учасників, межа якої спеціально визначається законом.

В ході приватизації акціонерна форма організації підприємництва була використана в цілях, прямо протилежних тим, для яких вона створювалася, а саме "роздачі" (розподіли), а не для концентрації капіталу. До того ж законодавство про приватизацію оголосило її єдиною організаційно-правовою формою цього процесу. В результаті стали необхідними зміни цій конструкції і створення тут особливих видів акціонерних суспільств. Їх правовий статус відповідатиме статусу звичайних акціонерних суспільств лише після закінчення процесу приватизації, точний момент якого має бути прямо встановлений законом.

Акція визнається цінним папером, причому у відповідності с п. 46 Положень про акціонерні суспільства, що діє в частині, що не суперечить правилам ГК, до ухвалення спеціального закону акції акціонерних суспільств можуть бути тільки іменними. Іменні акції нерідко не випускаються на паперових носіях, тобто у вигляді окремого документа, а "емітуються" у вигляді записів в пам'яті ЕОМ на спеціальних "рахівницях". Такого роду "безпаперові" ("бездокументні") "акції" насправді не є цінними паперами, а є особливим способом фіксації прав акціонера. Зрозуміло, з приводу такого роду об'єктів ("записів") складаються не речові, а зобов'язальні стосунки, бо "власник" вказаного запису не володіє ні правом власності, ні яким-небудь іншим речовим правом на запис. Відповідно цьому для здійснення або передачі своїх прав такий "акціонер" використовує не цінний папір, а "запис", що засвідчує його права по відношенню до суспільства.

Паралельно з цим способом фіксації прав акціонерів зазвичай використовується і інший - ведення реєстру акціонерів в спеціальних книгах і видача акціонеріві виписки з такого реєстру. Тут також мова не йде про цінні папери. На жаль, такий спосіб фіксації прав акціонерів не вільний від можливості зловживань, пов'язаних з тим, що ведення реєстру у ряді випадків не супроводилося емісією акцій не тільки в "паперовій", але і в "безпаперовій"



формі. Права акціонера може також засвідчувати і сертифікат акцій, що має властивості цінного паперу.

Слід підкреслити, що всі ці особливі способи фіксації прав акціонерів допустимі тільки для іменних акцій і виключаються для акцій пред'явницьких. Можна вважати, що наш ринок цінних паперів, що формується, не втратив потреби в пред'явницьких акціях, які можуть існувати тільки в традиційній паперовій формі.

Акціонерні товариства розділяються на відкритих і закритих. Кодекс відмовився від абсурдного за своєю суттю ототожнення закритого акціонерного суспільства з суспільством з обмеженою відповідальністю, що закріплювався раніше діючим Законом про підприємства і підприємницьку діяльність. Закрите акціонерне суспільство - різновид акціонерних суспільств, а не суспільств з обмеженою відповідальністю.

Відкрите акціонерне товариство розподіляє свої акції серед невизначеного кола осіб і тому тільки воно має право проводити відкриту підписку на свої акції і їх вільний продаж. Його акціонери вільно відчужують акції, що належать ним, що робить склад учасників такого суспільства змінним і таким, що не лімітується. На відміну від цього закрите акціонерне суспільство розподіляє свої акції тільки між засновниками або іншим заздалегідь визначеним докола осіб, тобто характеризується постійним складом учасників. Тому воно позбавлене права проводити відкриту підписку на свої акції або пропонувати їх для придбання іншим особам будь-яким іншим чином. Учасники такого суспільства користуються правом переважної покупки акцій, що продаються іншими акціонерами, що покликане зберегти заздалегідь обмежений їх склад. Тому кількість учасників закритого акціонерного суспільства не повинна перевищувати граничної величини, яка буде встановлена законом про акціонерні суспільства. Право переважної покупки акцій, що є у учасників закритого акціонерного суспільства, як і всяке інше таке ж право, розповсюджується тільки на випадки продажу (або міни) акцій, але не на випадки іншого їх відчуження. [14]

### **5.3 РОЗРАХУНОК ПОВНОЇ СОБІВАРТОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ВИЩЕ 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 (автоматизованої системи підвищення надійності роботи ліній електропередач вище 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.

#### *5.3.1 Матеріали і комплектуючі вироби.*

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

## Матеріали і комплектуючі вироби

Найменування	Кількість	Вартість, грн.
Пристрій МІСОМ 121	1	20000
Провідники	11 м	1100
Сумарна вартість купувальних виробів (Сп)		21100

5.3.2 Витрати на основну заробітну плату ( $Z_0$ ):

$$Z_0 = T \cdot Ч \cdot К \cdot А = 8 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 2 = 800 \text{ грн}, \quad (5.1)$$

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;

$К$  - коефіцієнт трудової участі (розрядності);

$А$  - кількість працівників задіяних у виробництві.

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

$$Z_d = Z_0 \cdot \frac{K_d}{100} = 800 \cdot \frac{20}{100} = 160 \text{ грн}, \quad (5.2)$$

де  $K_d$  - відсоток додаткової заробітної плати.

5.3.4 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%)

$$H_{см} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{36,9}{100} = (800 + 160) \cdot \frac{36,9}{100} = 354,24 \text{ грн} \quad (5.3)$$

5.3.5 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування:

Якщо устаткування знаходиться на балансі підприємства.

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

$$Z_{уЕ} = Z_o \cdot 150\% = 800 \cdot 150\% = 1200 \text{ ГРН} \quad (5.4)$$

5.3.6 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?250% від основної зарплати.

$$Z_{общ} = z_o \cdot 250\% = 800 \cdot 250\% = 2000 \text{ грн} \quad (5.5)$$

5.3.7 Виробнича собівартість продукту.

$$P_c = c_n + Z_o + Z_d + H_{см} + Z_{уЕ} + Z_{общ} = 21100 + 800 + 160 + 354,24 + 1200 + 2000 = 25614,24 \text{ грн} \quad (5.6)$$

### 5.3.8 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.

$$Z_A = Z_O \cdot 200\% = 800 \cdot 200\% = 1600 \text{ ГРН} \quad (5.7)$$

### 5.3.9 Витрати на збут.

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

$$Z_c = n_c \cdot 10\% = 25614,24 \cdot 10\% = 2561,42 \text{ грн} \quad (5.8)$$

### 5.3.10 Повна собівартість продукту.

$$C = n_c + z_a + z_c = 25614,24 + 1600 + 2561,42 = 29775,66 \text{ грн} \quad (5.9)$$

5.3.11 Калькуляція собівартості продукту зводиться в таблицю

Таблиця 5.2

Калькуляція собівартості автоматизованої системи підвищення надійності роботи ліній електропередач вище 10 кВ

<b>Найменування статей калькуляції</b>	<b>Величина, грн</b>
Матеріали і комплектуючі вироби.	21100
Основна заробітна плата	800
Додаткова заробітна плата	160
Відрахування на соціальні заходи	354,24
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	1200
Загальновиробничі витрати	2000
Адміністративні витрати	1600
Витрати на збут	2561,42
<b>Повна собівартість продукту</b>	<b>29775,66</b>

**5.4. РОЗРАХУНОК ЦІНИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ВИЩЕ 10 КВ**

У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: с/с плюс прибуток, забезпечення фіксованого об'єму прибули, залежно від рівня попиту [ 14].

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

$$Ц_{opt} = З + П \quad (5.10)$$

де З - собівартість програмного продукту

П - величина прибули.

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

$$R = \frac{П}{С} \cdot 100\%, \quad (5.11)$$

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

Тоді оптова ціна програмного продукту визначається:

$$Ц_{opt} = С + \frac{R \cdot С}{100} = 29775,66 + \frac{35\% \cdot 29775,66}{100} = 40197,14 \text{ грн}, \quad (5.12)$$

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.

$$Ц_{розн} = Ц_{opt} \cdot 1,2 = 40197,14 \cdot 1,2 = 48236,57 \text{ грн} \quad (5.13)$$

де 20% ПДВ

Вивід. При визначенні повної собівартості автоматизованої системи підвищення надійності роботи ліній електропередач вище 10 кВ ми визначили, що вона рівна 29775,66 грн.

## ВИСНОВКИ

В результаті проведеної роботи можна зробити такі висновки.

Пристрій МІСОМ Р121 є останнім поколінням мікропроцесорних пристроїв захисту та керування. Він має широкий набір функцій (МСЗ, СВ, АПВ, ЗНЗ, тепловий захист від перевантажень, датчик початкового навантаження, захист мінімального струму і оберненої послідовності), які забезпечують надійний захист повітряної лінії, що захищається.

Узгодження з іншими пристроями спрощується за рахунок гнучких функцій автоматики. Дві групи уставок адаптують складний захист до управління схемами. Є можливість змінювати уставки, як "по місцю" так і дистанційно. Пристрій МІСОМ Р 121 сумісний з широким діапазоном стандартних протоколів передачі інформації (MODBUS, R-BUS, МЕК 870-5-103 і т.д.).

Для кращого управління, по локальній сітці, може бути передана вся інформація, яка запам'ятовується: уставки, вимірювання, події, помилки або записи осцилограм. Дистанційні команди миттєво виконуються і передаються на суміжні комутаційні пристрої.

Пристрій МІСОМ Р121 має простий і зручний інтерфейс "людина-машина". Функціональні клавіші і рідкокристалічний дисплей (ЖКД) розташовані на передній панелі - дозволяють програмувати пристрій згідно з вимогами користувача.

Вимірювання струмів, напруги та частоти подаються в дійсних значеннях, що досить зручно для обслуговуючого персоналу. Вони можуть бути виведені за допомогою локальної сітки на персональний комп'ютер.

Для МІСОМ Р121 легко назначаються входи і виходи і суміщаються будь-які ступені, які програмуються незалежно для кожного із виходів.

Програмне забезпечення, яким комплектується пристрій МІСОМ Р121 разом з портами передачі інформації, забезпечують вільний доступ користувача



до всієї інформації, що зберігається, вихід до характеристик пристрою або до параметрів, що контролюються.

Враховуючи всі перелічені вище функції пристрою MICOM P121 та низьку вартість монтажу даний пристрій захисту є вигідним, як з технічної так і з економічної сторони. В результаті чого даний пристрій можна рекомендувати для широкого застосування при захисті повітряних ліній 35 кВ, як сільськогосподарського призначення так і промислового.

Як висновок можна сказати, що застосування релейного захисту та автоматики на базі мікропроцесорних пристроїв є великим кроком вперед, так як вони мають велику універсальність, що дає можливість практичної реалізації розроблених методів захисту та керування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мікропроцесорні пристрої релейного захисту, автоматики і дистанційного керування. Принципи побудови. : К, 2018 Гама.-40с.
2. Рекомендації по вибору захисту електротехнічного устаткування з використанням мікропроцесорних пристроїв концерну ALSTOM/ 2015. - 142с
3. Андрєєв В.А. Релейний захист, автоматика і телемеханіка в системах електропостачання. – М.: Вища школа, 2015.
4. Шабад м.А. Розрахунки релейного захисту і автоматики розподільних мереж. 2-е видавництво, перероб. і доп. Л., «Енергія», 2016. 288 с. з карт.
5. Каганов І. Л. Курсове і дипломне проектування. – 2-е видавництво, переб. і доп. – М.: Колос. – 304 с.
6. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of lectrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.
7. 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-I ECON, November 2016.
8. В.С. Трондюк, В.В. Мясников, А.В. Іванченко. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з курсу „Електропостачання сільського господарства”(Релейний захист):. К.-2018
9. Долін П. А. Основи техніка безпеки в електроустановках. – К.: Енергоатоміздат, 2017.
10. Воронін А. М. Інформаційні системи прийняття рішень: навчальний посібник. / Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Климова А. С. – К. : НАУ-друк, 2009. – 136с.
11. Інформаційні системи в промисловості : навчальний посібник / Л. О. Добровольська, О. О. Черевко. – Маріуполь : ПДТУ, 2016. – 238 с.

12. Nyman, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2016. — 287 с.
13. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers. — 2003.
14. Економіка підприємства: Навчальний посібник / Під общ. ред. д. э. н., проф. Л. Р. Мірошника. — Суми: ІТД «Університетська книга», 2002. — 632 с.
15. 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.
16. 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.
17. Lhermitte P. Le pari informatique. — Paris, 2018.
18. Автоматика и автоматизация технологических процессов: Підручник / Т.Б. Головка, К.Г. Рего, Ю.О. Скрипник. - К.: Лебідь, 2017. - 232 с.
19. Єдина система конструкторської документації: Довідник. — М.: Вид-во стандартів, 2016.