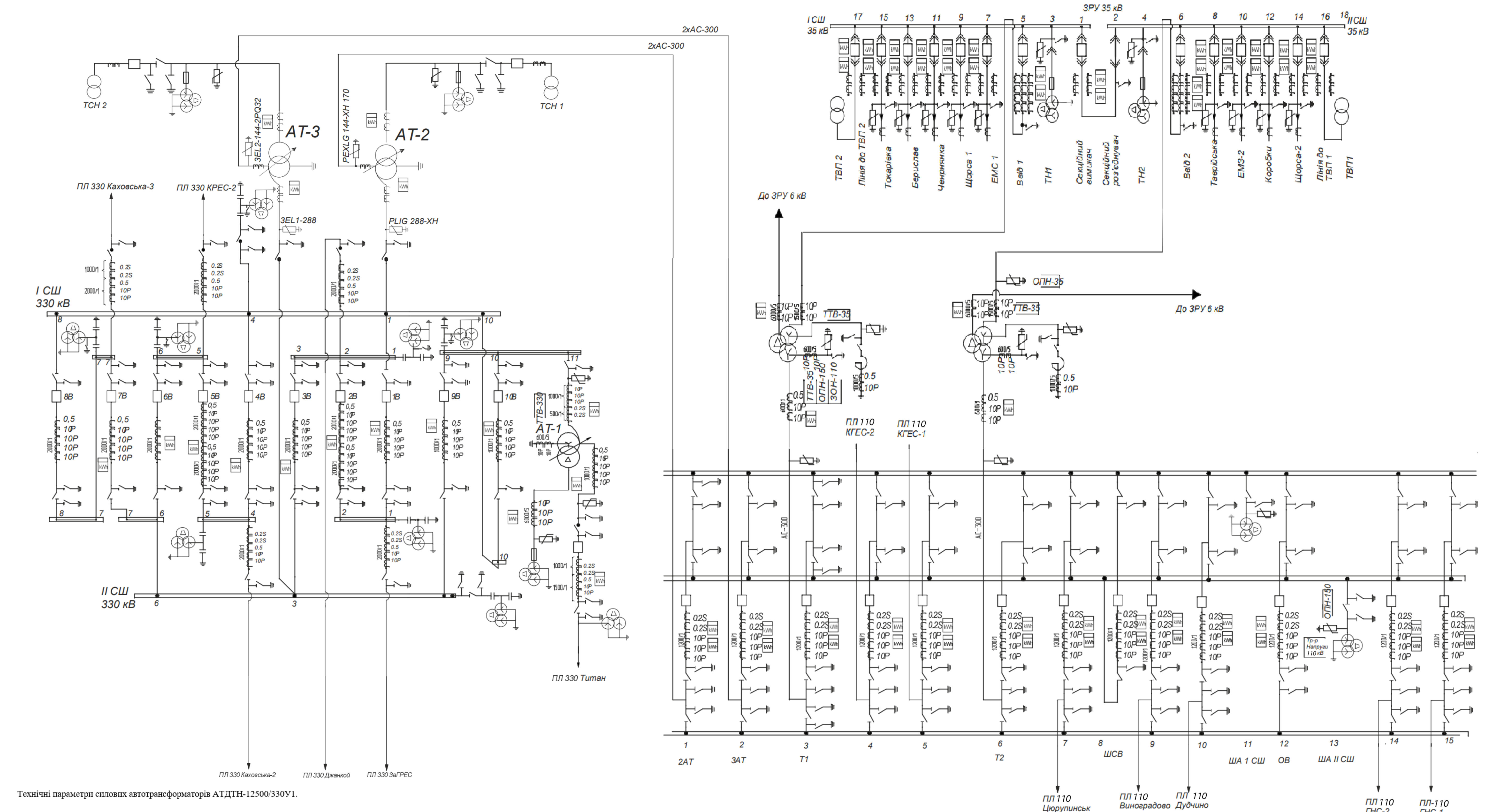


Головна схема електричних з'єднань підстанції 330/110/35 кВ



Технічні параметри силових автотрансформаторів АТДН-12500/330У1.

Номінальна потужність, МВА	Схема з'єднань обмоток	Номінальна напруга обмоток, кВ			Втрати, кВт		Ук, %			I _к , %
		ВН	СН	НН	P _x	P _k	ВН- СН	ВН- НН	СН- НН	
12500	Y _г -Д- 0-11	330	115	38,5	80	345	10,5	38	25	0,6

Параметри трансформатору ТРДН-63000/110/35

Тип	S _{ном} , МВА	U _{ВН} , кВ	U _{НН} , кВ	P _x , кВт	P _k , кВт	U _{КВ} , %	U _{КН} , %	I _к , %
ТРДН- 63000/110/ 35	63	110	35	35	245	10,5	30	0,25

Моніторинг стану обладнання електричних мереж ЕЕС

Клас напруги	Всього, км		У т. ч. знаходяться в експлуатації (років) (по ланцюгах)			
	по трасі	по ланцюгах	до 25	25-30	30-40	Більше 40
800 кВ	98,540	98,540	-	-	-	98,540
750 кВ	4120,541	4120,541	218,080	411,600	2382,690	1108,171
500 кВ	374,760	374,760	38,100		159,600	177,060
400 кВ	338,950	338,950	-	-	-	338,950
330 кВ	12862,389	13423,662	1276,368	798,278	2202,918	9146,098
220 кВ	3019,385	3975,965	178,628	56,425	338,212	3402,700
110 кВ	448,728	549,780	52,730	26,920	34,085	436,045
35 кВ	112,441	114,051	21,318	12,530	17,400	62,803
Разом:	21375,734	22996,249	1785,224	1305,753	5134,905	14770,367

Таблиця.1 - Довжини і терміни експлуатації повітряних ліній

Статистичний аналіз вказує, що понад 87% ліній напругою від 35 кВ до 750 кВ перевищують встановлений термін служби, що становить фактор збільшених втрат потужності та аварійних ситуацій в мережі

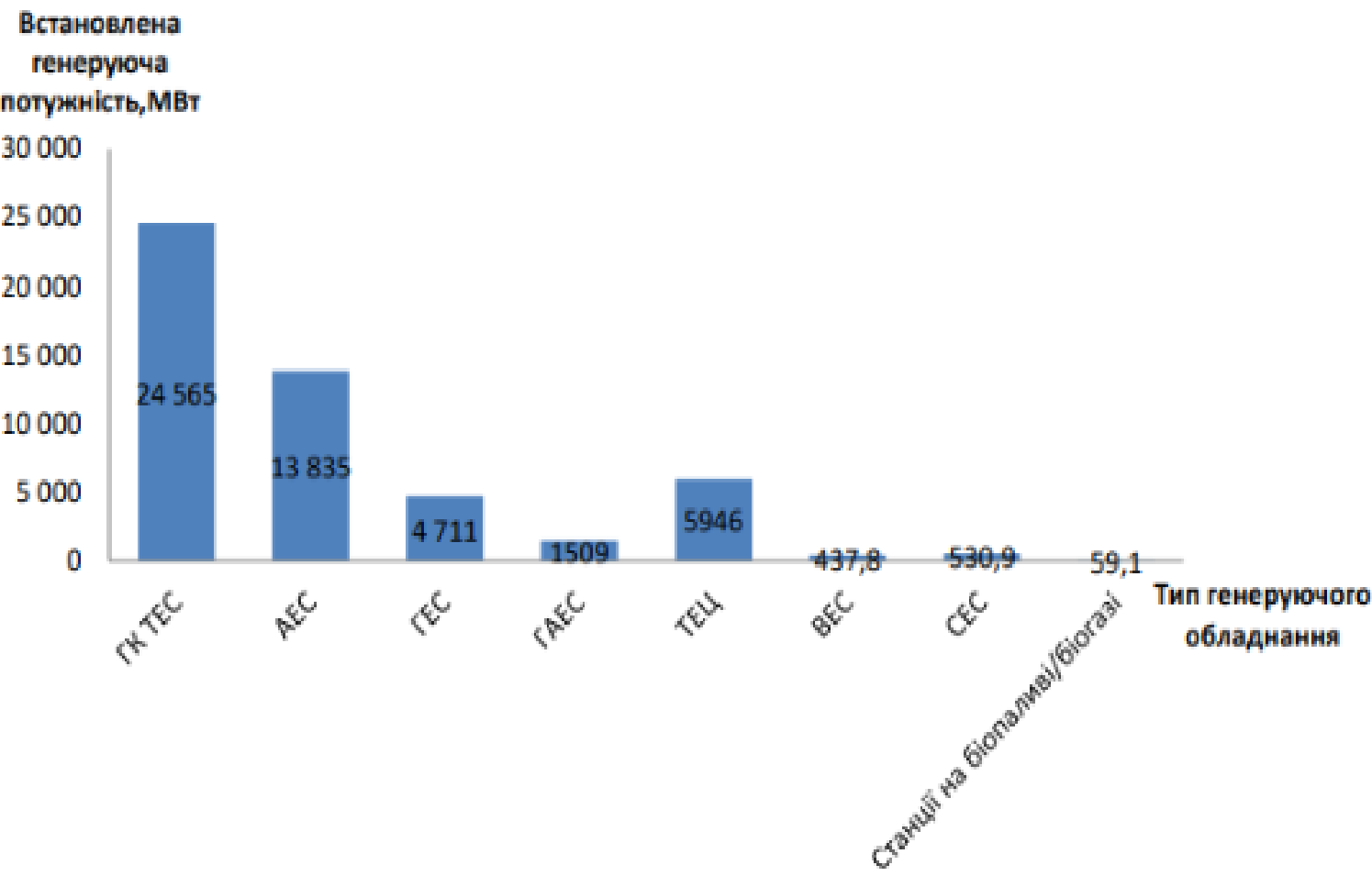


Рис.1. - Дані по встановленій потужності генерації об’єктів ОЕС

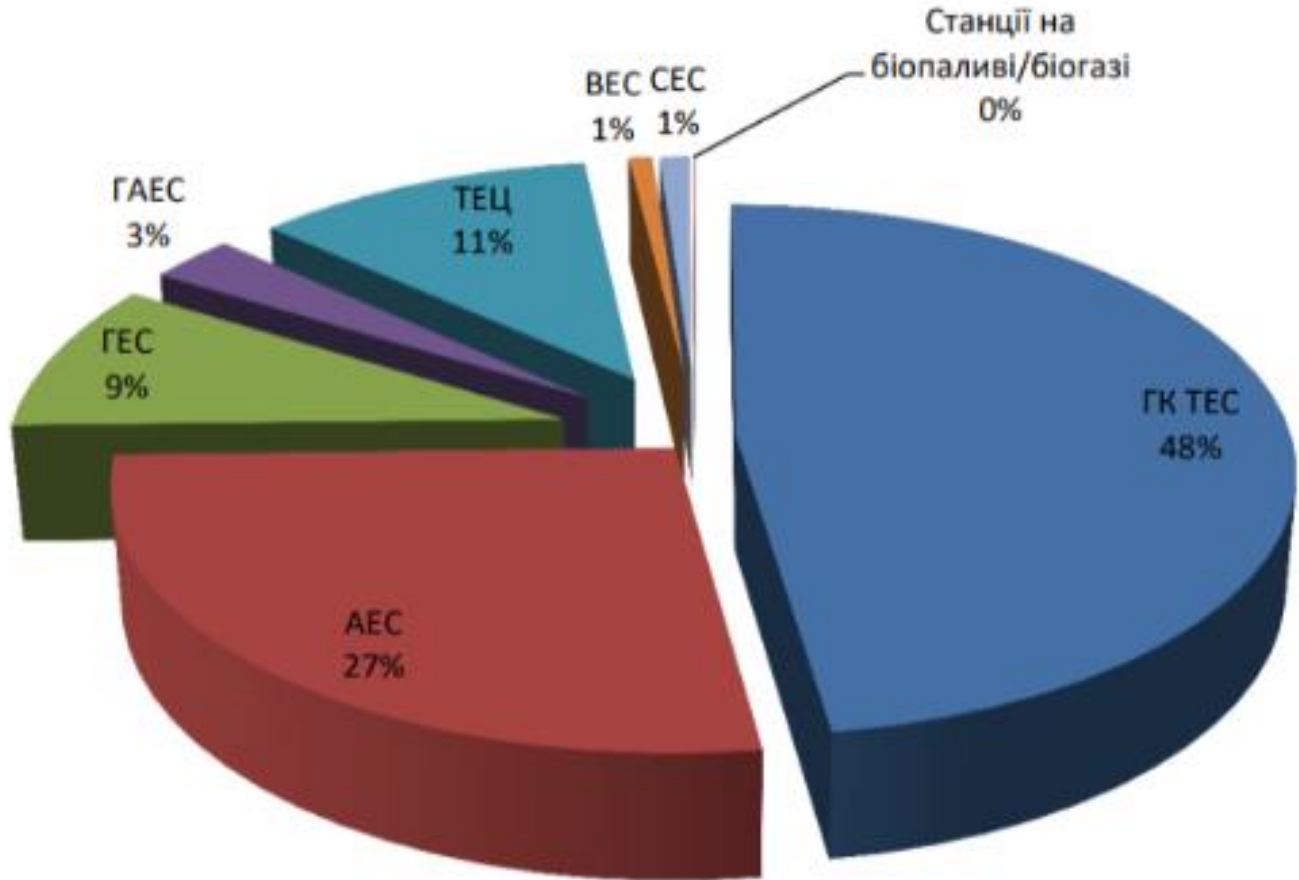


Рис.2. - питома частка різних типів об’єктів генерації в Україні станом на 2021 рік.



Рис.3 - Трьохетапний цикл моніторингу енергетисних об’єктів

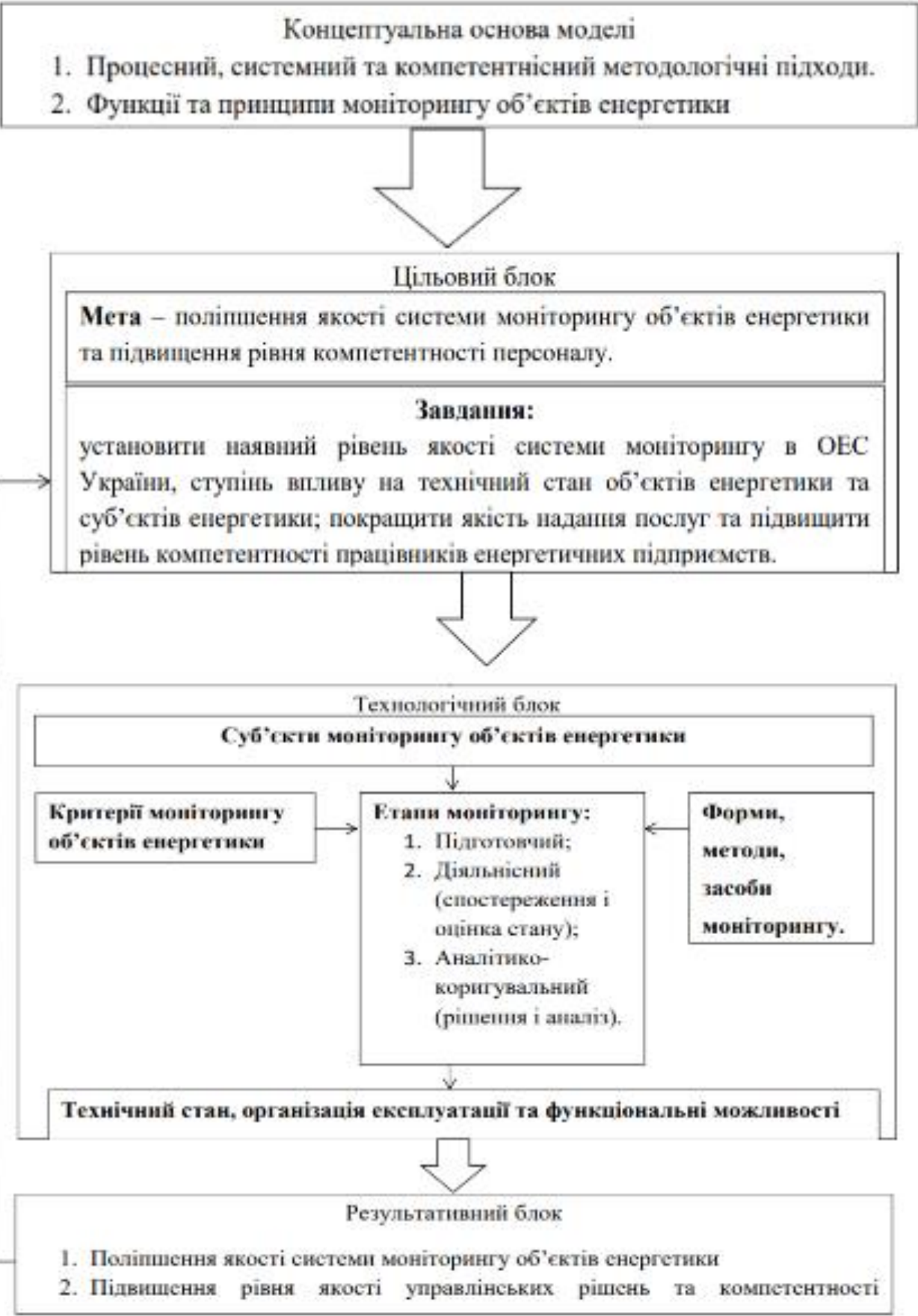


Рис. 4 - загальна модель моніторингу для об’єктів енергетики

В Україні розповсюджені системи моніторингу SCADA, які забезпечують обробку та потрібну інтерпретацію даних, які в свою чергу отримані від вимірюючих блоків.

Основні характеристики систем SCADA включають:

- Моніторинг та збір даних.
- Візуалізація: графічні інтерфейси SCADA.
- Керування.
- Архівування даних.
- Автоматизація.
- Інтеграція з ІТ-Системами.
- Керування аваріями.
- Забезпечення безпеки.
- Спільна робота.
- Мобільний доступ.

Розрахунок струмів КЗ на підстанції 330/110/35 кВ

2.9 Розрахунок струмів КЗ

2.9.1 Розрахункова схема, заступна схема та визначення базових величин

Для подальших розрахунків КЗ на шинах підстанції складемо розрахункову схему, яка наведена на рис. 2.4.

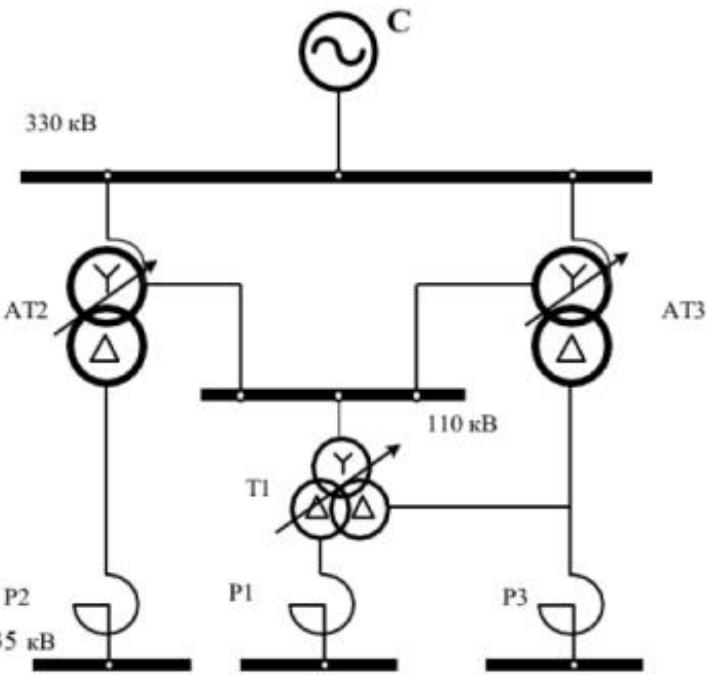


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема для ПС «Броваришинська»

За умовою розрахунку маємо параметри ПС для розрахунку струмів КЗ:

Опір системи складає $X_c = 0,22$ в.о.

Потужність системи складає $S_c = S_6 = 220$ МВА.

Приймемо такі базисні напруги:

$$U_{6(330)} = 330 \text{ кВ};$$

$$U_{6(110)} = 110 \text{ кВ};$$

$$U_{6(35)} = 35 \text{ кВ}$$

Перетворимо розрахункову схему в заступну, показана на рис.2.5.

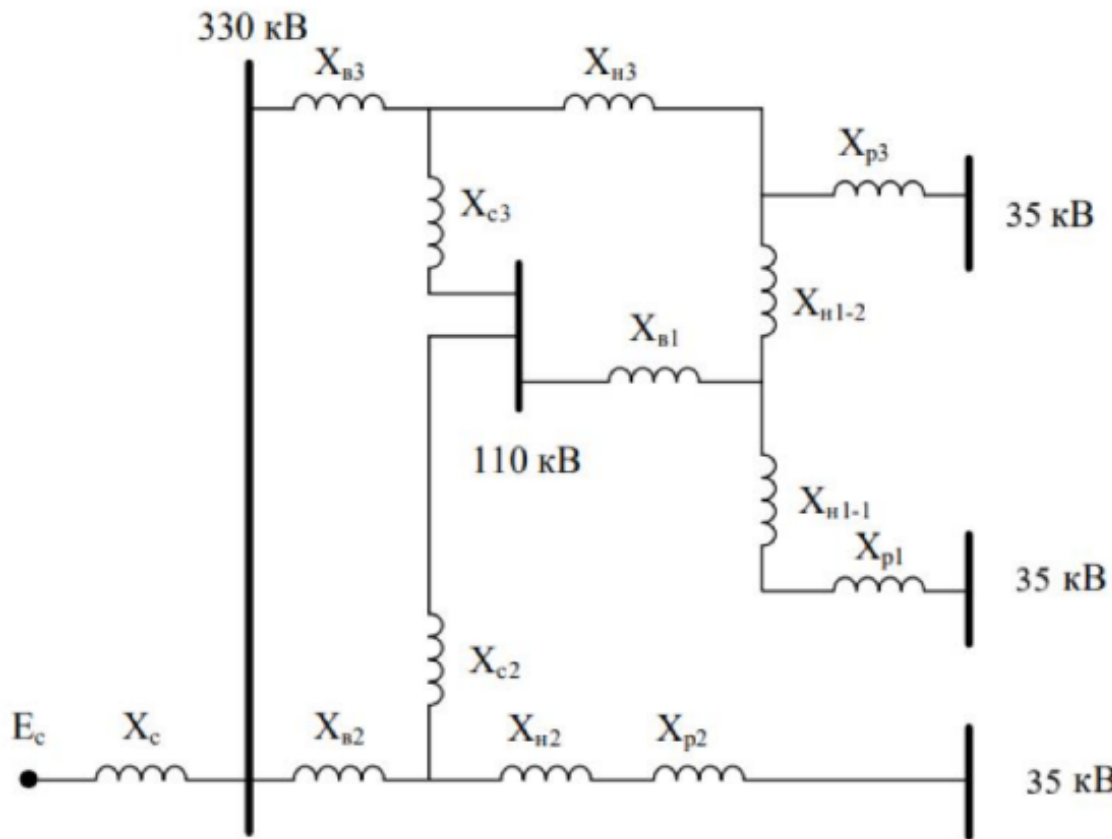


Рисунок 2.5 – Заступна схема ПС для «Броваришинська»

Розрахуємо такі базисні струми:

$$I_{6(330)} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6(330)}} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 330} = 0,385 \text{ в. о.}$$

$$I_{6(110)} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6(110)}} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 110} = 1,155 \text{ в. о.}$$

$$I_{6(35)} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6(35)}} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 35} = 3,629 \text{ в. о.}$$

Розрахуємо опори трансформаторів та реакторів:

Опір АТ-2 та АТ-3:

Оскільки на ПС «Броваришинська» встановлено два однакових автотрансформатори, маємо:

Сторона ВНАТ

Сторона ВНАТ

$$X_{B2} = X_{B3} = \frac{0,5 \cdot (U_{KB-H} + U_{KB-C} - U_{KC-H})}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{T.B.}} = \frac{0,5 \cdot (38 + 10,5 - 25)}{100} \cdot \frac{220}{125} = 0,207 \text{ в. о.}$$

Сторона СНАТ

$$X_{C2} = X_{C3} = \frac{0,5 \cdot (U_{KB-C} + U_{KB-H} - U_{KB-H})}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{T.B.}} = \frac{0,5 \cdot (10,5 + 25 - 38)}{100} \cdot \frac{220}{125} = -0,022 \text{ в. о.}$$

Сторона ННАТ

$$X_{H2} = X_{H3} = \frac{0,5 \cdot (U_{KB-C} + U_{KB-H} - U_{KB-H})}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{T.B.}} = \frac{0,5 \cdot (38 + 25 - 10,5)}{100} \cdot \frac{220}{125} = 0,462 \text{ в. о.}$$

Опір трансформатора Т-1

$$X_{B1} = \frac{U_{KB}}{100} - \frac{U_{KH}}{200} \cdot \frac{S_6}{S_{T.B.}} = \left(\frac{10,5}{100} - \frac{30}{200} \right) \cdot \frac{220}{63} = -0,157 \text{ в. о.}$$

$$X_{H1-1} = X_{H1-2} = \frac{U_{KH}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{T.B.}} = \frac{30}{100} \cdot \frac{220}{63} = 1,048 \text{ в. о.}$$

Опір струмообмежуючого реактора, прийнявши $U_{KB} = 35$ кВ.

$$X_{P1} = X_{P2} = X_{P3} = X_{нд} \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,105 \cdot \frac{220}{35^2} = 0,019 \text{ в. о.}$$

2.9.2 Розрахунок струмів короткого замикання в режимі без паралельного підключення АТ-3 і в режимі без врахування навантажень

Розглядаємо випадок схеми без врахування навантаження та без паралельного підключення АТ-3.

Проведемо розрахунки для точок короткого замикання на шинах з напругами 330 кВ, 110 кВ, та на шині 35 кВ. Заступна схема показана на рис. 2.6.

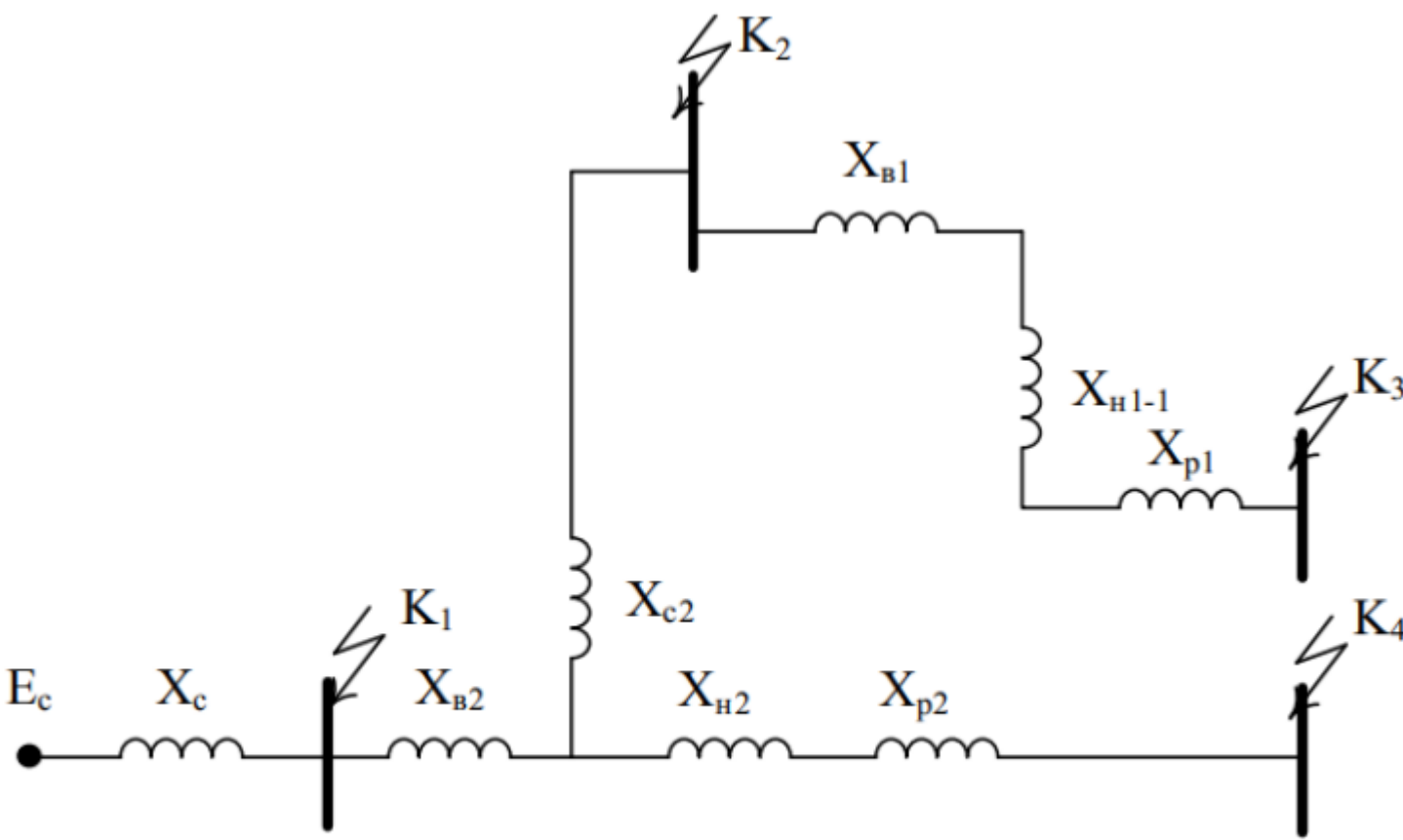


Рисунок 2.6 – Розрахункова заступна схема для ПС без паралельного підключення АТ-3 та навантаження

Точка КЗ 1. На рис. 2.7 наведений вид заступної схеми для точки КЗ 1.

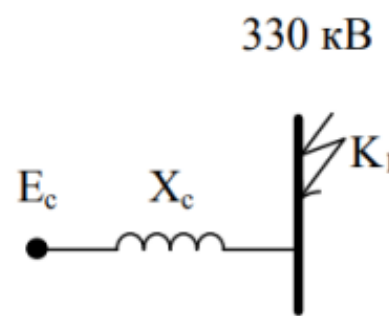


Рисунок 2.7 – Схема для пошуку еквівалентного опору при КЗ 1

Точка КЗ 2. Еквівалентний опір буде відповідно дорівнювати опору системи:

$$X_{E1} = X_c = 0,22 \text{ в. о.}$$

На рис. 2.8 наведений вигляд заступної схеми при КЗ 2.

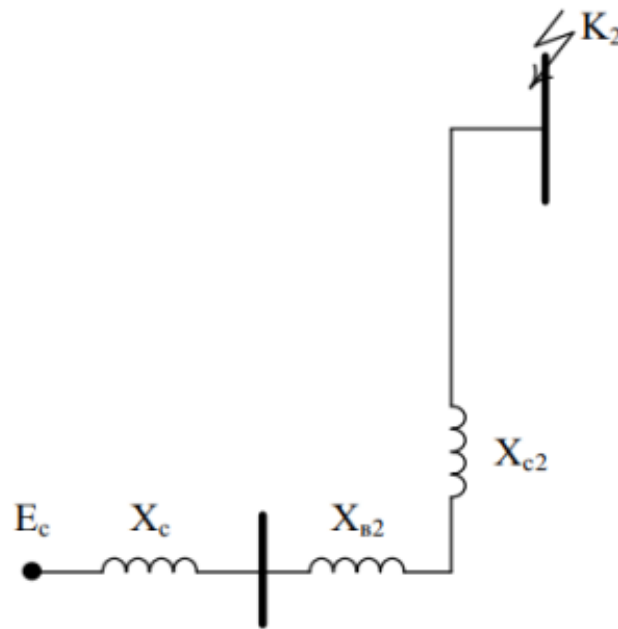


Рисунок 2.8 – Розрахункова заступна схема ПС для пошуку еквівалентного опору при КЗ 2

Розрахуємо еквівалентний опір:

$$X_{E2} = X_c + X_{B2} + X_{C2} = 0,22 + 0,207 - 0,022 = 0,334 \text{ в. о.}$$

Точка КЗ 3. На рис. 2.9 наведений вигляд заступної схеми при КЗ 3.

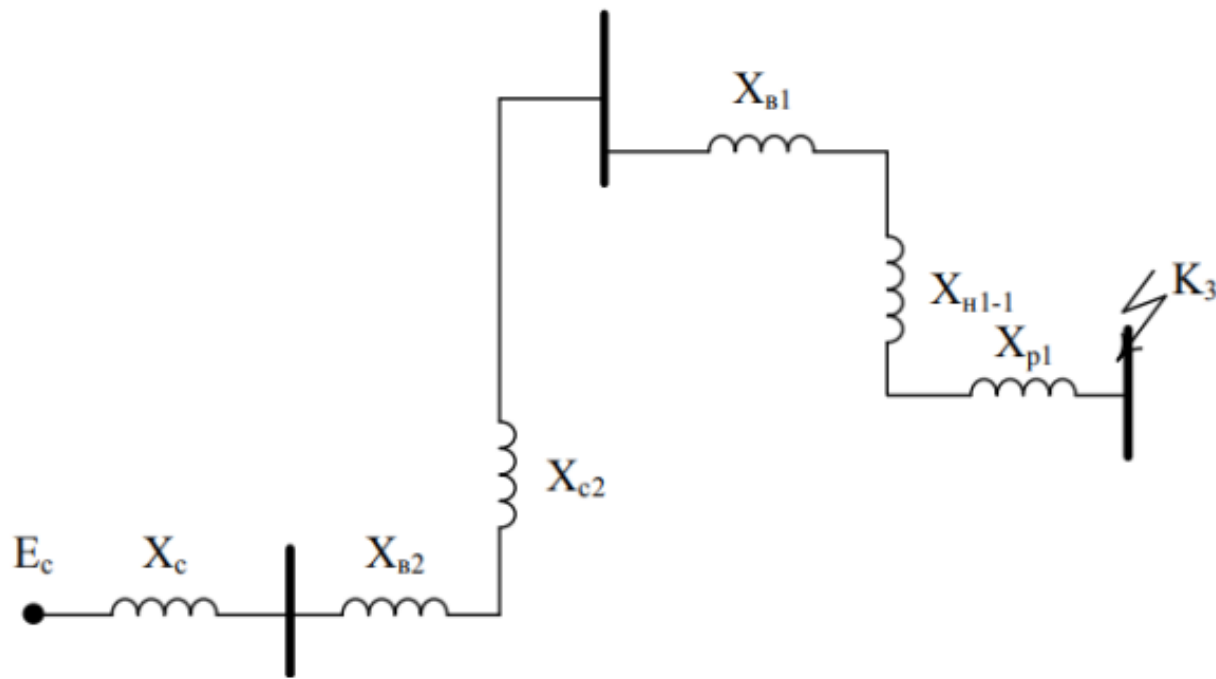


Рисунок 2.9 – Розрахункова заступна схема ПС для пошуку еквівалентного опору для випадку один при КЗ 3

Знайдемо еквівалентний опір:

$$X_{E3} = X_c + X_{B2} + X_{C2} + X_{B1} + X_{H1-1} + X_{P1} = 0,22 + 0,207 - 0,022 - 0,157 + 1,048 + 0,019 = 1,315 \text{ в. о.}$$

Точка КЗ 4. На рис. 2.10 показано вид заступної схеми при КЗ 3.

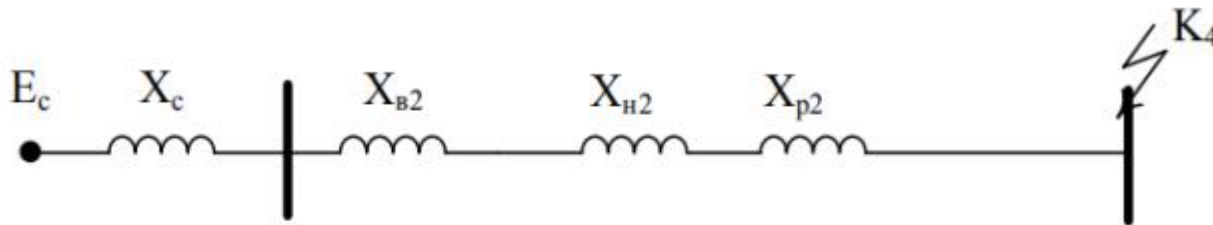


Рисунок 2.10 – Заступна схема для пошуку еквівалентного опору при КЗ 4

Еквівалентний опір розраховується наступним чином:

$$X_{E4} = X_c + X_{B2} + X_{H1-2} + X_{P2} = 0,22 + 0,207 + 1,048 + 0,019 = 1,494 \text{ в. о.}$$

Знайдемо струми короткого замикання в кожній з потрібних точок.

Точка КЗ 1:

$$I_{K3\ 1} = \frac{E_c}{X_{E1}} \cdot I_{6(330)} = \frac{1}{0,22} \cdot 0,385 = 1,75 \text{ кА}$$

Точка КЗ 2:

$$I_{K3\ 2} = \frac{E_c}{X_{E2}} \cdot I_{6(110)} = \frac{1}{0,334} \cdot 1,155 = 2,852 \text{ кА}$$

Точка КЗ 3:

$$I_{K3\ 3} = \frac{E_c}{X_{E3}} \cdot I_{6(35)} = \frac{1}{1,315} \cdot 3,629 = 2,76 \text{ кА}$$

Точка КЗ К 4:

$$I_{K3\ 4} = \frac{E_c}{X_{E4}} \cdot I_{6(35)} = \frac{1}{1,494} \cdot 3,629 = 2,429 \text{ кА}$$

Результати розрахунків отриманих струмів КЗ введені в табл. 2.11

Таблиця 2.11 — Отримані результати розрахунку струмів трифазного КЗ

Точка КЗ	Значення струму для трифазного КЗ, кА
К 1	1,75
К 2	2,852
К 3	2,76
К 4	2,429

Для точки К 1:

$$I_{K31} = \frac{E_c}{X_{E1}} \cdot I_{6(330)} = \frac{1}{0,22} \cdot 0,385 = 1,75 \text{ кА}$$

Для точки К 2:

$$I_{K3\ 2} = \frac{E_c}{X_{E2}} \cdot I_{6(110)} = \frac{1}{0,313} \cdot 1,155 = 3,69 \text{ кА}$$

Для точки К 3:

$$I_{K3\ 3} = \frac{E_c}{X_{E3}} \cdot I_{6(35)} = \frac{1}{1,222} \cdot 3,629 = 2,97 \text{ кА}$$

Для точки К 4:

$$I_{K3\ 4} = \frac{E_c}{X_{E4}} \cdot I_{6(35)} = \frac{1}{0,284} \cdot 3,629 = 12,778 \text{ кА}$$

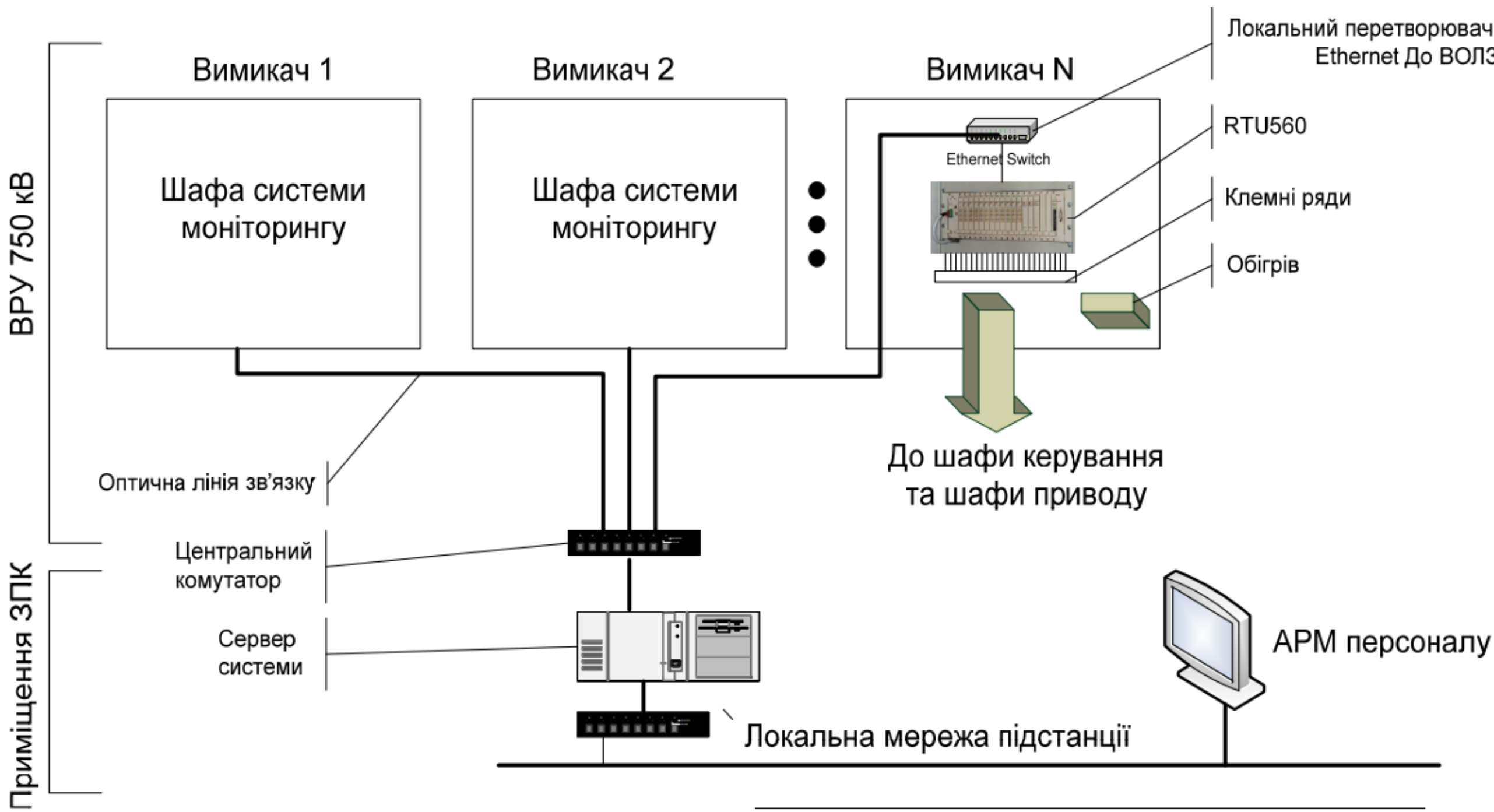
Таблиця 2.12 — Отримані значення струму трифазного КЗ для обох випадків

Назва точки де розраховувався струм КЗ	Отримані значення струму трифазного КЗ перший випадок, кА	Отримані значення струму трифазного КЗ другий випадок, кА
К 1	1,75	1,75
К 2	2,852	3,69
К 3	2,76	2,97
К 4	2,429	12,778

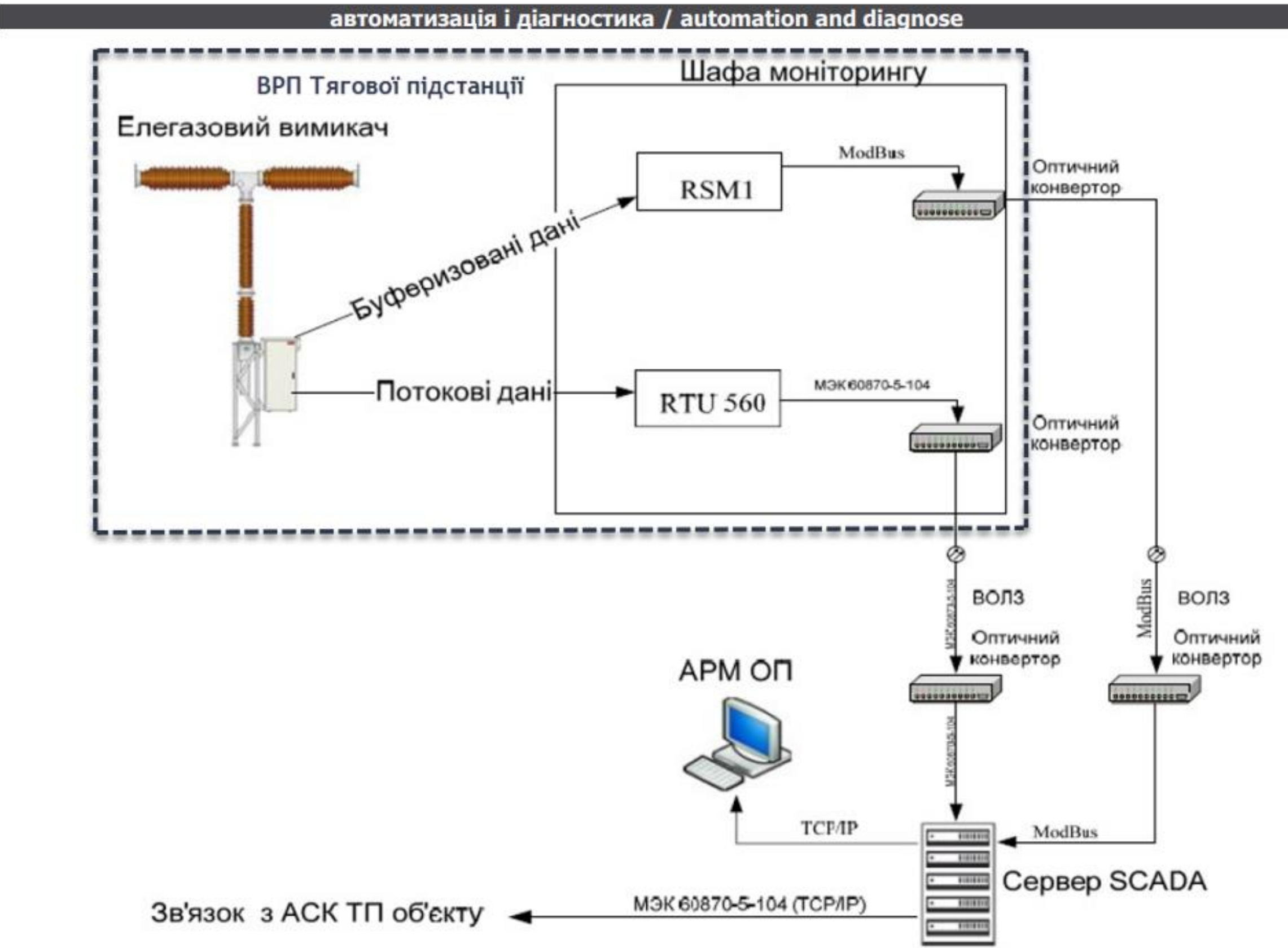
Шинки управління і автомат.	
МСЗ	
Ланцюги включення від АВР-10 кВ.	
Ланцюги реле РБМ	
Ланцюги відключення і реле положення відімкнено	
Ланцюги відключення і реле положення ввімкнено	
Реле контролю напруги на 1 і 2 с.ш.-10 кВ.	
Реле фіксації.	
Ланцюги пуску АВР-10 кВ при зникненні У на 1 і 2 с.ш.-10 кВ.	

Моніторинг стану вимикачів

Структурна схема організації системи моніторингу вимикачів



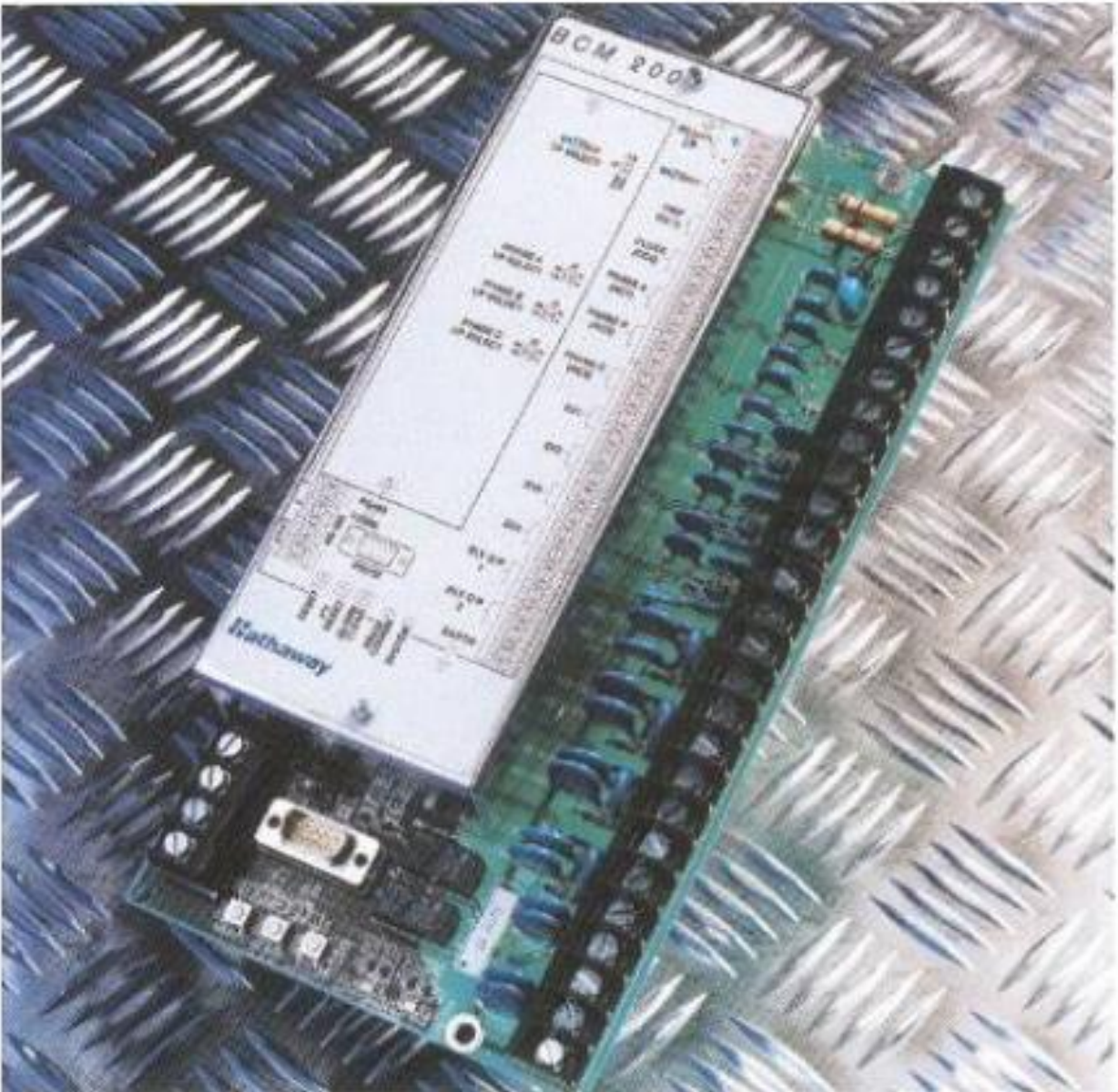
Структурна схема розподілення буферизованих та поточкових даних



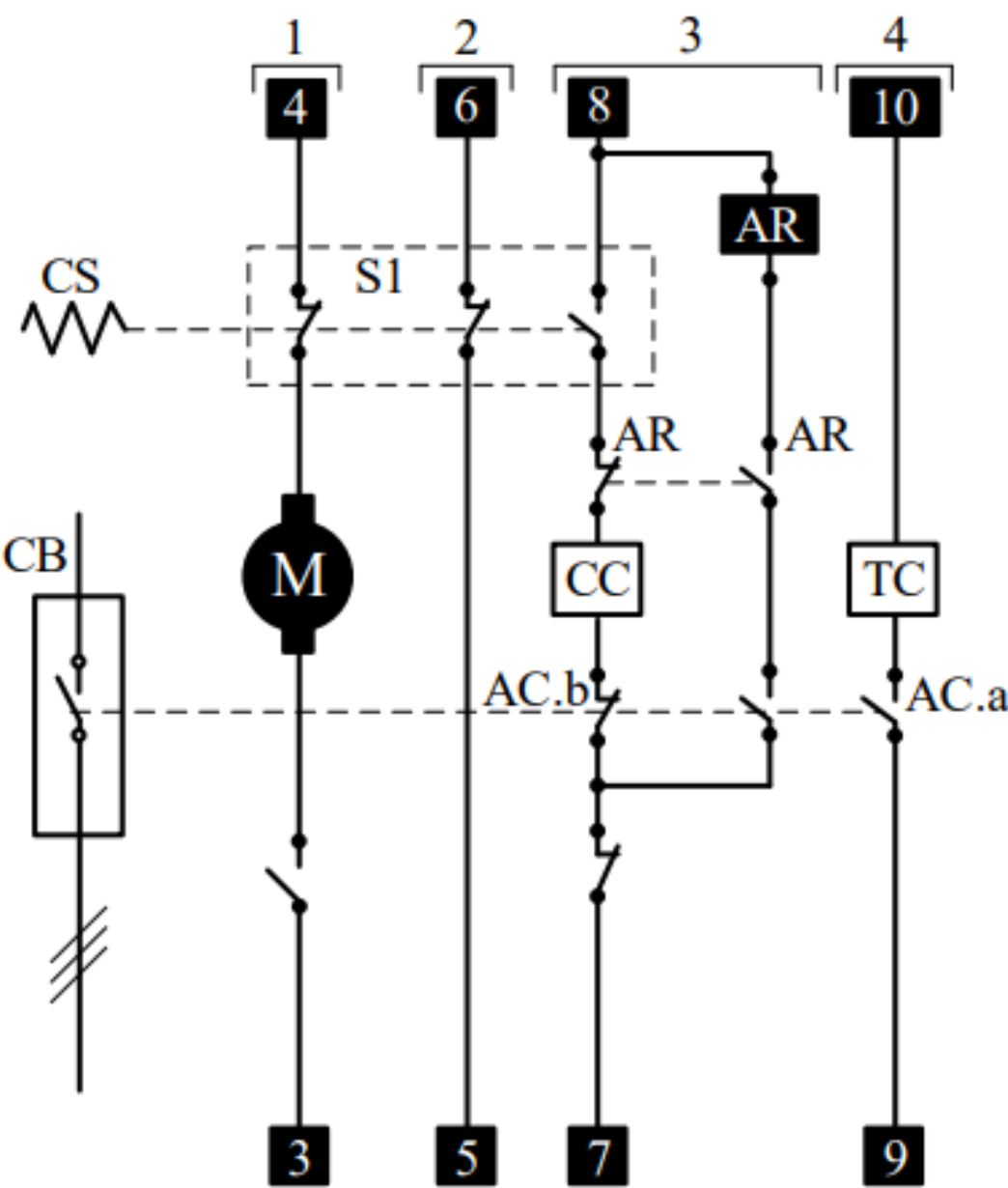
Пристрій нового покоління для комплексного контролю та моніторингу стану силових вимикачів BCM

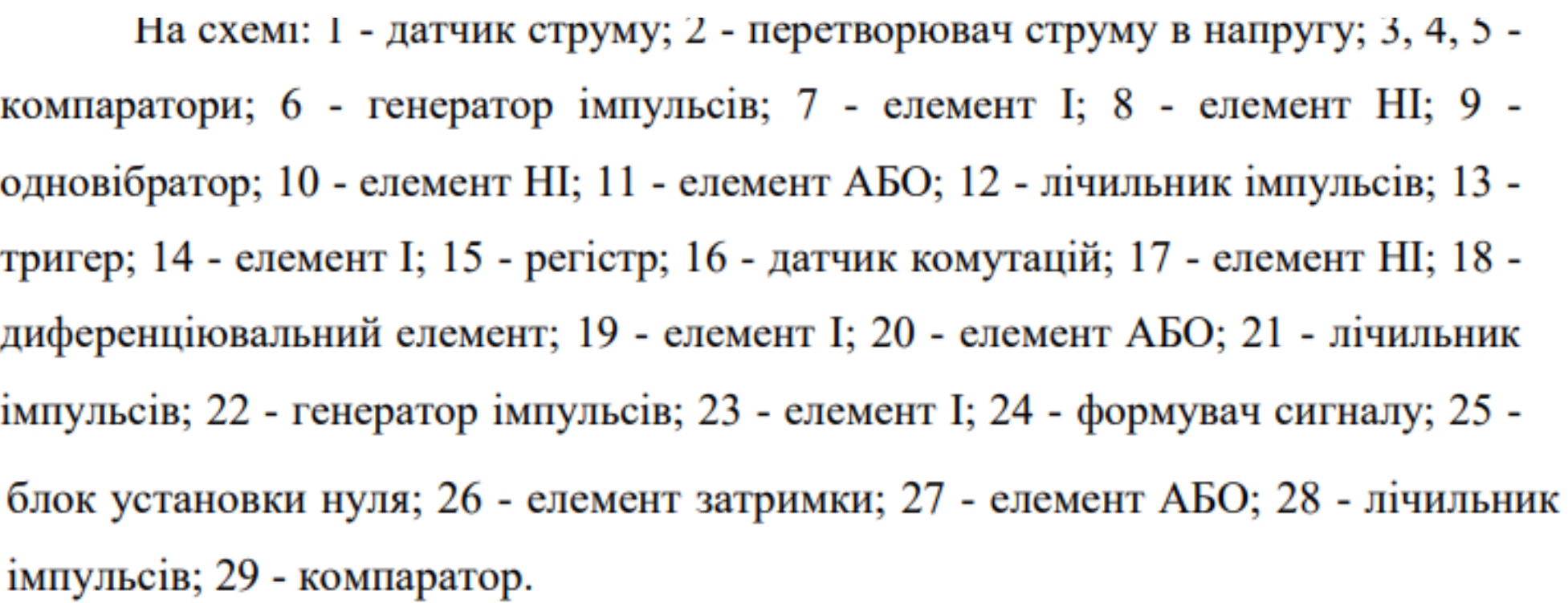
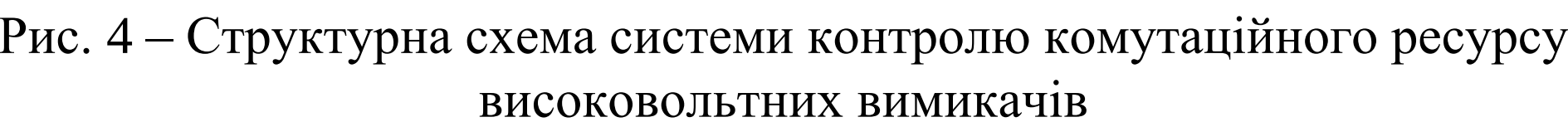
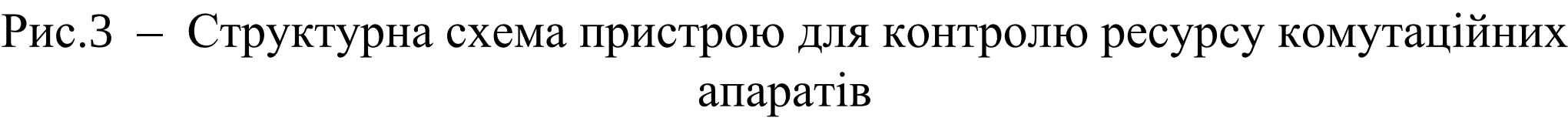


Система безперервного моніторингу стану силових вимикачів BCM 200



Кола керування вимикача





Метод оцінки технічного стану вимикача

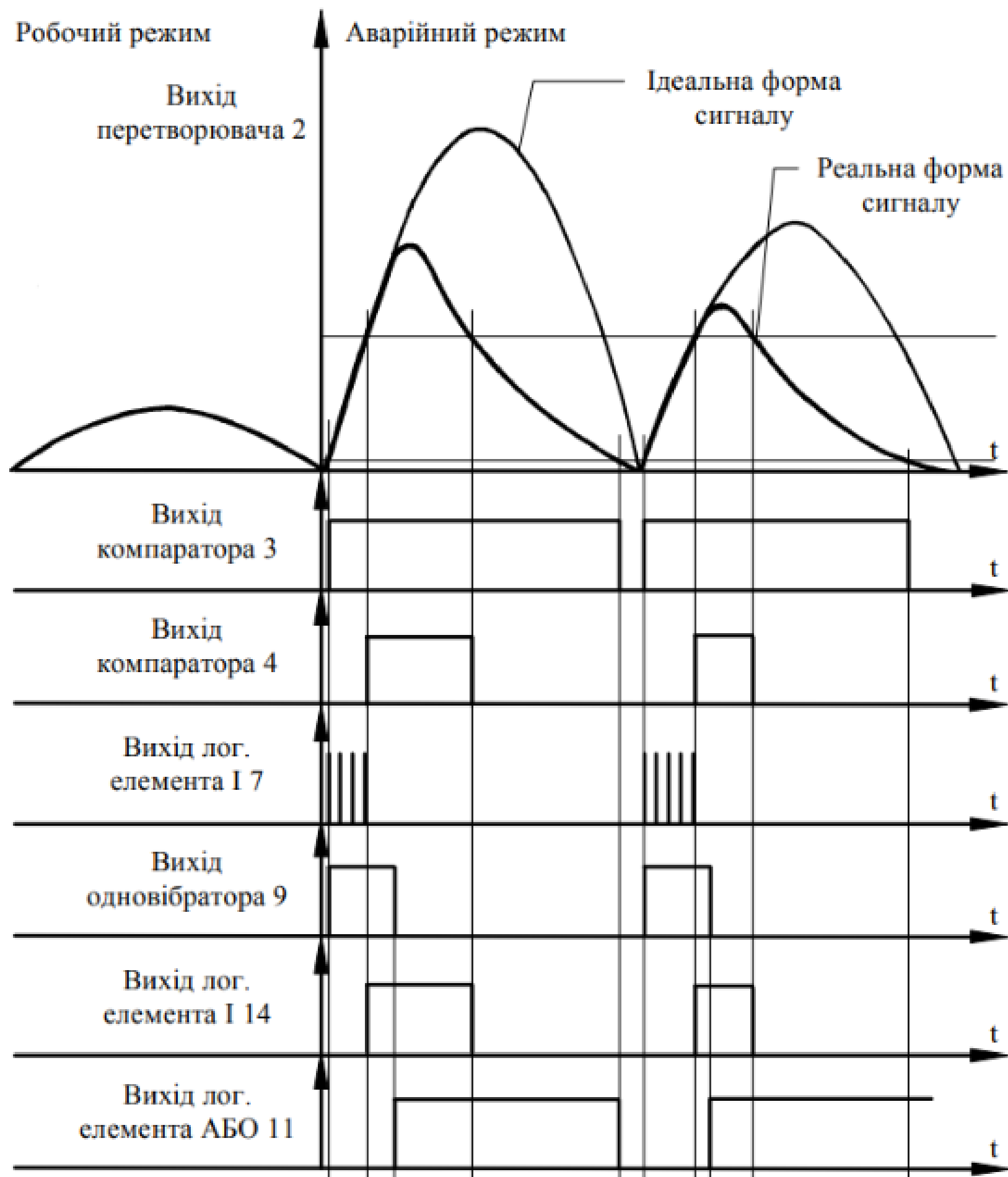


Рис. 1 - Діаграма сигналів, що пояснює роботу пристрою для вимірювання робочого ресурсу вимикачів

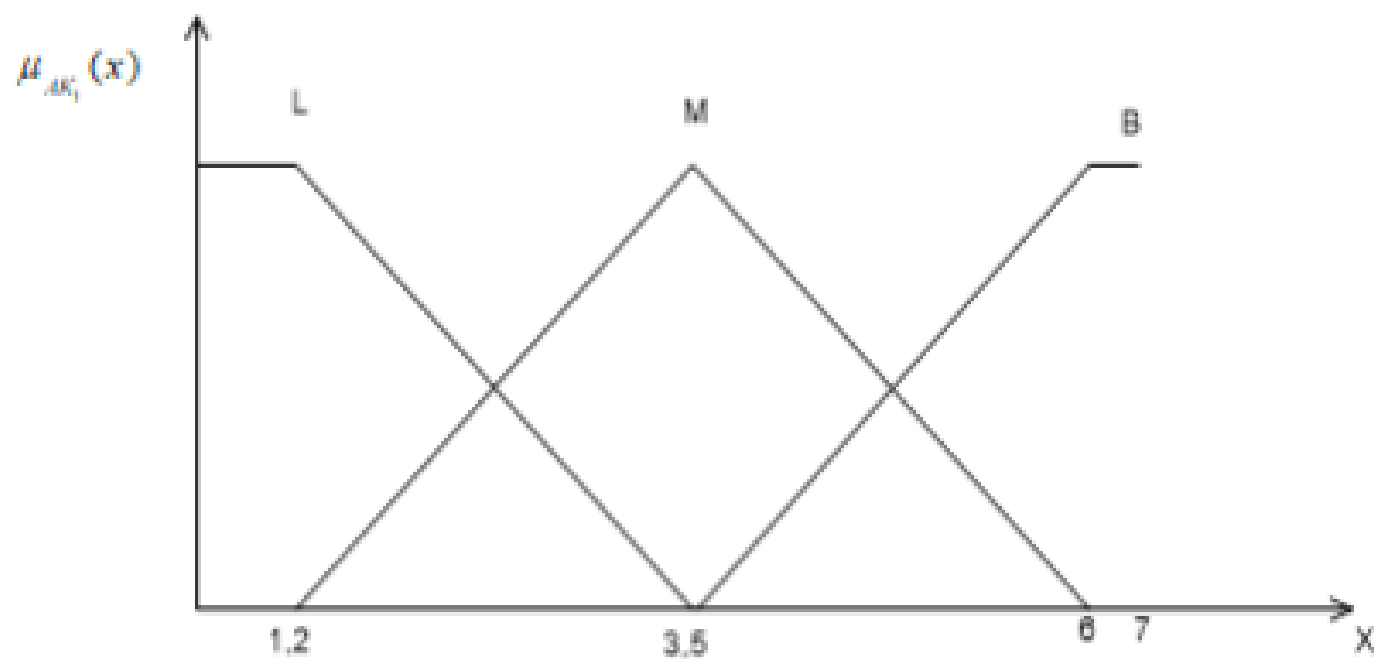


Рис. 2 - Графічне зображення функцій приналежності

Таблиця 1 Правила логічного висновку

1	ЯКЩО механічний ресурс великий I комутаційний ресурс великий ТО спрацьований ресурс малий	ЯКЩО $A_1 \in B$ $I \quad A_2 \in B$ ОТЖЕ $S \in S_1$
2	ЯКЩО механічний ресурс великий I комутаційний ресурс середній ТО спрацьований ресурс малий	ЯКЩО $A_1 \in B$ $I \quad A_2 \in M$ ОТЖЕ $S \in S_1$
3	ЯКЩО механічний ресурс великий I комутаційний ресурс малий ТО спрацьований ресурс середній	ЯКЩО $A_1 \in B$ $I \quad A_2 \in L$ ОТЖЕ $S \in S_2$
4	ЯКЩО механічний ресурс середній I комутаційний ресурс великий ТО спрацьований ресурс малий	ЯКЩО $A_1 \in M$ $I \quad A_2 \in B$ ОТЖЕ $S \in S_1$
5	ЯКЩО механічний ресурс середній I комутаційний ресурс середній ТО спрацьований ресурс середній	ЯКЩО $A_1 \in M$ $I \quad A_2 \in M$ ОТЖЕ $S \in S_2$
6	ЯКЩО механічний ресурс середній I комутаційний ресурс малий ТО спрацьований ресурс великий	ЯКЩО $A_1 \in M$ $I \quad A_2 \in L$ ОТЖЕ $S \in S_3$
7	ЯКЩО механічний ресурс малий I комутаційний ресурс великий ТО спрацьований ресурс середній	ЯКЩО $A_1 \in L$ $I \quad A_2 \in B$ ОТЖЕ $S \in S_2$
8	ЯКЩО механічний ресурс малий I комутаційний ресурс середній ТО спрацьований ресурс великий	ЯКЩО $A_1 \in L$ $I \quad A_2 \in M$ ОТЖЕ $S \in S_3$
9	ЯКЩО механічний ресурс малий I комутаційний ресурс малий ТО спрацьований ресурс малий	ЯКЩО $A_1 \in L$ $I \quad A_2 \in L$ ОТЖЕ $S \in S_1$

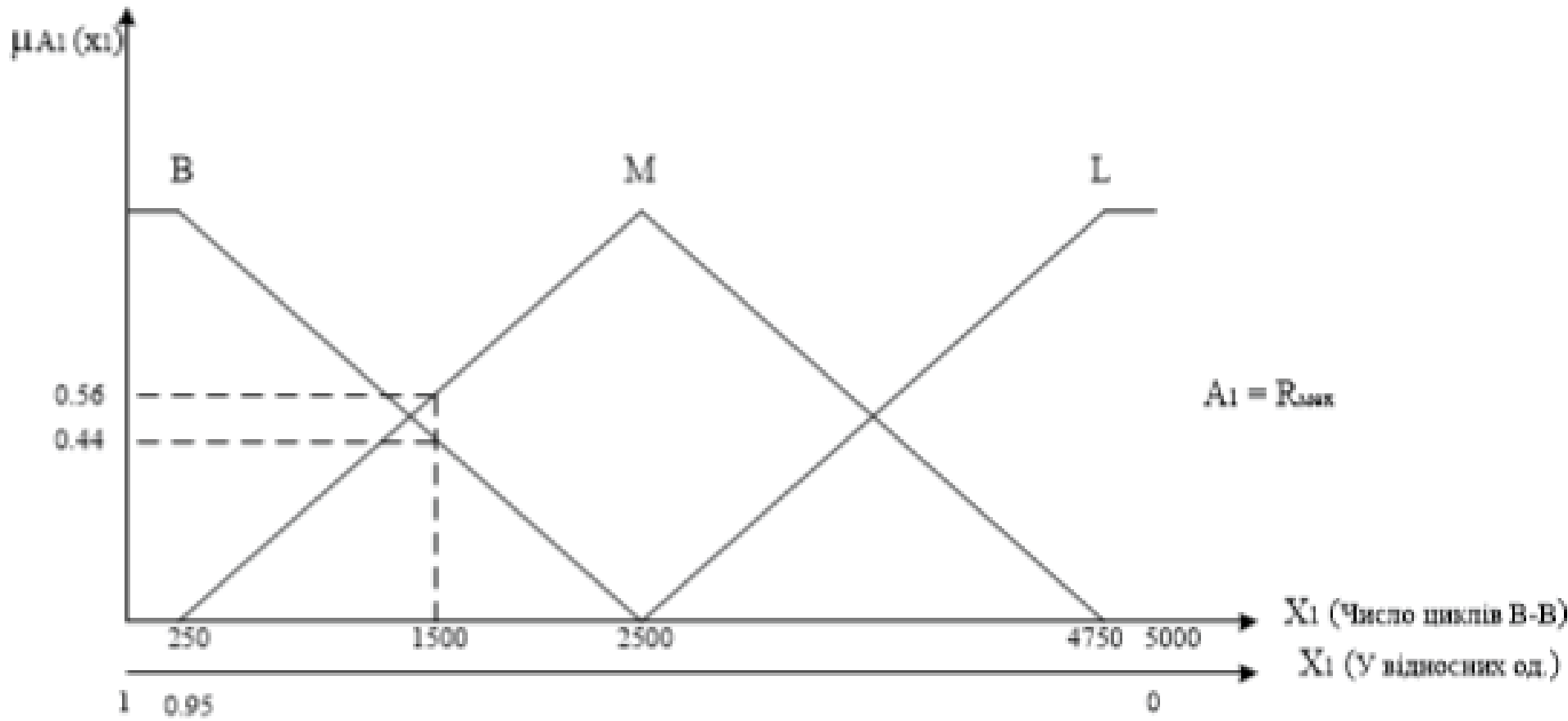


Рис. 3 - Знаходження вхідних даних для механічного ресурсу вимикача

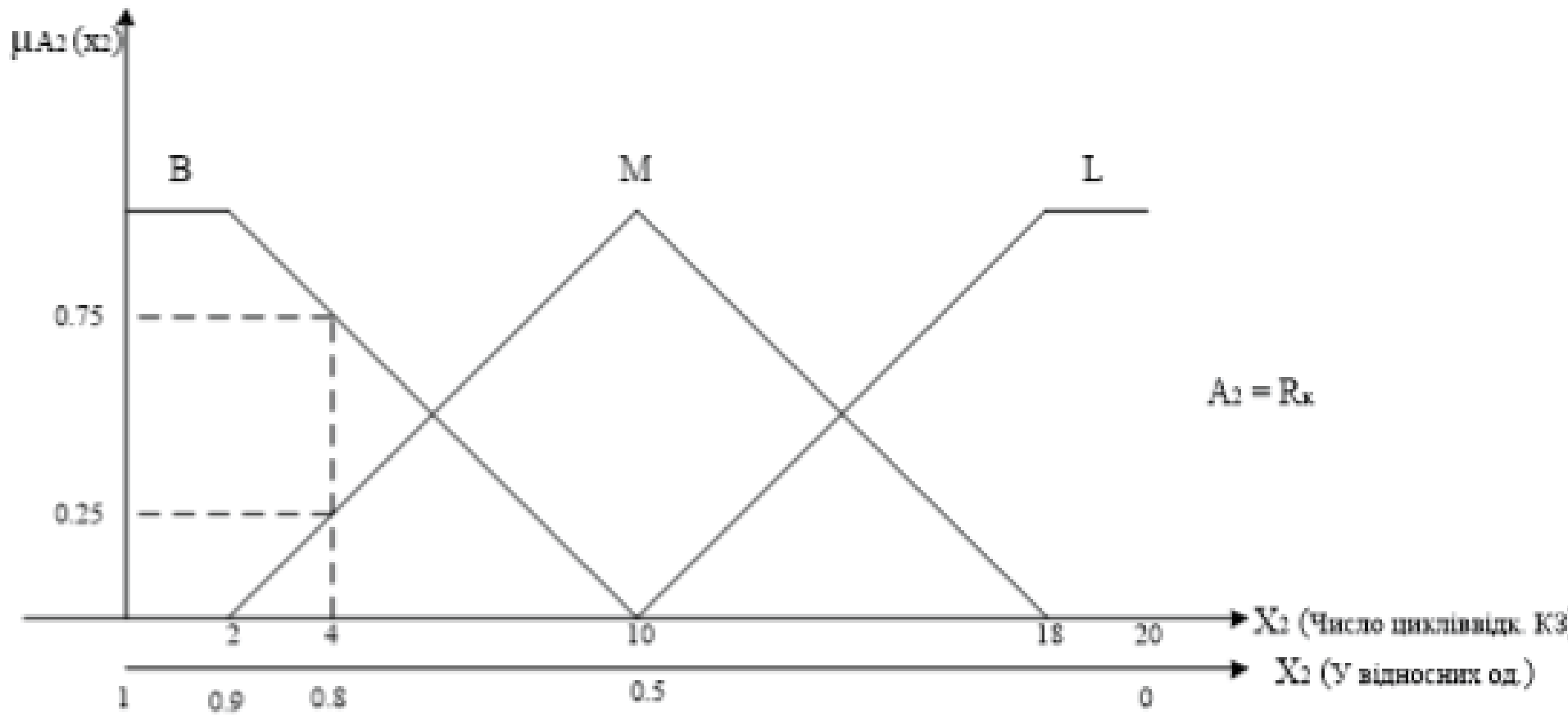


Рис. 4 - Знаходження вхідних даних для комутаційного ресурсу вимикача