

РОЗВИТОК ФРАГМЕНТУ ПОГРЕБИЩЕНСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ІЗ ДОСЛІДЖЕННЯМ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

Поліщук Дмитро Олександрович— магістрант кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: *Нетребський Володимир Васильович*— канд., техн. наук, доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

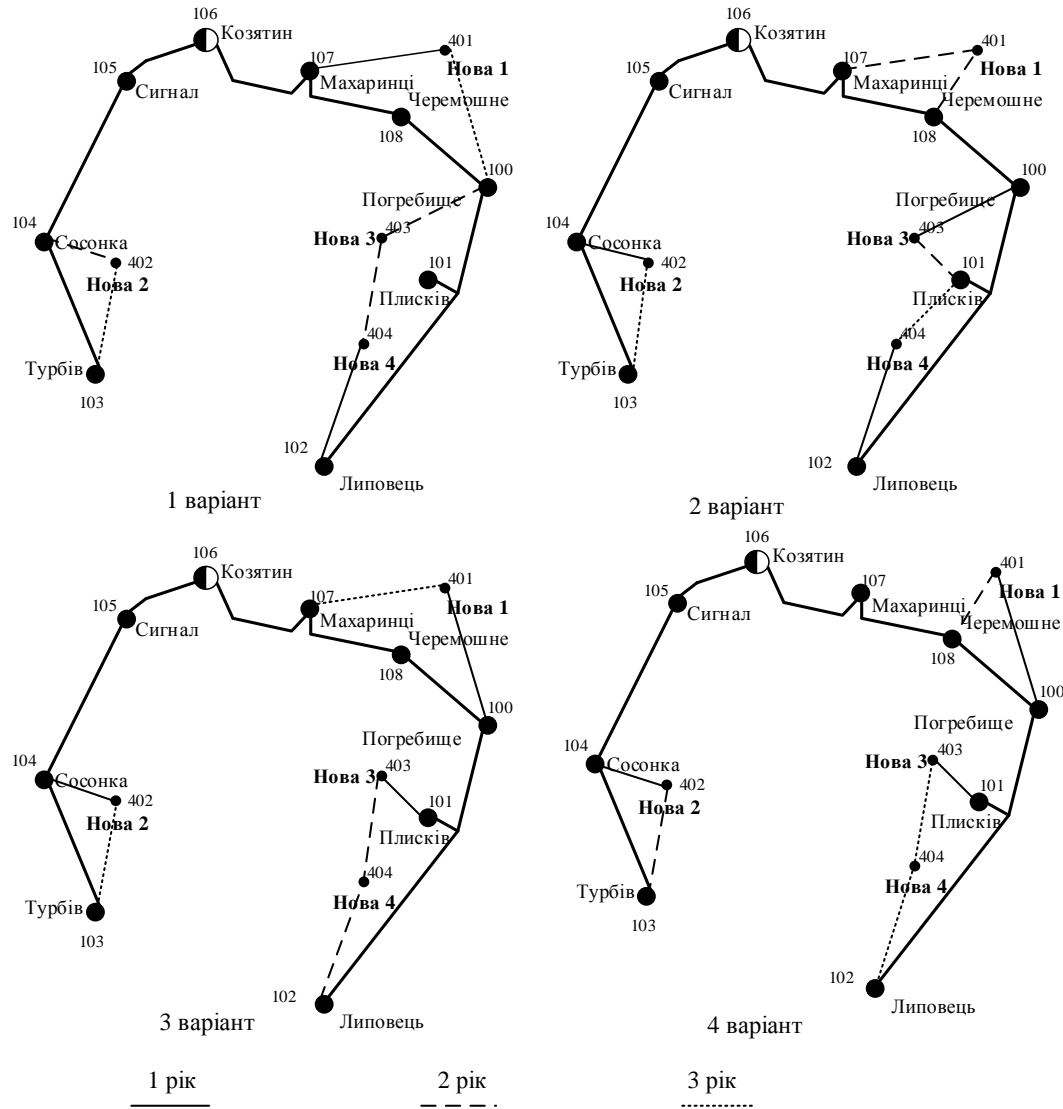
Актуальність проблеми

Розвиток та експлуатація енергоустановок і електричних мереж неможлива без пошкоджень і нестандартних режимів роботи. Найбільш небезпечними є короткі замикання, перевантаження і пошкодження ізоляції. В більшості випадків запобігти розвитку аварії може швидке відключення пошкодженої ділянки електричної установки або мережі за допомогою спеціальних автоматичних пристроїв релейного захисту.

Отже, в час активного розвитку енергетики та науково-технічний прогрес, дослідження питання модернізації ЕЕС України шляхом заміни застарілих захистів на станціях та підстанціях, виконаних на електромеханічній елементній базі, на мікропроцесорні пристрої та системи захисту є надзвичайно важливою та актуальною науково-прикладною задачею.

Метою даної роботи є аналіз перспективи розвитку та модернізації існуючих електричних мереж та засобів релейного захисту.

Застосування методу динамічного програмування до вибору схеми електричної мережі

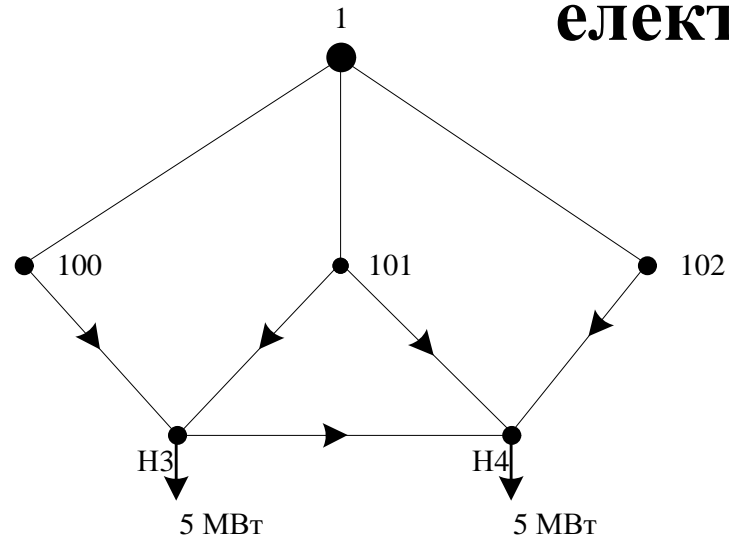


Таблиця 3.1 – Результати розрахунків сумарних витрат по роках

№	Рік будівництва	Ділянка мережі	Довжина ділянки, км	К _{лінії}	К	ΔВ	Сумарні витрати 1-го року	Сумарні витрати 2-го року	Сумарні витрати 3-го року	Сумарні витрати за 3 роки
				тис. у.о./км						
тис. у.о.										
1	1	107-Н1	16,5	13,1	216,15	12,84	77,56	78,99	63,83	220,38
	1	102-Н4	16,5	13,1	216,15	12,84				
	2	100-Н3	13,86	13,1	181,57	10,79				
	2	Н3-Н4	13,2	13,1	172,92	10,27				
	2	104-Н2	9,24	13,1	121,04	7,19				
	3	103-Н2	13,86	13,1	181,57	10,79				
2	3	100-Н1	17,82	13,1	233,44	13,87	93,07	73,25	50,53	216,85
	1	104-Н2	9,24	13,1	121,04	7,19				
	1	102-Н4	16,5	13,1	216,15	12,84				
	1	100-Н3	13,86	13,1	181,57	10,79				
	2	101-Н3	7,26	13,1	95,11	5,65				
	2	107-Н1	16,5	13,1	216,15	12,84				
	2	108-Н1	9,9	13,1	129,69	7,70				
	3	101-Н4	11,22	13,1	146,98	8,73				
3	3	103-Н2	13,86	13,1	181,57	10,79	80,66	64,63	61,17	206,46
	1	104-Н2	9,24	13,1	121,04	7,19				
	1	101-Н3	7,26	13,1	95,11	5,65				
	1	100-Н1	17,82	13,1	233,44	13,87				
	2	102-Н4	16,5	13,1	216,15	12,84				
	2	Н3-Н4	13,2	13,1	172,92	10,27				
	3	107-Н1	16,5	13,1	216,15	12,84				
4	3	103-Н2	13,86	13,1	181,57	10,79	80,66	51,7	59,84	192,21
	1	104-Н2	9,24	13,1	121,04	7,19				
	1	101-Н3	7,26	13,1	95,11	5,65				
	1	100-Н1	17,82	13,1	233,44	13,87				
	2	103-Н2	13,86	13,1	181,57	10,79				
	2	108-Н1	9,9	13,1	129,69	7,70				
	3	102-Н4	16,5	13,1	216,15	12,84				
	3	Н3-Н4	13,2	13,1	172,92	10,27				

Рисунок 3.1 – Можливі варіанти підключення нового навантаження

Застосування симплекс-методу для вибору схеми електричної мережі



Позначимо змінні для полегшення розрахунків:

$$\begin{aligned}
 P_{100_H3} &= x_1; & P'_{H3_H4} &= x_5; \\
 P_{101_H3} &= x_2; & P'_{100_H3} &= x_6; \\
 P_{101_H4} &= x_3; & P'_{102_H4} &= x_7; \\
 P_{102_H4} &= x_4; & P''_{H3_H4} &= x_8.
 \end{aligned}$$

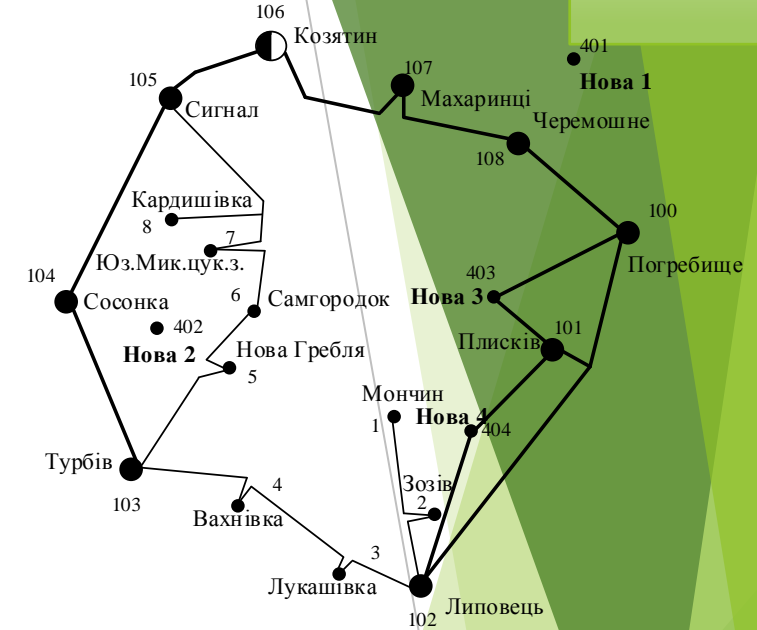


Рисунок 4.2 – Підключення споживачів Н3 та Н4 за симплекс методом

Рисунок 4.1 – Можливі варіанти підключення споживачів

Математична модель, з урахуванням лінеаризації:

$$\begin{aligned}
 Z_{\Sigma} &= (0,17 + 0,79 \cdot P_{100_H3}) \cdot 13,86 + (0,17 + 0,79 \cdot P_{101_H3}) \cdot 7,26 + \\
 &+ (0,17 + 0,79 \cdot P_{101_H4}) \cdot 11,22 + (0,17 + 0,79 \cdot P_{102_H4}) \cdot 16,5 + \\
 &+ (0,17 + 0,79 \cdot P_{H3_H4}) \cdot 13,2.
 \end{aligned}$$

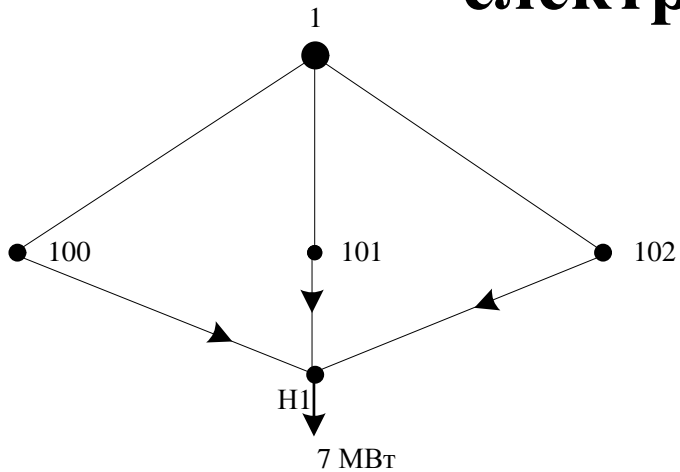
Обмеження:

$$\begin{aligned}
 P_{100_H3} &\leq 3; \\
 P_{100_H3} + P_{101_H3} - P'_{H3_H4} + P''_{100_H3} &= 5; & P_{100_H3} + P'_{100_H3} &= 3; \\
 P_{101_H4} + P_{102_H4} + P'_{H3_H4} - P''_{H3_H4} &= 5; & P_{102_H4} &\leq 3; \\
 P_{102_H4} + P'_{102_H4} &= 3;
 \end{aligned}$$

Таблиця 4.1 – Оптимальний розв'язок поставленої задачі

x2	x3	x1	x4	x5	x6	x7	x8	ВЧ
1	0	0	0	-1	0	0	1	2
0	1	0	0	1	0	0	-1	2
0	0	1	0	0	1	0	0	3
0	0	0	1	0	0	1	0	3
5,735	8,864	10,949	13,035	10,428	10,949	13,035	10,428	17,952
0	8,864	10,949	13,035	16,163	10,949	13,035	4,693	6,482
0	0	10,949	13,035	7,299	10,949	13,035	13,557	-11,246
0	0	0	13,035	7,299	0	13,035	13,557	-44,093
0	0	0	0	7,299	0	0	13,557	-83,198
Базова частина								

Застосування симплекс-методу для вибору схеми електричної мережі



Позначимо змінні для полегшення розрахунків:

$$P_{107_H1} = x_1; \quad P_{100_H1} = x_3;$$

$$P_{108_H1} = x_2; \quad P'_{108_H1} = x_4;$$

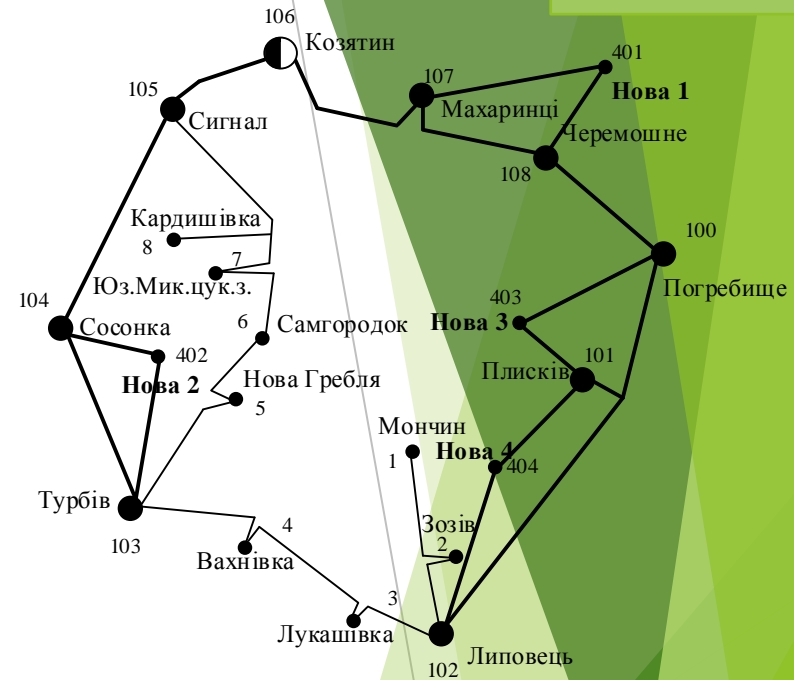


Рисунок 5.2 – Підключення нових споживачів за симплекс методом

Рисунок 5.1 – Можливі варіанти підключення споживачів

Математична модель, з урахуванням лінеаризації:

$$Z_{\Sigma} = (0,17 + 0,79 \cdot P_{107_H1}) \cdot 16,5 + (0,17 + 0,79 \cdot P_{108_H1}) \cdot 9,9 + (0,17 + 0,79 \cdot P_{100_H1}) \cdot 17,82.$$

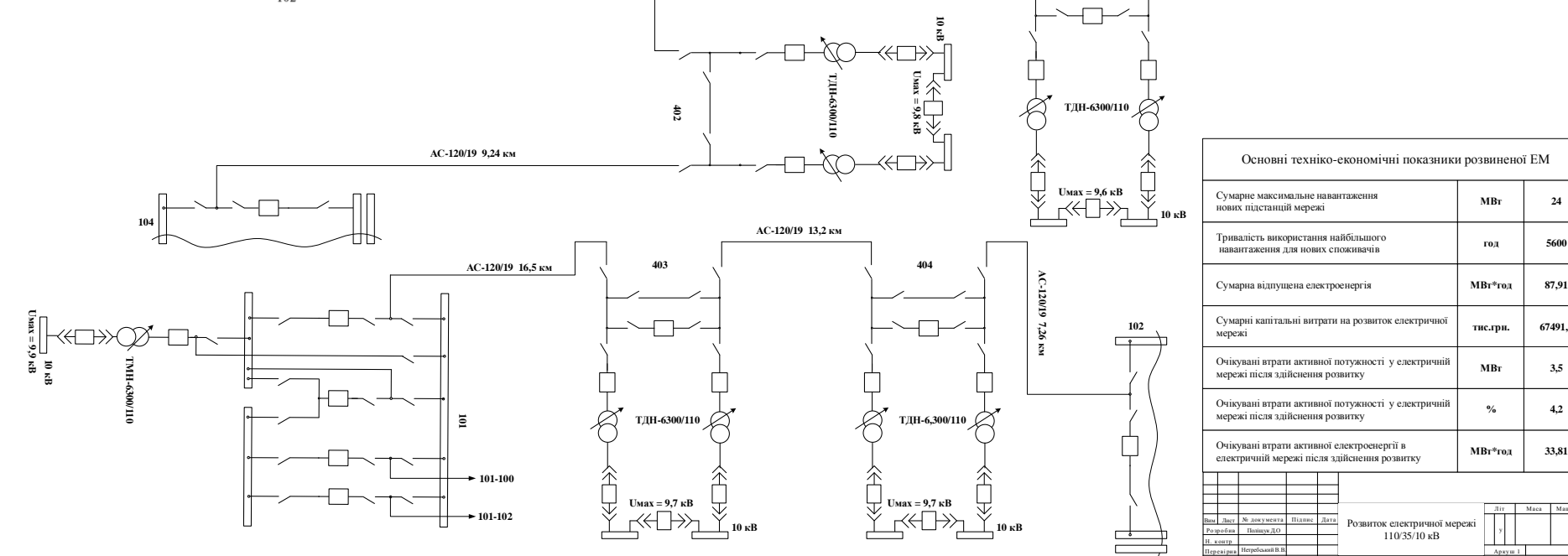
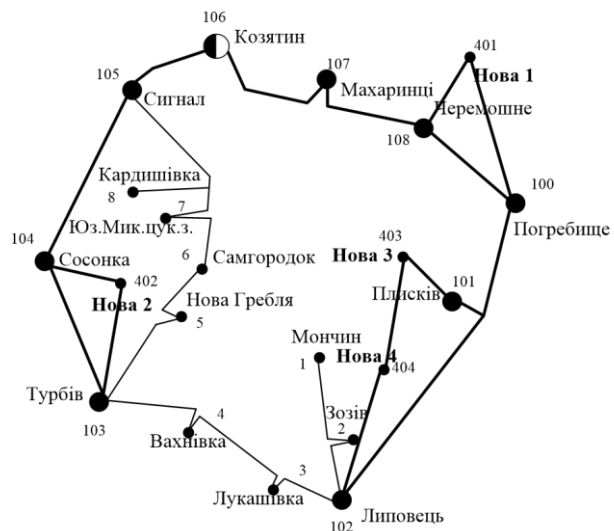
Обмеження:

$$P_{107_H1} + P_{108_H1} + P_{100_H1} = 7; \quad P_{108_H1} \leq 5; \quad P_{108_H1} + P'_{108_H1} = 5.$$

Таблиця 5.1 – Оптимальний розв’язок поставленої задачі

Базова частина				
x1	x2	x3	x4	ВЧ
1	0	1	0	2
0	1	0	1	5
13,035	7,821	14,078	7,821	9,2
0	7,821	1,025	7,821	-16,906
0	0	1,025	0	-56,011

Схема розвинутої мережі та розташування нових пунктів живлення



Основні техніко-економічні показники розвинутої ЕМ		
Сумарне максимальне навантаження нових підстанцій мережі	МВт	24
Тривалість використання найбільшого навантаження для нових споживачів	год	5600
Сумарна відпущена електроенергія	МВт*год	87,91
Сумарні капітальні витрати на розвиток електричної мережі	тис.грн.	67491,2
Очікувані втрати активної потужності у електричній мережі після здійснення розвитку	МВт	3,5
Очікувані втрати активної потужності у електричній мережі після здійснення розвитку	%	4,2
Очікувані втрати активної електроенергії в електричній мережі після здійснення розвитку	МВт*год	33,81

Розвиток електричної мережі 110/35/10 кВ				Лист	Масштаб	Маштаб
Вид	Лист	№ документа	Підпис	Дата		
Розробка		Виконав	Д.О.Д.			
Н.А.Д.		Перевірив	Нерубан В.В.		Архив 1	
						ВНТУ

Призначення релейного захисту

- Реагування на небезпечні, ненормальні режими роботи елементів електричної системи (перенавантаження, КЗ).
- Автоматичне відключення пошкодженого елемента від іншої неушкодженої частини електричної системи (електроустановки) за допомогою вимикачів.



Рисунок 7.1 – Мікропроцесорний пристрій захисту PC83-AB2

Вимоги, що висуваються до пристроїв релейного захисту

- **Селективність** – здатність релейного захисту виявляти місце пошкодження і відключати його тільки найближчими до нього вимикачами.
- **Чутливість** – властивість реагувати на ушкодження і ненормальні режими роботи на початку виникнення ушкодження, чим скорочуються розміри ушкодження устаткування в місці КЗ.
- **Швидкодія** – відключення ушкодження з мінімально можливим часом.
- **Надійність** – готовність до дії і надійне спрацювання при усіх випадках ушкоджень, що враховуються, в зоні, що захищається, і неспрацювання при будь яких зовнішніх ушкодженнях, для яких захист не призначений.

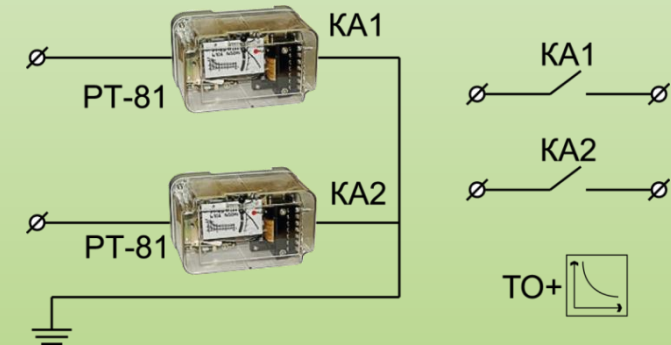
Особливості мікропроцесорних пристроїв РЗА

- Конструктивно вони складаються з одного чи декількох мікропроцесорів, вимірювальних перетворювачів, дискретних входів і вихідних реле.

Це дозволяє:

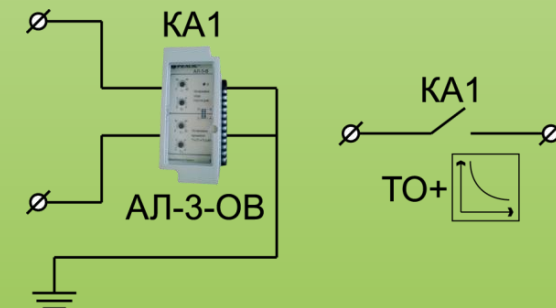
- розмістити в одному корпусі різні види захистів і зв'язати їх на програмному рівні;
- зменшити витрат металу, кабельної продукції та інших матеріалів на виготовлення й встановлення пристроїв;
- зменшити власне споживання енергії пристроями;
- зменшити необхідне місце для їхнього встановлення на пунктах і щитах керування.

Схема на реле серії РТ80



2 реле струму РТ-81 для виконання струмової відсічки та МСЗ

Схема на реле серії АЛ-3



1 реле струму АЛ-3 для виконання струмової відсічки та МСЗ

Особливості мікропроцесорних пристроїв РЗА

10

- Конструкція цифрових захистів дає можливість випускати їх в уніфікованому виконанні з однотипним програмним забезпеченням.
- Програмне забезпечення дозволяє робити зміни уставок і налаштувань, а також перепрограмування функцій захисту без зміни в схемах пристроїв.
- Вбудований реєстратор аварійних і експлуатаційних подій записує всі повідомлення про роботу пристрою в нормальному й аварійному режимах, а також осцилограми цих подій.

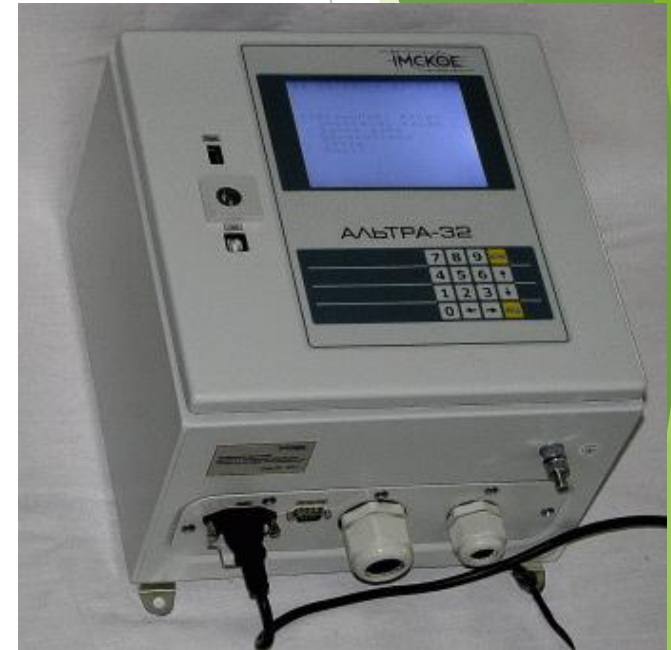


Рисунок 10.1 – Мікропроцесорний пристрій «Альтра32»

Переваги:

- **виконання самодіагностики** і діагностики первинного устаткування;
- **автоматична реєстрація** режимів, подій і аварійних процесів;
- **спрощений розрахунок уставок**, збільшення їх точності і точності вимірювань;
- **низька споживана потужність**;
- **можливість об'єднання** пристроїв РЗА у складі автоматизованої системи управління із забезпеченням дистанційної зміни уставок, віддаленого контролю режиму роботи енергооб'єкту і стану самого пристрою захисту, передачі зареєстрованих аварійних процесів на робоче місце оператора;
- **реалізація нових функцій** і експлуатаційних можливостей (облік ресурсу вимикаючої здатності вимикача, зберігання декількох наборів конфігурації і уставок, відновлення форми кривою струму при насиченні трансформаторів струму).

До основних факторів, що стримують широке впровадження цифрової техніки, можна віднести їх відносно високу ціну, необхідність тримати на кожному енергетичному об'єкті осіб, які займаються експлуатацією мікропроцесорних пристроїв, відповідної комп'ютерної техніки, а також необхідність навчання обслуговуючого персоналу. На сьогодні це є основним недоліком впровадження цифрової техніки.

Модернізація діючих систем релейного захисту

Системи РЗА ЕЕС України завдяки досконалості ідеології їх побудови працюють надійно і стабільно. Проте більшість цих систем, виконаних на електромеханічній і напівпровідниковій елементній базі, виробили термін служби і потребують заміни.

Як правило, введення нових і модернізація діючих систем РЗА виконуються на базі цифрових пристроїв РЗА. Широка номенклатура впроваджуваних цифрових пристроїв РЗА вітчизняних і зарубіжних виробників і безперервне вдосконалення апаратури РЗА робить неможливою орієнтацію на застосування типових рішень.

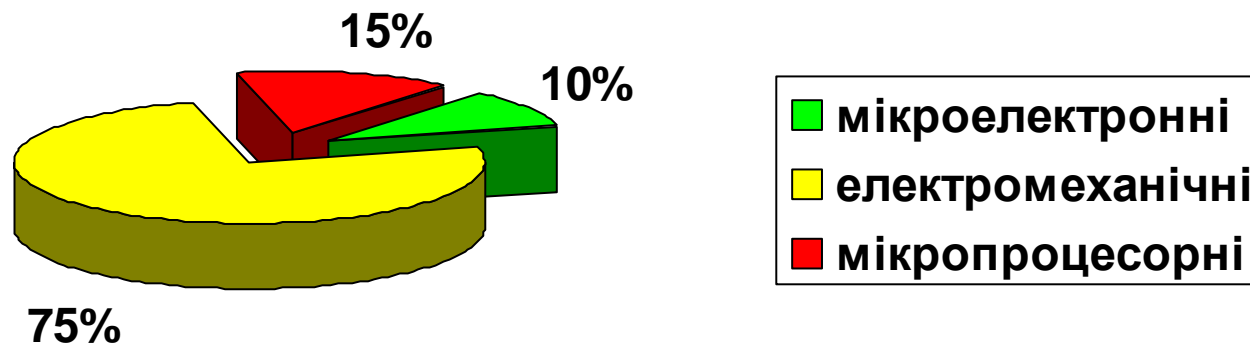


Рисунок 12.1 – Рівень технічного оснащення пристроями РЗА

Фрагмент головної схеми електричних з'єднань ПС

РП-10 кВ виконано за схемою одна секціонована система збірних шин

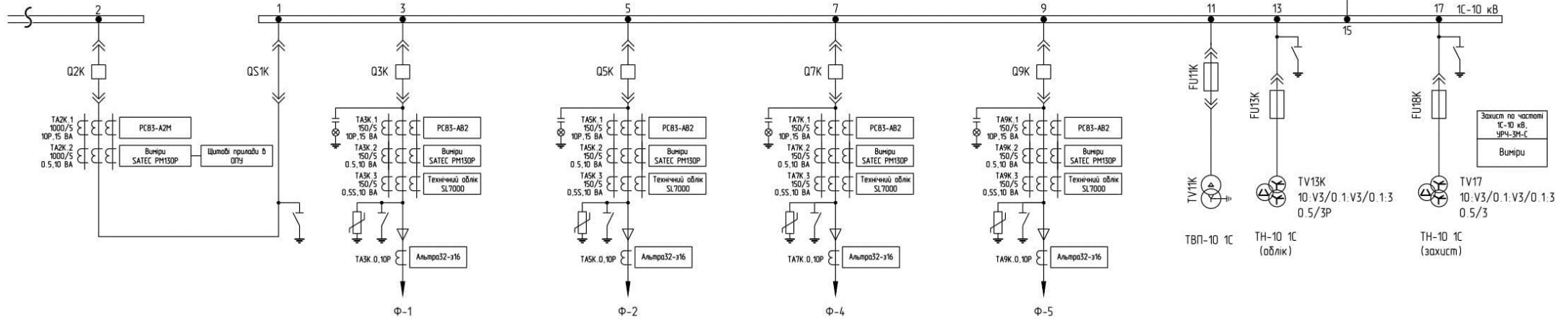
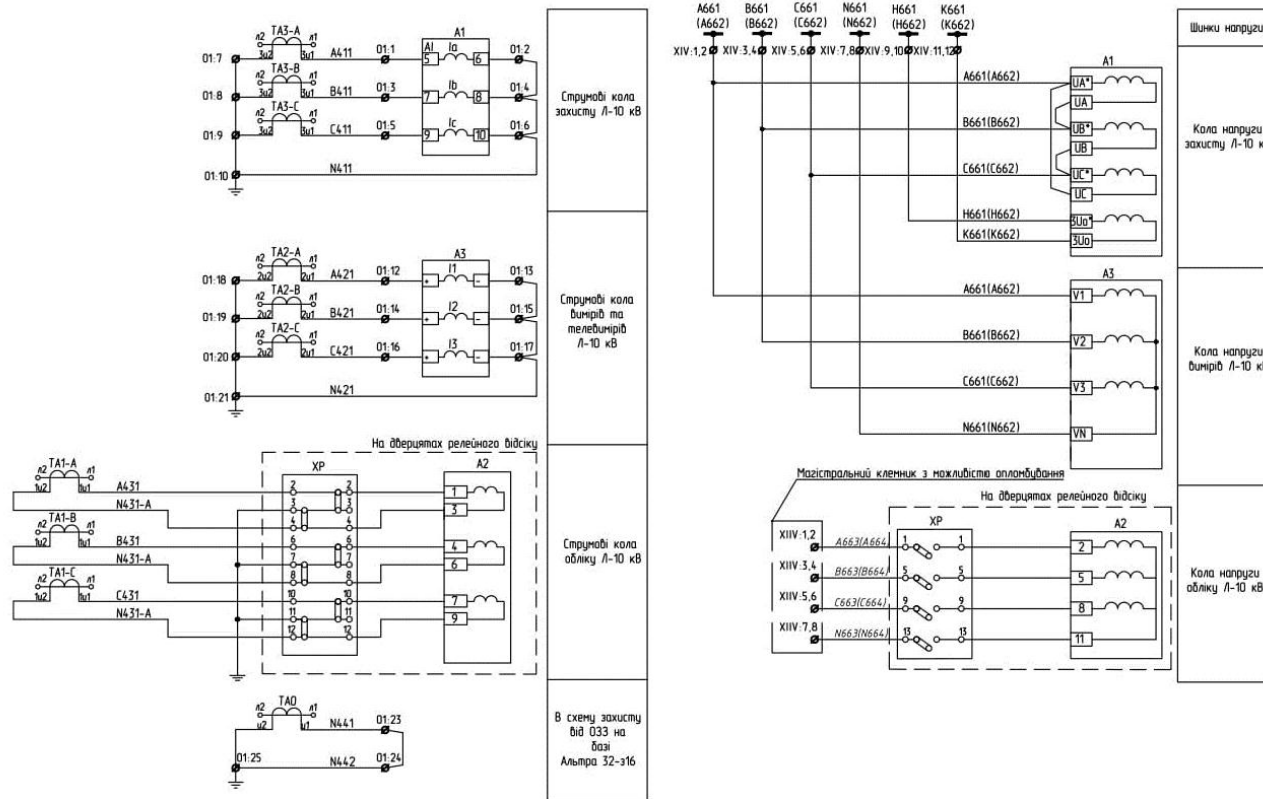
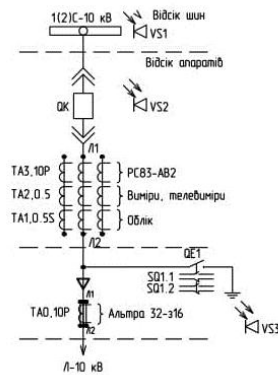


Схема підключення вторинних кіл ТН та ТС до РС83-АВ2



Висновок

В даній роботі було спроектовано розвиток електричної мережі 110/35/10 кВ ПАТ “Вінницяобленерго”.

До існуючої схеми було підключено 4 додаткових навантаження (401, 402, 403 та 404). Для спроектованої мережі було проведено розрахунок максимального, мінімального та післяаварійного режимів роботи.

Також було розглянуто питання застосування мікропроцесорного релейного захисту для підвищення надійності електропостачання, так як мікропроцесорні пристрої релейного захисту є гідною заміною застарілим електромеханічним та мікроелектронним засобам РЗА.

Мікропроцесорні пристрої РЗА не змінюють принципів релейного захисту та протиаварійної автоматики, але вони значно розширюють функціональні можливості, скорочують кількість реле, спрощують обслуговування і в кінцевому рахунку знижують її вартість.

Напрямок усіх електроенергетичних компаній направлений на технічне переозброєння, реконструкцію та модернізацію існуючих систем РЗА на сучасні більш функціональні МП РЗА.

А також в роботі розв’язано питання забезпечення безпеки праці персоналу, що встановлює і обслуговує обладнання на підстанції.

Дякую за увагу!

