Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

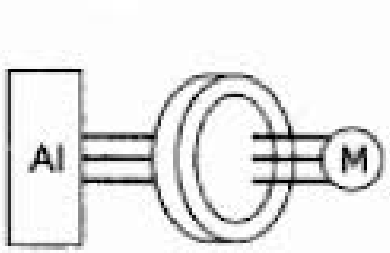
«МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ»

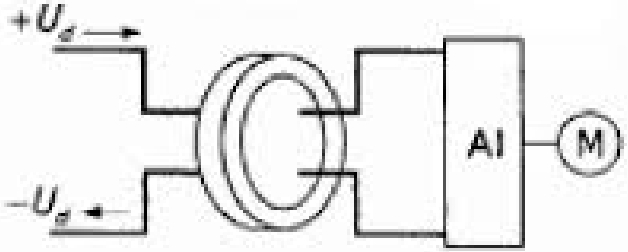
Виконав: студент 2 курсу, групи ЕПА-24м
Олександр ОГОРОДНИК

Керівник: к.т.н., доцент
Микола МОШНОРІЗ

МОНІТОРИНГ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ



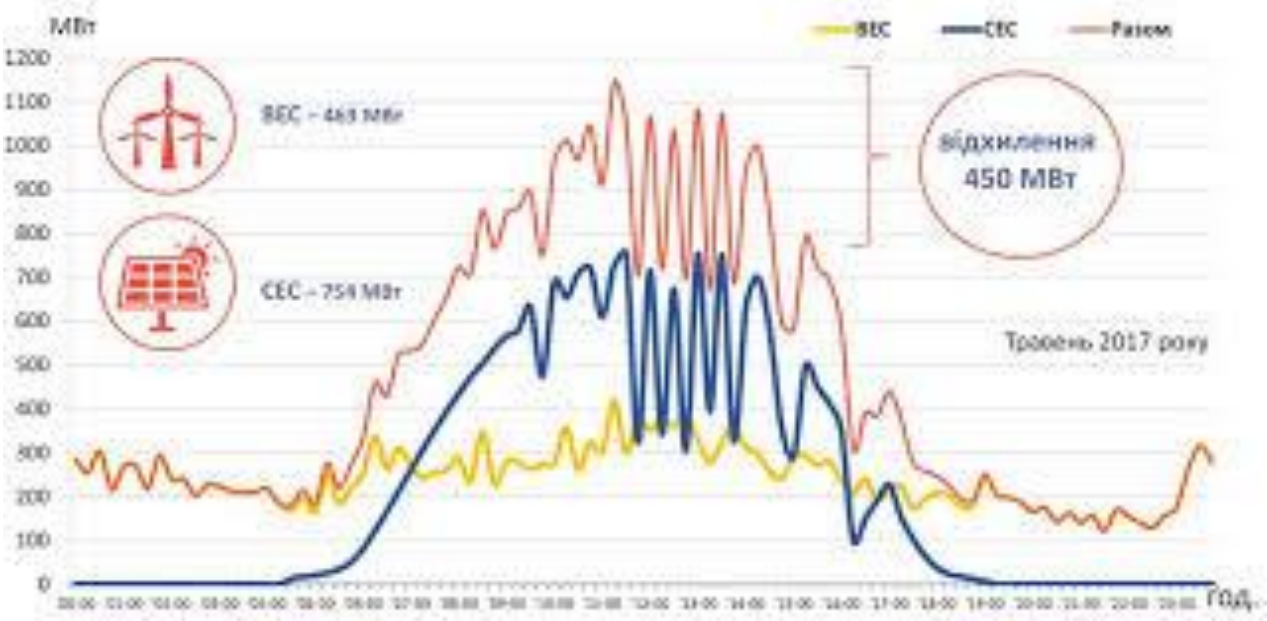




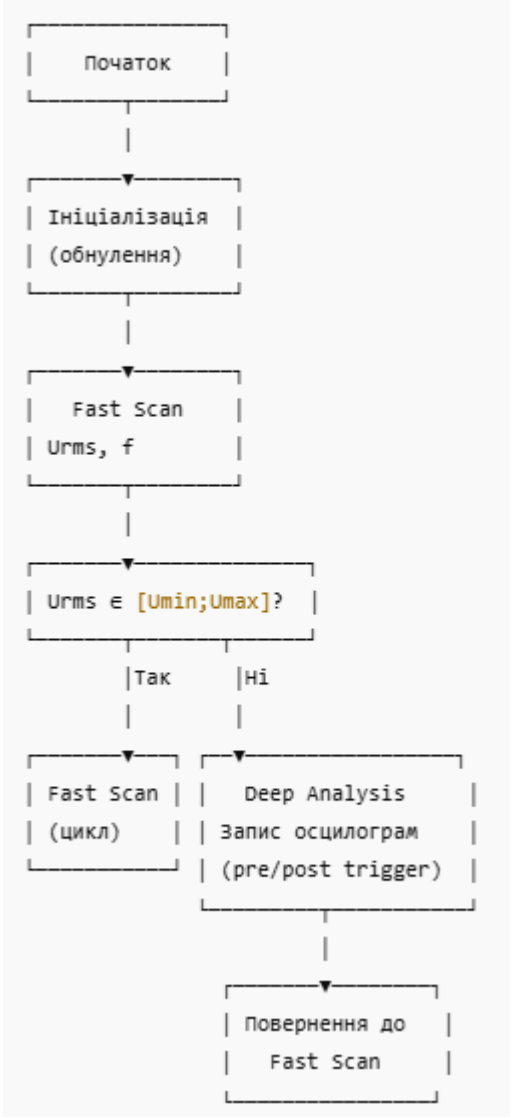


Чотириканальний прилад контролю параметрів електромережі ПКПМ-4с (ІННОВІНТЕПРОМ)

Компактні трифазні трансформатори струму ТСТ (ІННОВІНТЕПРОМ)



ПІДХІД ДО МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ



Підхід до моніторингу параметрів живлення

Для оцінки енергоефективності ЕМС використовується функція порівняння фактичної електричної та розрахункової механічної потужностей.

Фактична електрична потужність, споживана системою, обчислюється в режимі реального часу за виміряними значеннями напруги u(t) та струму i(t):

$$P_{\text{ел}} = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)i(t)dt$$

де T — період вимірювання (зазвичай 1 або декілька періодів основної частоти).

Механічна потужність, що видається обладнанням, визначається за допомогою додаткових сенсорів:

$$P_{\text{мех}} = M \cdot \omega$$

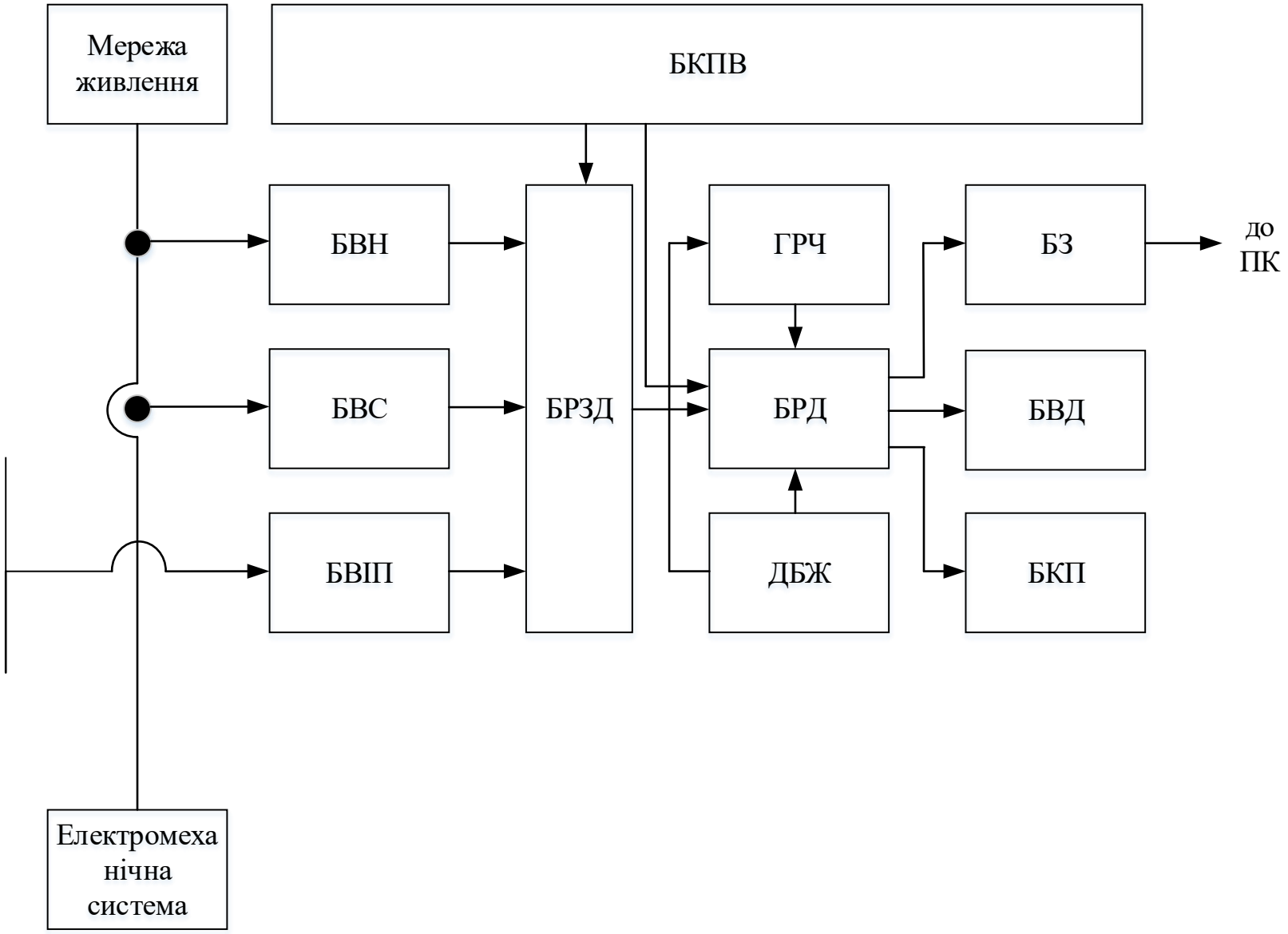
де: M — обертальний момент на валу, вимірюється тензометричними датчиками або оцінюється за струмом якоря (для DC-машин) чи вектором струму (для AC-машин).

ω — кутова швидкість обертання валу, вимірюється енкодером або тахогенератором.

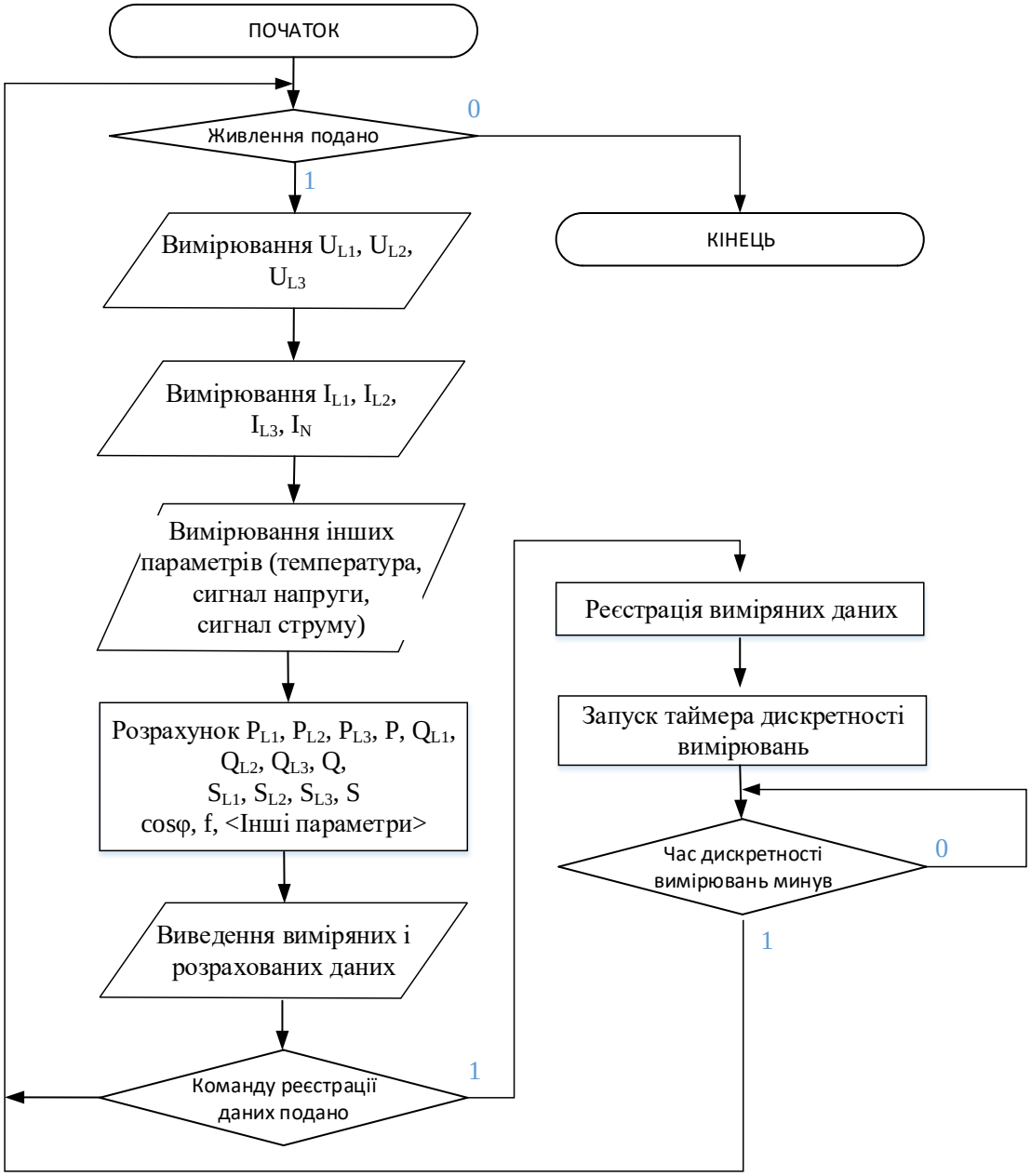
Коефіцієнт корисної дії системи (η) обчислюється шляхом порівняння отриманих потужностей:

$$\eta = \frac{P_{\text{мех}}}{P_{\text{ел}}} \cdot 100\%$$

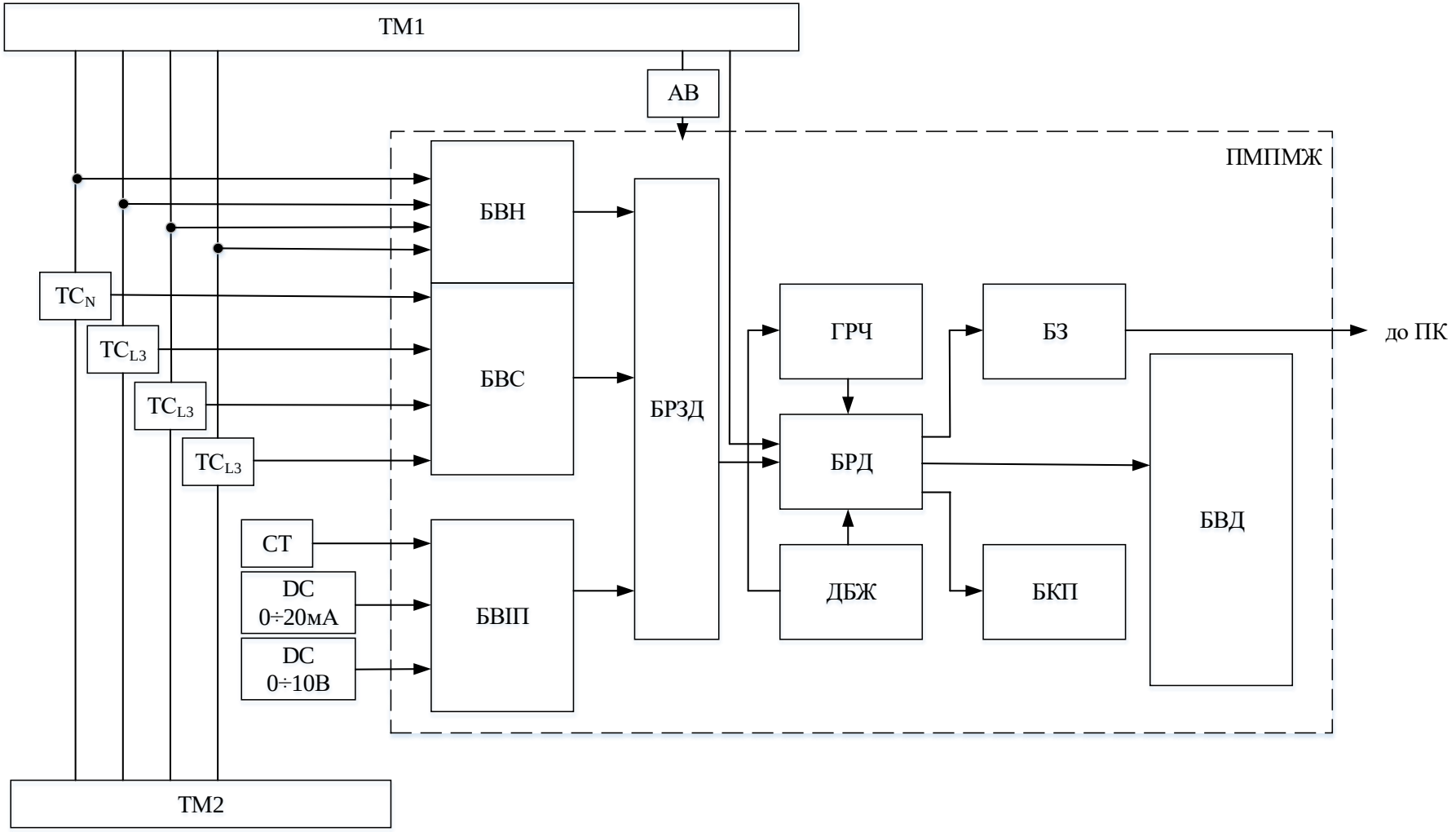
Функціональна схема мікропроцесорної системи моніторингу параметрів електричної мережі



Алгоритм роботи системи моніторингу



Структурна схема системи моніторингу



Вибір елементної бази для системи моніторингу

google.com/search?q=найбільш+популярний+аналізато...

Рекомендуемые уз... Імпортовано Gmail YouTube Карти Новини

найбільш популярний аналізатор параметрів

Режим ИИ | Все | Картинки | Покупки | Видео | Короткие видео | Новости | Ещё

Обзор от ИИ

Найбільш популярні аналізатори параметрів мережі залежать від потреб (стаціонарні чи портативні), але бренди як **SATEC (напр., PM175)**, **Metrel (напр., MI 2892 Power Master)**, **F&F (напр., DMM-5T-2)** та **Sonel (напр., PQM-700UA)** є провідними, пропонуючи точний моніторинг, відповідність стандартам якості (ДСТУ EN 50160) та розширені функції, як-от реєстрація перехідних процесів і дистанційне керування через Modbus, Ethernet, Wi-Fi, що робить їх незамінними для енергоменеджменту та промисловості.

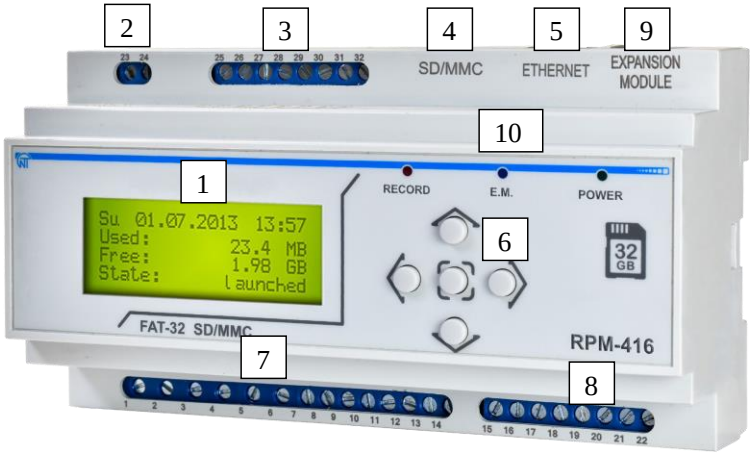
Популярні моделі та бренди:

- **SATEC (PM175)**: Популярний для моніторингу в мережах низької та середньої напруги, відповідає стандартам ДСТУ OIML D11, EN 62052-11, EN 62053-22.
- **Metrel (MI 2892 Power Master)**: Сертифікований клас A (IEC 61000-4-30), ідеальний для енергоменеджменту, фіксує понад 600 параметрів та перехідні процеси, має розширені можливості зв'язку (LAN, GSM, WiFi).
- **F&F (DMM-5T-2)**: Багатофункціональний щитовий аналізатор, зручний для дистанційного моніторингу завдяки Modbus RTU.
- **Sonel (PQM-700UA)**: Розроблений для складних умов, стійкий до електромагнітних полів (IP65), має внутрішній акумулятор та підігрів, підходить для роботи просто неба.



Зовнішній вигляд аналізатора якості електричної енергії SATEC PM175

Вибір елементної бази для системи моніторингу



Зовнішній вигляд мікропроцесорного реєстратора електричних параметрів RPM-416 ТОВ «НОВАТЕК-ЕЛЕКТРО»

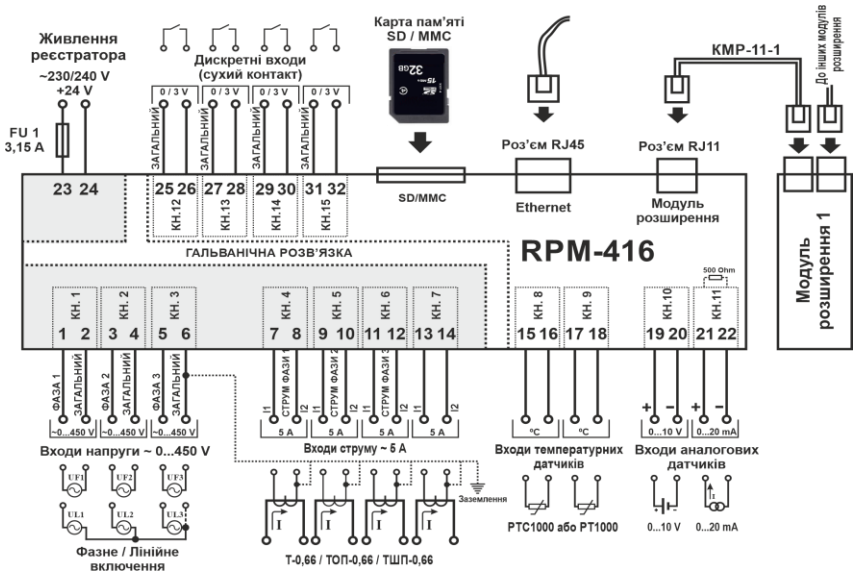


Схема електричних приєднань RPM-416

Параметри мікропроцесорного реєстратора електричних параметрів RPM-416 ТОВ «НОВАТЕК-ЕЛЕКТРО»

Назва	**Значення**
Номінальна напруга живлення	230/240 V (~)
Напруга, при якій зберігається працездатність	24 – 265 V ~ / ⎓
Частота мережі живлення	45 – 65 Hz
Споживана потужність (від мережі ~230 V)	≤ 6,0 W
Споживана потужність (від джерела живлення +24 V)	≤ 2,2 W
Період запису даних на карту пам'яті	0,001 – 3600 s
Зовнішній накопичувач (карта пам'яті)	SD(v1.0, v1.1) / SDHC, Class 4, 6, 10
Максимальна ємність зовнішнього накопичувача	32 GB
Підтримувані файлові системи зовнішнього накопичувача	12, 16, 32 FAT
Мінімальний розмір файлу даних	32 KB
Максимальний розмір файлу даних	512 MB
Розмір одного блоку записуваних даних (20 параметрів)	88 byte
Похибка ходу годинника, при температурі 25 °C	не гірше 1 s/day
Зв'язок з Ethernet або ПК	10Base-T / 100Base-T
Modbus TCP	є
Web-інтерфейс	є
FTP	є
Призначення виробу	Пристрої цифрової індикації
Номінальний режим роботи	Тривалий
Ступінь захисту виробу (корпус / клемник)	IP40 / IP20
Клас захисту від ураження електричним струмом	II
Кліматичне виконання	УХЛ 3.1
Допустима ступінь забруднення	II
Категорія перенапруги	II
Номінальна напруга ізоляції	450 V
Номінальна імпульсна витримувана напруга	2,5 kV
Переріз проводів для підключення до клем	0,2 – 2,5 mm²
Момент затягування гвинтів клем	0,4 N*m
Маса	≤ 0,5 kg
Габаритні розміри (рис. 1.1), H*B*L	91x157x56,3 mm
Монтаж виробу – стандартна DIN-рейка 35 mm	

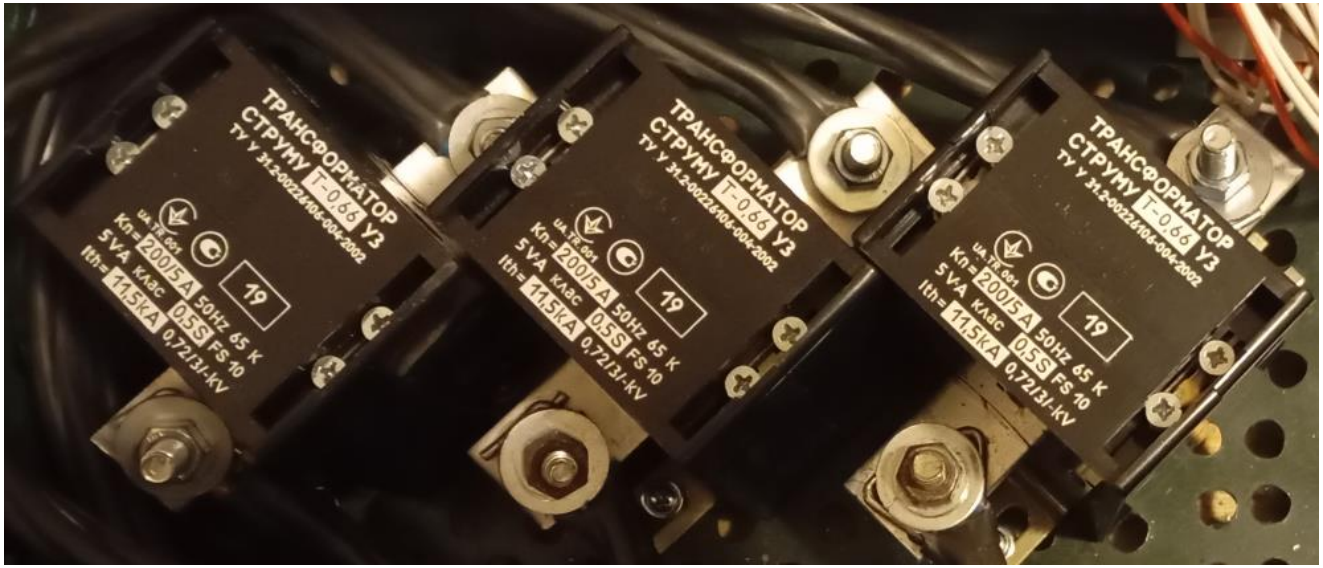
Вибір елементної бази для системи моніторингу



Зовнішній вигляд клемного затискача

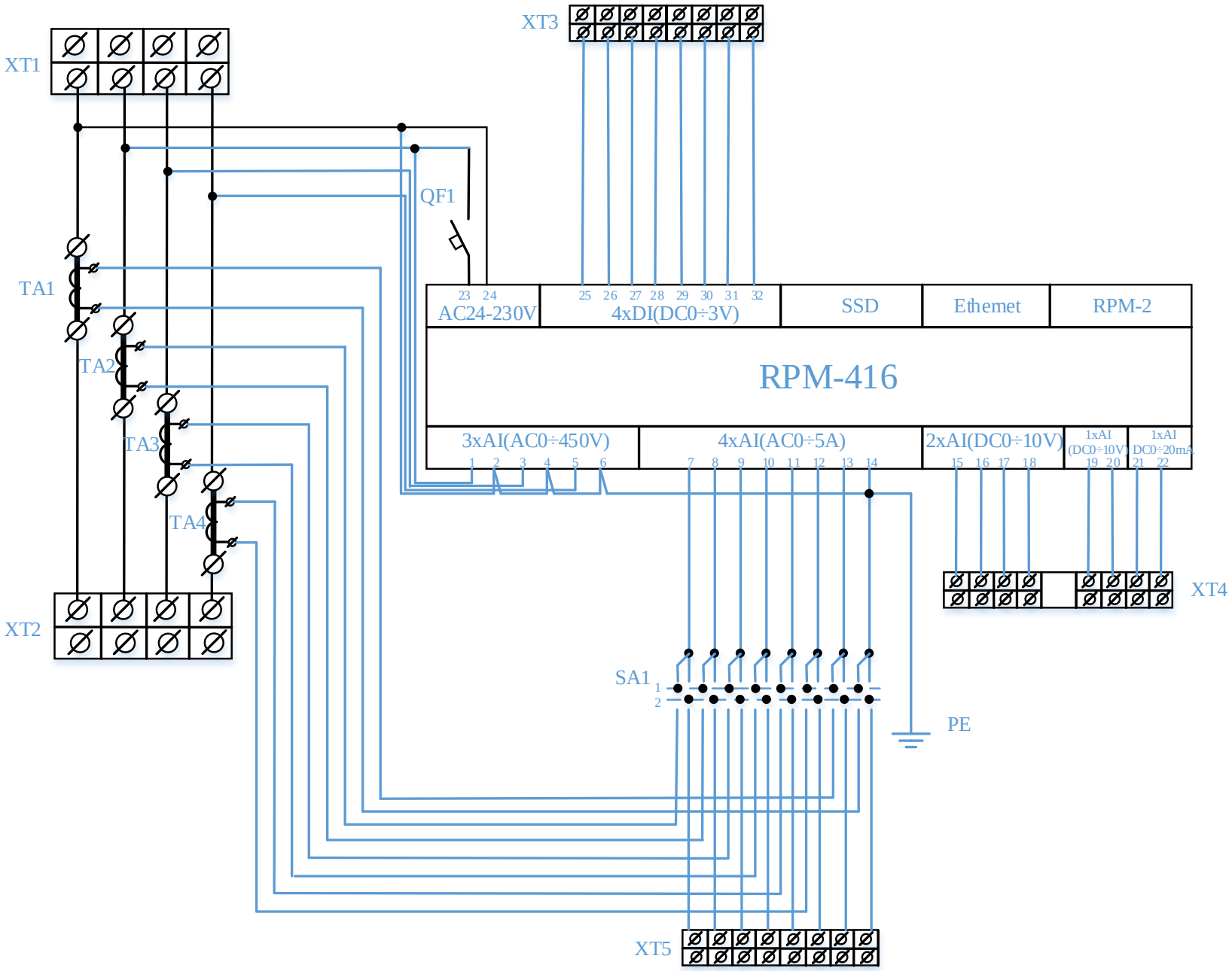


Зовнішній вигляд перемикача ПГК-3П3Н



Зовнішній вигляд трансформаторів струму фазних провідників

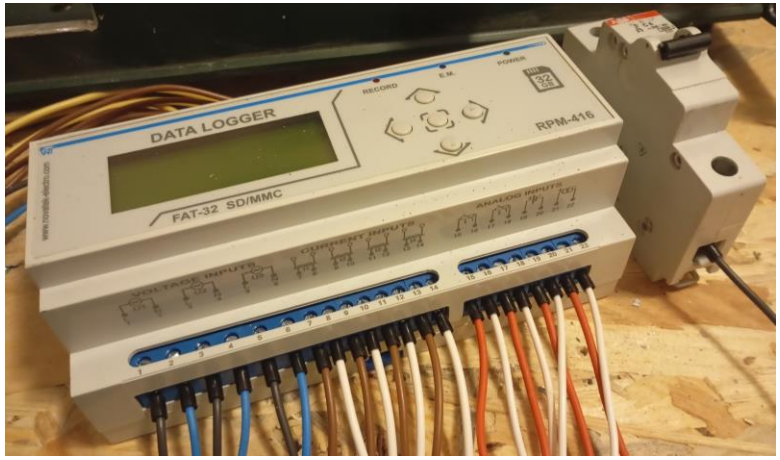
Електрична схема системи моніторингу



ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

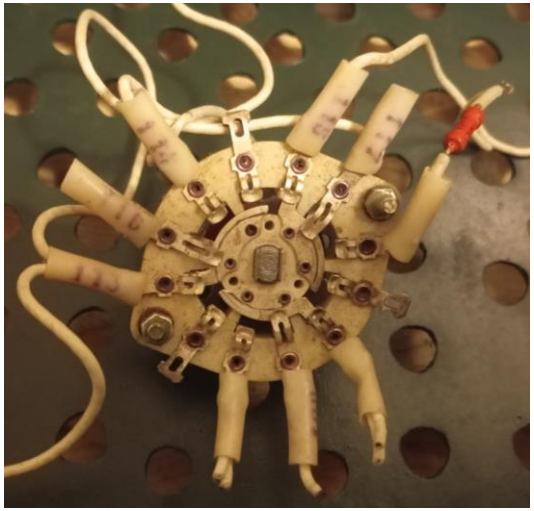


Зовнішній вигляд корпусу для монтажу системи моніторингу



Пристрій реєстрації параметрів мережі та автоматичний вимикач з приєднаними провідниками



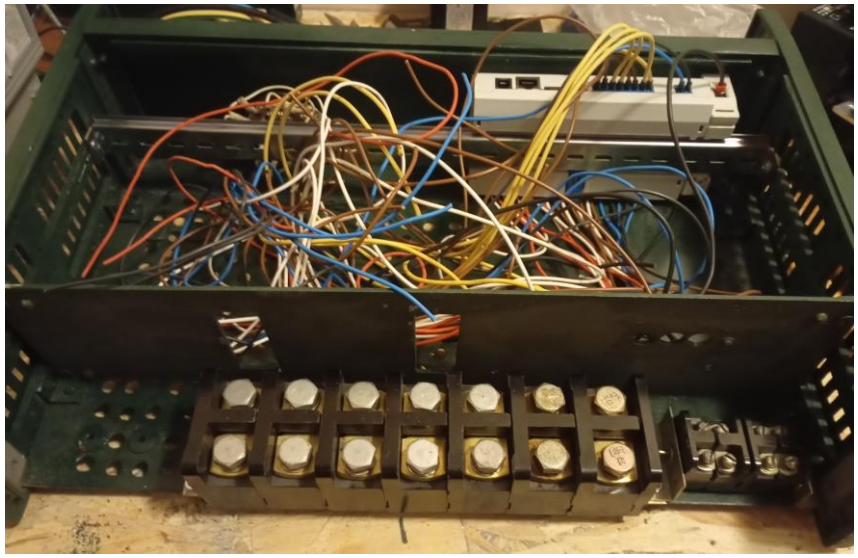


Встановлення перемикача трансформаторів струму

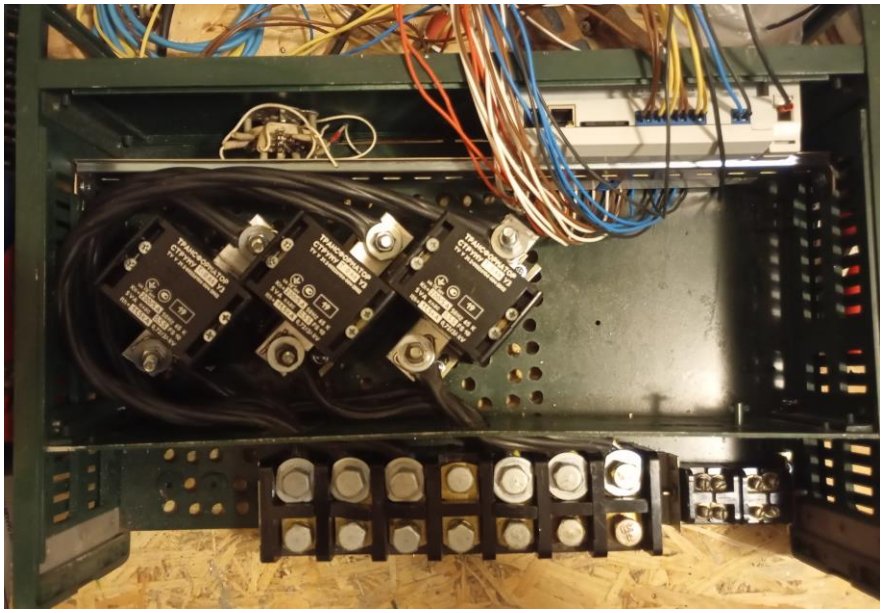


Пристрій RPM-416 та автоматичний вимикач (монтаж)

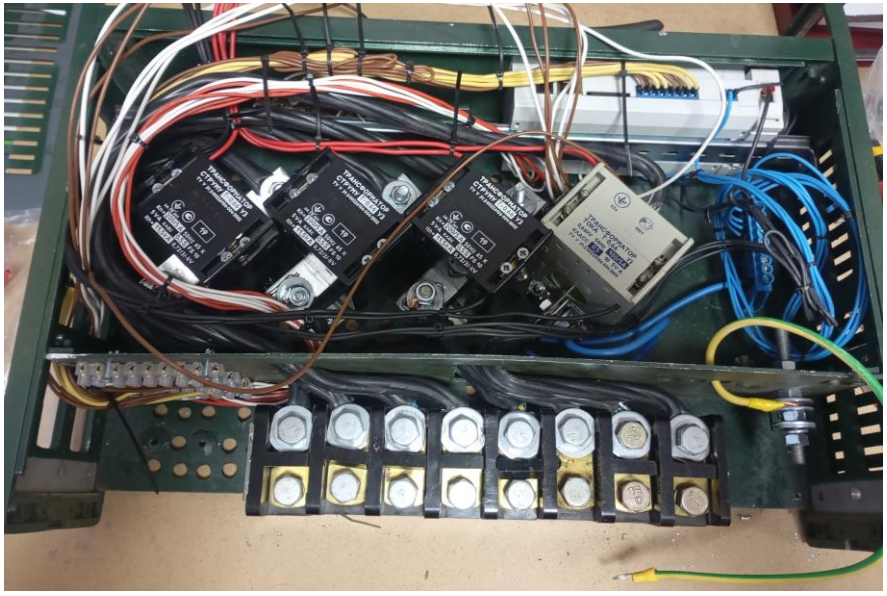
ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ



Зовнішній вигляд монтажного корпусу зі встановленими клемними затискачами



Фотографія змонтованих трансформаторів струму та приєднаних до них провідкиків

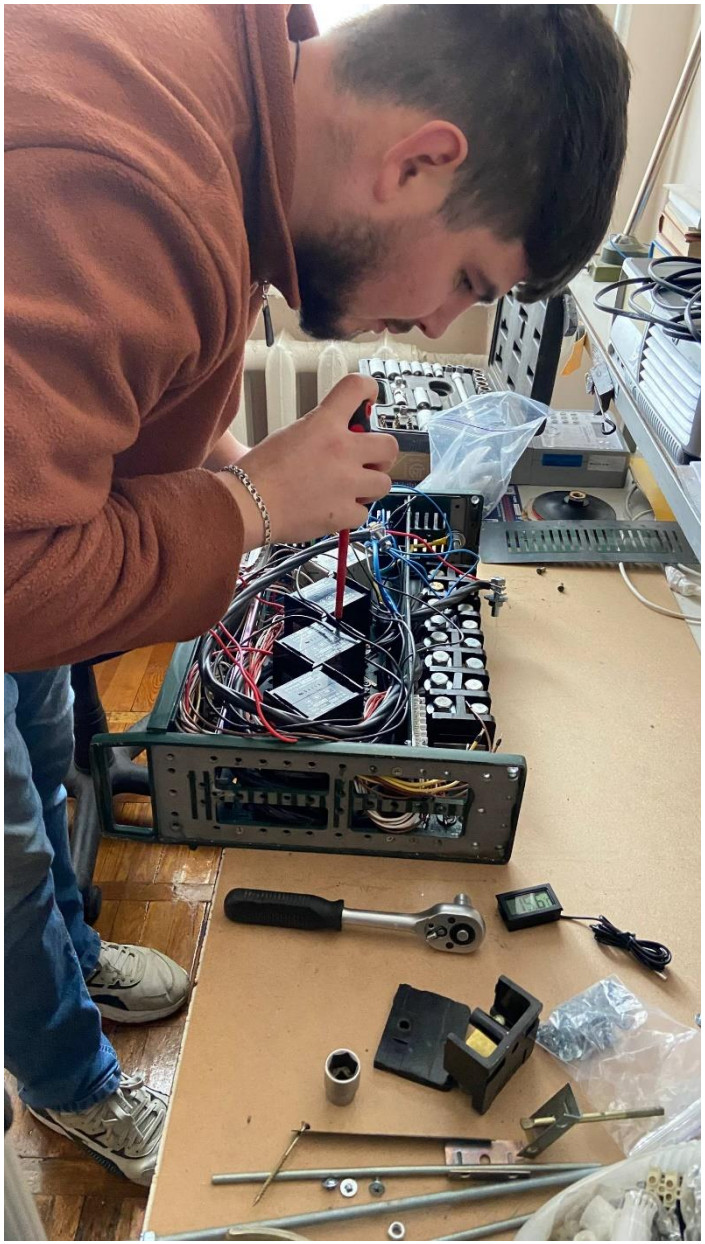


Процес розключення пристрою моніторингу

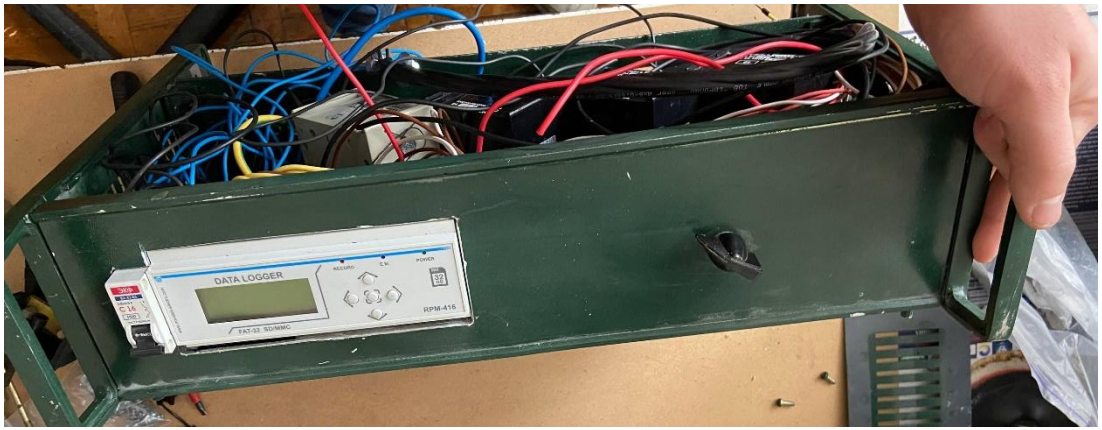


овнішній вигляд зібраного пристрою системи моніторингу параметрів мережі

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ







ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Визначення кошторису витрат для нового і старого варіантів

№ п/п	Найменування	Кіл.	Ціна за одиницю	Вартість	
				базова	нова
1	Реєстратор / Аналізатор	1		72800,0	16870,0
2	Трансформатори струму	4	1080	0,0	4320,0
3	Клемний затискач 8р на струму 160А	8	366	0,0	2928,0
4	Допоміжні матеріали (провідники, скоби, інструмент)			0,0	1687,0
5	Вартість обладнання			72800,0	25805,0
6	Транспортні витрати (7%)			5096,0	1806,4
7	Вартість всього			77896,0	27611,4
8	Монтажні роботи (10%)			7789,6	13805,7
9	Капітальні вкладення всього			85685,6	41417,0

З таблиці видно, що капіталовкладення для базового варіанту реалізації становлять Кб = 85685,6грн, а для нового – Кн = 41417,0грн.

Розрахуємо термін зрівняння за формулою терміну окупності обладнання при позитивній ефективності:

$$T_{ЗР} = \frac{K_Н - K_Б}{З_{ЕФ}},$$

$$T_{ЗР} = \frac{41417 - 85686}{-10578} = 4{,}18 \text{ (роки)}.$$

Така тривалість вказує на те, що через 4,18 років запропонований у роботі пристрій зрівняється у загальних матеріальних затратах на його реалізацію та експлуатацію з базовим варіантом. Цей термін є значним і слід взяти до уваги, що він розрахований, виходячи з того, що запропонована система буде працювати цілий рік протягом однієї зміни з тривалістю увімкнення 100%. В реальності реєстрація даних відбуватиметься періодично протягом дня-тижня часу, тому тривалість її зрівняння у загальних матеріальних затратах буде ще більшою. Отже, можна зробити висновок, що запропоноване у роботі рішення до побудови систем моніторингу параметрів електричної мережі дозволяє отримати задовільні параметри якості вимірювань за менші кошти капітальних затрат. Різниця у реалізації такої системи порівняно з відомими закордонними аналогами становить:

$$\Delta K = K_Б - K_Н,$$

$$\Delta K = 85686 - 41417 = 44269 \text{ (грн/рік)}.$$

Річний економічний ефект в такому випадку буде позитивним:

$$EE = (З_{ЕБ} - З_{ЕН}) - E_Н \cdot (K_Н - K_Б),$$

$$EE = (994349 - 1004927) - 0{,}2 \cdot (41417 - 85686) =$$

$$= 19432 \text{ (грн)}.$$

ВИСНОВКИ

Отримав подальний розвиток підхід до реєстрації електричної мережі, який на відміну від відомих дозволить виконувати збір інформації про такі важливі параметри електромеханічної системи, як температура та механічний потужність, що дозволяє прискорити процес встановлення аномальних параметрів живлення і досягти підвищення рівня надійності роботи обладнання.

Розроблений підхід до моніторингу параметрів електричної мережі, доповнений функцією оцінки ККД, являє собою ефективний інструмент підвищення надійності та енергоефективності електромеханічних систем. Перехід від тотального запису до моніторингу, заснованого на подіях, у поєднанні з діагностикою ефективності, дозволяє промисловим підприємствам оптимізувати свої експлуатаційні витрати та реалізувати сучасні стратегії керування активами на основі фактичного технічного стану.

Розроблено пристрій моніторингу параметрів електричної мережі, який дозволяє виконувати збір інформації про всі важливі електричні параметри споживача з можливістю подальшого аналізу та обробки результатів вимірювання. Це дозволяє виявляти ділянки роботи споживача з перевантаженням або недопустимими параметрами живлення.

Основні результати роботи прийнято до програми міжнародної конференції і очікується публікація тез доповідей: «Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)». Секція "Електроенергетика та електромеханіка". Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця».