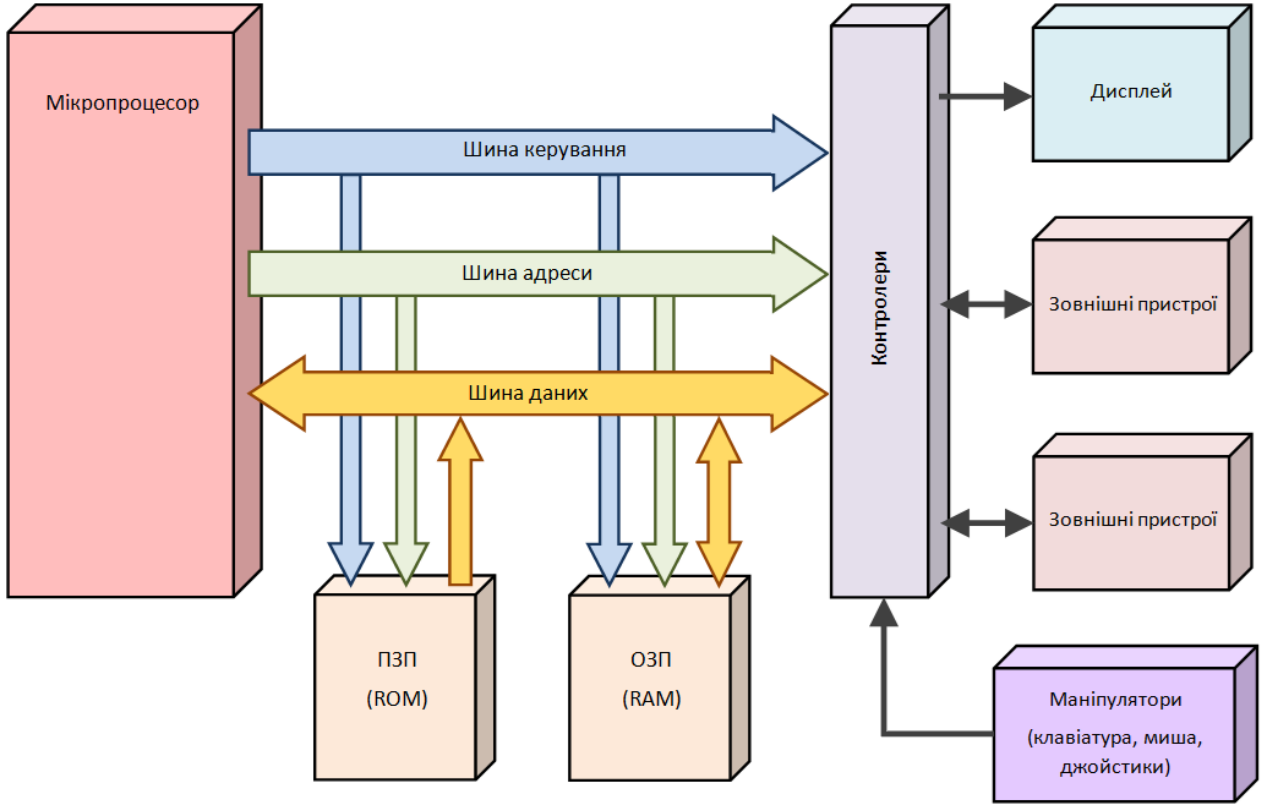
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

«МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВІД АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ»

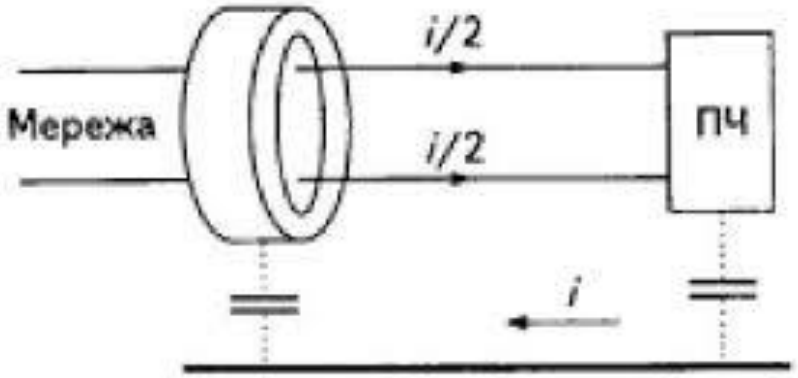
Виконав: студент 2 курсу, групи ЕПА-24м
Спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньої програми – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»
Ілля БРІГІЛЕВИЧ
Керівник к.т.н., доц. кафедри КЕМСК
Микола МОШНОРІЗ

Загальні відомості

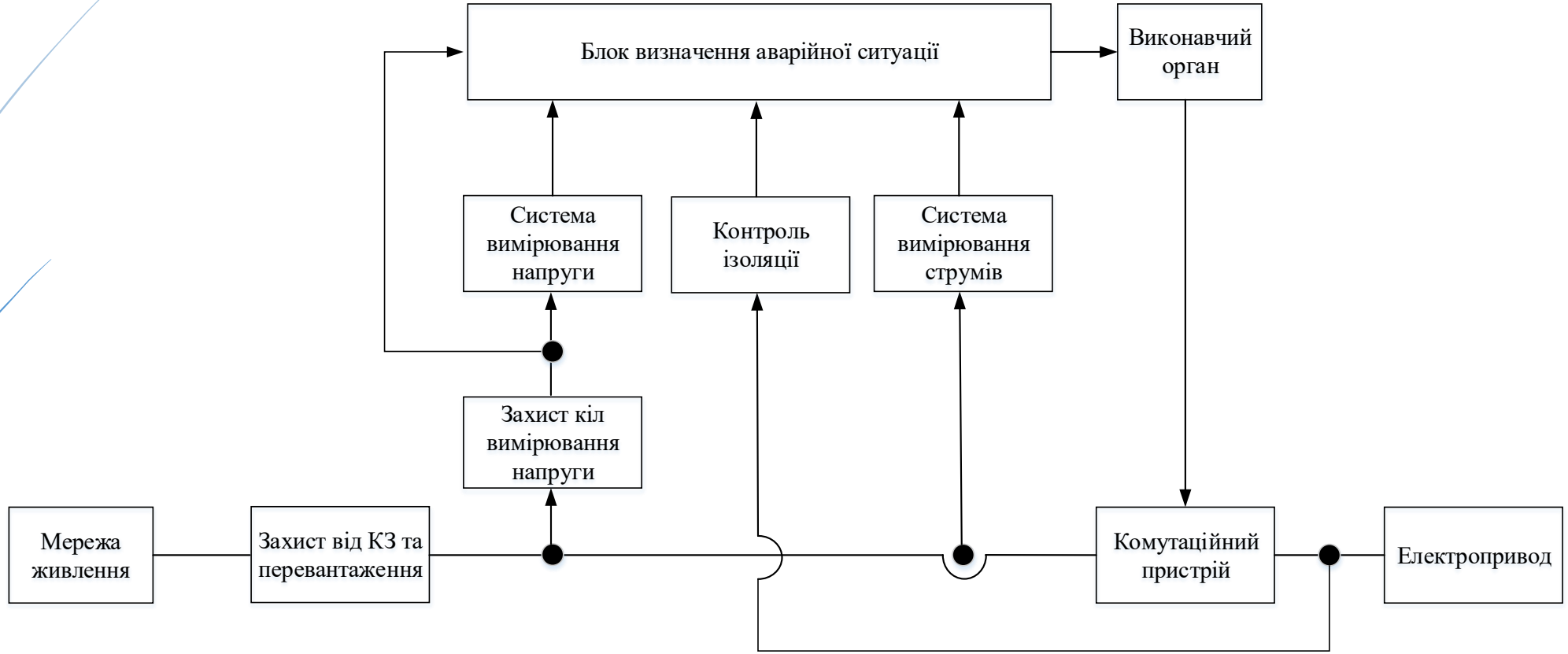


Загальна структура

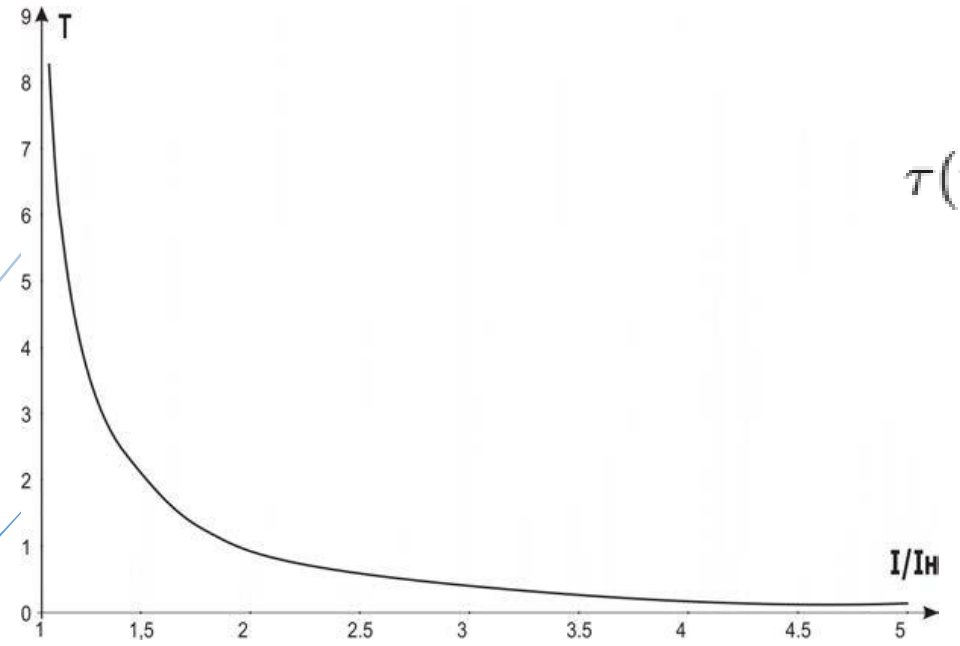
Принцип діагностування



Функціональна схема



Тепловий захист



Струмо-часова характеристика

$$\tau(t) = \tau_{\text{уст}} \cdot (1 - e^{-t/T_{\text{нагр}}}) + \tau_{\text{поч}} \cdot e^{-t/T_{\text{нагр}}}$$

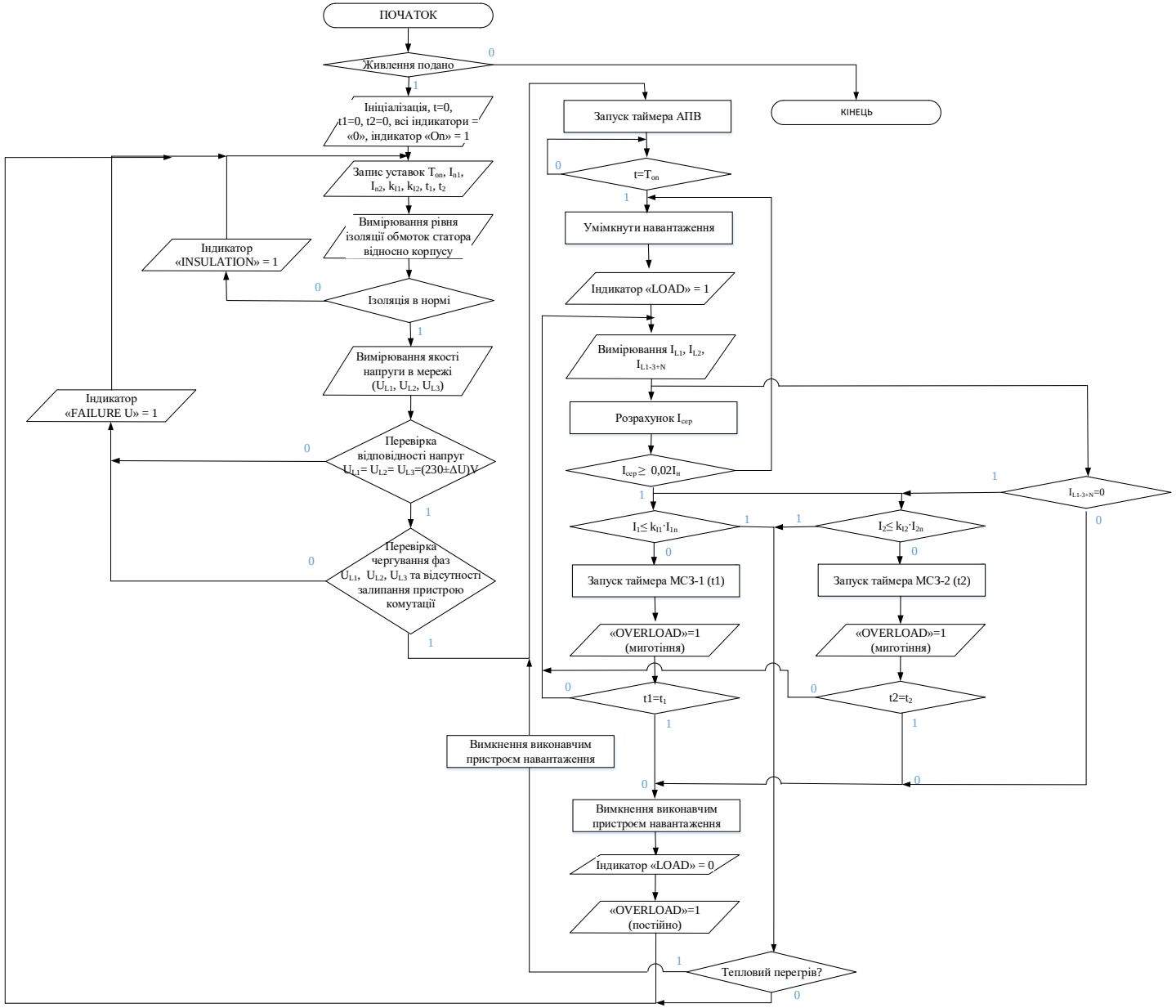
Рівняння визначення температури двигуна опосередкованим способом

Значення кратності струму і сталої часу нагріву та охолодження базової серії двигунів, отримані експериментальним шляхом

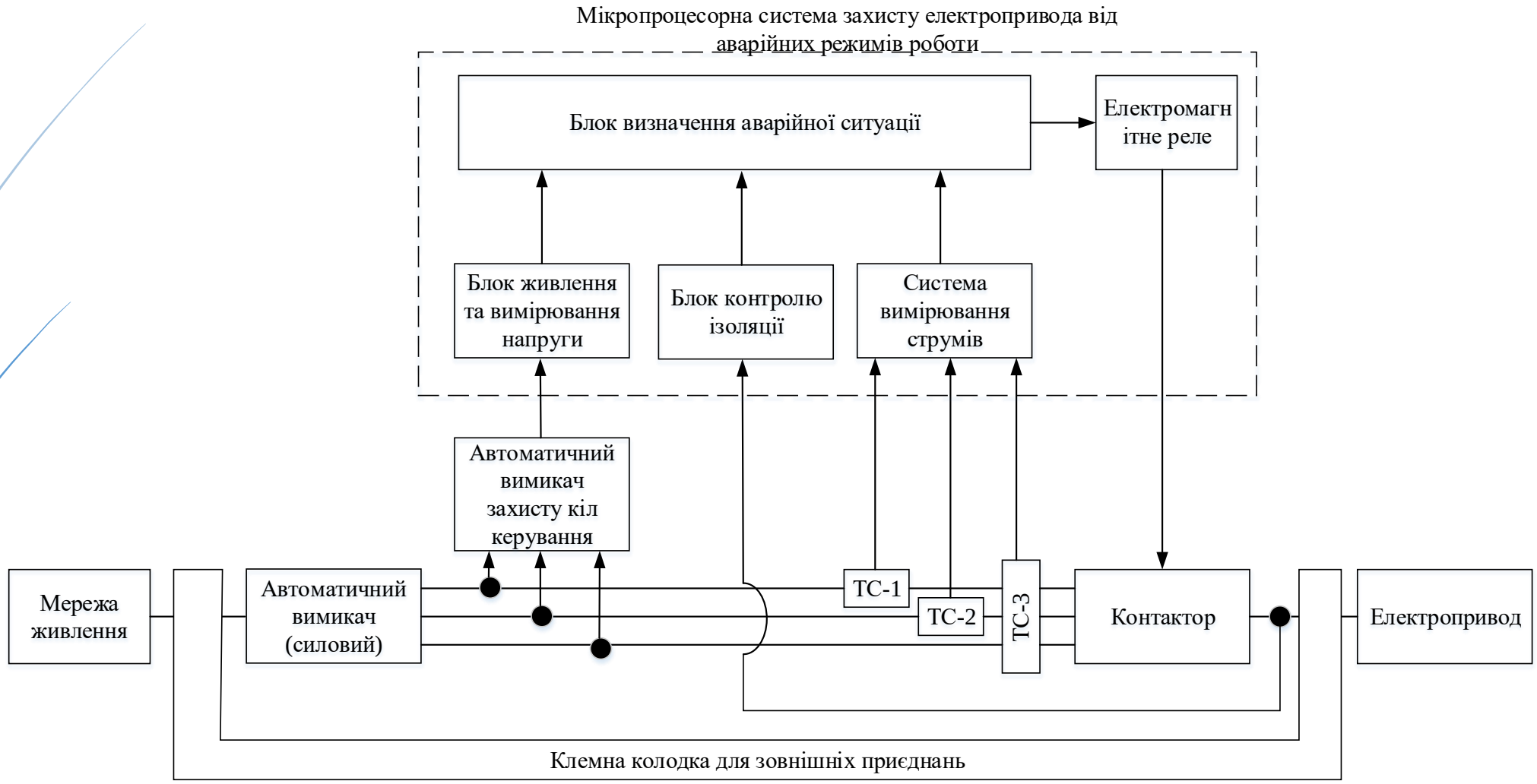
I/Iном	1,1	1,2	1,4	1,7	2	2,7	3
Tc	365	247	148	88,6	60	36.4	24.6

I/Iном	4	5	6	7	8	10	15
Tc	13.5	8,5	5,9	4,3	3,3	2,1	0,9

Алгоритм роботи системи захисту електропривода від аварійних режимів роботи



Структурна схема мікропроцесорної системи захисту електропривода від аварійних режимів роботи



Вибір елементної бази

Порівняльна характеристика пристроїв захисту електропривода від аварійних режимів роботи

Назва пристрою	Фото пристрою	Переваги	Недоліки
БЗУ-2-10-Т		1. Інтеграція в системи автоматичного комерційного обліку. 2. Можливість віддаленого моніторингу та керування. 3. Вітчизняне виробництво. 4. Точність вимірювання.	1. Ціна вище 30тис.грн. 2. Призначений в основному для мереж високовольтних 6-10кВ. 3. Необхідність придбання додатково вимірювальних трансформаторів струму та напруги в разі потреби.
UBZ-301-01 (5-50А)		1. Можливість контролю специфічних параметрів електропривода таких як опір ізоляції обмоток, перегрів тощо 2. Ціна 4615грн. 3. Вітчизняне виробництво. 4. Точність вимірювання. 5. В комплекті трансформатори струму тороїдного типу.	1. Неможливість віддаленого моніторингу параметрів та керування електроприводом. 2. Відсутність сертифікації для реалізації захисних функцій комерційного обліку.
E.CONTROL. M02		1. Ціна до 2000грн. 2. Компактність.	1. Неможливість моніторингу та керування. 2. Суттєво обмежений функціонал захистів.



Зовнішній вигляд клемного затискача на струм 50А



Зовнішній вигляд ВА88-33



Зовнішній вигляд вимикача ABB C10 3p



Зовнішній вигляд обраних трансформаторів струму

Розрахунок силового кабелю живлення генератора

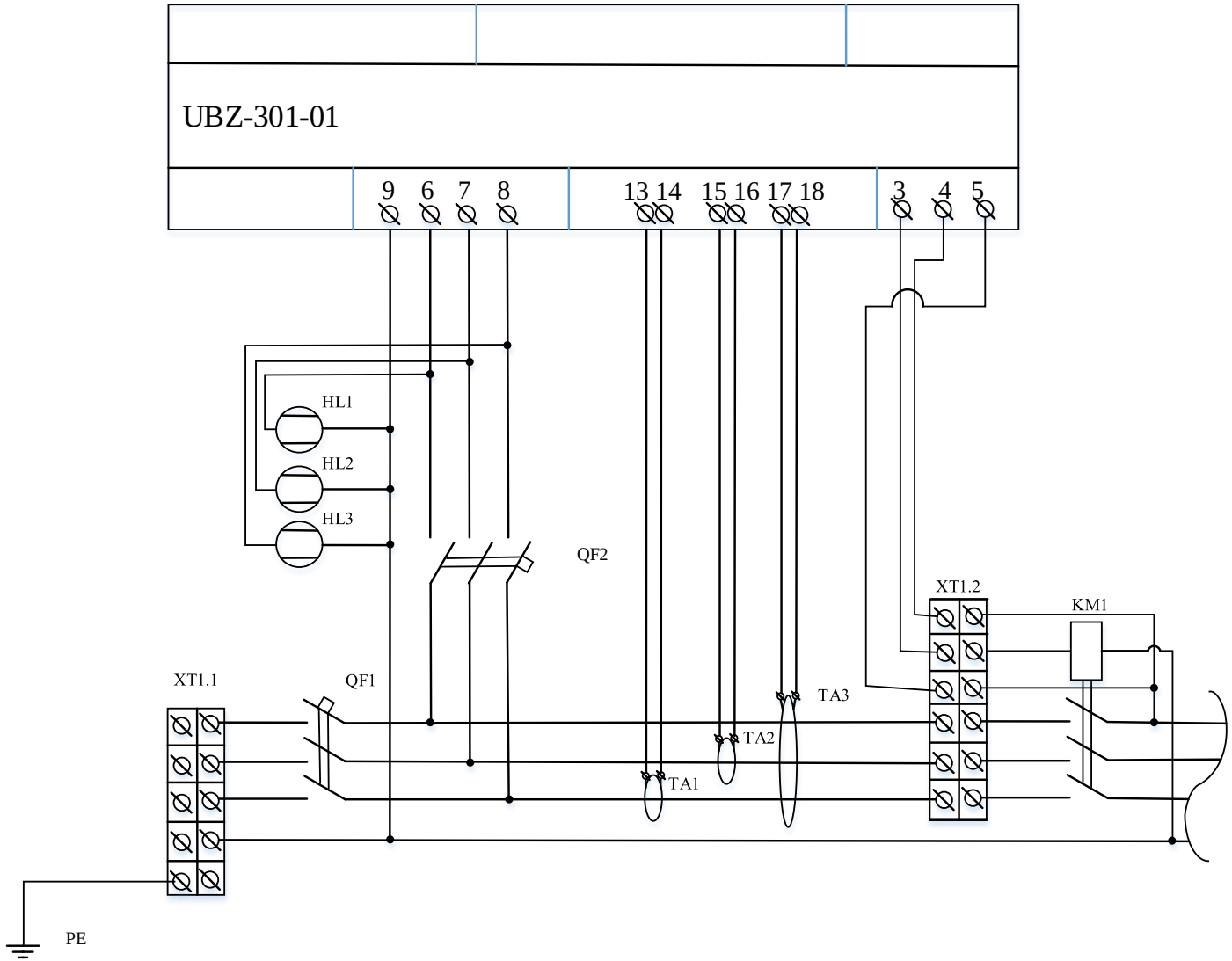
Позначення	Переріз, мм.кв.	Матеріал жили	Довжина, м	Напруга, кВ	Потужність,	Коефіцієнт потужності	Активний опір, Ом/м	Індуктивний опір, Ом/м	Струм, А	Втрати напруги, В	Втрати напруги, %
ПВС-5х	16	Мідь	10	0,4	30	0,960	0,0011	0,00033	45,11	0,89	0,22



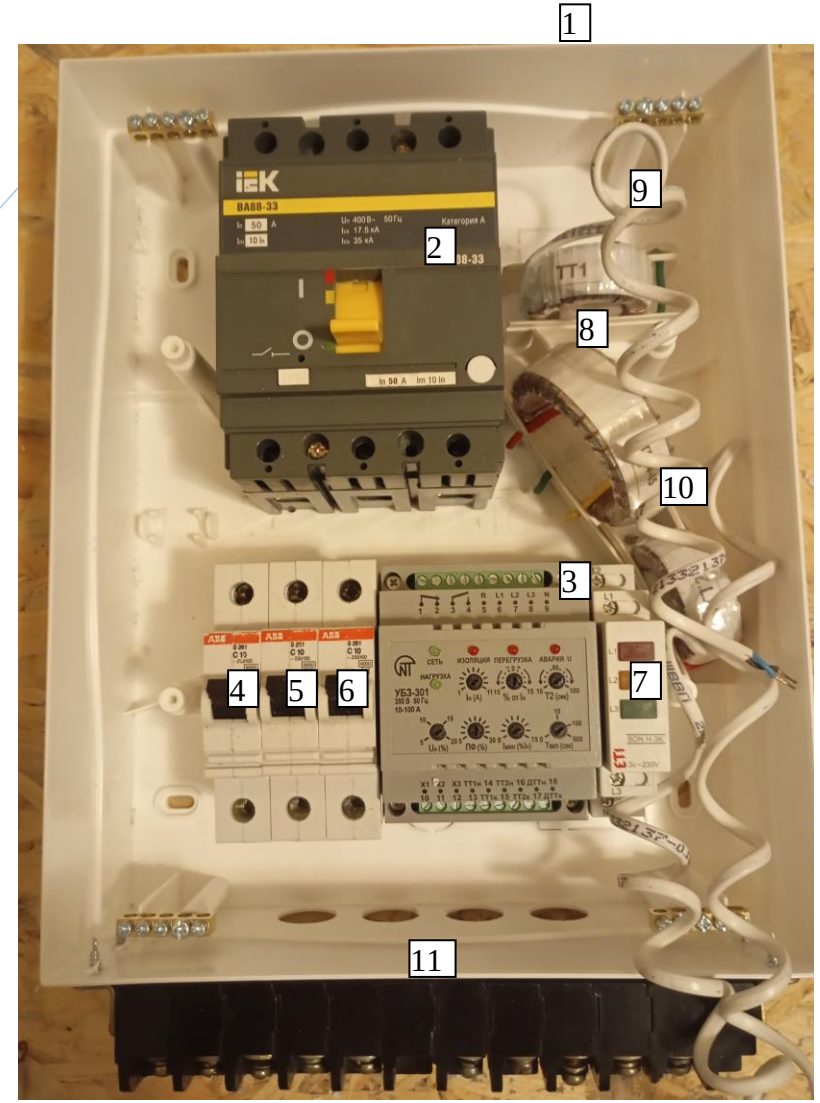
Зовнішній виклдя індикатора напруги ETI SON H-3K

Схема електрична принципова системи захисту електропривода від аварійних режимів роботи

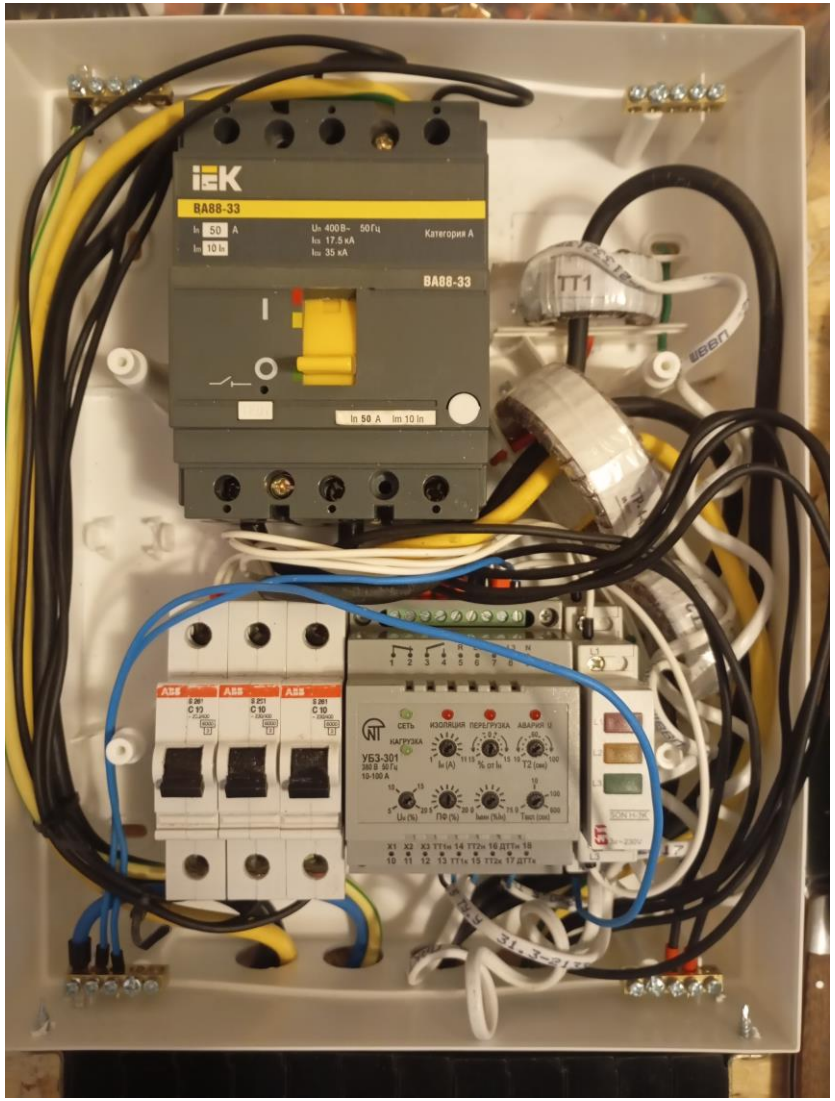
Мікропроцесорна система захисту електропривода від аварійних режимів роботи



Практична реалізація системи захисту електропривода від аварійних режимів роботи

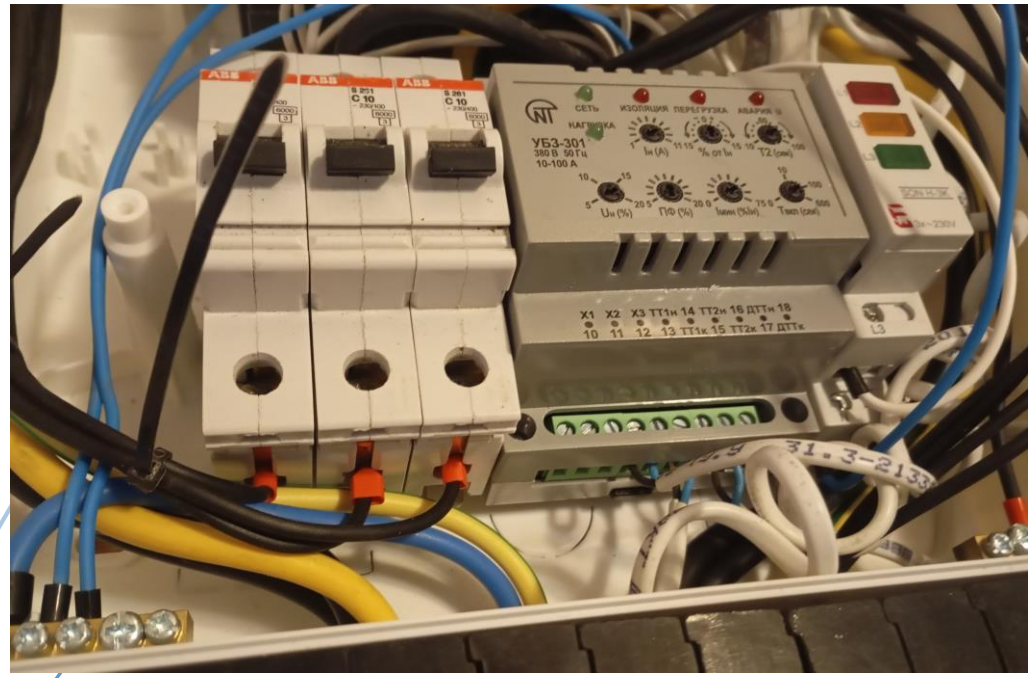


Зовнішній вигляд корпусу для монтажу системи захисту

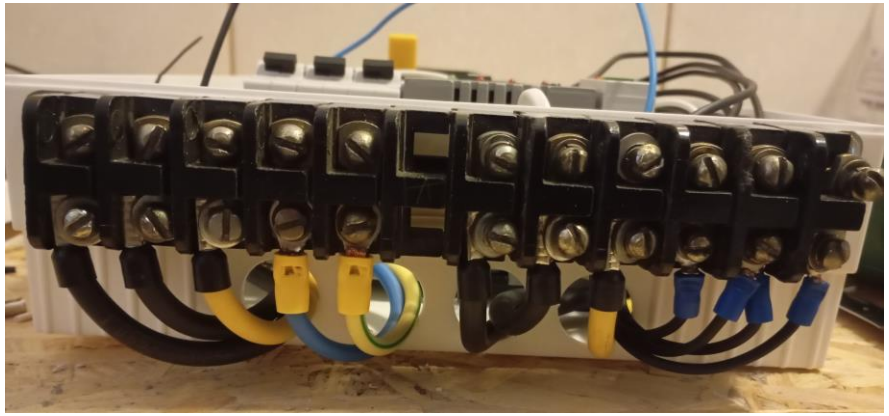


Пристрій захисту з приєднаними провідниками

Практична реалізація системи захисту електропривода від аварійних режимів роботи



Зовнішній вигляд проміжного етапу розключення проводів кіл керування пристрою захисту

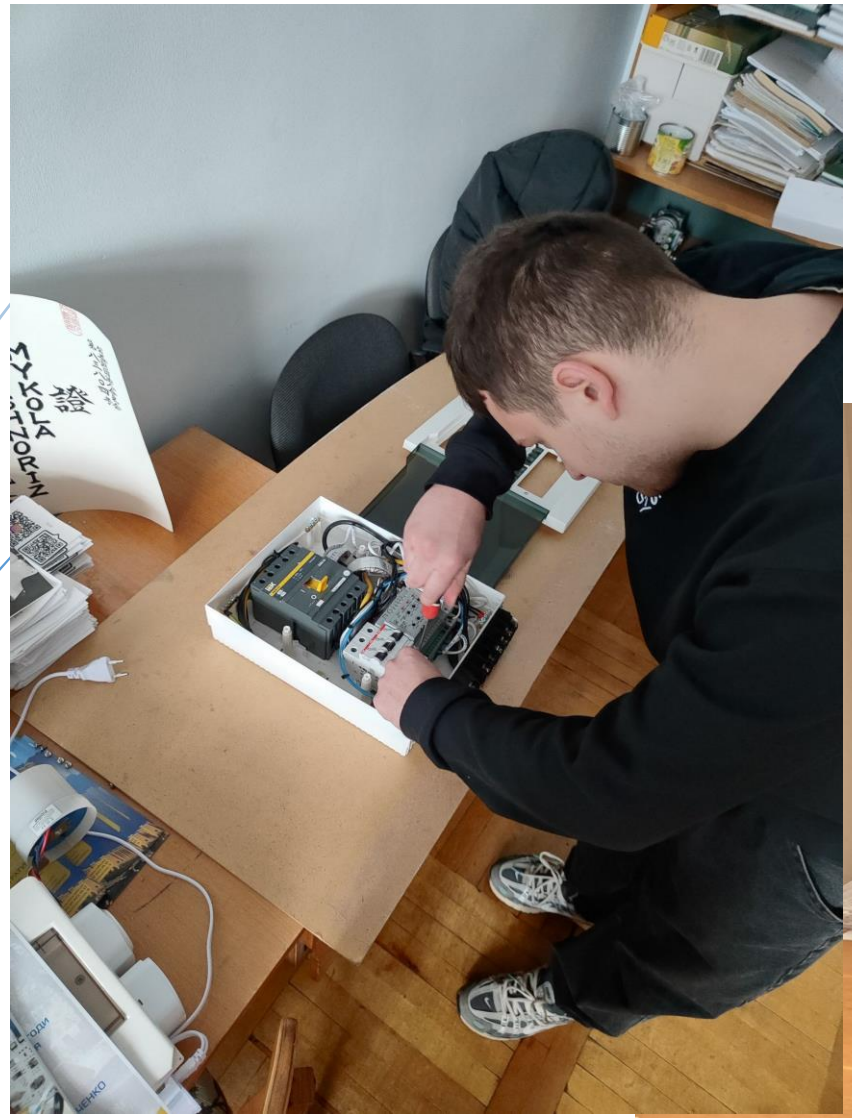


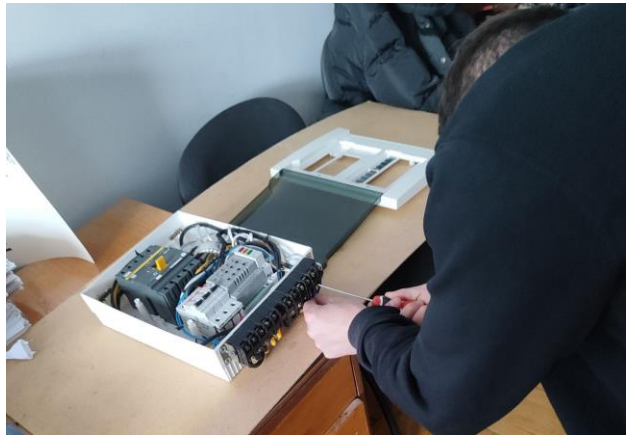
Зовнішній вигляд етапу розключення проводів живлення пристрою захисту

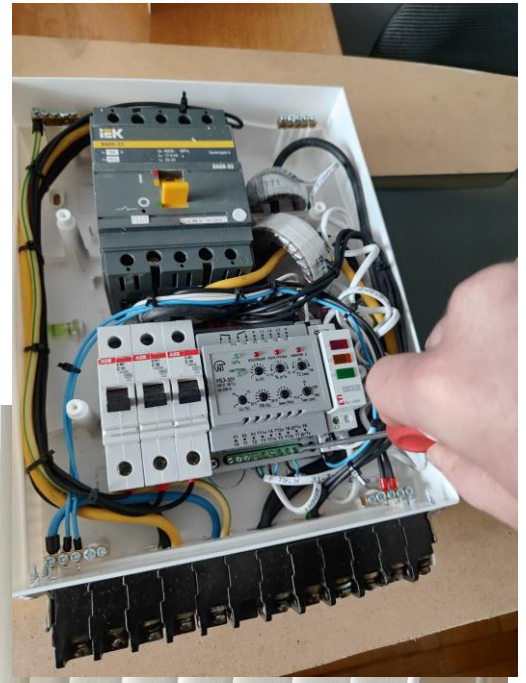


Зовнішній вигляд зібраної мікропроцесорної системи захисту електропривода від аварійний режимів роботи

Практична реалізація системи захисту електропривода від аварійних режимів роботи









Економічна частина

Визначення кошторису витрат для нового і старого варіантів

№ п/п	Найменування	Кіл.	Ціна за одиницю	Вартість	
				базова	нова
1	Автоматичний вимикач ВА 88-33 50А	1	1402,0	1402,0	1402,0
2	Пристрій захисту асинхронних від аварійних режимів роботи	1		2720,0	4615,0
3	Контактор	1		857,0	857,0
4	Клемник 80А	8	160	0,0	1280,0
5	Корпус	1	436,0	0,0	436,0
6	Допоміжні матеріали (провідники, скоби, інструмент)			249,0	429,5
7	Вартість обладнання			5228,0	9019,5
8	Транспортні витрати (7%)			366,0	631,4
9	Вартість всього			5593,9	9650,9
10	Монтажні роботи (10÷50%)			559,4	4825,4
11	Капітальні вкладення всього			6153,3	14476,3

Якщо врахувати обсяг капітальних затрат, то можна оцінити термін, за який запропоноване рішення окупиться у загальних матеріальних вкладеннях з базовим варіантом. Розрахуємо термін окупності обладнання:

$$T_{ОК} = \frac{К_{Н} - К_{Б}}{З_{ЕФ}},$$

$$T_{ОК} = \frac{14476 - 6153}{7669} = 1,08 \text{ (роки)}.$$

Така тривалість вказує на те, що через 1,08 роки запропонований у роботі пристрій окупить всі капітальні вкладення на його реалізацію. Слід зазначити, що він розрахований, виходячи з того, що запропонована система буде працювати цілий рік протягом однієї зміни з тривалістю увімкнення 100%. В реальності тривалість роботи може бути меншою, що призведе до збільшення терміну окупності. Отже, можна зробити висновок, що запропоноване у роботі рішення до побудови систем захисту електропривода від аварійних режимів роботи дозволяє отримати позитивний ефект після року експлуатації. Річний економічний ефект в такому випадку буде дорівнювати:

$$ЕЕ = (З_{ЕБ} - З_{ЕН}) - Е_{Н} \cdot (К_{Б} - К_{Н}),$$

$$ЕЕ = (498556 - 490887) - 0,2 \cdot (14476 - 6153) =$$

$$= 6004 \text{ (грн)}.$$

Тобто кожен рік експлуатації запропонованої системи захисту електропривода від аварійних режимів роботи дозволяє отримувати ефект 6004 грн. Починаючи від року експлуатації всі вкладення на реалізацію захисту будуть себе викуповувати.

Висновки

У роботі зроблено аналіз методів виявлення аварійних режимів роботи електричних двигунів змінного струму; сформулювано розвиток підходу до побудови системи захисту електропривода від аварійних режимів роботи; розроблено структуру пристрою захисту електропривода від аварійних режимів роботи, який дозволить виконувати аналіз параметрів живлення та формувати керуючу дію на вимкнення живлення двигуна; вибрано елементну базу та зібрано пристрій захисту електропривода від аварійних режимів роботи.

Отримав подальний розвиток підхід до аналізу аварійних ситуації в електромеханічній системі, який на відміну від відомих, дозволяє реалізувати всі основні функції захисту електричного двигуна змінного струму без зворотних зв'язків за параметрами технологічного процесу, що дозволяє підвищити рівень надійності при відносній простоті реалізації технічної системи.

Отримав подальший розвиток підхід до захисту електропривода від перегріву, який на відміну від відомих дозволяє оцінювати параметр перегріву по значеннях струму двигуна обираючи різні сталі часу, що спрощує побудову сучасних засобів захисту і зменшує вартість реалізації технічних систем.

Розроблено пристрій захисту електропривода від аварійних режимів роботи, який поєднує всі основні функції захисту електричного двигуна змінного струму без зворотних зв'язків за параметрами технологічного процесу, що дозволяє підвищити рівень надійності при відносній простоті реалізації технічної системи.

Розроблено алгоритм роботи системи захисту електропривода змінного струму від аварійних режимів роботи, який відтворює всі основні функції захисту електропривода без використання дороговартісних і складних у налаштуванні та завадостійності зворотних зв'язків, щоспрощує побудову сучасних засобів захисту і зменшує вартість реалізації технічних систем.

Апробація результатів роботи. Результати роботи частково доповідалися на таких науково-технічних конференціях:

1. Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)». Секція "Електроенергетика та електромеханіка". 22 червня 2026 року, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця.