

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій та систем

*Виконав студент Мельник Вадим Сергійович*

## Дослідження особливостей випробовувального обладнання релейного захисту РЕТОМ (РЕТОМ)



*Керівник*

*Рубаненко Олександр Євгенійович, к.т.н., професор,  
доцент кафедри електричних станцій і систем*

# Актуальність

1

В Україні велика кількість електричного обладнання відпрацювала понад 25 років. Це перевищує паспортний ресурс. За таких умов експлуатуючі організації вживають заходи для зменшення відмов електричного обладнання. До таких заходів відносять не лише якісне обслуговування електричного обладнання, його ремонт, монтаж і експлуатацію і автоматизацію процесу виробництва, транспортування, розподілу та споживання електричної енергії. Серед засобів автоматизації чинне місце займають сучасні пристрої та системи релейного захисту. Саме вони, в умовах швидкоплинних аварійних процесів відключають пошкоджене обладнання, запобігаючи розповсюдженню відмов в роботі справного (на той час) обладнання.



# Актуальність

2

Засоби релейного захисту та протиаварійної автоматики не завжди працюють ефективно за умов одночасної експлуатації, як електромеханічних реле, що знаходяться в експлуатації понад тридцять років, так сучасних мікропроцесорних захистів різних виробників (закордонних та вітчизняних) з різними методами програмування, ранжування, введення уставок.

Надійність роботи пристроїв релейного захисту багато в чому визначається якістю перевірки їх характеристик в умовах експлуатації на енергооб'єктах. Такі перевірки проводяться регулярно і для цього використовуються спеціальні прилади, які виробляють струми і напруги, необхідні для перевірки пристроїв релейного захисту. З огляду на складність перевірки і наявність великої кількості релейних пристроїв в енергосистемах, їх перевірка вимагає значних витрат і високої кваліфікації.



# Актуальність

3

В даний час випуском такого роду перевірочних приладів займається відносно невелика кількість фірм. Прилади, що випускаються цими фірмами, характеризуються великою вагою і габаритами, низький ступінь автоматизації обслуговування призводить до збільшення ймовірності виникнення помилок під час перевірки.

Застосування нових сучасних технологій виготовлення приладів, нової методики проведення перевірок, а також сучасної комп'ютерної техніки дозволило розробити випробувальну систему для релейного захисту РЕЛЕ - ТОМОГРАФ, яка володіє високими споживчими властивостями, такими як:

підвищення ступеня автоматизації перевірки і обробки результатів випробувань;

зменшення малогабаритних показників;

моделювання різних режимів роботи енергосистем при аваріях;

відтворення реальних аварійних режимів;

істотна економія трудовитрат при стандартних перевірках;

підвищення достовірності результатів перевірки;

простота обслуговування, зручність і наочність.

Отже тема магістерської дипломної роботи є актуальною.



# Мета, задачі та методи дослідження

4

**Мета роботи**, яка полягає у дослідженні методів та засобів контролю параметрів та випробовувань реле та релейних захистів є актуальною.

Відповідно до мети в роботі вирішуються **наступні задачі**:

- аналіз особливостей устаткування для випробовувань та налаштування реле та РЗА;
- дослідження технічних характеристики випробовувальної системи РеТест-05;
- розрахунок уставок релейних захистів 35-0,4 кВ;
- визначення економічних показників впровадження мікропроцесорного захисту підстанції;
- дослідження заходів з безпечної експлуатації пристроїв релейного захисту та забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях
- дослідження методів перевірки реле найбільш розповсюджених захистів;.



# Об'єкт, предмет та методи досліджень

5

**Об'єктом дослідження** є методи контролю параметрів реле та релейних захистів

**Предметом дослідження** є устаткування для випробовувань та налаштування реле та РЗА.

Для розрахунку струмів замикань використовувались методи теоретичних основ електротехніки; для розрахунку уставок релейних захистів використовувались теорії релейного захисту.



# Наукова новизна

6

1. Проаналізовано устаткування для випробовувань та налаштування реле та РЗА, який шляхом визначення їх властивостей та можливостей дозволяє підвищити якість обґрунтування вибору та експлуатації такого устаткування;
2. Проаналізовано програмного забезпечення устаткування для випробовувань та налаштування реле та РЗА, який шляхом визначення його можливостей, дозволяє виявити та усунути його недоліки під час розробки нових версій такого забезпечення.

## Практична цінність

Практична цінність полягає у наведених прикладах розрахунку уставок спрацювання захистів устаткування 0,4 та 35 кВ.



# Класифікація пристроїв контролю параметрів релейного захисту



РЗА ТЕСТЕР 10 (Україна)



OMICRON CMC 353



SVERKER 900 (Росія)



PETOM 61





# Особливості пристроїв контролю параметрів релейного захисту



**Реле-томограф Ретом 41М** призначений для:

автоматичного або ручного контролю параметрів релейного захисту. видачі протоколу випробувань;

випробувань релейного захисту в реальних режимах ушкоджень, що виникають в енергосистемах;

автоматизованої обробки результатів випробувань;

вибору та перевірки характеристик релейного захисту з урахуванням конкретних режимів енергосистеми користувача.

Програмне забезпечення Ретом 41 М містить такі програмні модулі:

ручне управління джерелами струму і напруги;

перевірка реле струму і напруги;

перевірка струмових захистів в автоматичному режимі;

перевірка дистанційній захисту;

перевірка характеристики спрацьовування реле опору;

модель енергосистеми;

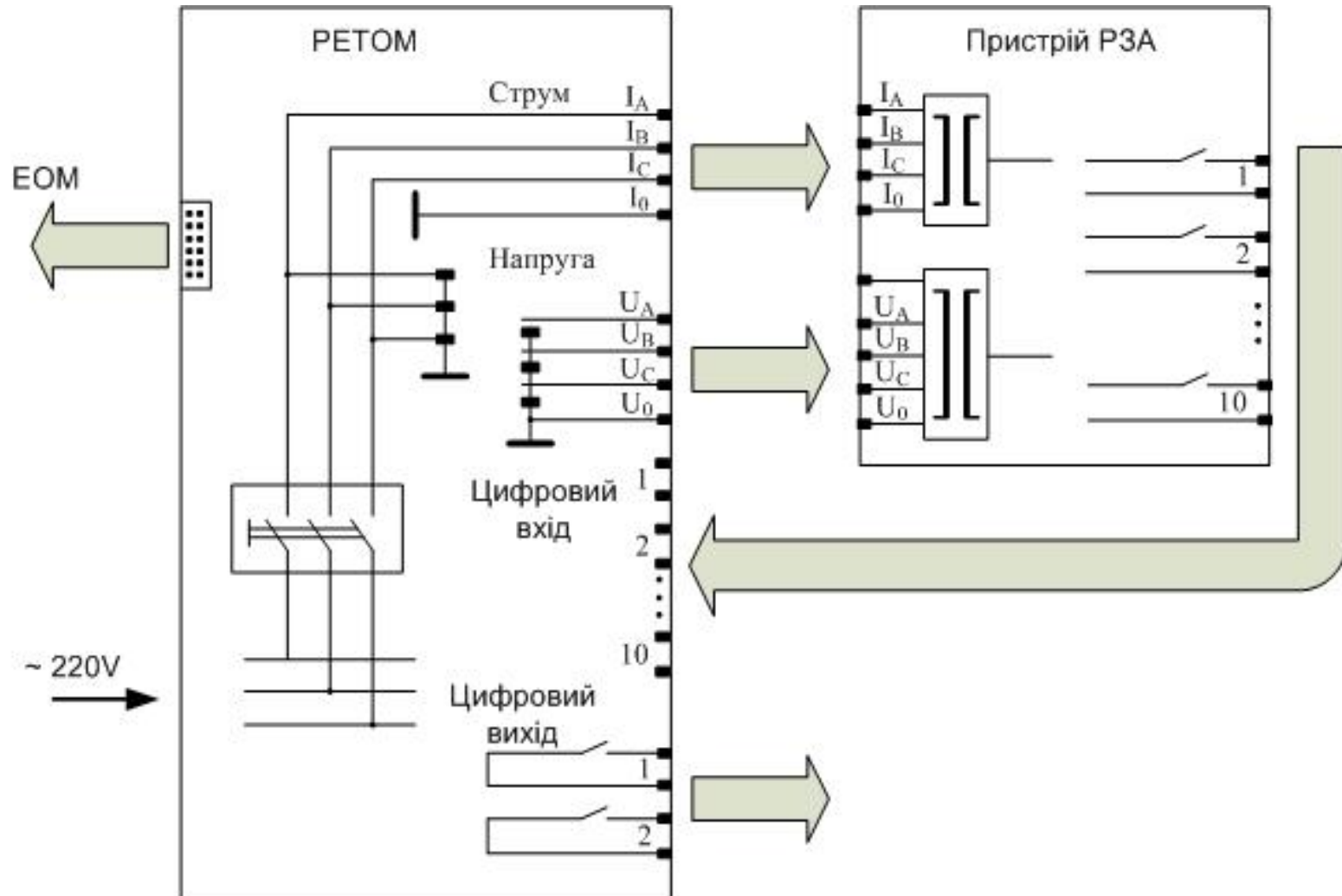
відтворення запису реєстраторів;

генерування сигналів нетрадиційної форми;

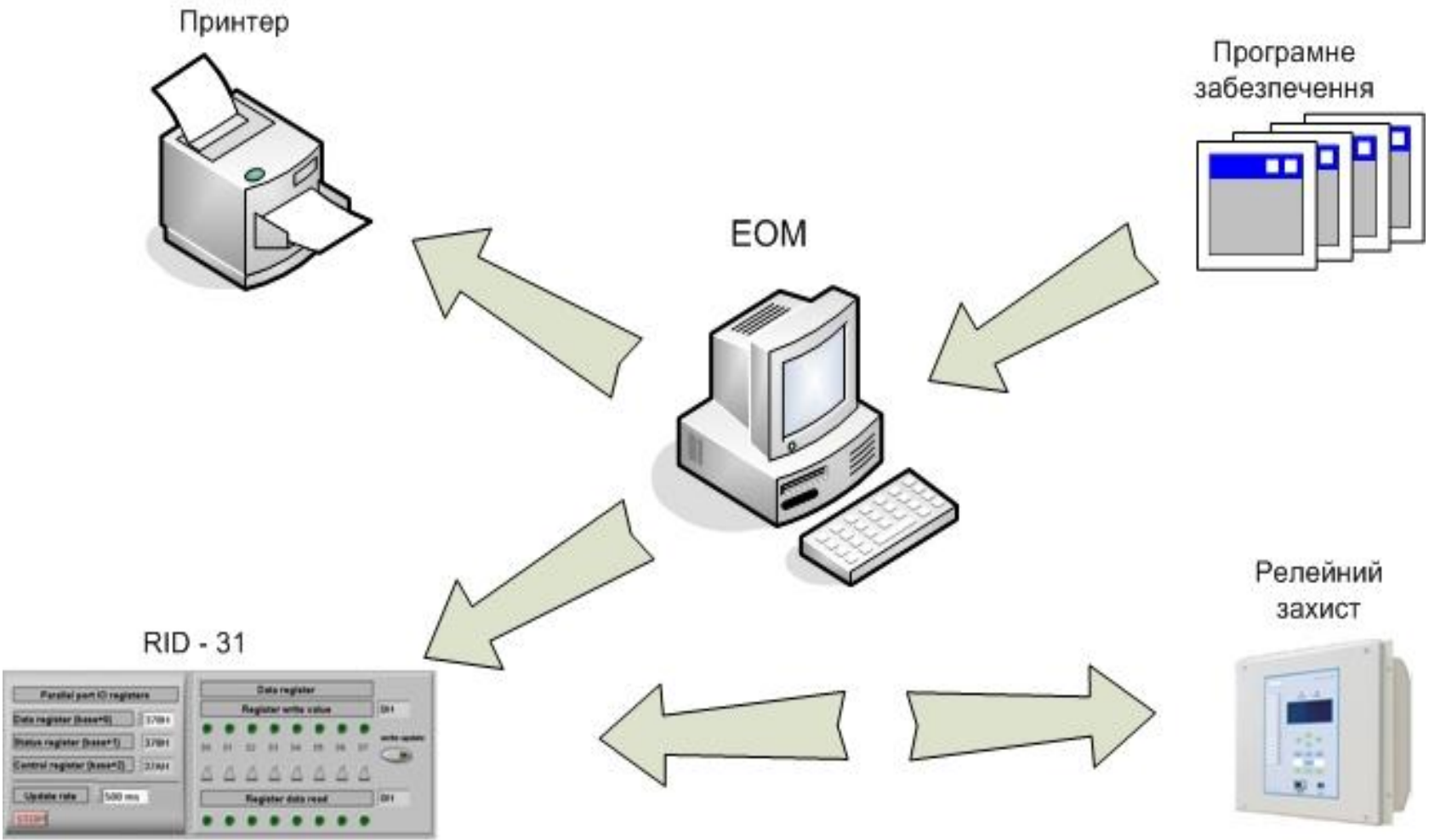
секундомір-реєстратор.

# Схема підключення приладу РЕТОМ до ЕОМ та РЗА

9

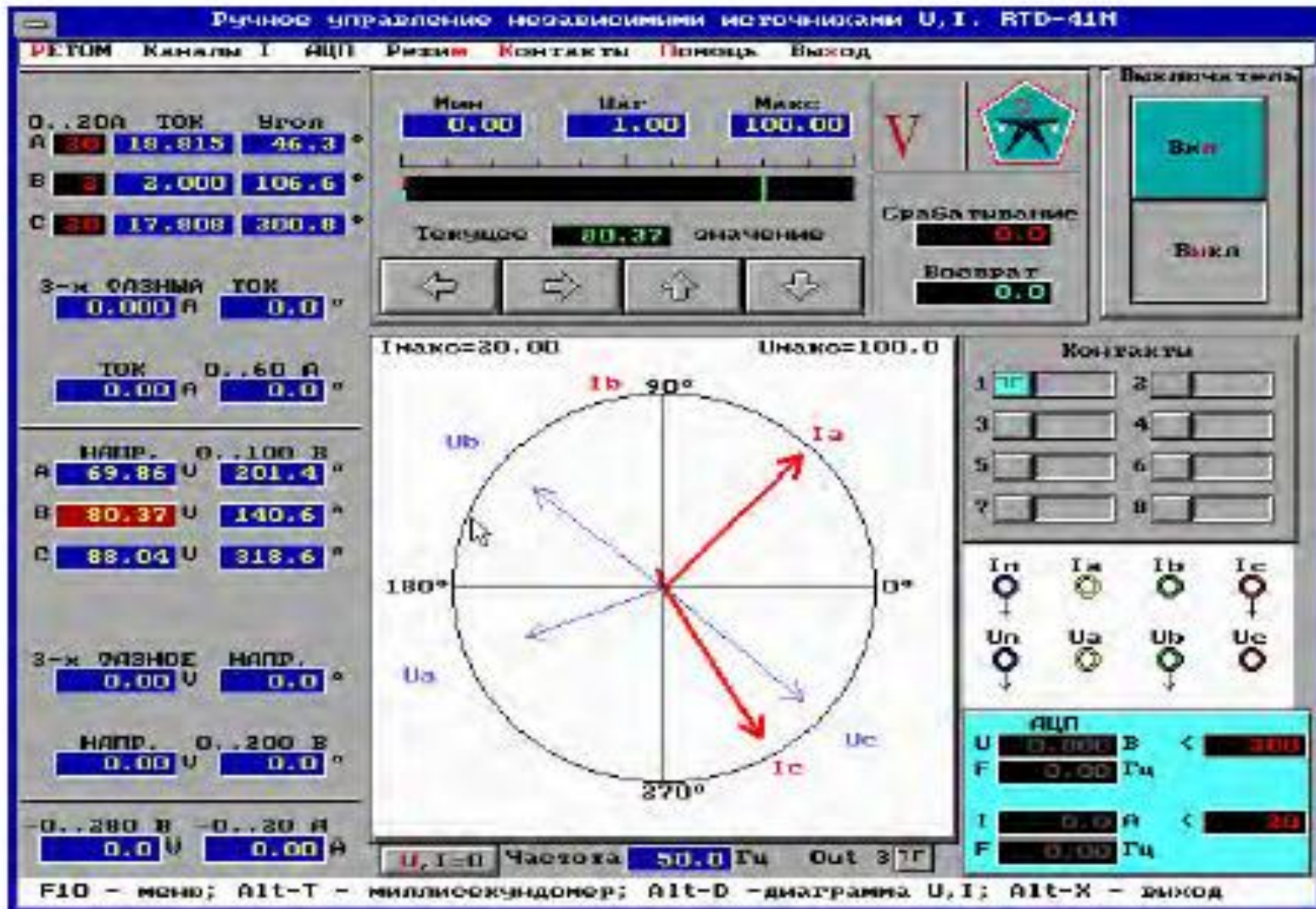


# Структура випробувального системи РЕЛЕ-ТОМОГРАФ



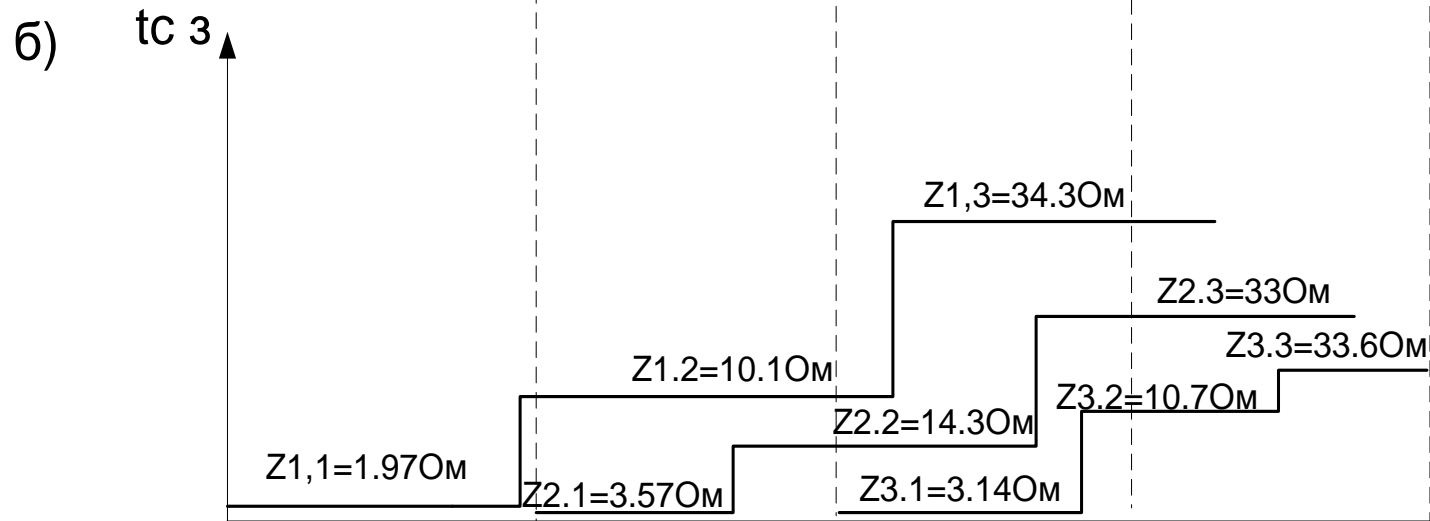
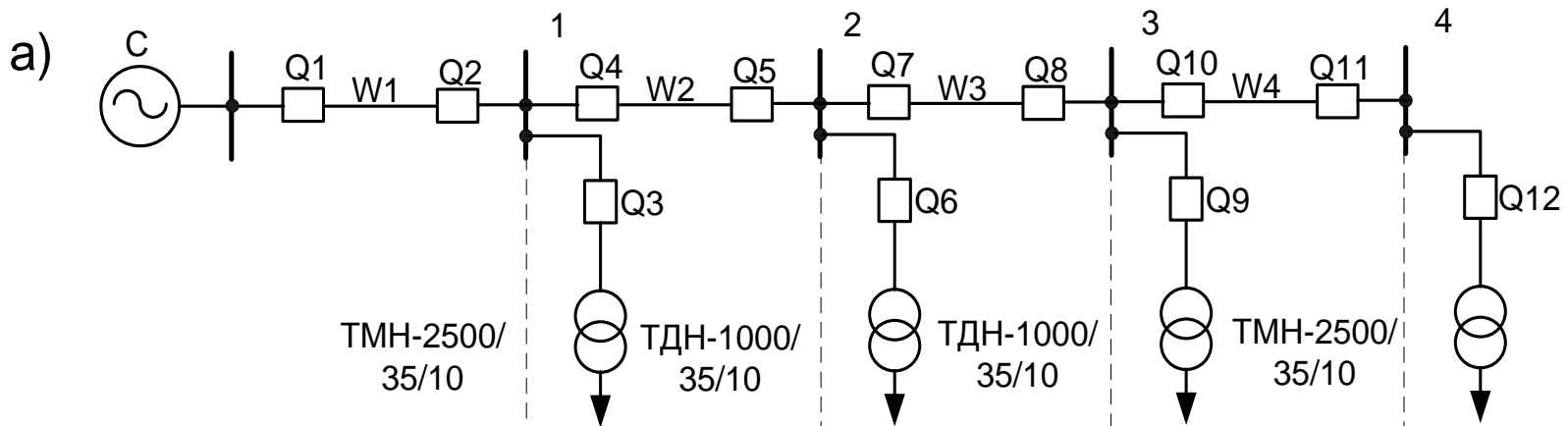
# Екранна заставка панелі керування в режимі “Ручне керування джерелами”

10



# Схема діаграма захисту мережі 35 кВ

11





# Визначення струму першої ступені

12

Вибираємо струм спрацювання першої ступені ЛЕП  $W_1$  (1- 2)

$$I_{c01} = k_H \cdot I_{k \max} \quad (12.1)$$

де:  $I_{c01}$  – струм спрацювання першої ступені захисту;

$I_{k \max}$  – максимальний струм к.з.;

$k_H$  – коефіцієнт надійності ( $k_H=0.85$ ).

$$I_{k \max} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot Z_{W1} + jZ_{тр}} \quad (12.2)$$

де:  $U_H$  – номінальна напруга;

$Z_{W1}$  – опір лінії 1 – 2  $W1$ ;

$jZ_{тр}$  – реактивна складова опору трансформатора

Визначаємо активну та реактивну складову опору лінії  $W_1$ :

$$\operatorname{Re}_{Z_{w1}} = 0,4 \cdot l_{w1}, \quad (13.1)$$

$$\operatorname{Im}_{Z_{w1}} = 0,31 \cdot l_{w1}, \quad (13.2)$$

де:  $\operatorname{Re}_{Z_{w1}}$  – дійсна складова опору лінії  $W_1$ ;

$\operatorname{Im}_{Z_{w1}}$  – уявна складова опору лінії  $W_1$ ;

$Z_{w1}$  – опір ЛЕП  $W_1$ .

а) перша ступінь дистанційного захисту  
ЛЕП-1 на підстанції 2.

$$Z_{c31}^I \leq 0,85 \cdot Z_{w1}, \quad (14.1)$$

де  $Z_{c31}^I$  – опір спрацювання першої ступені  
захисту ЛЕП W<sub>1</sub>.

Приймається час спрацювання першої ступені:  $t_{c31}^1$

б) друга ступінь.

Розрахуємо активну та реактивну складову опору  
лінії 2 - 3 W<sub>2</sub> :

$$\operatorname{Re}_{Z_{w2}} = 0.4 \cdot l_{w2}, \quad (14.2)$$

$$\operatorname{Im}_{Z_{w2}} = 0.3 \cdot l_{w2}. \quad (14.3)$$

## Визначення уставок дистанційного захисту ЛЕП W1

15

Повний опір лінії 2 - 3  $Z_{w2}$

$$Z_{w2} = Re_{Z_{w2}} + Im_{Z_{w2}} \quad (15.1)$$

За умовою налаштування від к. з. за трансформатором підстанції 2, якщо вона працює паралельно

$$Z_{c31}^{\text{II}} \leq 0,85(Z_{w1} + jX_{\text{тр мін Б}} / 2), \quad (15.2)$$

де:  $Z_{c31}^{\text{II}}$  – опір спрацювання другої ступені захисту ЛЕП W1.

$$k_{\text{ч}} = Z_{c31}^{\text{II}} / Z_{w1} \geq 1,25, \quad (15.3)$$

$k_{\text{ч}}$  – коефіцієнт чутливості.

Струм спрацювання третьої ступені  
(пускового органу) максимального  
струмового захисту

$$I_{p \max} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \phi}, \quad (16.1)$$

де  $P$  – активна складова потужності  
що передається даною лінією

Струм к.з при к.з в кінці ЛЕП  $W_1$ :

$$I_{k \max} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{\text{тр}})}$$
$$I_{\text{від}}^1 = k_{\text{н}} \cdot I_{k \max}, \quad (16.2)$$

де  $I_{\text{від}}^1$  – струм відсічки першої ЛЕП  $W_1$ ;

$k_{\text{н}}$  – коефіцієнт надійності.



1. Проведений аналіз особливостей устаткування для випробовувань та налаштування реле та РЗА свідчить про те, що більшість такого обладнання мають функції: автоматичного або ручного контролю параметрів релейного захисту; видачі протоколу випробувань; автоматизованої обробки результатів випробувань; вибору та перевірки характеристик релейного захисту з урахуванням конкретних режимів енергосистеми користувача.

2. Дослідження технічних характеристик випробовувальної системи ReТест-05 свідчать про те, що вони: гарантовано не змінні: протягом 1 року після виконання заводського калібрування джерел струму і напруги при температурі навколишнього середовища  $(23 \pm 2)$  °С і з номінальним навантаженням джерел; по частоті генерованого джерелом сигналу знаходяться в діапазоні від 10 до 100 Гц; по часу безперервної роботи приладу – не більше 25 хв.

3. Дослідження методів перевірки реле найбільш розповсюджених захистів часто застосовуються:

визначення та контроль значень спрацьовування та повернення реле, час спрацьовування реле

4. Розрахунки показали, що як і під час визначення уставок релейного захисту обладнання 35 кВ так обладнання 0,4 кВ використовуються параметри мережі та режиму, а саме опори ЛЕП, напруги та струми навантажень та К.З.

5. Економічні показники заходів направлених модернізацію існуючої системи релейного захисту обладнання підстанції 35/10 кВ виправдовують ці заходи. Так, термін окупності цих заходів 4,8 роки.

6. В магістерській дипломній роботі розроблені заходи з охорони праці спрямовані на зменшення травматизму та професійного захворювання під час експлуатації РЗА.

Доповідь закінчена.

**Дякую за увагу!**