

Інститут Мікропроцесорних Систем
Керування Об'єктами Електроенергетики



ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧА СИСТЕМА
НА БАЗІ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ
АЛЬТРА32

Захист ліній від однофазних замикань на землю в мережах з ізолюваними або компенсованими нейтраліями

В Україні всі мережі з напругою від 1000 В до 35 кВ включно працюють з ізолюваними або заземленими через дугогасильний реактор нейтраліями (компенсованими нейтраліями).

Ці мережі, порівняно з мережами з ефективно заземленими нейтраліями, мають такі переваги:

- можливість довготривалої роботи мережі за наявності в ній однофазного замикання на землю (ОЗЗ);
- велика імовірність самопогасання дуги, що часто виникає за однофазних замикань на землю, тобто можливість самоліквідації пошкодження;
- простіша реалізація мережі, тому що немає потреби встановлювати робоче заземлення нейтралі.

Але такі мережі, як показав досвід експлуатації, мають і недоліки. Основними з них є:

- виникнення істотних перенапруг, особливо за дугового однофазного замикання на землю;
- велика імовірність виникнення ферорезонансних процесів, що супроводжуються перенапругами як на субгармоніках, так і на вищих частотах. Це призводить до пошкодження електромагнітних трансформаторів напруги і виникнення повторних однофазних замикань та подвійних замикань;
- прискорення старіння ізоляції за дії перенапруг;
- погіршення умов електробезпеки людей та тварин за недопустимо великих напруг дотику та небезпечних крокових напруг, що виникають за однофазних замикань на землю і обривів проводів ліній електропередавання.

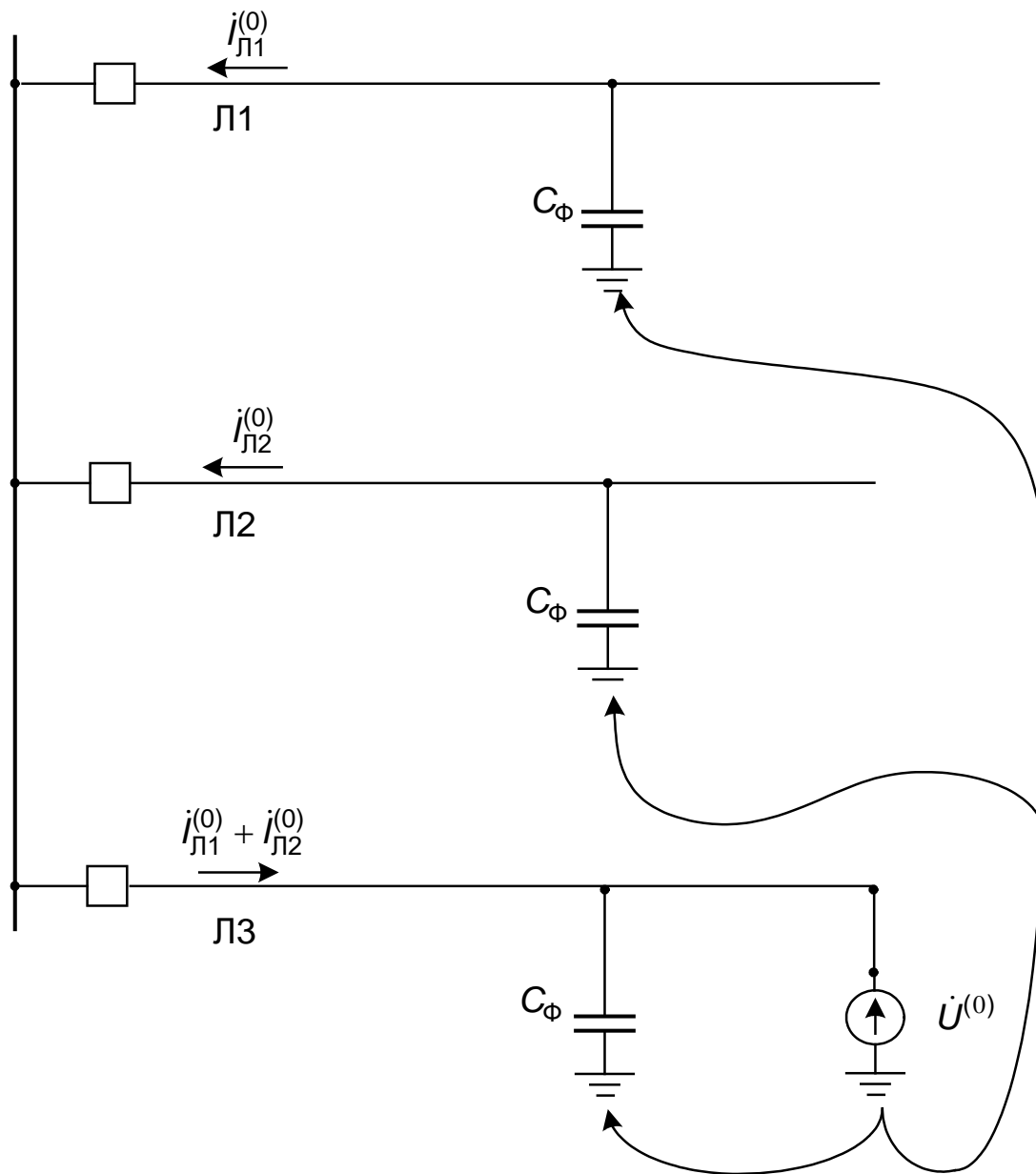
Як свідчить досвід експлуатації таких мереж, кількість однофазних замикань на землю становить 75–90% від загальної кількості пошкоджень.

Однофазні замикання на землю ділять на дві групи:

- стійкі замикання. Це замикання зі стійким гальванічним зв'язком пошкодженої фази з землею. Цей зв'язок може бути металічним або через стійку дугу;
- нестійкі замикання на землю, що найчастіше виникають у таких мережах. Це дугові замикання з подальшим самопогасанням. Такий процес може бути одноразовим або повторюватись періодично.

За виникнення однофазного замикання на землю в мережах з ізольованими або компенсованими нейтраліями струм замикання не перевищує кількох або кількох десятків ампер. **Тому в таких мережах дуже складно виконати чутливий селективний струмовий захист від замикань на землю.**

Струморозподіл нульової послідовності мережі під час ОЗЗ



У напрямі від шин по пошкодженій лінії протікатиме струм нульової послідовності I_0 , зумовлений еквівалентними ємностями відносно землі двох непошкоджених ліній.

У напрямі до шин по непошкоджених лініях протікатимуть струми нульової послідовності I_0 , зумовлені власними ємностями цих ліній.

Згідно з ПУЕ, за струму замикання на землю більше ніж 30 А в мережі 6 кВ та більше ніж 10 А для мереж 35 кВ необхідно встановлювати компенсувальні пристрої – котушки індуктивності. Їх під'єднують до нейтралей трансформаторів підстанцій.

Отже, у мережах з ізольованою або компенсованою нейтраллю режими однофазних замикань на землю мають такі особливості:

– *виникає напруга нульової послідовності, за величиною дорівнює напрузі пошкодженої фази доаварійного режиму.* Але напруга нульової послідовності може виникати і за інших режимів – зовнішніх к.з., за ферорезонансних процесів тощо. Тому за застосування захистів від замикань на землю, що реагують на напругу нульової послідовності, необхідно враховувати вище перелічені причини появи останньої;

– *виникає струм нульової послідовності, що випереджує напругу нульової послідовності на кут 90° .* Цей струм на початку пошкодженої лінії протікає від шин а в непошкоджених – до шин. Величина цього струму є порівняно незначною, залежить від кількості та довжини ліній мережі і становить від кількох ампер до декількох десятків ампер. У мережах з компенсованими нейтралями розподіл струму нульової послідовності інший і залежить від рівня компенсації цього струму;

– *струм нульової послідовності містить гармонічні складові.* Рівень цих складових може бути значним, особливо в мережах з компенсованими нейтралями. Рівень вищих гармонічних складових істотно зростає за дугових однофазних замикань на землю;

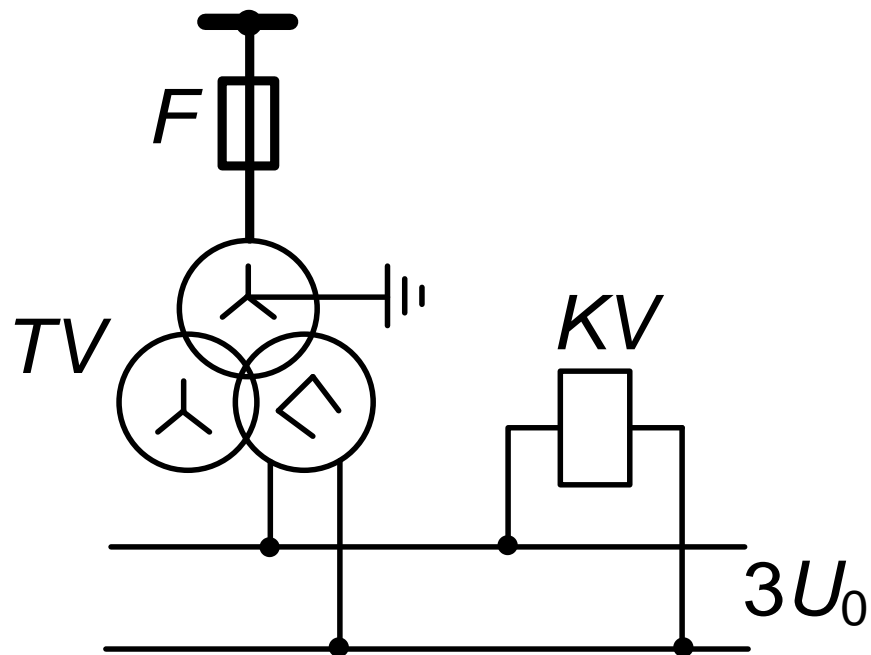
– *виникають паралельний, послідовний ферорезонанси,* тривала наявність яких призводить до термічного пошкодження первинної обмотки трансформаторів напруги та виходу їх з ладу.

Захисти від ОЗЗ в мережах з ізолюваними чи компенсованими нейтраліями повинні діяти на сигнал або на вимкнення. На вимкнення ці захисти повинні діяти обов'язково тоді, коли є висока імовірність небезпеки ураження струмом людей. Це, насамперед, шахти, кар'єри, торфорозробки, пересувні підстанції тощо. В усіх інших випадках захист може діяти на сигнал, з подальшим пошуком та вимкненням пошкодженого об'єкта.

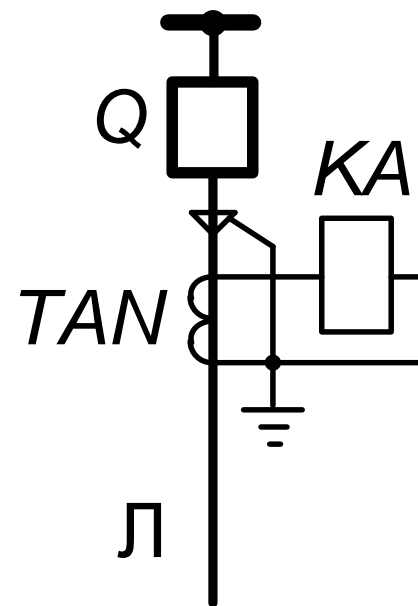
Вхідними величинами пристроїв захисту від ОЗЗ є **напруга та струми нульової послідовності ліній**.

Вимірні органи напруги та струму нульової послідовності під'єднують відповідно до вторинної обмотки трансформатора напруги, з'єднаної за розімкненим трикутником, а вимірні органи струму – до трансформаторів струму нульової послідовності, що встановлюють на кабелях.

Схеми під'єднання вимірних органів нульової послідовності



а) вимірний орган напруги $3U_0$



б) вимірний орган струму $3I_0$

Для захисту ліній від однофазних замикань на землю в мережах з ізольованими або компенсованими нейтралями в енергосистемах України застосовують, переважно, такі пристрої: РТ-40/0,2, РН-53, ЗЗП-1, РТЗ-50, РТЗ-51, УСЗ-3, УСЗ-3м, УСЗ-2/2.

Проте, ці пристрої, як свідчить досвід експлуатації, не завжди забезпечують відповідну чутливість та селективність, особливо в мережах з компенсованими нейтралями, а також за виникнення дугових замикань в мережах з ізольованою нейтраллю.

Тому, останнім часом, в енергосистемах почали впроваджувати нові – **цифрові захисти**, в яких використовують мікропроцесори, контролери, з достатньо складними алгоритмами функціонування, – як вітчизняних, так і зарубіжних фірм.

Цифровий пристрій захисту Альтра32-з*

Призначений для діагностування стану ізоляції, захисту приєднань секцій шин 6-35 кВ за однофазних замикань на землю, реєстрації аналогових та бінарних сигналів електроустановок.

Функції пристрою:

- формує команду на вимкнення (на сигнал) приєднання, на якому виникло замикання на землю;
- здійснює запис цифрограм аварійного процесу під час виникнення однофазного замикання на землю;
- здійснює вимірювання та вивід на рідкокристалічний екран пристрою в нормальному режимі діючих значень координат режиму;
- відображає на рідкокристалічному екрані інформацію про аварійні події;
- здійснює двонаправлений обмін інформацією із комп'ютером (зчитування цифрограм та зміну конфігурації пристрою) по мережі.

Модифікації пристрою захисту Альтра32-з*

Пристрій виготовляється у наступних модифікаціях:

- **АЛЬТРА32-з32** - містить 32 аналогових входів, а саме напруги $u_A, u_B, u_C, 3u_0$ та 28 струмів нульової послідовності $3i_0$ приєднань;
- **АЛЬТРА32-з16** - містить 16 аналогових входів, а саме напруги $u_A, u_B, u_C, 3u_0$ та 12 струмів нульової послідовності $3i_0$ приєднань;
- **АЛЬТРА32-з16х2** - пристрій визначення приєднання з ОЗЗ на двох секціях шин, що містить 32 аналогових входів, а саме напруги $u_A, u_B, u_C, 3u_0$ I секції шин, $u_A, u_B, u_C, 3u_0$ II секції шин та 24 струми нульової послідовності $3i_0$ приєднань I та II секцій шин.

Габаритні розміри пристрою Альтра32-332

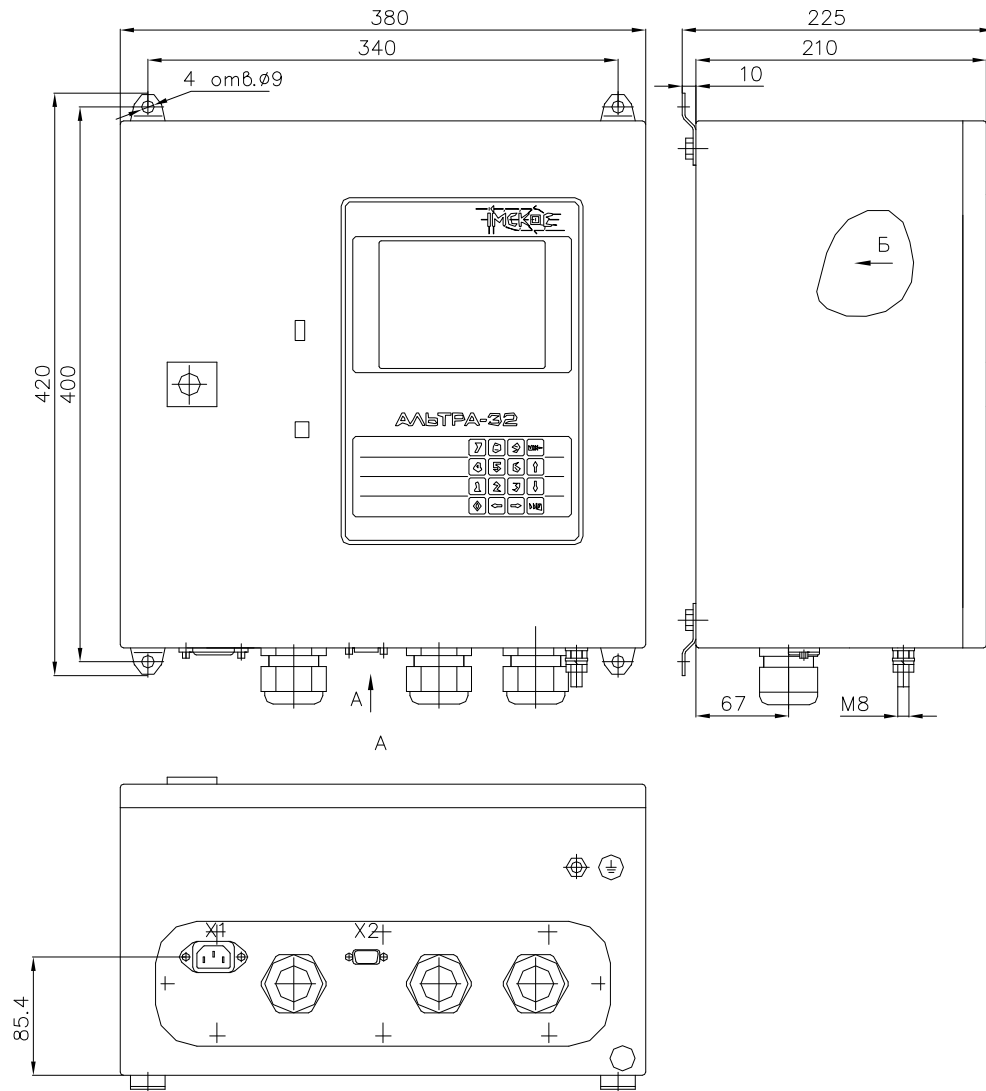


Схема приєднання пристрою захисту Альтра32-3* до зовнішніх кіл

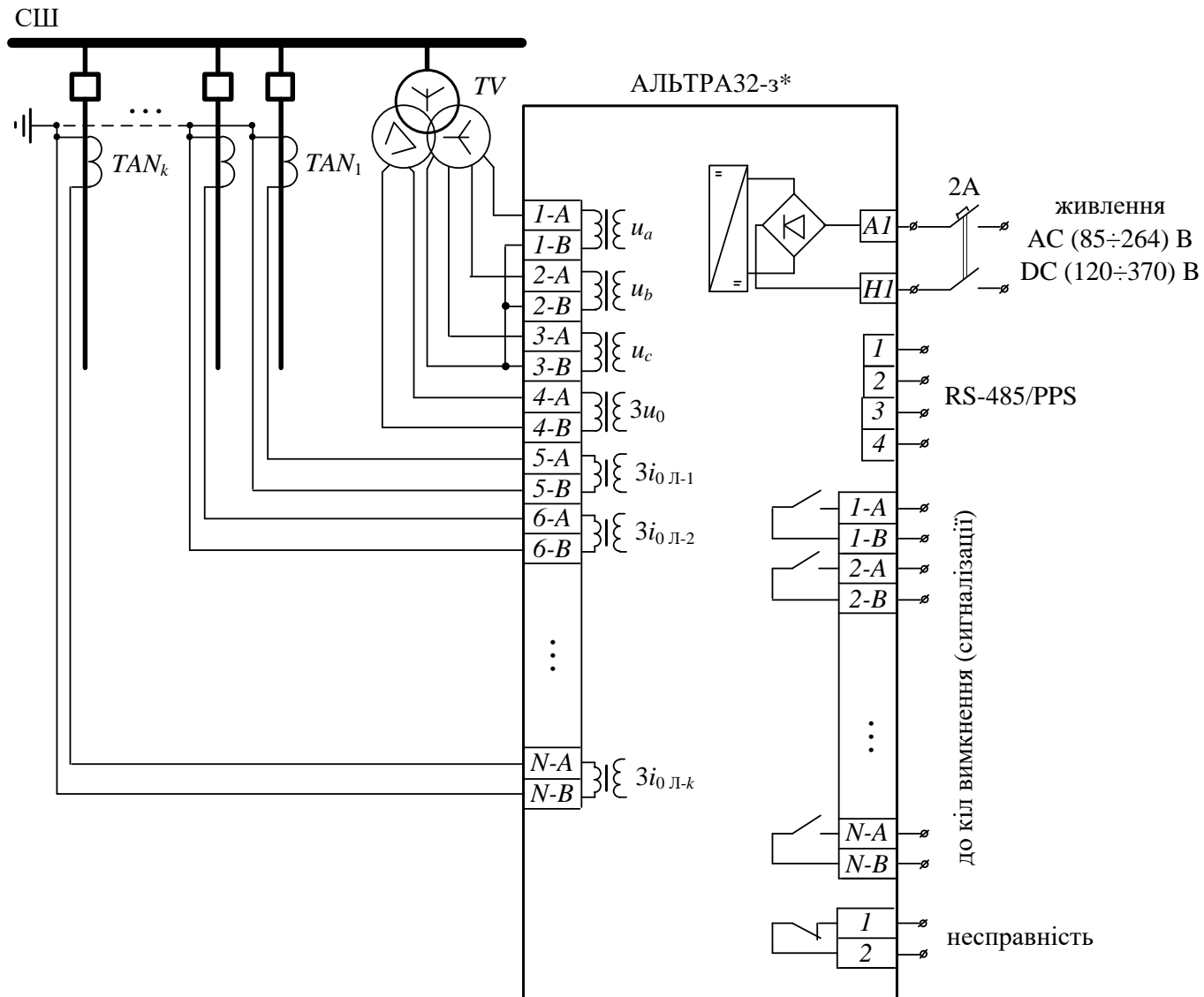


Схема приєднання пристрою захисту Альтра32-з16х2 до зовнішніх кіл

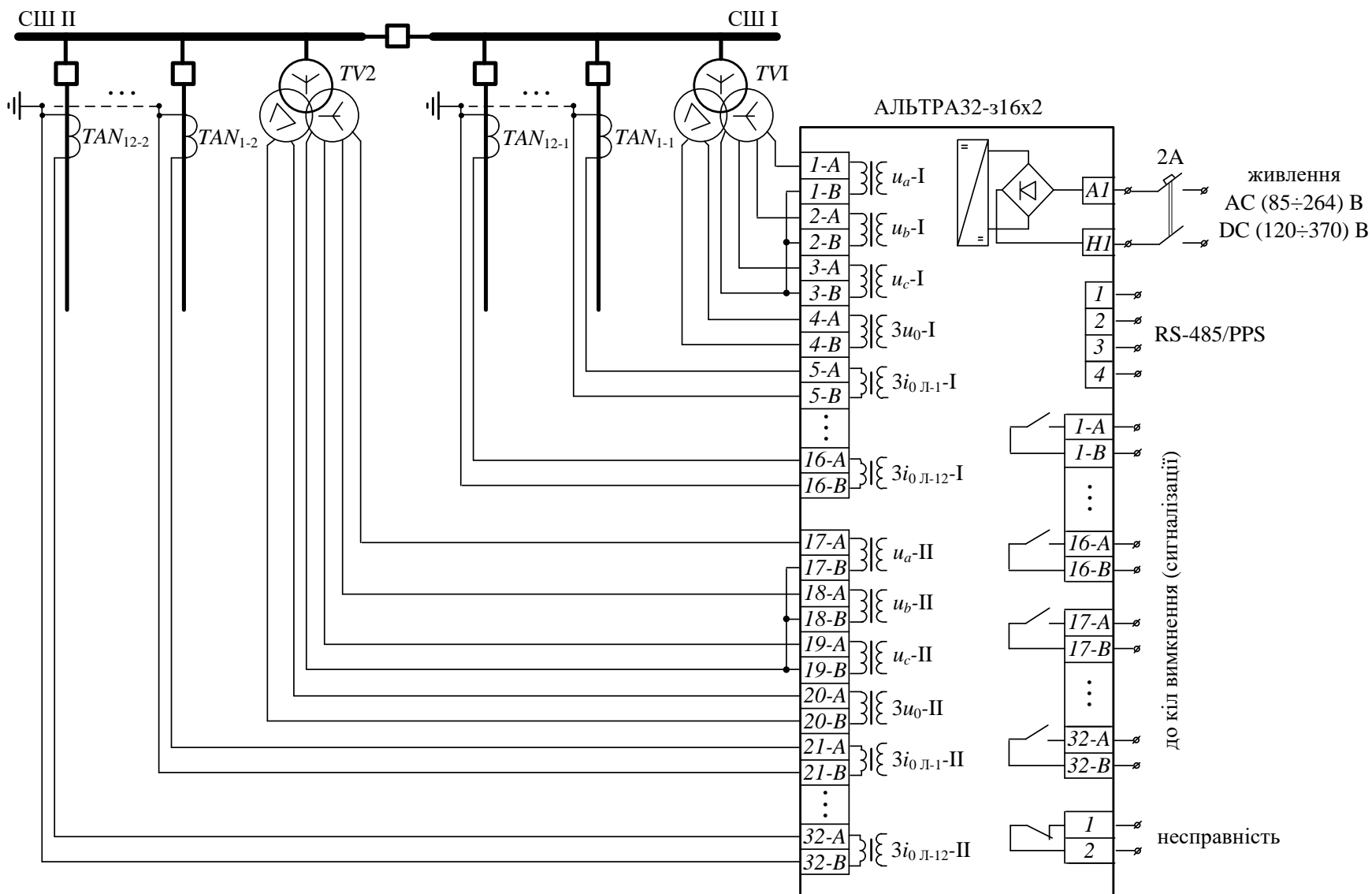
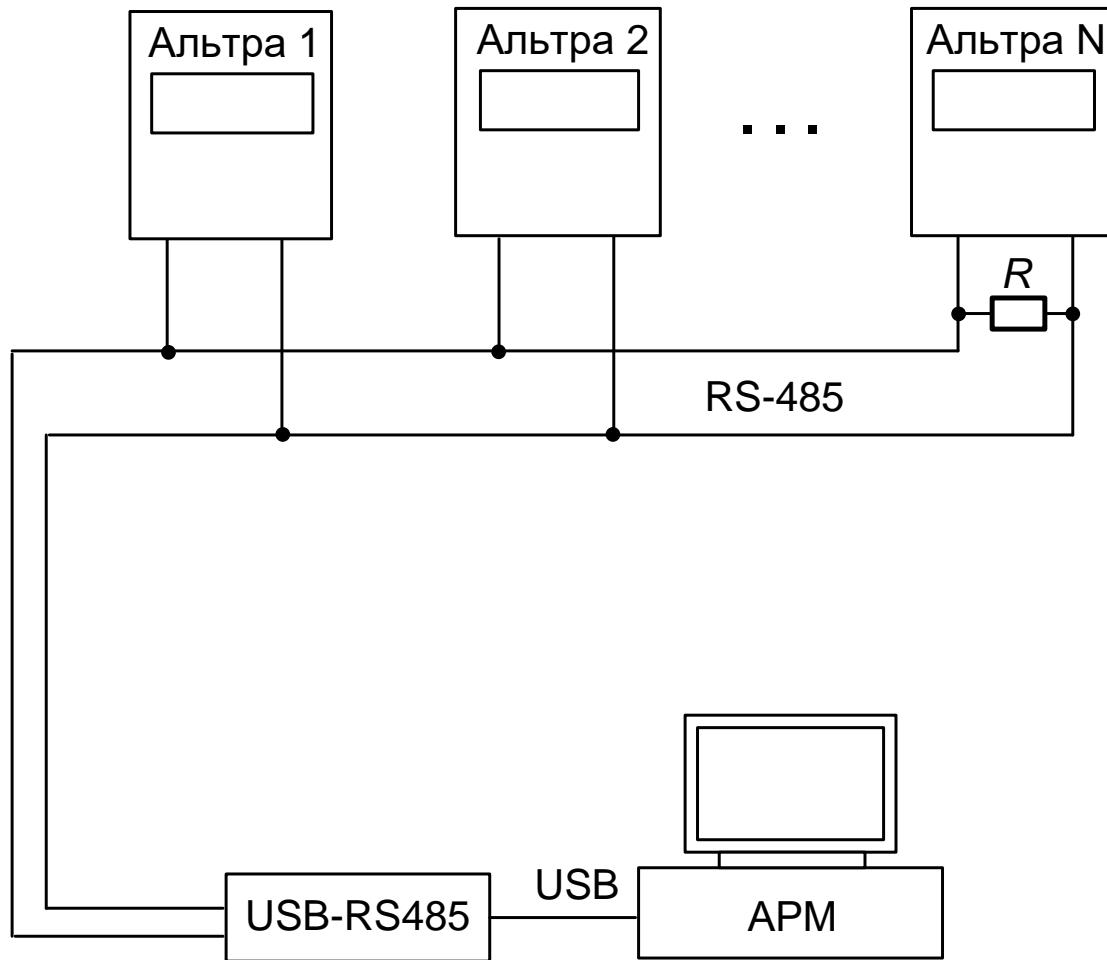
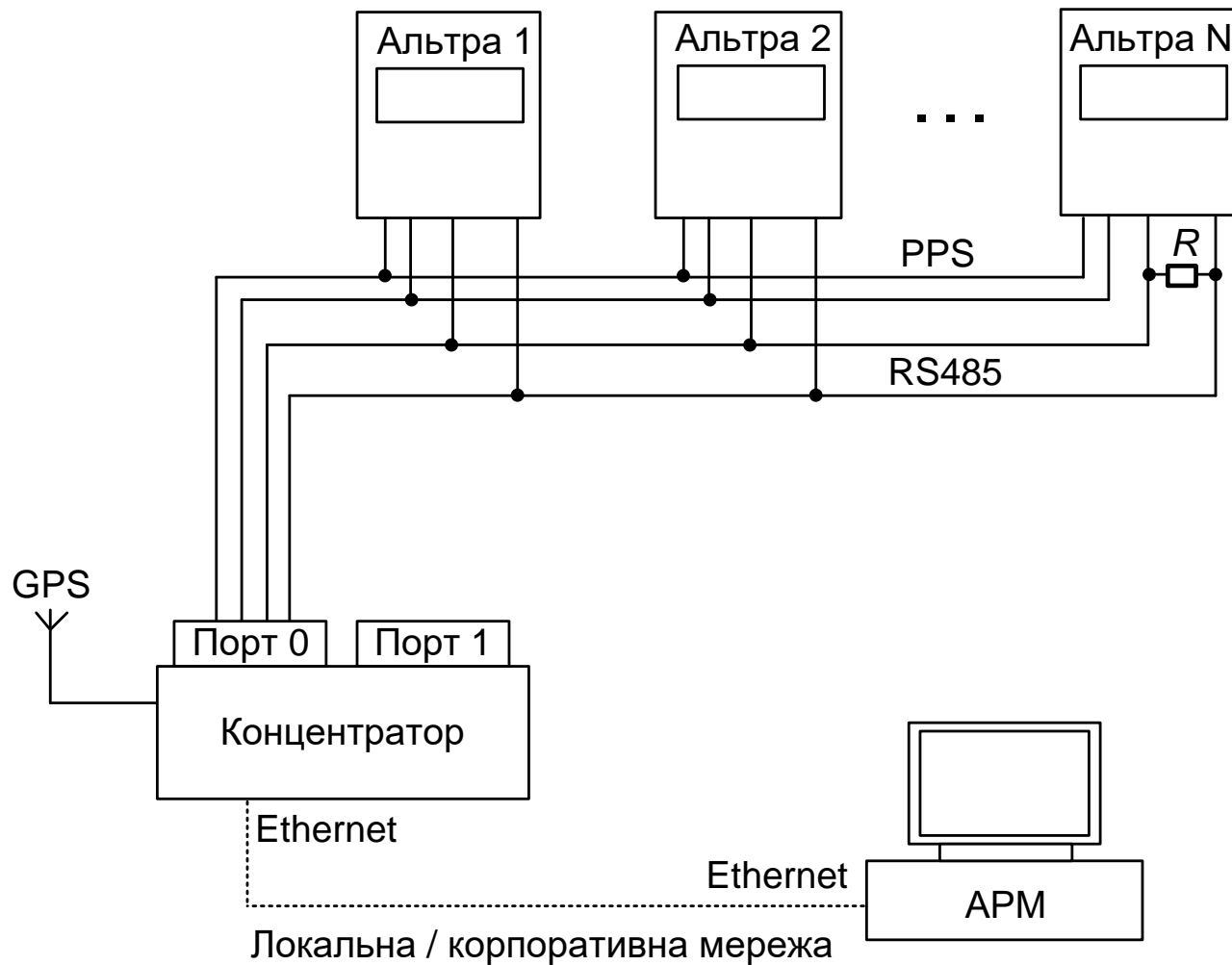


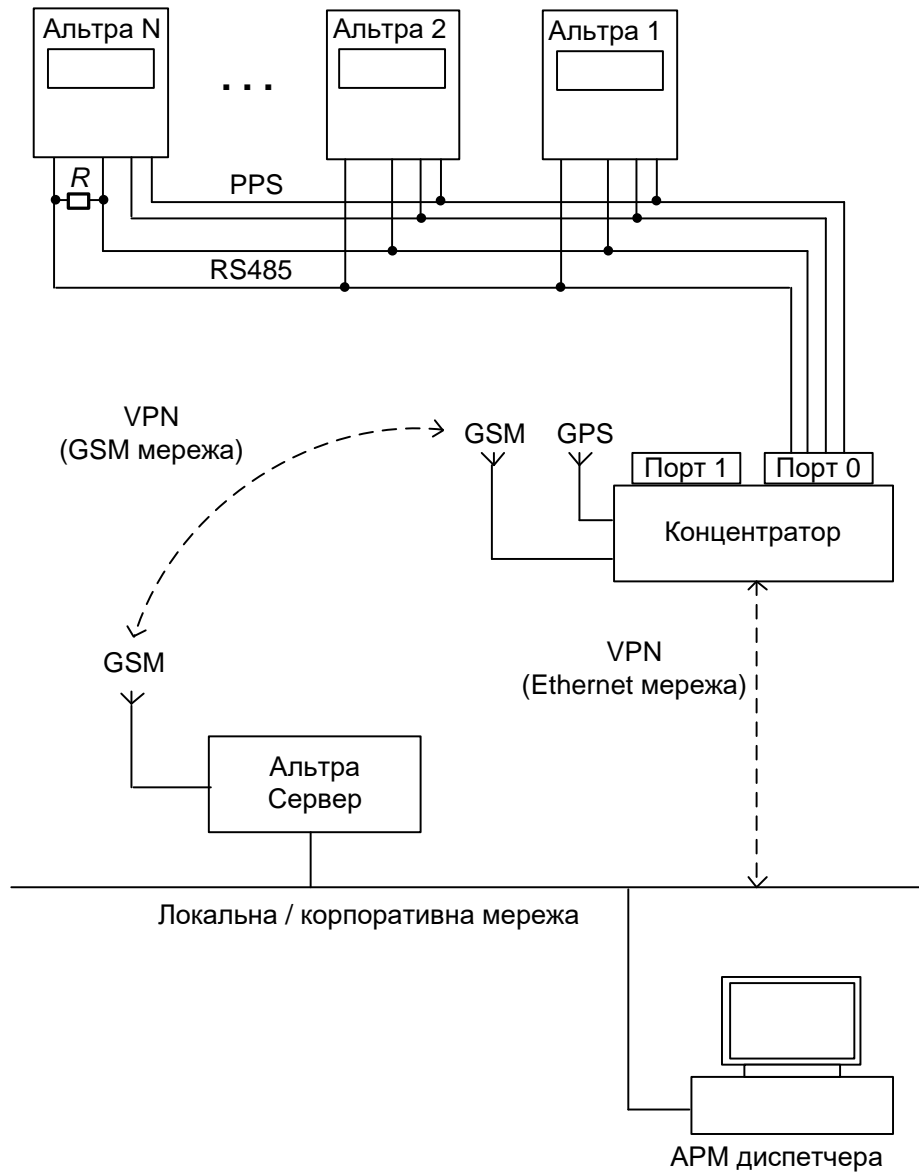
Схема організація зв'язку з використанням RS485 інтерфейсу



Організація зв'язку з використанням Ethernet інтерфейсу



Організація зв'язку з використанням GSM мережі на базі VPN технології



Цифровий пристрій реєстрації аварійних процесів Альтра32-р*

Призначений для реєстрації, моніторингу й аналізу аварійних процесів та нормальних режимів електроенергетичних систем.

Область застосування – електричні станції, підстанції, промислові підприємства та інші об'єкти електроенергетичних систем усіх класів напруг.

Пристрій виконує наступні функції:

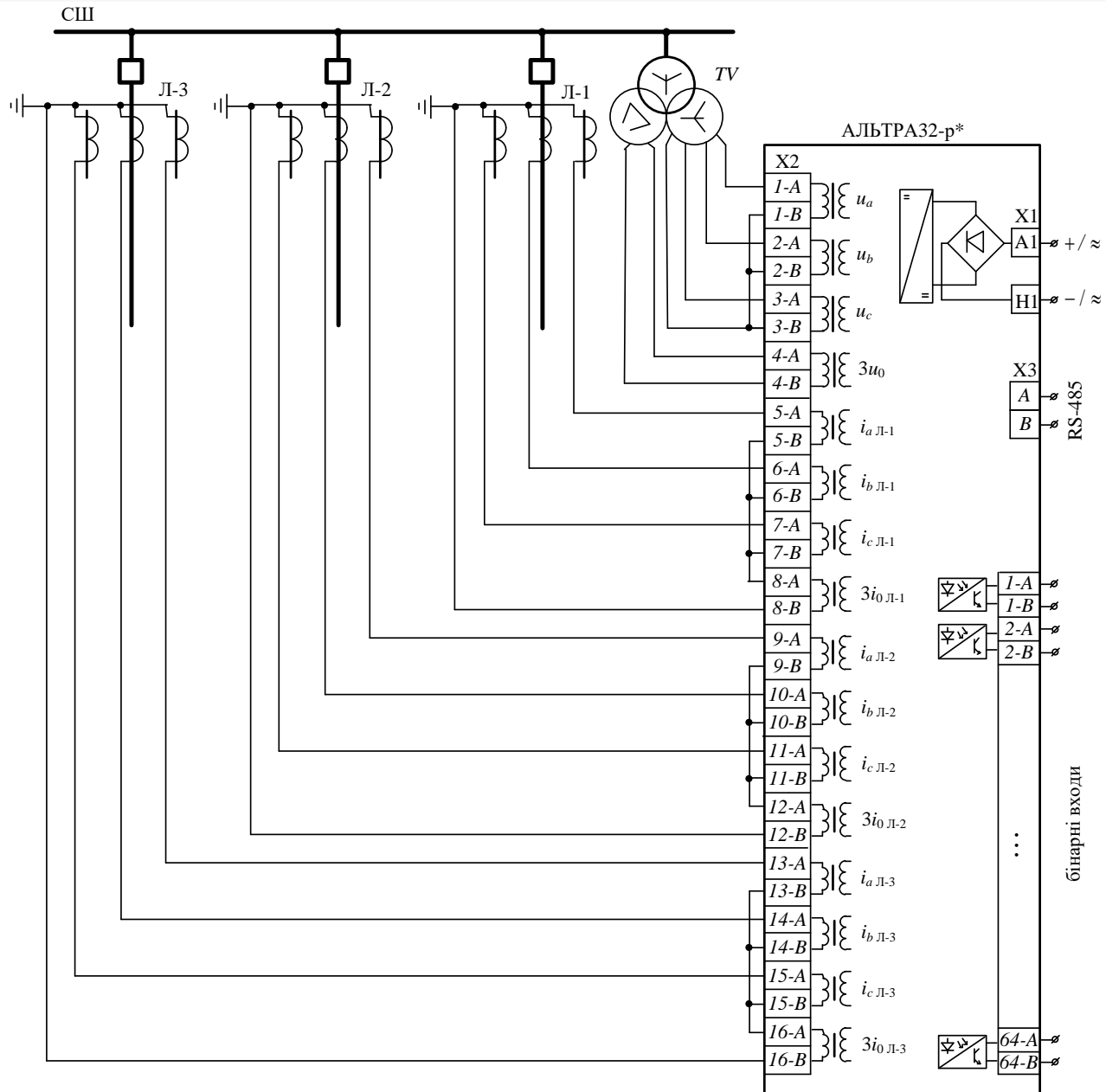
- запис осцилограм координат аварійного процесу;
- контроль стану бінарних виходів електроустановок;
- відображення на рідкокристалічному табло характеристик аварійних подій;
- запис файлів осцилограм аварійного процесу;
- визначення віддалі до місця пошкодження;
- передача інформації на диспетчерський пункт;
- відображення на диспетчерському пункті мнемосхеми підстанції та координат режиму: значень струмів, напруг, активної та реактивної потужностей тощо.

Модифікації пристрою реєстрації Альтра32-р*

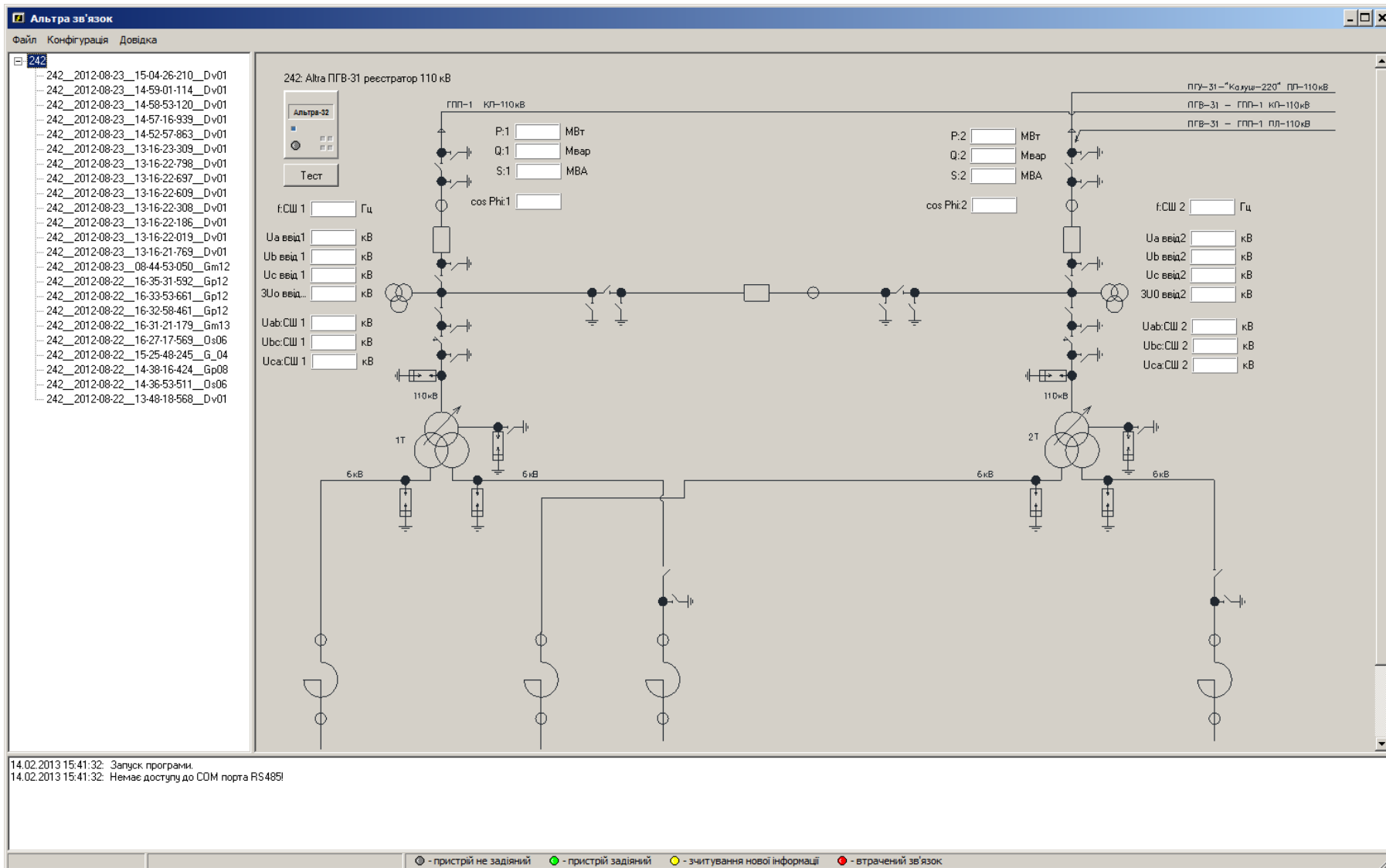
Пристрій виготовляється у наступних модифікаціях:

- **АЛЬТРА32-р32** – пристрій реєстрації аналогових і бінарних сигналів електроустановок, що містить 32 аналогових входів, а саме напруги $u_A, u_B, u_C, 3u_0$ та 28 струмів;
- **АЛЬТРА32-р16** – пристрій реєстрації аналогових і бінарних сигналів електроустановок, що містить 16 аналогових входів, а саме напруги $u_A, u_B, u_C, 3u_0$ та 12 струмів.

Схема приєднання пристрою Альтра32-р16 до зовнішніх кіл



Відображення мнемосхеми підстанції з координатами режиму



Діючі значення координат режиму (напруг, струмів)

$$F \approx \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_{k=1}^{N-1} ((f_{k+1} + f_k) / 2)^2 \cdot h}$$

Синусні та косинусні складові струмів (напруг)

$$F_{Js} = -\frac{2}{T} \sum_{k=1}^N (f_J(k) \sin(i \cdot \frac{2\pi}{N}) + f_J(k+1) \sin(i \cdot \frac{2\pi}{N})) / 2 \cdot h,$$

$$F_{Jc} = \frac{2}{T} \sum_{k=1}^N (f_J(k) \cos(i \cdot \frac{2\pi}{N}) + f_J(k+1) \cos(i \cdot \frac{2\pi}{N})) / 2 \cdot h,$$

$$F0_J = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^N (f_J(k) + f_J(k+1)) / 2 \cdot h$$

Активна, реактивна, повна потужності, коефіцієнт потужності пофазно

$$P_J = U_{0J} * I_{0J} + \sum_{i=1}^M \frac{U_{Jsi} \cdot I_{Jsi} + U_{Jci} \cdot I_{Jci}}{2}, \quad Q_J = \sum_{i=1}^M \frac{U_{Jsi} \cdot I_{Jci} - U_{Jci} \cdot I_{Jsi}}{2},$$

$$S_J = \sqrt{P_J^2 + Q_J^2},$$

$$\cos \varphi_J = \frac{P_J}{\sqrt{P_J^2 + Q_J^2}}$$

;

Сумарні активна, реактивна, повна потужності, коефіцієнт потужності

$$P = \sum_{J=A,B,C} (U_{0J} * I_{0J}) + \sum_{i=1}^M \frac{\sum_{J=A,B,C} (U_{Jsi} \cdot I_{Jsi} + U_{Jci} \cdot I_{Jci})}{2},$$

$$Q = \sum_{i=1}^M \frac{\sum_{J=A,B,C} (U_{Jsi} \cdot I_{Jci} - U_{Jci} \cdot I_{Jsi})}{2},$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2},$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Цифровий пристрій керування приєднаннями Альтра-Комутатор

Пристрій призначений для керування комутаційними апаратами приєднань секції шин 6-35 кВ та їх моніторингу.

Пристрій формує сигнали на ввімкнення/вимкнення комутаційних апаратів приєднань до секції, а також реєструє та запам'ятовує зміну стану бінарних сигналів електроустановок.

Пристрій дозволяє здійснювати керування та моніторинг до 8 або 16 комутаційних.

Пристрій виконує наступні функції:

- формує сигнали на ввімкнення/вимкнення комутаційних апаратів приєднань;
- контролює стан комутаційних апаратів приєднань чи інших бінарних сигналів електроустановок;
- здійснює двонаправлений обмін інформацією із АРМ диспетчера для дистанційного керування комутаційними апаратами, отримання інформації про стан бінарних сигналів електроустановок та зміни конфігурації пристрою.

Відображення мнемосхеми підстанції з вимикачами

Альтра зв'язок

Файл Конфігурація Довідка

500

- 500_2016-02-18_13-08-46-502_Te01
- 500_2016-02-18_13-03-45-361_Te01
- 500_2015-04-02_14-53-59-786_Te01
- 500_2015-03-16_15-51-34-001_Te01
- 500_2015-03-16_15-03-37-609_Te01
- 500_2015-03-03_10-21-26-241_Te01
- 500_2014-10-01_15-26-50-750_Te01
- 500_2014-09-25_17-20-17-071_Te01
- 500_2014-09-25_17-19-44-331_Te01
- 500_2014-09-25_15-40-47-439_Te01
- 500_2014-09-25_15-40-21-208_Te01
- 500_2014-09-25_15-40-05-327_Te01
- 500_2014-09-25_15-39-39-593_Te01
- 500_2014-09-25_15-39-11-938_Te01
- 500_2014-09-25_15-25-32-383_Te01
- 500_2014-09-25_15-12-37-934_Te01
- 500_2014-09-25_14-57-46-506_Te01
- 500_2014-06-10_12-43-53-210_Te01
- 500_2014-06-10_12-38-55-753_Te01
- 500_2014-04-26_00-07-18-261_Te01
- 500_2014-04-25_23-58-22-708_Te01
- 500_2014-03-21_09-50-44-435_Te01

500:

Альтра-32

Тест

Q1 Q2

Q3 Q4

Q5

Q6 Q7 Q8 Q9

U Ш-1 кВ U Ш-2 кВ

23.02.2016 23:01:27: Запуск програми.
23.02.2016 23:01:28: Помилка з'єднання з сервером: Socket Error # 10065
No route to host.

● - пристрій не задіяний ● - пристрій задіяний ● - зчитування нової інформації ● - втрачений зв'язок

ВИСНОВКИ

- Цифровий пристрій захисту Альтра32-з* забезпечує визначення приєднання секції шин напругою 6-35 кВ, на якому виникло замикання на землю.
- Цифровий пристрій реєстрації Альтра32-р* дозволяє здійснити реєстрацію аналогових сигналів напруг та струмів, а також інформації про спрацювання пристроїв РЗА, окремих їх підсистем, а також стан вимикачів з передачею цієї інформації на АРМ диспетчера.
- Вимірювання пристроями Альтра32-р* миттєвих значень фазних струмів приєднань та напруг шин дозволяє розраховувати та відображати на АРМ диспетчерського пункту діючі значення фазних струмів приєднань підстанції, напруг шин, а також значень активної потужності, реактивної потужності, коефіцієнта потужності кожного приєднання та кожної його фази.
- Запис цифрограм аварійних процесів пристроями Альтра32 з подальшою передачею їх на АРМ диспетчера дозволяє здійснити ґрунтовний аналіз аварій, застосовуючи спеціальне програмне забезпечення GRANOS.
- Цифровий пристрій Альтра-Комутатор дозволяє диспетчеру дистанційно керувати вимикачами приєднань підстанцій.
- Комплекс, створений на основі пристроїв Альтра32, реалізує автоматизоване робоче місце оператора (диспетчера підстанції, електростанції тощо).

Дякую за увагу!