



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **163855** (13) **U**
(51) МПК (2026.01)
G01R 31/00
H01B 17/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2026 00939	(72) Винахідник(и): Кутіна Марина Василівна (UA), Бабенко Олексій Вікторович (UA), Жуков Олексій Анатолійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 23.02.2026	(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 06.08.2026	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 05.08.2026, Бюл.№ 31	

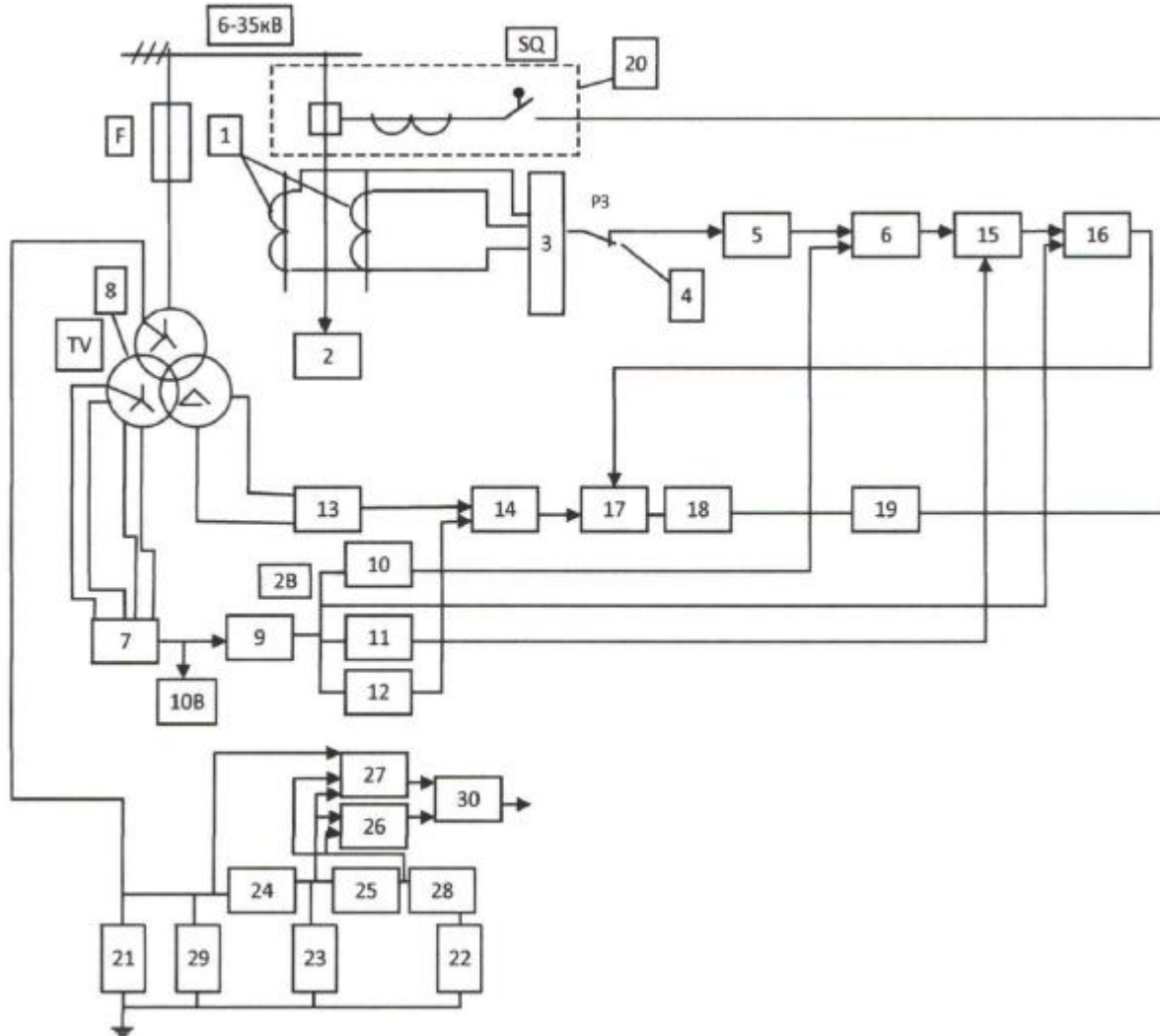
(54) ПРИСТРІЙ ПРОТИАВАРІЙНОЇ АВТОМАТИКИ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ З ПОВІТРЯНИМИ ЛІНІЯМИ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ НАПРУГОЮ 6-10 кВ

(57) Реферат:

Пристрій протиаварійної автоматики розподільної мережі з повітряними лініями електропередачі напругою 6-10 кВ містить перетворювачі змінної напруги в постійну, елемент збігу схеми, елемент затримки сигналу, вихідний блок, фільтр струму зворотної послідовності, розмикальний вихідний контакт релейного захисту від міжфазних коротких замикань, три компаратори, формувач уставки по струму зворотної послідовності, формувач уставки по напрузі нульової послідовності і формувач уставки часу, ключ, при цьому під'єднаний до вторинних обмоток двох трансформаторів струму, первинні обмотки яких облаштовано на початку лінії, включено в фази лінії. Виходи трансформаторів струму з'єднано з входом фільтра зворотної послідовності, вихід якого через розмикальний вихідний контакт релейного захисту від міжфазних коротких замикань і через перший перетворювач змінної напруги в постійну з'єднано з першим входом першого компаратора, а до вторинної обмотки трансформатора напруги, з'єднаної в зірку, під'єднано вхід другого перетворювача змінної напруги в постійну, вихід якого з'єднано з входом джерела оперативної напруги, вихід якого під'єднано до формувача уставки по струму зворотної послідовності, формувача уставки часу, формувача уставки по напрузі нульової послідовності, а до вторинної обмотки трансформатора напруги, з'єднаної в розімкнутий трикутник, під'єднано третій перетворювач змінної напруги в постійну, вихід якого під'єднано до першого входу другого компаратора. До другого входу другого компаратора під'єднано вихід формувача уставки по напрузі нульової послідовності, а до першого компаратора під'єднано вихід формувача уставки по струму зворотної послідовності, при цьому вихід першого компаратора під'єднано на перший вхід елемента затримки сигналу, на другий вхід якого під'єднано вихід формувача уставки часу. Вихід елемента затримки сигналу під'єднано до першого виходу третього компаратора, на другий вхід якого під'єднано вихід джерела оперативної напруги, вихід третього компаратора під'єднано до першого входу елемента збігу схеми, другий вхід якої під'єднано до виходу другого компаратора, а вихід елемента збігу схеми під'єднано до виходу ключа, вихід якого з'єднано з входом вихідного блока, вихід якого під'єднано до входу привода вимикача повітряної розподільної мережі. Додатково в пристрій введено ємнісний фільтр, джерело випрямленого струму, попередньо заряджений конденсатор, перший та другий обмежувальні резистори, відповідно, блок реагування на плавне зниження ізоляції, блок реагування на раптову зміну опору ізоляції, омметр, резистор з кнопкою включення резистора, блок сигналізації. Ємнісний фільтр підключений між нейтральною точкою первинної обмотки вимірювального трансформатора

UA 163855 U

напруги та землю, в якому вхід резистора з кнопкою включення резистора підключено до входу першого обмежувального резистора та блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції а вхід - до виходу попередньо зарядженого конденсатора та виходу джерела постійного струму, вхід якого підключено до виходу омметра, вхід якого підключено до виходу блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції, та виходу другого обмежувального резистора, вхід якого підключено до виходу першого обмежувального резистора та входу попередньо зарядженого конденсатора, блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції, та блока, що реагує на плавне зниження ізоляції, виходи блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції, та блока, що реагує на плавне зниження ізоляції під'єднані до входу блоку сигналізації.



Корисна модель стосується засобів протиаварійної автоматики розподільної мережі з повітряними лініями електропередачі напругою 6-10 кВ.

Відомий пристрій для захисту від несиметричного режиму роботи електричної мережі з ізольованою або компенсованою нейтраллю від несиметричних режимів, який складається з первинних перетворювачів сигналів (трансформаторів струму з операційними підсилювачами), включених у фази електричної системи, що захищається, виходами з'єднаних із входами перетворювачів змінної напруги в постійну. Їх виходи з'єднані з відповідними входами блока логічного елемента І і логічного елемента АБО. Ці блоки підключені до відповідних входів блока логічного елемента І-НІ і блока елемента затримки сигналу, які послідовно з'єднані з блоком логічної схеми збігу І на два входи і вихідним блоком [Патент України № 64542, МПК H02H 3/24, опубл. 16.10.2006 р., Бюл. № 10].

Недоліком пристрою є недостатня надійність через те, що пристрій не працює при обриві фазного проводу в розподільній мережі з деревоподібною структурою (невизначена відмова). Наприклад, при обриві фази лінії за першим відгалуженням повний струм на початку лінії в фазі не дорівнює нулю, а буде визначатись струмом навантаження відгалуження, а при обриві в кінці магістралі лінії або на останньому відгалуженні взагалі буде мало відрізнатись від струмів непошкоджених фаз.

Найбільш близьким до пристрою за корисною моделлю є пристрій захисту електричної розподільної мережі з ізольованою або компенсованою нейтраллю від обриву проводу в фазі, який містить перетворювачі змінної напруги в постійну, елемент збігу схеми, елемент затримки сигналу, вихідний блок, фільтр струму зворотної послідовності, розмикальний вихідний контакт релейного захисту від міжфазних коротких замикань, три компаратори, формувач уставки по струму зворотної послідовності, формувач уставки по напрузі нульової послідовності і формувач уставки часу, ключ, при цьому під'єднаний до вторинних обмоток двох трансформаторів струму, первинні обмотки яких облаштовано на початку лінії, включено в фази лінії, виходи трансформаторів струму з'єднано з входом фільтра зворотної послідовності, вихід якого через розмикальний вихідний контакт релейного захисту від міжфазних коротких замикань і через перший перетворювач змінної напруги в постійну з'єднано з першим входом першого компаратора, а до вторинної обмотки трансформатора напруги, з'єднаної в зірку, під'єднано вхід другого перетворювача змінної напруги в постійну, вихід якого з'єднано з входом джерела оперативної напруги, вихід якого під'єднано до формувача уставки по струму зворотної послідовності, формувача уставки часу, формувача уставки по напрузі нульової послідовності, а до вторинної обмотки трансформатора напруги, з'єднаної в розімкнутий трикутник, під'єднано третій перетворювач змінної напруги в постійну, вихід якого під'єднано до першого входу другого компаратора, а до другого входу другого компаратора під'єднано вихід формувача уставки по напрузі нульової послідовності, а до першого компаратора під'єднано вихід формувача уставки по струму зворотної послідовності, при цьому вихід першого компаратора під'єднано на перший вхід елемента затримки сигналу, на другий вхід якого під'єднано вихід формувача уставки часу, вихід елемента затримки сигналу під'єднано до першого виходу третього компаратора, на другий вхід якого під'єднано вихід джерела оперативної напруги, вихід третього компаратора під'єднано до першого входу елемента збігу схеми, другий вхід якої під'єднано до виходу другого компаратора, а вихід елемента збігу схеми під'єднано до виходу ключа, вихід якого з'єднано з входом вихідного блока, вихід якого під'єднано до входу привода вимикача повітряної розподільної мережі [Патент на корисну модель України № 73067, МПК (2012) H02H3/24, опубл. 10.09.2012, бюл. № 17/2012].

Недоліком пристрою є недостатній рівень надійності та безпеки через неможливість виявлення пошкоджень ізоляції на ранній стадії їх з'явлення.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою протиаварійної автоматики розподільної мережі з повітряними лініями електропередачі напругою 6-10 кВ, якому за рахунок введення нових елементів та блоків забезпечує можливість виявлення пошкоджень ізоляції на ранній стадії, що приводить до підвищення рівня безпеки і надійності роботи пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій протиаварійної автоматики розподільної мережі з повітряними лініями електропередачі напругою 6-10 кВ, який містить перетворювачі змінної напруги в постійну, елемент збігу схеми, елемент затримки сигналу, вихідний блок, фільтр струму зворотної послідовності, розмикальний вихідний контакт релейного захисту від міжфазних коротких замикань, три компаратори, формувач уставки по струму зворотної послідовності, формувач уставки по напрузі нульової послідовності і формувач уставки часу, ключ, при цьому під'єднаний до вторинних обмоток двох трансформаторів струму, первинні обмотки яких облаштовано на початку лінії, включено в фази лінії, виходи трансформаторів

струму з'єднано з входом фільтра зворотної послідовності, вихід якого через розмикальний вихідний контакт релейного захисту від міжфазних коротких замикань і через перший перетворювач змінної напруги в постійну з'єднано з першим входом першого компаратора, а до вторинної обмотки трансформатора напруги, з'єднаної в зірку, під'єднано вхід другого перетворювача змінної напруги в постійну, вихід якого з'єднано з входом джерела оперативної напруги, вихід якого під'єднано до формувача уставки по струму зворотної послідовності, формувача уставки часу, формувача уставки по напрузі нульової послідовності, а до вторинної обмотки трансформатора напруги, з'єднаної в розімкнутий трикутник, під'єднано третій перетворювач змінної напруги в постійну, вихід якого під'єднано до першого входу другого компаратора, а до другого входу другого компаратора під'єднано вихід формувача уставки по напрузі нульової послідовності, а до першого компаратора під'єднано вихід формувача уставки по струму зворотної послідовності, при цьому вихід першого компаратора під'єднано на перший вхід елемента затримки сигналу, на другий вхід якого під'єднано вихід формувача уставки часу, вихід елемента затримки сигналу під'єднано до першого виходу третього компаратора, на другий вхід якого під'єднано вихід джерела оперативної напруги, вихід третього компаратора під'єднано до першого входу елемента збігу схеми, другий вхід якої під'єднано до виходу другого компаратора, а вихід елемента збігу схеми під'єднано до виходу ключа, вихід якого з'єднано з входом вихідного блока, вихід якого під'єднано до входу привода вимикача повітряної розподільної мережі, згідно з корисною моделлю, введено ємнісний фільтр, джерело випрямленого струму, попередньо заряджений конденсатор, перший та другий обмежувальні резистори, відповідно, блок реагування на плавне зниження ізоляції, блок реагування на раптову зміну опору ізоляції, омметр, резистор з кнопкою включення резистора, блок сигналізації, причому ємнісний фільтр підключений між нейтральною точкою первинної обмотки вимірювального трансформатора напруги та землею, в якому вхід резистора з кнопкою включення резистора підключено до входу першого обмежувального резистора та блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції, а вхід - до виходу попередньо зарядженого конденсатора та виходу джерела постійного струму, вхід якого підключено до виходу омметра, вхід якого підключено до виходу блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції та виходу другого обмежувального резистора, вхід якого підключено до виходу першого обмежувального резистора та входу попередньо зарядженого конденсатора, блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції, та блока, що реагує на плавне зниження ізоляції. Виходи блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції, та блока, що реагує на плавне зниження ізоляції, під'єднані до входу блока сигналізації.

На кресленні наведена функціональна схема пристрою.

Пристрій містить фільтр струму зворотної послідовності 3, вхід якого з'єднано з виходом трансформаторів струму 1, а вихід через розмикальний вихідний контакт релейного захисту від міжфазних коротких замикань 4 з входом першого перетворювача змінної напруги в постійну 5, вихід якого з'єднано з першим входом першого компаратора 6. Трансформатор напруги 8, одна з вторинних обмоток якого з'єднана в зірку, з'єднано з другим перетворювачем змінної напруги в постійну 7, вихід якого з'єднано з джерелом оперативної напруги 9, вихід якого з'єднано з формувачем уставки по струму 10, пропорційної струму зворотної послідовності, формувачем уставки часу 11, формувачем уставки по напрузі нульової послідовності 12, а друга вторинна обмотка трансформатора напруги 8 з'єднана в розімкнутий трикутник і під'єднана до третього перетворювача змінної напруги в постійну 13, вихід якого з'єднано з першим входом другого компаратора 14, другий вхід якого з'єднано з виходом формувача уставки по напрузі нульової послідовності 12, перший вхід елемента затримки сигналу 15 з'єднано з виходом першого компаратора 6, другий вхід якого з'єднано з виходом формувача уставки часу 11, перший вхід третього компаратора 16 з'єднано з виходом елемента затримки сигналу 15, другий вхід з'єднано з джерелом оперативної напруги 9, елемент збігу схеми 17, перший вхід якого з'єднано з виходом третього компаратора 16, а другий вхід з'єднано з виходом другого компаратора 14, вихід елемента збігу схеми 17 з'єднано з входом ключа 18, з'єднано з вихідним блоком 19, вихід якого з'єднано з приводом вимикача 20. Крім того, пристрій містить ємнісний фільтр 21 підключений між нейтральною точкою первинної обмотки вимірювального трансформатора напруги 8 та землею в якому вхід резистора з кнопкою включення резистора 29 підключено до входу першого обмежувального резистора 24 та блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції 27, а вхід - до виходу попередньо зарядженого конденсатора 23 та виходу джерела постійного струму 22, вхід якого підключено до виходу омметра 28, вхід якого підключено до виходу блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції 27, та виходу другого обмежувального резистора 25, вхід якого підключено до виходу першого обмежувального резистора 24 та входу попередньо зарядженого конденсатора 23, блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції 27,

та блока, що реагує на плавне зниження ізоляції 26. Виходи блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції 27, та блока, що реагує на плавне зниження ізоляції 26, під'єднані до входу блока сигналізації 30. Позицією 2 позначено розподільну мережу.

Пристрій працює наступним чином, від трансформаторів струму 1 перетворений струм фаз мережі потрапляє на вхід фільтра струму зворотної послідовності 3. Трифазна вхідна напруга через другий перетворювач змінної напругу в постійну 7, який живиться від першої додаткової обмотки трансформатора напруги 8, потрапляє на вхід джерела оперативної напруги 9, яке формує стабільну опорну напругу 2В. Якщо відсутнє пошкодження в розподільній мережі на виході фільтра струму зворотної послідовності 3 сигнал не перевищує рівень небалансу струму зворотної послідовності, а на виході третього перетворювача змінної напруги в постійну 13 - напруги небалансу нульової послідовності і на виході першого компаратора 6 і другого компаратора 14 сигнали відсутні. При виникненні міжфазного короткого замикання спрацьовує релейний захист від міжфазних коротких замикань і розмикає розмикальний контакт релейного захисту від міжфазних коротких замикань 4, блокуючи дію пристрою захисту електричної розподільної мережі з ізолюваною або компенсованою нейтраллю від обриву проводу в фазі. В разі виникнення однофазного замикання на землю, не пов'язаного з обривом проводу і падінням його на землю на виході другого компаратора 14, з'являється сигнал, який потрапляє на другий вхід елемента збігу схеми 17, але на перший вхід сигнал не подається, тому на виході елемента збігу схеми 17 сигнал відсутній і пристрій захисту електричної розподільної мережі з ізолюваною або компенсованою нейтраллю від обриву проводу в фазі не працює. У випадку обриву фазного проводу на виході фільтра струму зворотної послідовності 3 з'являється струм зворотної послідовності, який випрямляється, фільтрується, нормується і підсилюється першим перетворювачем змінної напругу в постійну 5 і подається сигнал на перший вхід першого компаратора 6. На другий його вхід потрапляє сигнал від формувача уставки струму зворотної послідовності 10, спрацьовує перший компаратор 6 і своїм вихідним сигналом запускає елемент затримки сигналу 15. Напруга на виході елемента затримки сигналу 15 починає зростати. Швидкість зростання залежить від заданої уставки формувача уставки витримки часу 11, яка перевершує час падіння дроту на землю, при якому утворюється аварійний режим однофазного замикання на землю. Коли напруга на виході елемента затримки сигналу 15 перевищить напругу джерела оперативної напруги 9, спрацьовує третій компаратор 16 і подає сигнал на перший вхід елемента збігу схеми 17. Після падіння проводу на землю виникає напруга на виході третього перетворювача змінної напруги в постійну 13 і, коли вона перевищує уставку спрацювання по напрузі нульової послідовності формувача уставки по напрузі 12, спрацьовує другий компаратор 14 і подає сигнал на другий вхід елемента збігу схеми 17, з виходу якої сигнал подається на вхід ключа 18, який спрацьовує і подає сигнал на вихідний блок 19, який своїм вихідним контактом подає живлення на котушку УАТ 20 вимикача Q, який відключає пошкоджену розподільну мережу 2 при замкненому блокконтакті приводу SQ.

В разі поступової зміни активного опору ізоляції струми в першому та другому обмежувальних резисторах 24, 25 однакові і зворотно пропорційні загальному активному опору мережі відносно землі. Стрибокоподібна зміна опору ізоляції викликає розряд попереднього зарядженого конденсатора 23, максимальна величина струму якого зворотно пропорційна величині опору в місці замикання. Характер перехідного процесу залежить від характеру зміни опору в місці виникнення шунтувального зв'язку розподільної мережі. Шунтування оперативного сигналу усувається шляхом вмикання між нейтральною точкою вторинної обмотки трансформатора 8 і землею ємнісного фільтра 21. Аналіз математичної моделі показав, що ємність мережі та ємнісного фільтра 21 практично не впливають на максимальне та усталене значення струмів. Контроль плавної, симетричної зміни активного опору ізоляції здійснюється за допомогою блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції 26, вхід якого під'єднано паралельно послідовно з'єднаним першим та другим обмежувальним резисторам 25, 24, а блок, що реагує на раптову зміну опору ізоляції 27, реагує на раптову зміну опору ізоляції і вхід його підключено паралельно опору 24, а виходи пристроїв 26, 27 під'єднані до входу блока сигналізації 30, який подає сигнал в разі плавного чи раптового зниження опору ізоляції до граничної величини і пуск захисту від ОЗЗ. Для перевірки справності елементів пристрою використовують резистор з кнопкою включення резистора 29, який під'єднано паралельно ємнісному фільтру 21. Омметр 28 здійснює контроль величини активного опору ізоляції фаз мережі відносно землі. Джерело випрямленого струму 22 здійснює живлення схеми.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій протиаварійної автоматики розподільної мережі з повітряними лініями електропередачі напругою 6-10 кВ, що містить перетворювачі змінної напруги в постійну, елемент збігу схеми, елемент затримки сигналу, вихідний блок, фільтр струму зворотної послідовності, розмикальний вихідний контакт релейного захисту від міжфазних коротких замикань, три компаратори, формувач уставки по струму зворотної послідовності, формувач уставки по напрузі нульової послідовності і формувач уставки часу, ключ, при цьому під'єднаний до вторинних обмоток двох трансформаторів струму, первинні обмотки яких облаштовано на початку лінії, включено в фази лінії, виходи трансформаторів струму з'єднано з входом фільтра зворотної послідовності, вихід якого через розмикальний вихідний контакт релейного захисту від міжфазних коротких замикань і через перший перетворювач змінної напруги в постійну з'єднано з першим входом першого компаратора, а до вторинної обмотки трансформатора напруги, з'єднаної в зірку, під'єднано вхід другого перетворювача змінної напруги в постійну, вихід якого з'єднано з входом джерела оперативної напруги, вихід якого під'єднано до формувача уставки по струму зворотної послідовності, формувача уставки часу, формувача уставки по напрузі нульової послідовності, а до вторинної обмотки трансформатора напруги, з'єднаної в розімкнутий трикутник, під'єднано третій перетворювач змінної напруги в постійну, вихід якого під'єднано до першого входу другого компаратора, а до другого входу другого компаратора під'єднано вихід формувача уставки по напрузі нульової послідовності, а до першого компаратора під'єднано вихід формувача уставки по струму зворотної послідовності, при цьому вихід першого компаратора під'єднано на перший вхід елемента затримки сигналу, на другий вхід якого під'єднано вихід формувача уставки часу, вихід елемента затримки сигналу під'єднано до першого виходу третього компаратора, на другий вхід якого під'єднано вихід джерела оперативної напруги, вихід третього компаратора під'єднано до першого входу елемента збігу схеми, другий вхід якої під'єднано до виходу другого компаратора, а вихід елемента збігу схеми під'єднано до виходу ключа, вихід якого з'єднано з входом вихідного блока, вихід якого під'єднано до входу привода вимикача повітряної розподільної мережі, який відрізняється тим, що в нього введено ємнісний фільтр, джерело випрямленого струму, попередньо заряджений конденсатор, перший та другий обмежувальні резистори, відповідно, блок реагування на плавне зниження ізоляції, блок реагування на раптову зміну опору ізоляції, омметр, резистор з кнопкою включення резистора, блок сигналізації, причому ємнісний фільтр підключений між нейтральною точкою первинної обмотки вимірювального трансформатора напруги та землею, в якому вхід резистора з кнопкою включення резистора підключено до входу першого обмежувального резистора та блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції, а вхід - до виходу попередньо зарядженого конденсатора та виходу джерела постійного струму, вхід якого підключено до виходу омметра, вхід якого підключено до виходу блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції, та виходу другого обмежувального резистора, вхід якого підключено до виходу першого обмежувального резистора та входу попередньо зарядженого конденсатора, блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції, та блока, що реагує на плавне зниження ізоляції, виходи блока, що реагує на раптову зміну опору ізоляції, та блока, що реагує на плавне зниження ізоляції, під'єднані до входу блока сигналізації.

