

Винахід належить до області електротехніки, зокрема, електробезпеки і призначений для захисту від ураження електричним струмом і інших небезпечних наслідків витоків струму на землю шляхом визначення і подальшого захисного шунтування пошкодженої фази мережі на землю. Винахід розрахований, передусім, для застосування в підземних трифазних електричних мережах з ізольованою нейтраллю напругою до 1140 В.

Найбільш близький до того, що пропонується, пристрій для визначення пошкодженої фази на землю в трифазній мережі з ізольованою нейтраллю містить в собі датчик напруги нульової послідовності (у вигляді фільтра напруги нульової послідовності, утвореного первинними обмотками трифазного трансформатора, з'єднаними зіркою і підключеними до фаз мережі), фільтр промислової частоти (у вигляді блоку вимірювання напруги нульової послідовності, що виділяє складову промислової частоти), блок контролю збільшення напруги (у вигляді послідовно з'єднаних амплітудою селектора і елемента затримки), формувач тактових імпульсів (що перетворює напругу нульової послідовності промислової частоти в короткі імпульси) і для кожної фази мережі датчик живильної фазної напруги (у вигляді вторинної обмотки трифазного трансформатора), формувач опорних імпульсів (що перетворює живильну фазну напругу в імпульси, названі в оригіналі інформаційними, з тривалістю, відповідною фазовому проміжку до 120° за вирахуванням фазового проміжку тактового імпульсу), D-тригер і логічний елемент І, причому вихід датчика напруги нульової послідовності з'єднаний з входом фільтра промислової частоти, вихід якого з'єднаний з входом блоку контролю збільшення напруги і входом формувача тактових імпульсів, а для кожної фази мережі вихід датчика живильної фазної напруги з'єднаний через формувач опорних імпульсів з інформаційним входом D-тригера, тактовий вхід D-тригера з'єднаний з виходом формувача тактових імпульсів, а вихід – з першим входом логічного елемента І, у якого другий вхід з'єднаний з виходом блоку контролю збільшення напруги, а вихід – з виконавчим органом [1].

У даному пристрої відповідність опорному фазовому проміжку початкової фази напруги нульової послідовності промислової частоти контролюється за допомогою D-тригера, що запам'ятовує значення опорного імпульсу при збігу у часі з тактовим імпульсом. Відлік опорних фазових проміжків проводиться відносно живильних фазних напруг індивідуально для кожної фази мережі. Внаслідок цього результат визначення пошкодженої фази виробляється автономно для кожної фази мережі і не залежить від порядку чергування фаз мережі. Величина опорного фазового проміжку в сумі з тактовим може бути призначена будь-якою, але не більше за 120° – межі однозначного визначення пошкодженої фази в трифазній мережі. При сумарній величині, близькій до 120° , знімається обмеження по чутливості до небезпечних витоків на землю, що необхідно для виконання вимог електробезпеки. Однак, з підвищенням чутливості знижується надійність пристрою в зв'язку з погіршенням стійкості проти помилкового визначення пошкодженої фази при високоомних небезпечних витках. Внаслідок подальшого шунтування "здорової" фази мережі на землю гіршають умови електробезпеки. Погіршення даної стійкості зумовлене вимушено малою величиною затримки, що вноситься блоком контролю збільшення напруги. По його вихідному сигналу – сигналу про появу небезпечного витоку на землю, фіксується пошкоджена фаза мережі. Таким чином, затримка спрацювання блоку контролю збільшення напруги є в пристрої головним засобом забезпечення стійкості. Величина затримки обмежується умовами електробезпеки і розраховується на основі допустимого часу існування в мережі (до захисного шунтування) струму через людину (з мінімальним опором) за вирахуванням часу спрацювання виконавчих пристроїв. Для мереж напругою 1140В величина затримки може бути допущена до двох періодів коливань промислової частоти. При більш високій напрузі мережі затримка, зрозуміло, повинна бути менше. Поява високоомних однофазних небезпечних витоків може супроводитися перехідним процесом з тривалістю, що перевищує вказану величину затримки. Такий перехідний процес в сукупності з іншими перешкодами непромислової частоти може "відводити" тактовий імпульс за межі опорного імпульсу, що відноситься до пошкодженої фази мережі. Внаслідок цього сусідня фаза мережі помилково визначається як пошкоджена. Підвищення надійності роботи пристрою можливе шляхом перевірки результату визначення пошкодженої фази на достовірність. Однак, просте дублювання результату з метою такої перевірки неприйнятне через додаткові витрати часу, недопустимі при визначенні пошкодженої фази мережі з низькоомним, найбільш небезпечним витоком на землю.

У основу винаходу поставлена задача підвищення надійності роботи пристрою визначення пошкодженої фази на землю в трифазній мережі з ізольованою нейтраллю шляхом перевірки на достовірність результату визначення пошкодженої фази без додаткових витрат часу за рахунок збільшення частоти отримання результату з одного до двох разів за повне коливання напруги нульової послідовності. Використання винаходу забезпечить стійкість проти помилкового визначення пошкодженої фази мережі без втрати швидкодії при найбільш небезпечних витках на землю.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрої для визначення пошкодженої фази на землю в мережі з ізольованою нейтраллю, що містить датчик напруги нульової послідовності, фільтр промислової частоти, блок контролю збільшення напруги, формувач тактових імпульсів і для кожної фази мережі датчик живильної фазної напруги, формувач опорних імпульсів, D-тригер і логічний елемент І, причому вихід датчика напруги нульової послідовності з'єднаний з входом фільтра промислової частоти, вихід якого з'єднаний з входом блоку контролю збільшення напруги і входом формувача тактових імпульсів, а для кожної фази мережі вихід датчика живильної фазної напруги з'єднаний через формувач опорних імпульсів з інформаційним входом D-тригера, тактовий вхід D-тригера з'єднаний з виходом формувача тактових імпульсів, а вихід – з першим входом логічного елемента І, у якого вихід з'єднаний з виконавчим органом, додатково введені формувач зміщених на 180° тактових імпульсів, а для кожної фази мережі формувач зміщених на 180° опорних імпульсів і другий D-тригер, причому всі D-тригери виконані синхронними і з входом скидання, вихід блоку контролю збільшення напруги з'єднаний з входом скидання всіх D-тригерів, вихід блоку контролю збіль-

шення напруги або вхід скидання у всіх D-тригерів виконаний інверсним, вхід формувача зміщених на 180° тактових імпульсів з'єднаний з виходом фільтра промислової частоти або виходом формувача тактових імпульсів, а для кожної фази мережі вихід датчика живильної фазної напруги з'єднаний через формувач зміщених на 180° опорних імпульсів з інформаційним входом другого D-тригера, тактовий вхід якого з'єднаний з виходом формувача зміщених на 180° тактових імпульсів, а вихід – з другим входом логічного елемента І.

Пропонується варіант реалізації формувача тактових імпульсів – у вигляді нуль-компаратора, а формувача зміщених на 180° тактових імпульсів – у вигляді логічного елемента ІІ, вхід якого з'єднаний з виходом нуль-компаратора.

Нова технічна властивість винаходу досягається таким чином. Введені в пристрій нові (відмітні) ознаки: формувач зміщених на 180° тактових імпульсів і для кожної фази мережі формувач зміщених на 180° опорних імпульсів і другий D-тригер, у взаємозв'язку забезпечують отримання другого (додаткового) результату визначення пошкодженої фази мережі. Отримання першого результату забезпечують відомі ознаки пристрою. Чергування обох результатів у часі має випадковий характер. Обидва результати оновлюються один раз за повне коливання напруги нульової послідовності, але з відносним зміщенням на 180° , відповідним половині повного коливання. У результаті забезпечується отримання результату визначення пошкодженої фази двічі за повне коливання напруги нульової послідовності. Логічний елемент І для кожної фази мережі формує кінцевий результат визначення пошкодженої фази з перевіркою на достовірність – по збігу активних станів першого і другого D-тригерів (першого і другого результатів визначення пошкодженої фази). При цьому витрати часу на визначення пошкодженої фази залишаються такими ж, як у разі визначення пошкодженої фази без перевірки результату на достовірність. Поява в мережі небезпечного витоку на землю є командою, вказуючою на необхідність визначення пошкодженої фази, і для пристрою відповідає дозволу роботи D-тригерів. З цієї метою використовуються входи скидання D-тригерів, на які дозволяючий сигнал поступає з виходу блоку контролю збільшення напруги. За рахунок перевірки достовірності досягається стійкість проти помилкового визначення пошкодженої фази, що підвищує надійність роботи пристрою.

Призначення відмітних ознак, що характеризують винахід в окремому випадку, полягає в наступному.

Реалізація D-тригерів синхронними робить можливим просту реалізацію формувачів тактових імпульсів і зміщених на 180° тактових імпульсів відповідно у вигляді нуль-компаратора і логічного елемента ІІ, що також підвищує надійність пристрою. При цьому використовується властивість перемикання синхронного D-тригера по фронту сигналу на тактовому вході.

На фіг. 1 представлена функціональна схема пристрою, на фіг. 2 – часова діаграма, що пояснює роботу пристрою для випадку пошкодження в мережі фази А.

Функціональна схема пристрою містить датчик напруги нульової послідовності – 1, датчики живильних фазних напруг – 2, фільтр промислової частоти – 3, формувач тактових імпульсів – 4, формувач зміщених на 180° тактових імпульсів – 5, блок контролю збільшення напруги – 6, і далі по числу фаз мережі формувачі опорних імпульсів – 7, формувачі зміщених на 180° опорних імпульсів – 8, перші і другі синхронні D-тригери 9 і 10, а також логічні елементи І–ІІ. На схемі також показані:

А, В, С – фази мережі;

U_0 – напруга нульової послідовності;

u_0 – вихідний сигнал фільтра 3, пропорційний напрузі U_0 промислової частоти;

u_A, u_B, u_C – вихідні сигнали датчиків 2, пропорційні живильним фазним напругам мережі;

a_1, b_1, c_1 – перші опорні імпульси на виходах формувачів 7 для фаз А, В, С;

a_2, b_2, c_2 – другі, зміщені на 180° опорні імпульси на виходах формувачів 8 для фаз А, В, С;

z_1, z_2 – перші тактові імпульси і другі, зміщені на 180° тактові імпульси на виходах формувача 4 і 5 відповідно.

г – сигнал з інверсного виходу блоку контролю збільшення напруги – 6 (сигнал скидання D-тригерів в нуль);

Q_1^A, Q_2^A – вихідні сигнали першого і другого D-тригерів 9 і 10 в пошкодженій фазі А.

На часовій діаграмі додатково показані:

T – період коливальних промислової частоти;

τ – часовий зсув перших опорних імпульсів a_1, b_1, c_1 відповідно нульових переходів сигналів u_A, u_B, u_C ;

τ_0 – час уповільнення фільтра промислової частоти – 3;

Δt – час запізнювання кінцевого результату визначення пошкодженої фази відносно моменту виникнення сигналу про появу небезпечного витоку на землю;

t – час.

Робота пристрою полягає в наступному.

По сигналах u_A, u_B, u_C з виходів датчиків 2 живильних фазних напруг мережі (виконаних, наприклад, у вигляді вторинних обмоток трифазного трансформатора, первинні обмотки якого з'єднані зіркою і підключені до фаз мережі) формувачі 7 (фіг. 1), виробляють перші опорні імпульси a_1, b_1, c_1 заданої тривалості, що дорівнює третині періоду T і відповідає величині 120° опорного фазового проміжку. Перші опорні імпульси (фазові проміжки) a_1, b_1, c_1 зміщені (фіг.2) відносно нульових переходів сигналів u_A, u_B, u_C від від'ємних значень до додаткових на деякий фіксований інтервал τ (фазовий зсув $\omega\tau$ де ω – кругова частота мережі), зумовлений реалізацією формувачів 7. Так, у разі реалізації формувачів 7 у вигляді компараторів, що спрацьовують при перевищенні миттєвих значень вхідних сигналів над порогом, що дорівнює половині максимального значення цих сигналів, інтервал τ складає $T/12$ (фазовий зсув $\omega\tau = 30^\circ$). Даний випадок відповідає часовій діаграмі. При іншій реалізації, наприклад, у вигляді одновібраторів, інтервал τ може складати будь-яке фіксоване значення в границях періоду.

Формувачі 8 виробляють з сигналів u_A , u_B , u_C другі опорні імпульси a_2 , b_2 , c_2 , зміщені відносно перших опорних імпульсів a_1 , b_1 , c_1 на півперіод $T/2$ (180°). Формувачі 8 можуть бути реалізовані, наприклад, у вигляді компараторів, що спрацьовують при зниженні миттєвих значень вхідних сигналів нижче порогу, що дорівнює половині мінімального значення цих сигналів (як показано на часовій діаграмі).

Пошкодження ізоляції в мережі у вигляді витoku в фазі А спричиняє появу напруги U_0 нульової послідовності. Ця напруга виділяється датчиком 1, виконаним, наприклад, у вигляді фільтра напруги нульової послідовності, утвореним первинними обмотками трифазного трансформатора. У загальному випадку напруги U_0 містить в собі корисну (інформаційну) складову промислової частоти і перешкоду – складові непромислової частоти, наприклад, що створюються роботою пристрою контролю активного опору ізоляції мережі. Промислова складова напруги U_0 зсунута відносно сигналу u_A на фазовий кут, який визначається передавальними властивостями контура нульової послідовності мережі. На фіг. 2 штрихпунктиром показані коливання U_0 промислової частоти для граничних значень фазового зсуву при відсутності витоків в сусідніх фазах мережі – 90° і 0° . Фільтр 3 виділяє корисний сигнал u_0 , пропорційний напрузі U_0 промислової частоти, і одночасно вповільнює його на час τ_0 для приведення у відповідність середнього значення початкової фази сигналу u_0 середині опорного фазового проміжку, що відноситься до фази А. Це уповільнення нейтралізує фіксований зсув τ , що вноситься формувачами 7 і 8 і правильно орієнтує нульові переходи сигналу u_0 відносно опорних імпульсів. Далі з сигналу u_0 формуються перші тактові імпульси z_1 і зміщені від них на 180° другі тактові імпульси z_2 відповідно формувачем 4 і 5. Показані на часовій діаграмі тактові імпульси у вигляді меандра відповідають варіанту простої реалізації формувачів 4 і 5 у вигляді нуль-компаратора і логічного елемента НІ відповідно. Формувачі 4 і 5 можуть також виробляти тактові імпульси у вигляді, відмінному від меандра. При цьому для реалізації формувача 5 може виявитися більш зручним підключення його входу до виходу фільтра 3 (на схемі цей зв'язок показаний пунктиром).

Пошкоджена фаза мережі визначається по збігу двох результатів. Один результат визначається для кожної фази мережі по виявленню відповідності першому опорному фазовому проміжку значення фазового зсуву між живильною фазною напругою і сигналом u_0 , тобто по збігу у часі першого опорного імпульсу (одного з імпульсів a_1 , b_1 , c_1) і фронту першого тактового імпульсу z_1 . Другий результат визначається так само для кожної фази мережі по виявленню відповідності другому опорному фазовому проміжку значення фазового зсуву між живильною фазною напругою і інверсним сигналом u_0 , тобто по збігу у часі другого опорного імпульсу (одного з імпульсів a_2 , b_2 , c_2) і фронту другого тактового імпульсу z_2 . Вказані збіги у часі фіксуються відповідно першим і другим синхронним D-тригером – 9 і 10. Включення в роботу всіх D-тригерів здійснюється з появою в мережі небезпечного витoku на землю, що розпізнається блоком 6 по збільшенню вихідного сигналу u_0 фільтра 3. Для включення D-тригерів використані входи скидання (R-входи), на які дозволяючи роботу логічний сигнал g низького (нульового) рівня надходить з інверсного виходу блоку 6, як показано на схемі пристрою (у разі ж використання D-тригерів з інверсним входом скидання, блок 6 виконують з неінверсним виходом). У момент приходу сигналу дозволу $g=0$ тригери знаходяться в нульовому (неактивному) стані, що характеризується низьким рівнем вихідних сигналів. По додатних перепадах імпульсів на тактових входах (С-входах) тригерів останні приймають стан, відповідний значенням опорних імпульсів на інформаційних D-входах. При пошкодженій фазі А додатні перепади тактових імпульсів z_1 і z_2 припадають на час дії опорних імпульсів a_1 і a_2 відповідно. По додатних перепадах тактових імпульсів D-тригери 9 і 10, що належать до фази А, переходять в активний стан, що характеризується високим (одиничним) рівнем вихідних логічних сигналів на виходах: $Q_1^A = Q_2^A = 1$. Одиничне значення тільки одного сигналу Q_1^A або Q_2^A є у часі першим (попереднім) результатом визначення пошкодженої фази А. Кінцевий результат визначення пошкодженої фази виробляється з появою одиничного значення другого сигналу, що повторює перший і, тим самим, підтверджує його достовірність. Збіг у часі одиничних сигналів Q_1^A і Q_2^A виявляється відповідним логічним елементом І-11, вихідний сигнал якого керує роботою виконавчого органу, наприклад, пристрою захисного шунтування пошкодженої фази на землю.

У подальші такти сигналів z_1 і z_2 одиничний стан вказаних D-тригерів буде підтверджуватися до усунення пошкодження і появи сигналу скидання $g=1$. Тригери, що відносяться до "здорових" (непошкоджених) фаз мережі, весь цей час знаходяться в неактивному стані.

Затримка в появі результату визначення пошкодженої фази відносно моментів розпізнавання появи в мережі небезпечного витoku на землю (переходу сигналу g з високого рівня до низького) складає від половини до повного коливання сигналу u_0 внаслідок випадковості моментів появи вихідного сигналу блоку 6 і зумовлена затримкою Δt переходу до одиничного значення другого, підтверджуючого сигналу. На часовій діаграмі з такою затримкою з'являється одиничне значення сигналу Q_1^A . Затримка, що дорівнює тривалості повного коливання сигналу u_0 , є максимальною для пристрою, який визначає пошкоджену фазу мережі без перевірки на достовірність. У порівнянні з ним в пристрої, що пропонується, за той же час результат визначення пошкодженої фази формується з перевіркою на достовірність, що забезпечує стійкість проти помилкового визначення пошкодженої фази.

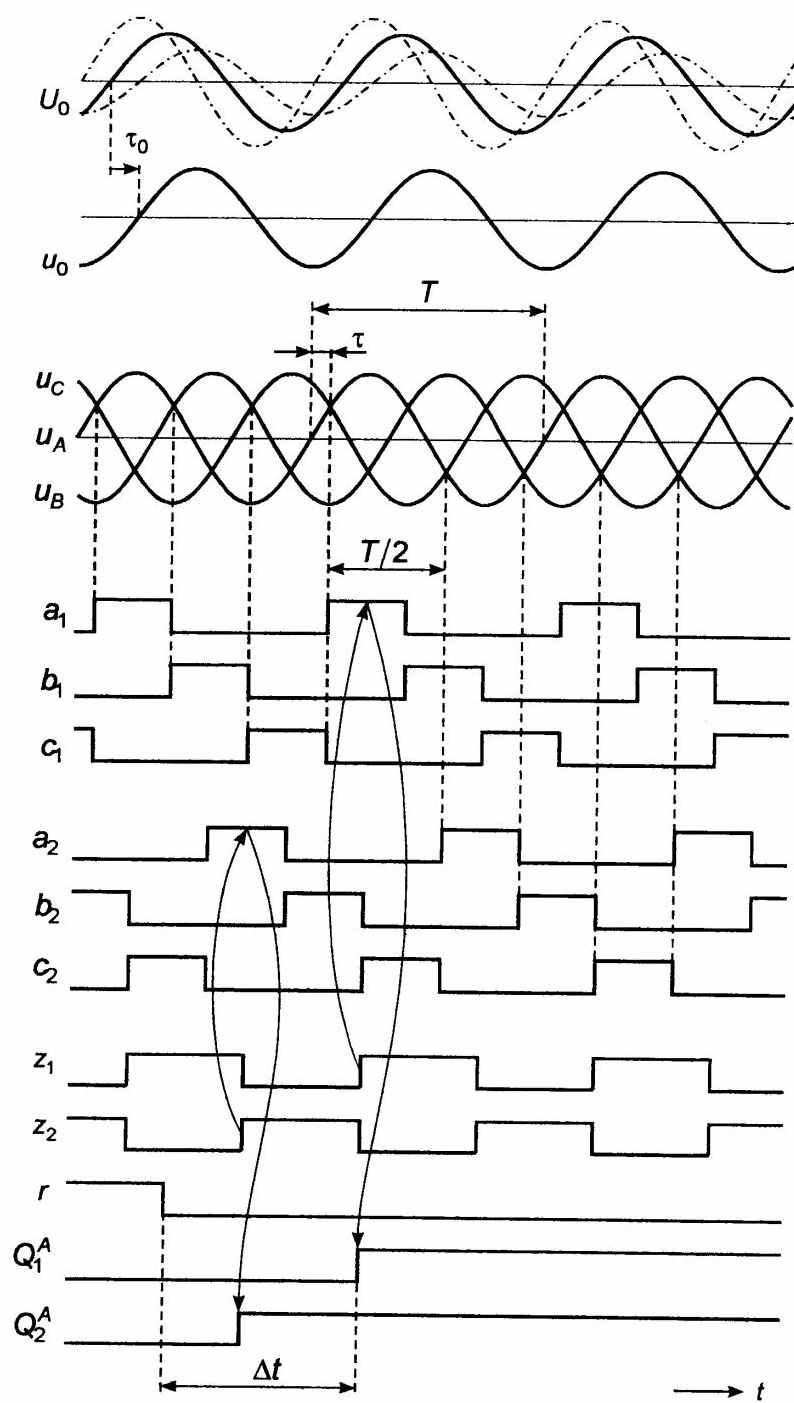
За рахунок перевірки на достовірність додатково знімаються обмеження по швидкодії блоку 6 контролю збільшення напруги U_0 без ризику помилкового визначення пошкодженої фази. При цьому затримка спрацювання блоку 6 може бути знижена до мінімального значення, необхідного, головним чином, для забезпечення стійкості проти імпульсних перешкод. Крім того, допускається затримка як фіксованої, так і змінної величини, що розширює можливості реалізації блоку 6. Так, у разі контролю збільшення напруги U_0 по її миттєвому значенню зручно використати в блоці 6 фіксовану затримку спрацювання. У разі ж контролю збільшення напруги U_0 по її вимірюваному середньовипрямленому або діючому значенню затримка спрацювання блоку 6 зумовлена інерційністю відповідного вимірювача і являє собою змінну величину у вигляді убуючої функції від величини напруги U_0 .

Наведений вище опис роботи пристрою належить до випадку появи в мережі низькоомного, найбільш небезпечного витоку, що супроводжується короткочасним перехідним процесом усталення напруги U_0 , що сприяє швидкому визначенню пошкодженої фази мережі.

У разі ж появи в мережі високоомного небезпечного витоку, що супроводжується тривалим перехідним процесом усталення напруги U_0 , час визначення пошкодженої фази мережі буде визначатися часом затухання перехідного процесу до моменту настання достовірності результату. Умови електробезпеки при цьому дотримуються за рахунок меншого значення струму витоку.



Fig. 1



Фиг. 2

Тираж 50 екз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
(03122) 3 – 72 – 89 (03122) 2 – 57 – 03
