



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 103700

(13) C2

(51) МПК

H02H 3/16 (2006.01)

H02H 3/38 (2006.01)

H02H 7/26 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2012 03536	(72) Винахідник(и): Кошман Всеволод Іванович (UA), Сабарно Людмила Ростиславівна (UA), Севастьяк Ігор Михайлович (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.03.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 11.11.2013	
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.10.2013, Бюл.№ 19	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ НАН УКРАЇНИ, пр. Перемоги, 56, м. Київ-57, 03680 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.11.2013, Бюл.№ 21	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 78119 C2, 15.02.2007 SU 1056343 A, 23.11.1983 SU 1267525 A1, 30.10.1986 SU 1385179 A1, 30.03.1988 EP 0963025 A2, 08.12.1999 JP H 02266823 A, 31.10.1990

(54) СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ В РОЗПОДІЛЬЧІЙ МЕРЕЖІ ЗМІННОГО СТРУМУ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ**(57) Реферат:**

Спосіб захисту від однофазних замикань на землю в розподільчій мережі змінного струму є відмітним від відомих способів тим, що в ньому вимірюють фазові співвідношення високочастотних складових струмів першого та усіх інших приєднань. Аналіз цих фазових співвідношень дозволяє зробити висновок про наявність чи відсутність замикання на землю одночасно на усіх приєднаннях. У запропонованому способі прийняття рішення про виникнення замикання роблять на основі аналізу фазових співвідношень сигналів високочастотних складових струмів нульової послідовності першого та усіх інших приєднань і контролю амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті.

Запропонований спосіб реалізується пристроєм захисту від однофазних замикань на землю у трифазній мережі змінного струму. Запропонований пристрій має підвищену чутливість і надійність для створення релейного захисту.

UA 103700 C2

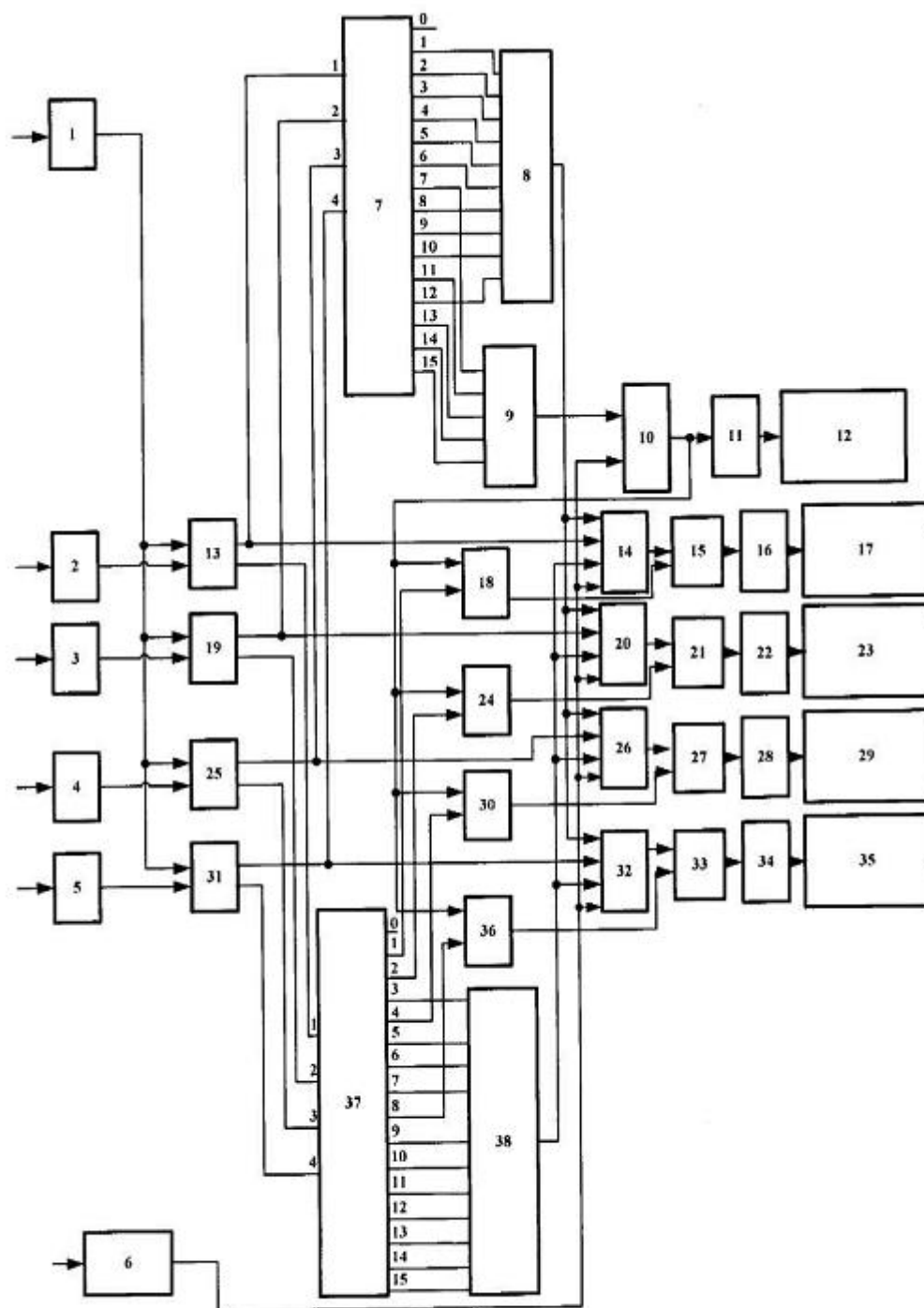


Fig. 1

Винахід належить до електротехніки, до релейного захисту розподільчих мереж і може бути використаний для захисту від однофазних замикань на землю в розподільчих мережах.

Відомий спосіб [1] направленої захисту від однофазних замикань на землю в трифазній мережі змінного струму. Згідно з цим способом з сигналу напруги нульової послідовності виділяється складова напруги на робочій частоті, яка порівнюється з еталонним значенням. Крім цього з сигналу струму нульової послідовності контрольованого приєднання виділяють першу півхвилю високочастотної складової і порівнюють її з еталонним значенням. Виділяється перша півхвиля високочастотної складової напруги нульової послідовності. Після чого, за двома параметрами, а саме, за різницею вимірних фаз вказаних високочастотних складових напруги і струму, і за перевищенням напруги нульової послідовності на робочій частоті над еталонним значенням судять про наявність однофазного замикання на землю.

Недоліком способу є низька надійність при роботі у мережах з малим рівнем струмів короткого замикання на землю. Тому що він вимірює значення високочастотних складових напруги і струму нульової послідовності, здійснюючи контроль перевищення їх значень над заданими. В деяких випадках значення високочастотних складових струму замикань на землю може бути близьким до порогових і захист не буде спрацьовувати. Окрім цього, пристрої, що реалізують даний спосіб, працюють на одне приєднання і є достатньо складними і дорогими.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб захисту від однофазних замикань на землю в трифазній мережі змінного струму [2].

Спосіб включає: по-перше, виділення і вимірювання амплітуди першої півхвилі високочастотної складової з сигналу струму нульової послідовності першого та другого приєднання, фіксацію фазового співвідношення між сигналами високочастотних складових першого та другого приєднання в момент проходження через нуль струмів високої частоти, потім порівняння результатів відповідно до заданого інтервалу зсуву фаз, а також віднімання від першої півхвилі сигналу високочастотної складової струму нульової послідовності першого приєднання зазначеної складової струму другого приєднання, вимірювання та порівняння з еталонним значенням різницевого сигналу, по-друге, виділення і вимірювання амплітуди сигналу напруги нульової послідовності на робочій частоті. Потім за трьома параметрами, а саме: за різницею фаз вимірних високочастотних сигналів, за різницею амплітуд вимірних високочастотних сигналів та за перевищенням напруги нульової послідовності на робочій частоті над еталонним на протязі заданого інтервалу часу судять про наявність однофазного замикання на землю.

Недоліком способу є те, що він складний (вимірює і використовує три параметри сигналу) і може використовуватись для контролю тільки двох приєднань, що потребує для кожної пари приєднань свій пристрій контролю, який є достатньо складним і затратним.

Таким чином, розглянутий спосіб не дозволяє забезпечити високу надійність захисту і є достатньо складним і затратним.

Задачею винаходу є створення способу захисту від однофазних замикань на землю в розподільчій мережі змінного струму, який дозволяє завдяки введенню нових операцій досягти нового технічного результату, який полягає в зменшенні капітальних затрат шляхом заміни багатьох пристроїв одним, зменшенні експлуатаційних затрат та підвищенні надійності.

Поставлена задача вирішується таким чином, що у відомий спосіб захисту від однофазних замикань на землю в трифазній мережі змінного струму, який включає

виділення першої півхвилі високочастотної складової сигналу струму нульової послідовності першого та другого приєднання,

виділення і вимірювання амплітуди сигналу напруги нульової послідовності на робочій частоті, після чого порівняння з еталонним значенням амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті,

фіксацію фазових співвідношень між сигналами високочастотних складових струмів нульової послідовності першого та другого приєднання в момент проходження через нуль струмів високої частоти протягом заданого інтервалу часу, а по закінченні заданого інтервалу часу при незмінності результатів порівняння - формування аварійного сигналу, при цьому тривалість заданого інтервалу часу задають або відповідно до тривалості часу існування високочастотних перехідних процесів при однофазному замиканні на землю, або збільшують його на інтервал часу, необхідний для компенсації ємнісних струмів при однофазному замиканні на землю,

введено нові операції: одночасно виділяють високочастотну складову струму нульової послідовності усіх інших контрольованих приєднань, фіксують фазове співвідношення між сигналами високочастотних складових першого та усіх інших приєднань в момент переходу через нуль струмів високої частоти, потім проводять аналіз співвідношень фаз високочастотних

складових, і, якщо фаза високочастотної складової першого приєднання збігається з фазою двох або більше приєднань в межах заданих значень похибки, і, якщо високочастотна складова першого приєднання протифазна високочастотній складовій якогось іншого приєднання, одного чи двох, в межах заданих значень похибки та в заданому інтервалі часу, і при наявності перевищення вимірної амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті над еталонним значенням амплітуди, на цих, одному чи двох, приєднаннях має місце однофазне замикання на землю, і по закінченні заданого інтервалу часу, і при незмінності результатів порівняння, формують аварійний сигнал цього одного приєднання або двох,

якщо ж в межах заданих значень похибки високочастотна складова першого приєднання протифазна високочастотній складовій багатьох приєднань (трьох або більше), в тих же межах заданих значень похибки, і при наявності перевищення вимірної амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті над еталонним значенням амплітуди, однофазне замикання на землю має місце саме на першому приєднанні, і по закінченні заданого інтервалу часу, при незмінності результатів порівняння, формують аварійний сигнал першого приєднання,

якщо ж, при цьому, високочастотна складова першого приєднання збігається з високочастотною складовою якогось іншого приєднання в тих же межах заданих значень похибки, і при наявності перевищення вимірної амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті над еталонним значенням амплітуди однофазне замикання має місце і на цьому приєднанні, і по закінченні заданого інтервалу часу, при незмінності результатів порівняння, формують аварійний сигнал цього приєднання.

Одноточасний аналіз співвідношення фаз високочастотних складових струмів нульової послідовності усіх приєднань дозволяє зробити висновок про наявність чи відсутність замикання на землю одночасно на усіх приєднаннях, значно підвищивши чутливість та надійність пристрою.

Порівняльний аналіз відомих технічних рішень показує, що введення нових операцій є необхідним і достатнім для досягнення нового технічного результату - збільшення надійності і спрощення пристрою, який працює в електричній мережі змінного струму як з ізольованою, так і з компенсованою та замкнутою на резистор нейтраллю, а також знизити вартість капіталовкладень і затрат на експлуатацію релейного захисту.

Технічний результат запропонованого способу досягається за рахунок того, що в ньому вимірюють фазові співвідношення високочастотних складових струмів першого та усіх інших приєднань. Аналіз цих фазових співвідношень дозволяє зробити висновок про наявність чи відсутність замикання на землю одночасно на усіх приєднаннях.

При відсутності пошкодження високочастотна складова струму нульової послідовності усіх приєднань відсутня в межах заданих значень похибки.

При появі однофазного замикання на землю на одному з приєднань в струмі цього замикання з'являється високочастотна складова, яка направлена до місця замикання, тому в цьому приєднанні високочастотна складова направлена від шин до лінії, а на усіх інших приєднаннях вона має протилежний напрямок - від лінії до шин.

У запропонованому способі прийняття рішення про виникнення замикання роблять на основі аналізу фазових співвідношень сигналів високочастотних складових струмів нульової послідовності першого та усіх інших приєднань і контролю амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті. Для цього виділяють високочастотну складову струму нульової послідовності першого приєднання і одночасно усіх інших приєднань, фіксують фазове співвідношення між сигналами високочастотних складових першого та усіх інших приєднань в момент переходу через нуль і порівнюють результати відповідно до заданого інтервалу зсуву фаз. Вказані операції виділення, фіксації фазових співвідношень і порівняння результатів до заданого інтервалу зсуву фаз дозволяють проаналізувати ці співвідношення і зробити висновок про наявність чи відсутність замикання на землю на одному чи двох приєднаннях.

Так, якщо фаза високочастотної складової першого приєднання збігається з фазою двох або більше приєднань в межах заданих значень похибки, то на цих приєднаннях високочастотна складова струму замикання на землю направлена до шин (одночасне замикання на землю одразу на цих трьох і більше приєднаннях практично неможливо) і замикання на цих приєднаннях відсутнє, а при цьому замикання на землю буде мати місце на приєднанні, фаза високочастотної складової якого протилежна.

Операція контролю напруги нульової послідовності на робочій частоті з наступним порівнянням з еталонним значенням амплітуди напруги дає можливість переконатися в наявності замикання на землю і є додатковою ознакою, яка дозволяє підвищити надійність роботи способу.

Якщо ж високочастотна складова першого приєднання протифазна високочастотній складовій багатьох приєднань (трьох або більше) в тих же межах заданих значень похибки, то високочастотна складова струму першого приєднання направлена від шин, а інших приєднань, навпаки до шин, тому має місце замикання саме на першому приєднанні.

Якщо ж при цьому високочастотна складова першого приєднання збігається з високочастотною складовою якогось іншого приєднання в тих же межах заданих значень похибки, то в цьому іншому приєднанні протікає високочастотна складова струму нульової послідовності, так як і в першому від шин і на ній також має місце однофазне замикання на землю.

Треба відмітити, що одночасне замикання на землю на двох різних приєднаннях може бути дуже рідко.

Таким чином, наявність двох факторів, котрі самі по собі інформують про виникнення короткого замикання на землю, і одночасний їх контроль протягом заданого інтервалу часу дає позитивний ефект і дозволяє суттєво підвищити надійність визначення короткого замикання на землю. Крім цього, використання запропонованого способу дозволяє за допомогою одного пристрою забезпечити контроль стану усіх приєднань, що дозволяє значно зменшити вартість капіталовкладень і затрат на експлуатацію релейного захисту.

Відомий пристрій [1], який реалізує спосіб направленого захисту від однофазного замикання на землю в електричній мережі змінного струму. Пристрій містить ідентично виконані високочастотний канал струму нульової послідовності і напруги нульової послідовності, а також канал напруги нульової послідовності на робочій частоті.

При появі однофазного замикання на землю в електричній мережі з'являється високочастотна складова, яка виділяється за допомогою високочастотних каналів струму та напруги, і далі фазочутлива схема фіксує фазові співвідношення між струмом і напругою високої частоти в момент переходу через нуль струму нульової послідовності.

Фільтр нижніх частот виділяє із напруги нульової послідовності складову робочої частоти. Пороговий елемент порівнює значення її амплітуди з еталонним. При знаходженні зсуву фаз в заданому інтервалі та перевищенні значення амплітуди напруги нульової послідовності над еталонним контролюють результати на протязі заданого інтервалу часу. При незмінності результатів формують аварійний сигнал.

Недоліком пристрою є те, що він не забезпечує надійної роботи у мережах при малих струмах короткого замикання на землю, тому що вимірює значення високочастотних складових напруги і струму нульової послідовності, здійснюючи контроль перевищення їх значень над еталонними. В деяких випадках значення високочастотних складових струму замикання на землю може бути близьким до еталонних і захист не спрацює. Крім цього, пристрій працює на одне приєднання і є достатньо складним і дорогим.

Найбільш близьким пристроєм є пристрій захисту від однофазних замикань на землю у трифазній мережі змінного струму [2], який включає перший та другий високочастотні канали струму нульової послідовності, канал напруги нульової послідовності на робочій частоті, фазочутливу схему, схему віднімання амплітуд, перший та другий порогові елементи, першу та другу регулюючі схеми затримки, першу та другу схеми формування аварійного сигналу. Кожний з високочастотних каналів струму нульової послідовності складається з послідовно з'єднаних попереднього фільтра, фільтра верхніх частот, фільтра виділення першої півхвилі сигналу, фільтра нижчих частот.

Перша регулююча схема затримки з'єднана послідовно з першою схемою формування аварійного сигналу. Друга регулююча схема затримки з'єднана послідовно з другою схемою формування аварійного сигналу. Канал напруги нульової послідовності містить послідовно з'єднані третій фільтр нижчих частот і третій пороговий елемент. Вихід каналу напруги нульової послідовності підключений до перших входів першої і другої регулюючих схем затримки. Вихід першого високочастотного каналу з'єднаний з першими входами фазочутливої схеми і схеми віднімання амплітуд. Вихід другого високочастотного каналу з'єднаний з другими входами фазочутливої схеми і схеми віднімання амплітуд. Вихід фазочутливої схеми підключено до других входів першої і другої регулюючих схем затримки. До третіх входів першої і другої регулюючих схем затримки підключено виходи першого і другого порогових елементів відповідно. Перший вихід схеми віднімання амплітуд з'єднаний з входом першого порогового елемента, а другий вихід схеми віднімання амплітуд з входом другого порогового елемента.

Прийняття рішення про виникнення замикання на землю роблять на основі аналізу різниці амплітуд і різниці фаз сигналів високочастотних складових двох приєднань і контролю амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті.

Недоліком пристрою є те, що він не забезпечує надійної роботи у мережах при малих струмах короткого замикання на землю, тому що вимірює значення високочастотних складових струму нульової послідовності, здійснюючи контроль перевищення різниці значень цих складових двох приєднань над еталонними. В деяких випадках значення різниці складових струму замикання на землю може бути близьким до еталонних значень і захист не спрацює. Крім цього, пристрій працює на два приєднання і є достатньо складним і затратним.

Задачею винаходу є створення пристрою захисту від однофазних замикань на землю в трифазній мережі змінного струму, яка має значну кількість приєднань n , причому $n > 4$, який дозволяє завдяки введенню нових елементів досягти нового технічного результату, а саме підвищення надійності пристрою, а також спрощення пристрою, зниження капіталовкладень для створення релейного захисту.

Поставлена задача створення пристрою, що реалізує спосіб захисту від однофазних замикань на землю у трифазній мережі змінного струму, вирішується таким чином, що у відомий пристрій захисту від однофазних замикань на землю у трифазній мережі змінного струму, який має n приєднань, причому $n > 4$, який має перший та другий високочастотні канали струму нульової послідовності, кожний з яких містить послідовно з'єднані фільтр нижчих частот, попередній фільтр, фільтр верхніх частот і пороговий елемент, першу фазочутливу схему, перший вхід якої приєднаний до виходу першого високочастотного каналу струму нульової послідовності, а другий вхід - до виходу другого високочастотного каналу струму нульової послідовності, першу регулюючу схему затримки, з'єднану послідовно з першою схемою формування аварійного сигналу, другу регулюючу схему затримки, з'єднану послідовно з другою схемою формування аварійного сигналу, канал напруги нульової послідовності, який містить послідовно з'єднані фільтр нижчих частот і пороговий елемент, додатково введено $(n-2)$ високочастотних каналів струму нульової послідовності, кожний з яких містить послідовно з'єднані фільтр нижчих частот, попередній фільтр, фільтр верхніх частот і пороговий елемент, $(n-2)$ фазочутливі схеми, два дешифратори, n схем співпадіння $2l$ та $(n-1)$ схему співпадіння $4l$, схему $(n+m-1)$ АБО, схему $(2^{n-1}-n-m)$ АБО, схему $(2^{n-1}-n)$ АБО та $(n-2)$ регулюючі схеми затримки, $(n-1)$ схему 2 АБО та $(n-2)$ схеми формування аварійного сигналу, причому перші входи усіх фазочутливих схем з'єднані між собою, другі входи кожної фазочутливої схеми з'єднані з виходом високочастотного каналу струму нульової послідовності, причому другий вхід другої фазочутливої схеми з'єднаний з виходом третього високочастотного каналу струму нульової послідовності, другий вхід третьої фазочутливої схеми - з виходом четвертого високочастотного каналу струму нульової послідовності, другий вхід $(n-1)$ фазочутливої схеми - з виходом n -го високочастотного каналу струму нульової послідовності, перші входи фазочутливих схем (від першої до $(n-1)$) підключені до (від першого до $(n-1)$) входу першого дешифратора відповідно, а також кожний з них приєднаний до другого входу своєї схеми $4l$, а другі входи фазочутливих схем (від першої до $(n-1)$) підключені до (від першого до $(n-1)$) входу другого дешифратора відповідно, $(n+m-1)$ виходи першого дешифратора, приєднані до різних входів схеми $(n+m-1)$ АБО, причому $(n-1)$ виходів мають номери 2^{k-1} (де k дорівнює цілому числу від 1 до $(n-1)$) та m виходів мають номери $(2^{l-1}+2^{p-1})$, де l та p дорівнюють цілому числу від 1 до $(n-1)$ та $l \neq p$ і $m = C_{n-1}^2$, C_{n-1}^2 - сполучення з $(n-1)$ елементів по 2, а інші $(2^{n-1}-n-m)$ виходи першого дешифратора, окрім нульового приєднані до різних входів схеми $(2^{n-1}-n-m)$ АБО, вихід якої підключено до першого входу першої схеми $2l$, другий вхід якої з'єднаний з четвертими входами усіх схем $4l$ та виходом фільтра каналу нульової послідовності, $(n-1)$ виходів другого дешифратора з номерами 2^{k-1} (де k дорівнює цілому числу від 1 до $(n-1)$) з'єднані відповідно з другими входами від другої до n схеми співпадіння $2l$, усі інші виходи другого дешифратора окрім нульового, підключені до різних входів третьої схеми $(2^{n-1}-n)$ АБО, вихід якої з'єднаний з третіми входами усіх схем $4l$, вихід першої схеми $2l$ з'єднаний з входами першої регулюючої схеми затримки та з першими входами усіх інших схем $2l$ (від другої до n), виходи яких підключені до других входів схем 2 АБО відповідно, перші входи яких з'єднані з виходами своїх схем $4l$ відповідно, а виходи схем 2 АБО підключені послідовно до своїх регулюючих схем затримки та схем формування аварійних сигналів.

Порівняння з відомими пристроями аналогічного призначення показує, що введення нових елементів і зв'язків у запропонованому пристрої є необхідним і достатнім для досягнення нового технічного результату: підвищення надійності пристрою, а також спрощення пристрою, зниження капіталовкладень для створення релейного захисту.

Для досягнення цього технічного результату запропонований пристрій містить n ідентичних високочастотних каналів струму нульової послідовності, канал напруги нульової послідовності, $(n-1)$ фазочутливу схему, два дешифратора, n схем співпадіння $2l$ та $(n-1)$ схему співпадіння $4l$,

схему $(n+m-1)$ АБО, схему $(2^{n-1}-n-m)$ АБО, схему $(2^{n-1}-n)$ АБО та $(n-2)$ регулюючі схеми затримки, $(n-1)$ схему 2АБО та n схем формування аварійного сигналу.

За допомогою n високочастотних каналів струму нульової послідовності виділяють перші півхвилі високочастотних складових струмів нульової послідовності усіх контрольованих приєднань відповідно. Далі за допомогою $(n-1)$ фазочутливих схем аналізують співвідношення фаз високочастотних складових струмів нульової послідовності усіх приєднань по відношенню до першого приєднання. При протифазних значеннях високочастотних складових струмів нульової послідовності першого та іншого приєднання на першому виході відповідної фазочутливої схеми має місце додатний сигнал, а при збігу фаз цих складових додатний сигнал має місце на другому виході відповідної фазочутливої схеми.

Відомо, що в нормальному режимі високочастотна складова відсутня або дуже мала, а в аварійному режимі замикання на землю за межами захищуваних приєднань високочастотна складова струму замикання на землю може протікати тільки в одному напрямку на усіх захищуваних приєднаннях, тому фаза високочастотних складових сигналів нульової послідовності усіх захищуваних приєднань відносно першого буде дорівнювати нулю, тобто вони усі будуть у фазі з першим.

При замиканні на землю на одному з контрольованих приєднань, крім першого, високочастотна складова першого приєднання буде протифазна високочастотній складовій цього пошкодженого приєднання, а з фазами високочастотних складових інших приєднань вона буде збігатися.

При замиканні на землю на першому приєднанні високочастотна складова цього приєднання буде протифазна високочастотним складовим усіх інших приєднань.

Дуже рідко можливий варіант, коли замикання на землю буде мати місце одразу на двох контрольованих приєднаннях. В цьому випадку, якщо замикання має місце на будь-яких двох приєднаннях, крім першого, високочастотна складова першого приєднання буде протифазна високочастотним складовим цих двох пошкоджених приєднань, а з фазою інших непошкоджених приєднань високочастотна складова першого приєднання буде збігатися.

Якщо ж замикання на землю буде мати місце на першому і одночасно на якомусь іншому приєднанні, то фаза високочастотної складової першого приєднання буде збігатися з фазою високочастотної складової іншого пошкодженого приєднання, а відносно високочастотних складових інших непошкоджених приєднань вона буде у протифазі.

Можливість виникнення усіх цих варіантів аналізується за допомогою двох дешифраторів та логічних елементів: n схем співпадіння 2І, $(n-1)$ схеми співпадіння 4І, схеми $(n+m-1)$ АБО, схеми $(2^{n-1}-n-m)$ АБО, схеми $(2^{n-1}-n)$ АБО, та $(n-1)$ схем 2АБО.

Таким чином, введення додаткових $(n-2)$ високочастотних каналів струму нульової послідовності та $(n-2)$ фазочутливих схем забезпечує можливість фіксації фазових зсувів високочастотних складових струмів нульової послідовності першого та усіх інших контрольованих приєднань, а введення логічних елементів: двох дешифраторів, n схем співпадіння 2І, $(n-1)$ схеми співпадіння 4І, схеми $(n+m-1)$ АБО, схеми $(2^{n-1}-n-m)$ АБО, схеми $(2^{n-1}-n)$ АБО та $(n-1)$ схеми 2 АБО дозволяє проаналізувати співвідношення фаз усіх високочастотних складових струмів нульової послідовності і зробити висновок про наявність замикання на землю на тому чи іншому приєднанні.

Після чого видається дозвіл на роботу відповідних регулюючих схем затримки.

Слід наголосити, що запропонований пристрій, на відміну від відомих технічних рішень, контролює одночасно усі приєднання, що дозволяє суттєво зменшити затрати на виготовлення і обслуговування пристрою захисту від замикань на землю.

На Фіг. 1 показана функціональна схема пристрою захисту від однофазних замикань на землю в розподільчій мережі змінного струму. Ця схема наведена для п'яти контрольованих приєднань ($n=5$).

На Фіг. 2 показано високочастотні складові струмів нульової послідовності при замиканні на землю на другому приєднанні.

Пристрій складається з наступних блоків: п'ять ідентичних високочастотних каналів струму нульової послідовності 1, 2, 3, 4, 5, канал напруги нульової послідовності 6, два дешифратора 7, 37, схеми 10АБО - 8, 5АБО - 9, п'ять схем співпадіння 2І-10, 18, 24, 30, 36, п'ять регулюючих схем затримки 11, 16, 22, 28, 34, п'ять схем формування аварійного сигналу 12, 17, 23, 29, 35, чотири фазочутливих схеми 13, 19, 25, 31, чотири схеми співпадіння 4І-14, 20, 26, 32, чотири схеми 2АБО - 15, 21, 27, 33 та схема 11АБО-38.

Кожен з п'яти високочастотних каналів струму нульової послідовності 1-5 містить послідовно з'єднані попередній фільтр, фільтр верхніх частот, фільтр виділення першої півхвилі сигналу та фільтр нижчих частот.

П'ять регулюючих схем затримки 11, 16, 22, 28, 34, кожна з яких з'єднана послідовно зі своєю схемою формування аварійного сигналу 12, 17, 23, 29, 35.

Канал напруги нульової послідовності 6 містить послідовно з'єднані фільтр нижчих частот та пороговий елемент. Вихід каналу напруги нульової послідовності 6 підключений до другого входу першої схеми 21-10 та до четвертих входів усіх схем 41-14, 20, 26, 32.

Вихід першого високочастотного каналу 1 з'єднаний з першими входами усіх фазочутливих схем 13, 19, 25, 31.

Виходи усіх інших чотирьох високочастотних каналів 2, 3, 4, 5 з'єднані з другими входами своїх фазочутливих схем 13, 19, 25, 31.

Перші виходи фазочутливих схем 13, 19, 25, 31 (від першої до четвертої) підключені до (від першого до четвертого) входу першого дешифратора 7 відповідно, а також кожний з них приєднаний до другого входу своєї схеми 41-14, 20, 26, 32 відповідно, а другі виходи фазочутливих схем 13, 19, 25, 31 (від першої до четвертої) підключені до (від першого до четвертого) входу другого дешифратора 37 відповідно, $(n+m-1)$ виходів першого дешифратора 7 приєднані до різних входів схеми $(n+m-1)$ АБО, тобто 10АБО 8, згідно з виразом $(n+m-1)$ АБО,

де $n=5$, $m=C_{n-1}^2=6$ причому $(n-1)$, тобто чотири виходи мають номери 1, 2, 4, 8, згідно з виразом 2^{k-1} (де k дорівнює цілому числу від 1 до $(n-1)$, тобто чотирьох), а інші m , тобто шість виходів, мають номери 3, 5, 6, 9, 10, 12, згідно з виразом $(2^{l-1}+2^{p+1})$, де l та p дорівнюють цілому числу від 1 до $(n-1)$ та $l \neq p$.

Інші п'ять виходів першого дешифратора згідно з виразом $(2^{n-1}-n-m)$, окрім нульового, приєднані до різних входів схеми $(2^{n-1}-n-m)$ АБО, тобто 5АБО 9. Вихід схеми 5АБО підключено до першого входу першої схеми 21 10, другий вхід якої з'єднаний з четвертими входами усіх схем 41-14, 20, 26, 32 та виходом фільтри каналу напруги нульової послідовності 6. Чотири виходи другого дешифратора 37 з номерами 1, 2, 4, 8 згідно з виразом 2^{n-1} (де n дорівнює цілому числу від 1 до $(n-1)$) з'єднані відповідно з другими входами від другої до п'ятої схеми співпадіння 21-18, 24, 30, 36. Усі інші виходи другого дешифратора 37, окрім нульового, підключені до різних входів схеми 11АБО - 38 згідно з виразом $(2^{n-1}-n)$, вихід якої з'єднаний з третіми входами усіх схем 41-14, 20, 26, 32. Вихід першої схеми 21-10 з'єднаний з входами першої регулюючої схеми затримки 11 та з першими входами усіх інших схем 21-18, 24, 30, 36 (від другої до четвертої), виходи яких підключені до других входів своїх схем 2АБО - 15, 21, 27, 33 відповідно. Перші входи схем 2АБО - 15, 21, 27, 33 з'єднані з виходами своїх схем 41-14, 20, 26, 32 відповідно, а виходи схем 2АБО підключені послідовно до своїх регулюючих схем затримки 11, 16, 22, 28, 34 та схем формування аварійних сигналів 12, 17, 23, 29, 35.

Усі п'ять високочастотних каналів струму нульової послідовності ідентичні, і, як в прототипі, містять послідовно з'єднані попередній фільтр, фільтр верхніх частот, фільтр виділення першої півхвилі сигналу, фільтр нижчих частот.

Фазочутливі схеми 13, 19, 25, 31 також ідентичні і можуть мати будь-яку реалізацію, наприклад, у вигляді послідовно з'єднаних перемножувального блока, інтегратора, компаратора. Ці фазочутливі схеми відрізняються від прототипу наявністю двох виходів. На першому з цих виходів буде позитивний сигнал при протифазних сигналах на його входах, а на другому - якщо ці фази збігаються.

Усі регулюючі схеми затримки також ідентичні і можуть бути виконані, як у прототипі, у вигляді послідовно з'єднаних регулюючих ліній затримки та елемента І.

Запропонований спосіб реалізується пристроєм захисту від однофазних замикань на землю у трифазній мережі змінного струму. Пристрій працює наступним чином.

Сигнали з трансформаторів струму нульової послідовності з першого по n (5) приєднань надходять відповідно на входи з першого по n (5) високочастотних каналів струмів нульової послідовності. На вхід каналу напруги нульової послідовності 6 надходить сигнал з трансформатора напруги нульової послідовності.

В нормальному режимі (при відсутності замикання на землю) на захищуваних приєднаннях на виходах усіх високочастотних каналів струму нульової послідовності сигнали будуть відсутні. В результаті на усіх перших та других виходах фазочутливих схем 13, 19, 25, 31 будуть від'ємні сигнали, які прийдуть на входи першого та другого дешифратора та другі входи схем співпадіння 41-14, 20, 26, 32. При цьому на усіх виходах обох дешифраторів будуть нулі. Крім того, нулі з перших виходів фазочутливих схем надійдуть на другі входи схем співпадіння 41.

Нулі з виходів першого та другого дешифраторів надходять на входи 10АБО - 8, 5АБО - 9 та 11 АБО - 38. В результаті чого, на виходах цих схем будуть нулі, які будуть подані на перші входи схем співпадіння 41-14, 20, 26, 32, на перший вхід схеми співпадіння 21-10 та треті входи схем співпадіння 41-14, 20, 26, 32.

На четвертих входах цих схем співпадіння 4I та другому вході першої схеми співпадіння 2I-10 будуть також нулі, тому що сигнал з виходу фільтра напруги нульової послідовності при відсутності замикання на землю дорівнює нулю. Таким чином, схеми співпадіння 2I-10 та 4I-14, 20, 26, 32 будуть заблоковані від'ємним сигналом по усім входам.

5 Схеми співпадіння 2I-18, 24, 30, 36 будуть також заблоковані по обох входах від'ємними сигналами з виходу схеми співпадіння 2I-10 та з 1, 2, 4 та 8 виходів другого дешифратора 37. В результаті цього будуть заблоковані усі схеми 2АБО - 15, 21, 27, 33 та усі регулюючі схеми затримки 11, 16, 22, 28, 34. Схема знаходиться в режимі очікування.

10 В нормальному режимі (при замиканні на землю за межами захищуваних приєднань) в складі сигналу з'являється високочастотна складова, котра виділяється за допомогою високочастотних каналів. Ця високочастотна складова замикається на землю через провідності усіх непошкоджених приєднань. Причому, величина цієї високочастотної складової кожного приєднання буде обумовлена відношенням провідності цього приєднання до повної провідності усіх приєднань. А напрямок кожної складової буде від лінії до шин.

15 Перший високочастотний канал струму нульової послідовності 1 працює таким чином. Сигнал струму нульової послідовності надходить на перший попередній фільтр. Далі сигнал надходить на перший фільтр верхніх частот, де із струму нульової послідовності першого приєднання виділяється складова, обумовлена високочастотними перехідними процесами при виникненні замикання на землю. З виходу першого фільтра верхніх частот сигнал надходить на 20 вхід першого фільтра виділення першої півхвилі сигналу. Вказаний фільтр виділяє першу півхвилю сигналу струму нульової послідовності і подає перетворений сигнал на перший фільтр нижчих частот, який відфільтровує високочастотний сигнал від наводок. Цей сигнал надходить на перші входи фазочутливих схем 13, 19, 25, 31.

25 Другий та інші високочастотні канали струму нульової послідовності 2, 3, 4, 5 працюють аналогічно, виділяючи першу півхвилю струму високочастотної складової струму нульової послідовності другого та інших приєднань і подають перетворений сигнал на другий вхід своїх фазочутливих схем 13, 19, 25, 31.

30 Таким чином, при замиканні на землю за межами захищуваних приєднань (наприклад, на шинах) на виходах усіх високочастотних каналів струму нульової послідовності будуть сигнали, що збігаються по фазі, які надходять на перший та другий входи фазочутливих схем.

Кожна фазочутлива схема фіксує зсув фаз між високочастотними сигналами, що надійшли на його входи, і при наявності зсуву фаз близького до 180° формує на його перших виходах додатний сигнал, який надходить на всі входи першого дешифратора та другий вхід своєї схеми співпадіння 4I.

35 При збігу фаз високочастотних сигналів, що надійшли на входи фазочутливої схеми, на його другому виході формується додатний сигнал, який надходить на свій вхід другого дешифратора. В результаті на других виходах усіх фазочутливих схем 13, 19, 25, 31 з'являється додатні сигнали, які прийдуть на усі входи другого дешифратора 37. В результаті цього, на 40 п'ятнадцятому виході дешифратора з'явиться додатний сигнал, який приведе до спрацювання схеми 11АБО - 38, і додатний сигнал з'явиться на третіх входах усіх схем 4I-14, 20, 26, 32.

Крім цього, з сигналу, що надходить з трансформатора напруги нульової послідовності на вхід каналу напруги нульової послідовності 6, за допомогою фільтра нижчих частот виділяється 45 низькочастотна складова, відповідна робочій частоті електричної мережі. Ця складова надходить на пороговий елемент і при перевищенні нею значення порога формується дозволяючий сигнал, який надходить на другий вхід схеми співпадіння 2I-10 та на четверті входи усіх схем співпадіння 4I-14, 20, 26, 32.

50 Але жодна з цих схем 4I не спрацює, тому що на перших та других входах цих схем будуть нульові сигнали. Також нульові сигнали будуть на першому вході схеми 2I-10 та на обох входах схем 2I-18, 24, 30, 36, що заблокує усі схеми 2АБО - 15, 21, 27, 33 та усі регулюючі схеми затримки 11, 16, 22, 28, 34. Жодна із схем формування аварійного сигналу не спрацює.

55 Якщо ж замикання на землю виникло на одному з приєднань, наприклад - другому, то фаза високочастотної складової струму нульової послідовності цього пошкодженого приєднання буде протилежна фазі високочастотної складової усіх інших приєднань, як це показано на Фіг. 2, де I_{0c} - струм замикання на землю при замиканні на другому приєднанні, $I_{0c1} - I_{0c5}$ - складові струму замикання на землю від першого до п'ятого приєднання, $I_0, - I_{05}$ - струм на виході трансформаторів струму.

60 В цьому випадку на входи фазочутливої схеми 13 будуть подані протифазні високочастотні сигнали, що приведе до появи на її першому виході додатного сигналу, який надійде на перший вхід першого дешифратора та другий вхід своєї схеми співпадіння 4I-14. В результаті цього, на першому виході першого дешифратора з'явиться додатний сигнал, який прийде на перший вхід

схеми 10АБО - 8, що приведе до його спрацювання і появи на всіх перших входах схем 4І-14, 20, 26, 32 додатного сигналу.

На входи інших фазочутливих схем 19, 25, 31 будуть подані високочастотні сигнали, що збігаються по фазі. В результаті цього на їх других виходах буде сформовано додатні сигнали, які прийдуть на 2, 3 та 4-й входи другого дешифратора 37. В результаті цього на чотирнадцятому виході другого дешифратора 37 з'явиться додатний сигнал, який приведе до спрацювання схеми 11АБО - 38 і додатний сигнал з'явиться на третіх входах усіх схем 4І-14, 20, 26, 32.

Також додатний сигнал з'явиться і на четвертих входах цих схем 4І-14, 20, 26, 32, якщо струм замикання на землю приведе до спрацювання каналу напруги нульової послідовності 6.

Таким чином, на усіх чотирьох входах схеми 4І-14 з'явиться додатний сигнал, який пройде через схему 2АБО - 15 на вхід своєї регулюючої схеми затримки 16 і далі на вхід своєї схеми формування аварійного сигналу 17.

Тривалість часу затримки сигналів обумовлена видом нейтралі мережі. Для мережі з ізолюваною нейтраллю час затримки сигналів дорівнює тривалості існування високочастотного перехідного процесу і становить приблизно 3/4 періоду робочої частоти. Для мережі з резистивною або компенсованою нейтраллю тривалість існування високочастотного процесу складається із суми часу існування високочастотного перехідного процесу і заданого часу компенсації ємнісних струмів при однофазних замиканнях на землю.

Якщо одночасно з замиканням на землю на другому приєднанні виникне замикання на землю на якомусь іншому приєднанні, відмінному від першого, наприклад, четвертому. Тоді на входи фазочутливої схеми 25 свого (четвертого каналу) будуть подані протифазні високочастотні сигнали, що приведе до появи на її першому виході додатного сигналу, який надійде на третій вхід першого дешифратора та другий вхід своєї схеми співпадіння 4І-26.

Таким чином, на першому та третьому входах першого дешифратора буде додатний сигнал, що приведе до появи на п'ятому виході цього дешифратора додатного сигналу і спрацювання схеми 10АБО - 8, як це мало місце при замиканні на землю тільки на другому приєднанні. В результаті на всіх перших входах усіх схем 4І-14, 20, 26, 32 буде додатний сигнал.

На треті входи усіх схем співпадіння 4І-14, 20, 26, 32 також будуть подані додатні сигнали з виходу схеми 11АБО - 38, яка спрацює в результаті появи на десятому виході, а не на чотирнадцятому, як було раніше, другого дешифратора 37, додатного сигналу. Це пов'язано з появою на третьому вході цього другого дешифратора від'ємного сигналу з виходу фазочутливої схеми 25.

Таким чином на усіх чотирьох входах схем співпадіння 4І-14 та 26 з'являться додатні сигнали і далі через свої схеми 2АБО - 15 та 27 прийдуть на свої схеми затримки 16 та 28 і далі на входи своїх схем формування аварійного сигналу 17 та 29.

Якщо ж одночасно із замиканням на землю на другому приєднанні виникне замикання на землю на першому приєднанні, то на входах фазочутливої схеми другого каналу 13 будуть синфазні високочастотні сигнали, що приведе до появи додатного сигналу на її другому виході. Цей сигнал надійде на перший вхід другого дешифратора. На входах усіх інших фазочутливих схем будуть протифазні сигнали, що приведе до появи додатних сигналів на їх перших виходах. Ці додатні сигнали прийдуть на усі входи першого дешифратора, крім першого входу. В результаті цього, на чотирнадцятому виході першого дешифратора з'явиться додатний сигнал, який прийде на четвертий вхід схеми 5АБО - 9. На виході цієї схеми з'явиться додатний сигнал, який прийде на перший вхід схеми 2І-10, на другий вхід якої надійде сигнал з виходу каналу напруги нульової послідовності. Ця схема спрацює і подасть додатний сигнал на регулюючу схему затримки 11 першого каналу і далі на схему формування аварійного сигналу 12.

Крім цього, додатний сигнал з виходу схеми співпадіння 2І-10 надійде на перші входи схем 2І-18, 24, 30, 36.

Одночасно поява додатного сигналу на першому вході другого дешифратора приведе до появи додатного сигналу на першому виході цього дешифратора і цей сигнал прийде на другий вхід схеми співпадіння 2І-18. Ця схема спрацює і подасть додатний сигнал на другий вхід схеми 2АБО -15, яка видасть сигнал на вхід своєї регулюючої схеми затримки 16 і далі на схему формування аварійного сигналу 17.

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє працювати з дуже малими високочастотними сигналами, порівнюючи їх фази, незалежно від рівня і робить висновок про наявність чи відсутність замикання на землю, аналізуючи повну картину на всіх захищуваних приєднаннях.

У порівнянні з прототипом, запропонований пристрій має підвищену чутливість і надійність, а також результатом є спрощення пристрою, зниження капіталовкладень для створення релейного захисту.

Спосіб захисту від однофазних замикань на землю в розподільчій мережі змінного струму реалізують запропонованим пристроєм наступним чином.

При замиканні на землю на одному з приєднань, наприклад, другому, в складі струму нульової послідовності з'являється високочастотна складова, ця високочастотна складова
5 замикається на землю через провідності усіх приєднань, так як це показано на Фіг. 2. Таким чином, через кожне пошкоджене приєднання буде проходити високочастотна складова струму нульової послідовності, обумовлена відношенням провідності цього приєднання до повної провідності усіх приєднань. Причому, напрямок цієї складової кожного приєднання буде до шин, в той час, як у пошкодженому приєднанні він буде направлений від шин, тобто напрямки цієї
10 складової у пошкодженому і кожному з непошкоджених приєднань - протилежні.

При замиканні на землю на одному з n контрольованих приєднань із струмів нульової послідовності усіх приєднань виділяється перша півхвиля високочастотної складової струмів. Це здійснюється усіма (від першого до n -го) високочастотними каналами струму нульової послідовності 1-5. Далі фіксують фазове співвідношення між сигналами високочастотних
15 складових першого і усіх інших (від другого до n -го) приєднань в момент проходження через нуль струмів високої частоти. В запропонованому пристрої це забезпечується за допомогою фазочутливих схем 13, 19, 25, 31, на перші входи яких надходять сигнали з виходу першого високочастотного каналу, а на другі входи кожного з них сигнал із виходу свого високочастотного каналу струму нульової послідовності. При наявності зсуву фаз близького до
20 180° на перших виходах фазочутливих схем формується додатний сигнал, який надходить на відповідні входи першого дешифратора 7 та на другі входи своєї схеми співпадиння 41-14, 20, 26, 32, а при зсуві фаз близько до нуля, тобто при збігу фаз на других виходах фазочутливих схем формується додатний сигнал, який надходить на відповідні входи другого дешифратора 37.

Після цього проводять аналіз співвідношень фаз високочастотних складових першого та
25 інших приєднань. Це забезпечується за допомогою першого та другого дешифраторів 7, 37, п'яти схем співпадиння 21-10, 18, 24, 30, 36, схем $(n+m-1)$ АБО, $(2^{n-1}-n-m)$ АБО, $(2^{n-1}-n)$ АБО, $(n-1)$ схеми співпадиння 41-14, 20, 26, 32 та $(n-1)$ схеми 2АБО - 15, 21, 27, 33.

Так, при замиканні на землю на одному чи двох приєднаннях, відмінних від першого, на пошкоджених приєднаннях фаза високочастотної складової буде направлена від шин до лінії, в
30 той час, як на усіх інших непошкоджених приєднаннях фаза цієї складової буде направлена від лінії до шин. В цьому разі фаза високочастотної складової першого приєднання буде збігатися з фазою усіх непошкоджених приєднань, кількість яких два або значно більше, і буде в протифазі з високочастотною складовою пошкодженого приєднання, одного чи двох. В цьому випадку на других виходах більшості фазочутливих схем, кількість яких два або значно більше, буде
35 додатний сигнал, який надійде на входи другого дешифратора 37 і на відповідному виході дешифратора з'явиться додатний сигнал, який надійде на вхід схеми $(2^{n-1}-n)$ АБО, що приведе до його спрацювання.

Таким чином, якщо фаза високочастотної складової першого приєднання буде збігатися з фазою двох або більше приєднань і, в той же час, буде протифазна високочастотній складовій
40 якогось іншого приєднання, одного чи двох, в межах заданих значень похибки та в заданому інтервалі часу, і при наявності перевищення виміряної амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті над еталонним значенням амплітуди спрацює схема співпадиння 41 одна чи дві, що приведе до подальшого спрацювання своєї регулюючої схеми затримки та схеми формування аварійного сигналу.

Якщо ж замикання на землю буде мати місце на першому приєднанні, то в цьому випадку фаза високочастотної складової першого приєднання буде протифазна фазі високочастотної
45 складової усіх інших непошкоджених приєднань. В цьому випадку на входах трьох, або більше, фазочутливих схем будуть протифазні сигнали, які спричинять до появи на перших виходах цих фазочутливих схем 13, 19, 25, 31 додатного сигналу, які будуть подані на відповідні входи першого дешифратора і на одному з його відповідних виходів з'явиться додатний сигнал, який
50 надійде на один з входів схеми $(2^{n-1}-n-m)$ АБО. Ця схема спрацює і подасть додатний сигнал на перший вхід схеми 21-10 і, якщо буде мати місце перевищення виміряної напруги нульової послідовності на робочій частоті над еталонним значенням амплітуди, спрацює канал напруги нульової послідовності 6, який видасть додатний сигнал на другий вхід схеми співпадиння 21-10.
55 Ця схема спрацює і видасть додатний сигнал на вхід регулюючої схеми затримки 11 і далі на схему формування аварійного сигналу, яка по закінченні заданого інтервалу часу при незмінності результатів порівняння сформує аварійний сигнал першого приєднання.

Якщо ж, при цьому, замикання на землю буде мати місце ще на якомусь приєднанні, то фаза цього пошкодженого приєднання буде збігатися з фазою першого пошкодженого
60 приєднання і в цьому випадку на входах однієї з фазочутливих схем 13, 19, 25, 31 будуть мати

місце високочастотні сигнали, що збігаються по фазі, що приведе до появи на її другому виході додатного сигналу, який надійде на один з входів другого дешифратора 37. В результаті цього, на одному з його виходів 1, 2, 4, 8 з'явиться додатний сигнал, який надійде на другий вхід однієї з схем 2I-18, 24, 30, 36. При цьому на перший вхід усіх цих схем 2I надійде додатний сигнал з виходу схеми 2I (10). В результаті, одна з цих схем 2I-18, 24, 30, 36 спрацює і видасть додатний сигнал на свою, одну з чотирьох 15, 21, 27, 33 схему 2АБО, яка спрацює і видасть додатний сигнал на свою регулюючу схему затримки і далі на свою схему формування аварійного сигналу, яка по закінченні заданого інтервалу часу при незмінності результатів порівняння сформує аварійний сигнал цього пошкодженого приєднання.

Таким чином, у порівнянні з прототипом, запропонований пристрій має підвищену чутливість і надійність, дозволяє спростити спосіб захисту від однофазних замикань на землю і знизити капіталовкладення при створенні релейного захисту.

Джерела інформації:

1. Патент Росії № 2097893, 27.11.1997, Н02Н.

2. Патент України № 78119, 15.02.2007, Н02Н 3/17, Бюл. № 2, 2007 р.

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

1. Спосіб захисту від однофазних замикань на землю в розподільчій мережі змінного струму, який включає:

виділення першої півхвилі високочастотної складової сигналу струму нульової послідовності першого та другого приєднання;

виділення і вимірювання амплітуди сигналу напруги нульової послідовності на робочій частоті, після чого порівняння з еталонним значенням амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті;

фіксацію фазових співвідношень між сигналами високочастотних складових струмів нульової послідовності першого та другого приєднання в момент проходження через нуль струмів високої частоти протягом заданого інтервалу часу, а по закінченні заданого інтервалу часу при незмінності результатів порівняння - формування аварійного сигналу, при цьому тривалість заданого інтервалу часу задають або відповідно до тривалості часу існування високочастотних перехідних процесів при однофазному замиканні на землю, або збільшують його на інтервал часу, необхідний для компенсації ємнісних струмів при однофазному замиканні на землю, який **відрізняється** тим, що одночасно виділяють високочастотну складову струму нульової послідовності усіх інших контрольованих приєднань, фіксують фазове співвідношення між сигналами високочастотних складових першого та усіх інших приєднань в момент переходу через нуль струмів високої частоти, потім проводять аналіз співвідношень фаз високочастотних складових, і,

якщо фаза високочастотної складової першого приєднання збігається з фазою двох або більше приєднань в межах заданих значень похибки, і, якщо високочастотна складова першого приєднання протифазна високочастотній складовій якогось іншого приєднання, одного чи двох, в межах заданих значень похибки та в заданому інтервалі часу, і при наявності перевищення вимірюної амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті над еталонним значенням амплітуди, на цих, одному чи двох, приєднаннях має місце однофазне замикання на землю, і по закінченні заданого інтервалу часу, і при незмінності результатів порівняння, формують аварійний сигнал цього одного приєднання або двох, якщо ж в межах заданих значень похибки високочастотна складова першого приєднання протифазна високочастотній складовій багатьох приєднань (трьох або більше), в тих же межах заданих значень похибки, і при наявності перевищення вимірюної амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті над еталонним значенням амплітуди однофазне замикання на землю має місце саме на першому приєднанні, і по закінченні заданого інтервалу часу, при незмінності результатів порівняння, формують аварійний сигнал першого приєднання, якщо ж, при цьому, високочастотна складова першого приєднання збігається з високочастотною складовою якогось іншого приєднання в тих же межах заданих значень похибки, і при наявності перевищення вимірюної амплітуди напруги нульової послідовності на робочій частоті над еталонним значенням амплітуди однофазне замикання має місце і на цьому приєднанні, і по закінченні заданого інтервалу часу, при незмінності результатів порівняння, формують аварійний сигнал цього приєднання.

2. Пристрій для захисту від однофазних замикань на землю у трифазній мережі змінного струму, який має n приєднань, причому $n > 4$, який має перший та другий високочастотні канали струму нульової послідовності, кожний з яких містить послідовно з'єднані фільтр нижчих

частот, попередній фільтр, фільтр верхніх частот і пороговий елемент, першу фазочутливу схему, перший вхід якої приєднаний до виходу першого високочастотного каналу струму нульової послідовності, а другий вхід - до виходу другого високочастотного каналу струму нульової послідовності, першу регулюючу схему затримки, з'єднану послідовно з першою

5 схемою формування аварійного сигналу, другу регулюючу схему затримки, з'єднану послідовно з другою схемою формування аварійного сигналу, канал напруги нульової послідовності, який містить послідовно з'єднані фільтр нижчих частот і пороговий елемент, який **відрізняється** тим, що додатково введено $(n-2)$ високочастотних каналів струму нульової послідовності, кожен з яких містить послідовно з'єднані фільтр нижчих частот, попередній фільтр, фільтр верхніх частот і пороговий елемент, $(n-2)$ фазочутливі схеми, два дешифратори, n схем співпадіння 2 І та $(n-1)$ схему співпадіння 4 І, схему $(n+m-1)$ АБО, схему $(2^{n-1}-n-m)$ АБО, схему $(2^{n-1}-n)$ АБО та $(n-2)$ регулюючі схеми затримки, $(n-1)$ схему 2 АБО та $(n-2)$ схеми формування аварійного сигналу,

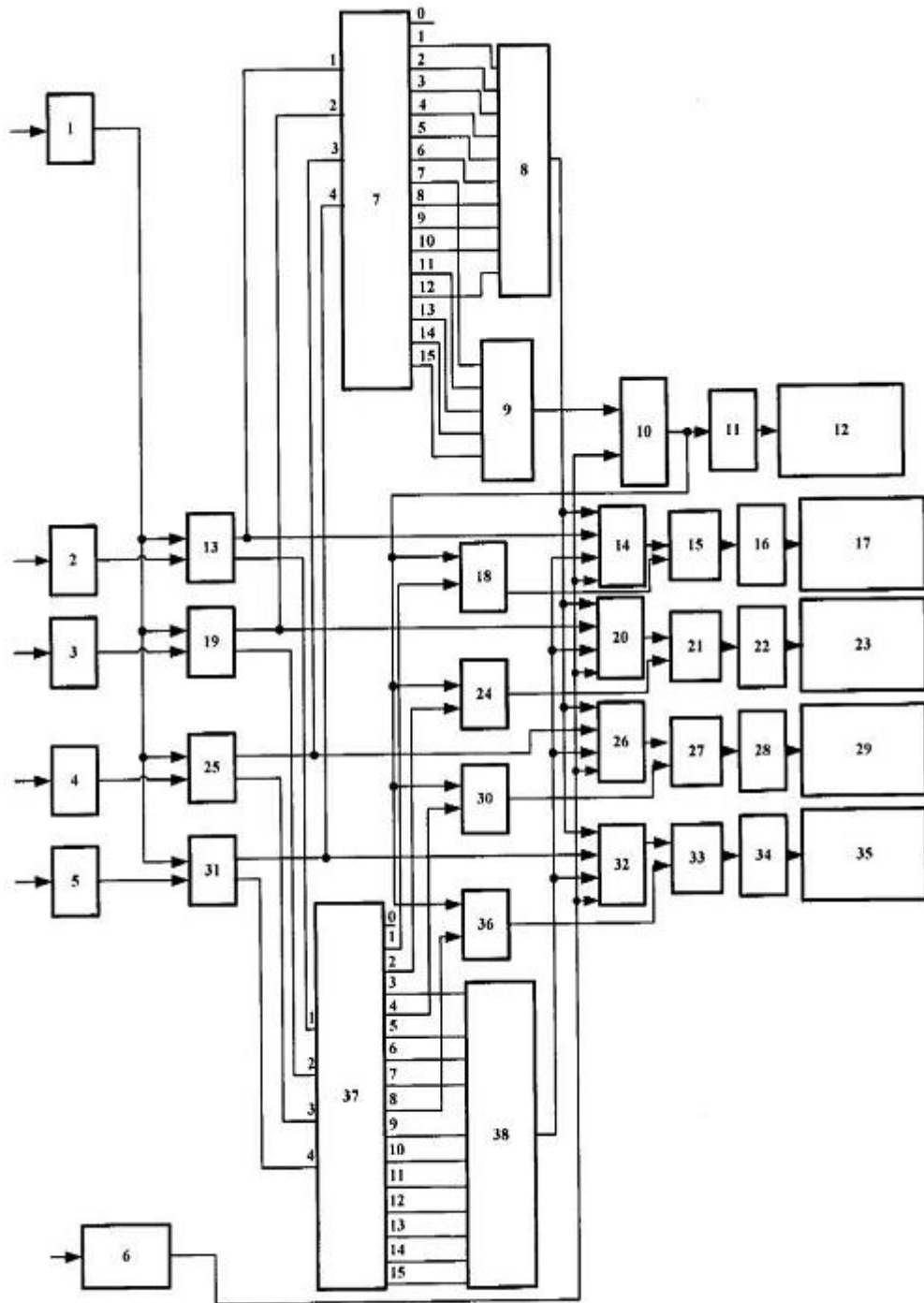
10 причому перші входи усіх фазочутливих схем з'єднані між собою, другі входи кожної фазочутливої схеми з'єднані з виходом високочастотного каналу струму нульової послідовності, причому другий вхід другої фазочутливої схеми з'єднаний з виходом третього високочастотного каналу струму нульової послідовності, другий вхід третьої фазочутливої схеми - з виходом четвертого високочастотного каналу струму нульової послідовності, другий вхід $(n-1)$ фазочутливої схеми - з виходом n -го високочастотного каналу струму нульової послідовності,

15 перші виходи фазочутливих схем (від першої до $(n-1)$) підключені до (від першого до $(n-1)$) входу першого дешифратора відповідно, а також кожен з них приєднаний до другого входу своєї схеми 4 І, а другі виходи фазочутливих схем (від першої до $(n-1)$) підключені до (від першого до $(n-1)$) входу другого дешифратора відповідно, $(n+m-1)$ виходи першого дешифратора приєднані до різних входів схеми $(n+m-1)$ АБО, причому $(n-1)$ виходів мають

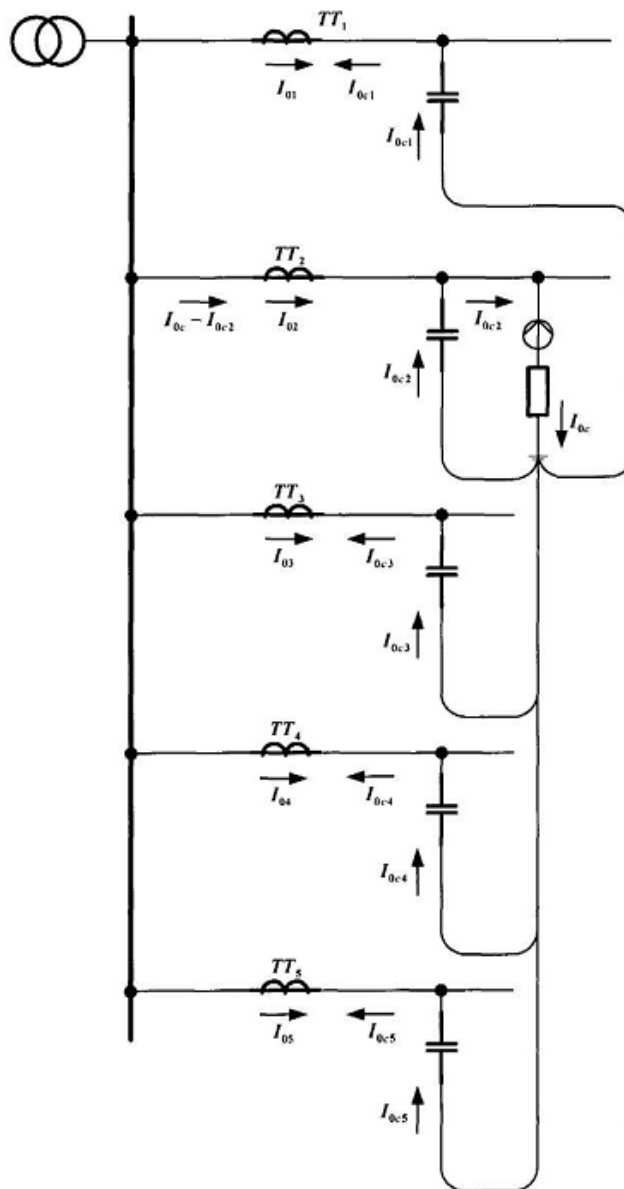
20 номери 2^{k-1} (де k дорівнює цілому числу від 1 до $(n-1)$) та m виходів мають номери $(2^{l-1}+2^{p-1})$, де l та p дорівнюють цілому числу від 1 до $(n-1)$ та $l \neq p$ і $m = C_{n-1}^2$, C_{n-1}^2 - сполучення з $(n-1)$ елементів по 2, а інші $(2^{n-1}-n-m)$ виходи першого дешифратора, окрім нульового, приєднані до різних входів схеми $(2^{n-1}-n-m)$ АБО, вихід якої підключено до першого входу першої схеми 2 І, другий вхід якої з'єднаний з четвертими входами усіх схем 4 І та

30 виходом фільтра каналу нульової послідовності, $(n-1)$ виходів другого дешифратора з номерами 2^{k-1} (де k дорівнює цілому числу від 1 до $(n-1)$) з'єднані відповідно з другими входами від другої до n схеми співпадіння 2 І, усі інші виходи другого дешифратора, окрім нульового, підключені до різних входів третьої схеми $(2^{n-1}-n)$ АБО, вихід якої з'єднаний з третіми входами усіх схем 4 І, вихід першої схеми 2 І з'єднаний з входами першої регулюючої

35 схеми затримки та з першими входами усіх інших схем 2 І (від другої до n), виходи яких підключені до других входів схем 2 АБО відповідно, перші входи яких з'єднані з виходами своїх схем 4 І відповідно, а виходи схем 2 АБО підключені послідовно до своїх регулюючих схем затримки та схем формування аварійних сигналів.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601