



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 52822

(13) C2

(51) 7 G01R31/11

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**(54) СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОДНОЇ ЛІНІЇ БІПОЛЯРНОЇ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ УСТАНОВКИ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

1

(21) 2000106084  
(22) 16 04 1999  
(24) 15 01 2003  
(86) PCT/DE99/01144, 16 04 1999  
(31) 198 19 219 3  
(32) 29 04 1998  
(33) DE  
(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.  
(72) Аммон Йорг, DE, Плевка Герхард, АТ, Шаппер Герхард, DE  
(73) СІМЕНС АКЦІОНГЕЗЕЛЬШАФТ, DE  
(56) EP, 0360109, МПК G01R 31/02, 27/18, 28 03 1990  
US, 5083086, МПК G01R 31/11, 21 01 1992  
DE, 4425551, МПК G01R 31/11, 01 02 1996  
(57) 1 Спосіб електричного контролю електродної лінії біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму, причому ця електродна лінія від місця розгалуження розділена на дві лінії, який відрізняється тим, що виконують наступні операції  
а) генерування несиметричного щодо потенціалу землі електричного імпульсного сигналу і передачу генерованого імпульсного сигналу, а також пускового сигналу при передачі імпульсного сигналу,  
б) перетворення переданого несиметричного імпульсного сигналу в симетричний, щодо електричного потенціалу землі, імпульсний сигнал у протифазній моді,  
в) введення імпульсного сигналу протифазної моди в обидві лінії електродної лінії,  
г) утворення динамічної заданої кривої відбитого сигналу шляхом запису дійсної кривої відбитого сигналу, що утворюється внаслідок введення імпульсного сигналу протифазної моди,  
д) утворення дійсної кривої відбитого сигналу шляхом запису в реальному масштабі часу відбитого сигналу, що утворюється внаслідок введення наступного імпульсного сигналу протифазної моди, для визначеного часу,  
е) утворення різницевої кривої відбитого сигналу шляхом утворення різниці між записаною дійсною кривою відбитого сигналу і динамічною заданою кривою відбитого сигналу,  
ж) перевірку різницевої кривої відбитого сигналу на величини амплітуд, які виступають з поля

2

допуску, утвореного двома визначеними, розташованими симетрично щодо осі часу постійними граничними кривими,  
з) генерування сигналу ушкодження, коли має місце щонайменше одне перевищення поля допуску і  
і) відключення генератора імпульсів, коли має місце сигнал ушкодження  
2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що для генерування динамічної заданої кривої відбитого сигналу безперервно з щонайменше двох послідовних в часі дійсних кривих відбитого сигналу бездефектної роботи електродної лінії утворюють криву відбитого сигналу середнього значення, яку запам'ятовують як задану криву відбитого сигналу  
3 Спосіб за п. 1 або 2, який відрізняється тим, що додатково до динамічної заданої кривої відбитого сигналу утворюють заздалегідь визначену статичну задану криву відбитого сигналу і оточують цю статичну задану криву відбитого сигналу полем допуску, утвореним граничною кривою, що проходить вище і нижче неї,  
причому в залежності від цього поля допуску контролюють, чи проходить утворена динамічна задана крива відбитого сигналу ще всередині поля допуску статичної заданої кривої відбитого сигналу,  
причому генерують сигнал ушкодження, як тільки усередині заданого проміжку часу щонайменше один раз амплітуда контрольованої динамічної заданої кривої відбитого сигналу лежить поза полем допуску, і  
причому внаслідок сигналу ушкодження відключають генератор імпульсів  
4 Спосіб за п. 3, який відрізняється тим, що поле допуску статичної заданої кривої відбитого сигналу генерують у залежності від раніше визначених робочих параметрів електродної лінії  
5 Спосіб за п. 3 або 4, який відрізняється тим, що для різних умов експлуатації створюють і відкладають відповідно статичну задану криву відбитого сигналу з відповідним полем допуску  
6 Спосіб за будь-яким із пп. 1-5, який відрізняється тим, що симетричний імпульсний сигнал у протифазній моді живлять на відстані

(13) C2

(11) 52822

(19) UA

приблизно чверті довжини хвилі у вільному просторі, при середній частоті генерованого несиметричного імпульсного сигналу, від місця розгалуження електродної лінії в обидві лінії

7 Спосіб за будь-яким із пп 1-6, який **відрізняється** тим, що несиметричний імпульсний сигнал генерують періодично

8 Спосіб за будь-яким із пп 1-7, який **відрізняється** тим, що як несиметричний імпульсний сигнал генерують імпульсний сигнал, що не має постійної складової

9 Спосіб за будь-яким із пунктів 1-8, який **відрізняється** тим, що з генерацією сигналу ушкодження запам'ятовують миттєву динамічну задану криву відбитого сигналу і миттєву записану дійсну криву відбитого сигналу

10 Спосіб за будь-яким із пп 1-9, який **відрізняється** тим, що безперервно запам'ятовують задану кількість записаних дійсних кривих відбитого сигналу

11 Пристрій електричного контролю розділеної від місця розгалуження на дві лінії електродної лінії біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму, що містить прилад контролю відбитих імпульсів і живильний пристрій, який **відрізняється** тим, що прилад контролю відбитих імпульсів містить генератор імпульсів і приймальний пристрій, з'єднаний з боку виходу з вхідними затискачами живильного пристрою,

причому далі живильний пристрій з боку виходу з'єднано відповідно з живильними затискачами ліній електродної лінії і живильний пристрій містить блок для перетворення імпульсів, а також два конденсатори зв'язку, які з'єднують виходи блока для перетворення імпульсів з виходами живильного пристрою

12 Пристрій за п 11, який **відрізняється** тим, що як блок для перетворення імпульсів передбачено роздільний трансформатор, який містить одну обмотку низької напруги і дві обмотки високої напруги, місце з'єднання яких з'єднане з шиною землі

13 Пристрій за п 11, який **відрізняється** тим, що як блок для перетворення імпульсів передбачено роздільний трансформатор, дві котушки і два розрядники, причому відповідно одна котушка і

один розрядник включені паралельно до обмоток високої напруги

14 Пристрій за будь-яким із пп 11 -13, який **відрізняється** тим, що генератор імпульсів містить два джерела напруги, два конденсатори, два вимикачі, два резистори і блок керування для вимикачів, причому кожен конденсатор за допомогою резистора з'єднаний із джерелом напруги,

причому місце з'єднання обох конденсаторів і місце з'єднання обох джерел напруги з'єднані відповідно з шиною землі, а конденсатори за допомогою вимикача з'єднуються з виходом генератора імпульсів, і блок керування з'єднаний із керуючим виходом генератора імпульсів

15 Пристрій за будь-яким із пп 11 - 14, який **відрізняється** тим, що приймальний пристрій містить блок для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу, обчислювальний блок, основну пам'ять, вхідний і вихідний інтерфейси, і в якому керуючий вхід приймального пристрою з'єднаний із керуючим входом блока для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу, причому обчислювальний блок зв'язаний з основною пам'яттю блоком для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу і інтерфейсами, причому вхід сигналу блока для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу з'єднаний з входом приймального пристрою і причому централізоване керування пристроєм з боку входу і виходу зв'язане з вихідним і вхідним інтерфейсами

16 Пристрій за будь-яким із пп 11 -15, який **відрізняється** тим, що живильні затискачі ліній електродної лінії відповідно розташовані на відстані від місця розгалуження електродної лінії

17 Пристрій за п 16, який **відрізняється** тим, що ця відстань дорівнює чверті довжини хвилі у вільному просторі при середній частоті імпульсу

18 Пристрій за будь-яким із пп 11 - 17, який **відрізняється** тим, що живильні затискачі відповідно зв'язані за допомогою розрядника з шиною землі

19 Пристрій за будь-яким із пп 11 - 18, який **відрізняється** тим, що генератор імпульсів і приймальний пристрій утворюють прилад контролю відбитих імпульсів

Винахід стосується способу і пристрою для електричного контролю електродної лінії біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму, в якій електродна лінія від місця розгалуження розділена на дві лінії

Установки для передачі потужності за допомогою постійного струму високої напруги містять дві перетворювальні підстанції, зв'язані між собою лінією постійного струму. При так називаній однополюсній електропередачі постійного струму обидві підстанції зв'язані одна з одною за допомогою однієї єдиної лінії постійного струму, причому зворотний струм направляється

крізь землю. На кожній підстанції тоді один полюс постійного струму заземлений за допомогою гарного заземлювального приєднання

Звичайно це заземлювальне приєднання розташоване на відомій відстані від перетворювальної підстанції і підключене до підстанції за допомогою електричної лінії, яку позначають як електродна лінія. Часто може бути бажаним або необхідним, розташовувати заземлювальне приєднання на великій відстані до ста кілометрів від перетворювальної підстанції

При - двополюсній електропередачі постійного струму підстанції зв'язані одна з одною за допомогою двох ліній постійного струму так, що

в нормальному режимі роботи постійний струм не повинен повертатися через землю. За різних причин, наприклад, щоб уможливити однополюсний режим роботи установки у випадку виходу з ладу вентиляційного перетворювача електроенергії, перетворювальні підстанції також у двополюсних електропередачах постійного струму обладнують заземлювальним приєднанням, яке підключене до підстанції за допомогою електродної лінії.

Електродна лінія є ізольованою щодо землі і складається звичайно з багатопровідного, скрученного проводу, який підвищений на ізоляторах. Хоч напруга між електродною лінією і землею є звичайно малою, у порівнянні з іншими напругами в установці, замикання на землю на електродній лінії викликає небезпеку поразки для персоналу або ушкодження інших компонентів установки, наприклад, корозійні ушкодження. Тому необхідно, щоб замикання на землю, включаючи високоомні замикання на землю і обриви лінії можна було виявляти швидко і надійно.

Для визначення замикань на землю на електродній лінії вже запропоновано застосовувати диференціальний пристрій захисту. У такому пристрої захисту вимірюють струм на обох кінцях електродної лінії, і різниця між двома вимірюваними струмами означає, що має місце замикання на землю. Такий пристрій захисту має, однак, різні недоліки. Він вимагає інформаційного зв'язку з між двома кінцями електродної лінії і тому, зокрема, у зв'язку з довгими електродними лініями є дорогим. Такий пристрій захисту також не реагує на замикання на землю, яке з'являється в таких випадках, коли електродна лінія не проводить струм, що звичайно має місце в нормальному режимі двополюсної електропередачі. Також і в цьому випадку, тобто якщо по електродній лінії не тече ніякий прямий струм, струми неси метри можуть призводити до виникнення небезпечних напруг на лінії.

Крім того, було запропоновано, визначати замикання на землю на електродній лінії за рахунок того, що в перетворювальній підстанції в лінію заживлюють сигнал змінного струму або сигнал змінної напруги визначеної частоти. У цьому випадку на обох кінцях лінії розташовують заглушувальні фільтри, причому ці фільтри настроєні на частоту введенного сигналу. Вимірювальна ланка повного опору слугує для вимірювання повного опору електродної лінії щодо землі в місці живлення при частоті живлення. Зміна вимірюваного таким чином повного опору є ознакою замикання на землю. Цей спосіб добре працює у випадку коротких електродних ліній, проте, виявляє недоліки у випадку довгих електродних ліній. Для розпізнавання ушкодження лінії, частоту вимірювання треба вибирати таким способом, щоб довжина лінії була менше, ніж чверть довжини хвилі. З цієї причини у випадку довгих електродних ліній повинна обиратися така низька частота, що існує небезпека виникнення перешкод для вимірювання за рахунок частоти мережі або нижчих гармонік частоти мережі. Крім того, у випадку цих низьких частот розташовані на обох кінцях електродної лінії заглушувальні

фільтри, які повинні бути розраховані на максимальний струм на електродній лінії, є дуже великими і дорогими.

В ЕР 0 360 109 В1 наведений пристрій захисту для електродної лінії названого вище типу, у якому також у випадку довгих електродних ліній можна застосовувати високу частоту вимірювання, за рахунок чого розміри і витрати на заглушувальні фільтри, а також небезпека перешкод за рахунок частоти мережі або її гармонік істотно зменшується. Для запобігання стоячих хвиль на електродній лінії заглушувальний фільтр на далекому щодо місця живлення кінці електродної лінії обладнують резистивними ланками, які мають таке значення опору, що фільтр є узгодженим із хвильовим опором електродної лінії. Таким чином уникають, щоб вимірювальний сигнал відбивався на далекому кінці електродної лінії.

З US-PS 5,083,086 відомий спосіб для визначення місця ушкодження в кабелі. Цей спосіб виконує фахівець з ремонту і налагодження, причому ушкоджений кабель спочатку повністю відключається, тобто кабель більше не знаходиться в експлуатації. Потім на кінці повністю відключеного кабелю підключають пристрій, яким здійснюють спосіб для визначення місця ушкодження. Цей пристрій живить у кабель перший електричний імпульс і записує прийняті відбитки. Після цього на повністю відключеному кабелі підвищують підключену напругу, живлять у кабель другий імпульс і записують прийняті відбитки. За рахунок підвищення напруги живлення повний опір у місці ушкодження в кабелі змінюється так, що місце ушкодження однозначно відтворюється. Записані відбиті сигнали порівнюють між собою. За допомогою цього різницевого сигналу і зареєстрованого часу пробігу потім можна обчислити місце ушкодження в кабелі.

Для визначення стану електродної лінії біполярної установки високовольтної електропередачі постійного струму вже запропонований спосіб (заявка на патент із реєстраційним номером DE 196 50 974 2), у якому вводять на першому кінці електродної лінії перший електричний імпульс і реєструють відбитий сигнал цієї лінії. Після цього на першому кінці в лінію вводять другий імпульс і реєструють його відбитий сигнал. Потім ці обидва відбиті сигнали порівнюють між собою. При відхиленні і/або збігу між двома відбитими сигналами генерують відповідний сигнал оповіщення. Ці операції способу безперервно повторюють доти, поки генерується сигнал ушкодження. Цим сигналом оповіщення зупиняють спосіб визначення стану. За допомогою записаних відбитих сигналів можна визначити місце ушкодження. Порівняння помилкового відбитого сигналу з відбитими сигналами, які запам'яталися, для різних робочих ситуацій дозволяє робити швидко визначення ушкодження (замикання на землю, обрив лінії, ...).

Пристрій для здійснення цього запропонованого способу містить генератор імпульсів, блок оцінки і ланку зв'язку. Через цю ланку зв'язку імпульс генератора імпульсів заживлюють в електродну лінію і направляють

його відбитий сигнал до блоку оцінки. Пристрій підключений на першому кінці електродної лінії. Другий кінець електродної лінії з'єднаний із потенціалом землі. Щоб електричний імпульс не проходив в установку високовольтної електропередачі постійного струму, а тільки в контрольовану частину електродної лінії, електродна лінія обладнана на кінцях демпфувальними ланками. Блок оцінки містить компаратор, пам'ять, і пусковий пристрій. Генератор імпульсів генерує синхронно з тактовим інтервалом прямокутні імпульси, що мають постійну складову, які безперервно вводять в електродну лінію поки буде мати місце сигнал ушкодження.

Цей вже запропонований спосіб дозволяє просте розпізнавання ушкоджень в роботі установки високовольтної електропередачі постійного струму, без необхідності застосування наявних сигналів вимірювання. Спосіб працює таким чином автарктично. Тому що у вільному від помилок випадку в проходженні імпульсу бере участь земля, провідність землі, що коливається, б впливає на відбиті сигнали і тим самим на надійне розпізнавання ушкоджень. Крім того, випромінювання електромагнітної енергії, викликане імпульсом у синфазній моді, є досить високим. Інший недолік полягає в тому, що на обох кінцях електродної лінії в цю електродну лінію послідовно повинні бути включені демпфувальні ланки. За рахунок цього витрати на додаткове устаткування у випадку існуючої установки високовольтної електропередачі постійного струму є досить високими.

В основі винаходу лежить задача вказати спосіб для контролю електродної лінії біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму, який більше не має вищезгаданих недоліків вказати придатний для виконання способу пристрій.

Ця задача згідно з винаходом вирішується за рахунок ознак пункту 1 і 11 формули винаходу.

За рахунок того, що в новому способі із несиметричного імпульсного сигналу одержують симетричний імпульсний сигнал у протифазній моді і заживлюють в обидві лінії електродної лінії, земля навряд чи бере участь у передачі цих імпульсів так, що відповідний винаходові спосіб є майже незалежним від сильно мінливої провідності землі. Інша перевага полягає в тому, що випромінювання у вигляді електромагнітної енергії в порівнянні із синфазною модою значно зменшене. Крім того, протифазна мода обумовлює мале загасання в лінії так, що можлива більш висока дальність дії системи при одночасно меншому розсіюванні відбитого сигналу.

Проте, найважливішою перевагою протифазної моди є її повна розв'язка щодо синфазної моди. Сигнали перешкод, що надходять із високовольтної установки електропередачі постійного струму, можуть поширюватися тільки в протифазній моді, тому що по цей бік місця розгалуження електродна лінія об'єднана в один провід і електромагнітне поле тим самим може існувати тільки між цим проводом і землею. Сигнали перешкод, що надходять із

високовольтної установки електропередачі постійного струму, поширюються на електродній лінії майже зі швидкістю світла, розділяються в місці розгалуження приблизно однаково по амплітуді і фазі і проходять потім на обох хвилеводах, а саме проводах - земля і провід - земля, до віддаленого від установки кінця електродної лінії. Між розташованими на рівній відстані від місця розгалуження живильними затискачами, ці сигнали перешкод не можуть, однак, створювати ніякої напруги, тому утворюється ідеальна незалежна від частоти розв'язка способу для контролю електродної лінії високовольтної установки електропередачі постійного струму. Внаслідок оборотності електродної лінії, з іншого боку, ніякі сигнали, які живлюються в протилежній моді на живильних затискачах не можуть потрапити у високовольтну установку електропередачі постійного струму, за рахунок чого спосіб є незалежним від випадкових комутаційних станів високовольтної установки електропередачі постійного струму. Щоб можна було живити сигнал у протифазній моді в електродну лінію, що складається з двох ліній, повинно бути зроблене неефективним коротке замикання для цієї моди в місці розгалуження. Це можна було б зробити, наприклад, за рахунок того, що між живильними затискачами, і місцем розгалуження в електродну лінію відповідно послідовно включають котушку з великою індуктивністю. Тому що в однополюсному режимі через електродну лінію протікають струми порядку величини кА, обидві необхідні для цього котушки повинні бути розраховані також на ці струми.

Краща форма виконання нового способу тому передбачає робити живлення імпульсних сигналів у протифазній моді без таких схемних елементів, як згадані котушки. Це є можливим, якщо місця живлення знаходяться на визначеній відстані від місця розгалуження, причому ця відстань обрана таким чином, що воно відповідає приблизно чверті довжини хвилі при середній частоті генерованого несиметричного щодо землі імпульсу. При цій частоті коротке замикання в місці розгалуження трансформується в холостий хід на живильних затискачах, а при сусідніх частотах це коротке замикання трансформується у високоомний реактивний опір, який можна представити на живильних затискачах включеним паралельно хвильовому опору лінії.

Подальша перевага цього способу полягає в тому, що цей спосіб контролю може самостійно пристосовуватися до різних умов експлуатації. Це досягається за рахунок того, що утворюють різницеву криву відбитого сигналу в залежності від записаної дійсної кривої відбитого сигналу і тією, що запам'яталася, утвореною динамічно заданою кривою відбитого сигналу. За рахунок застосування динамічної заданої кривої відбитого сигналу, що змінюється в часі, у спосіб контролю залучаються, наприклад, впливи пори року на електродну лінію так, що випадок ушкодження може бути визначений однозначно.

Якщо генерується сигнал ушкодження, то спосіб контролю може відключатися. Для цього генерування імпульсів переривають або,

відповідно, відключають

У кращій формі виконання нового способу додатково генерують заздалегідь визначену, задану статичну криву відбитого сигналу і оточують полем допуску, яке утворене граничною кривою, що проходить вище і нижче цієї статичної заданої кривої відбитого сигналу. Утворену динамічну задану криву відбитого сигналу контролюють за допомогою цієї статичної заданої кривої відбитого сигналу щодо того, чи лежить щонайменше одна амплітуда цієї динамічної заданої кривої відбитого сигналу поза полем допуску статичної заданої кривої відбитого сигналу. Якщо це відповідає дійсності щонайменше один раз протягом заданого проміжку часу, то генерують сигнал ушкодження і спосіб контролю відключають. За рахунок застосування заздалегідь визначеної статичної заданої кривої відбитого сигналу можна визначити дефекти на пристрої для контролю електродної лінії, які, якщо вони з'являються поступово, підпадали б під умови експлуатації, що змінюється в часі.

Подальша краща форма виконання нового способу передбачає утворення динамічної заданої кривої відбитого сигналу із середнього значення щонайменше двох послідовних в часі дійсних кривих відбитого сигналу. Тобто, що постійно із заздалегідь визначеної кількості послідовних в часі дійсних кривих відбитого сигналу утворюють середнє значення і відкладають у якості динамічної заданої кривої відбитого сигналу. За рахунок цього при кожній новій дійсній кривій відбитого сигналу відкладають нове середнє значення в якості динамічної заданої кривої відбитого сигналу. Це відбувається, однак, тільки тоді, якщо при оцінці різницевої кривої відбитого сигналу не був генерований сигнал оповіщення.

Подальші кращі форми виконання способу для контролю електродної лінії біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму зазначені в пунктах 4 і 5, а також 7-10 формули винаходу.

За рахунок того, що в передбаченому для здійснення нового способу контролі пристрої поряд із приладом контролю імпульсів відбитого сигналу, які містять генератор імпульсів і приймальний пристрій, є живильний пристрій, який зв'язаний з боку виходу відповідно з одним живильним затискачем обох ліній електродної лінії, із генерованого генератором імпульсів несиметричного імпульсного сигналу одержують симетричний імпульсний сигнал у протифазній моді. Прилад контролю імпульсів відбитого сигналу зв'язаний із входами живильної схеми. Ця живильна схема містить з боку входу блок перетворення імпульсів і з боку виходу два конденсатори зв'язку, які відповідно з'єднують виходи блока перетворення імпульсів із живильним затискачем.

За рахунок виконання живильного пристрою з одного боку, із несиметричного щодо землі імпульсного сигналу генератора імпульсів генерують симетричний імпульсний сигнал у протифазній моді, за рахунок чого з'являються вже названі переваги протифазної моди в порівнянні із

синфазною модою, і, з іншого боку, перешкоди, які приходять від високовольтної установки електропередачі постійного струму, передаються до приймального пристрою тільки сильно ослаблені.

У випадку кращого виконання живильного пристрою у якості блока для перетворення імпульсів передбачений розділювальний трансформатор з однією обмоткою низької напруги і обмотками високих напруг, дві котушки і два розрядники, причому відповідно одна котушка і один розрядник включені електрично паралельно до обмотки високої напруги. Місце з'єднання обох обмоток високої напруги з'єднане з потенціалом землі. Два конденсатори зв'язку утворюють з обома котушками відповідно два фільтри верхніх частот, які настроєні на середню частоту генерованого імпульсу. Розрядники захищають розділювальний трансформатор при перехідних перешкодах влучення блискавки, комутаційний викид) від перенапруг.

Згідно з подальшою кращою формою виконання нового пристрою генератор імпульсів містить два джерела напруги, два конденсатори, два вимикачі, два резистори і блоки керування для вимикачів, причому кожен конденсатор за допомогою резистора електропровідно з'єднаний із джерелом напруги. Місце з'єднання цих обох конденсаторів і місце з'єднання обох джерел напруги з'єднані відповідно з потенціалом землі. Конденсатори відповідно за допомогою одного вимикача з'єднуються з виходом генератора імпульсів, причому блок управління з'єднаний із управляючим виходом генератора імпульсів. За допомогою такого генератора імпульсів простим способом одержують вузькополосний, прямокутний імпульс з високою спектральною складовою при його середній частоті, який не має постійної складової.

Принципово для нового способу контролю можна застосовувати також інші форми імпульсів, які мають вже названі спектральні властивості. Наприклад, точно також можна застосовувати пилкоподібний імпульс, що проходить симетрично до тимчасової осі. Одержання подібного імпульсу є, однак, більш складним.

Згідно з подальшою кращою формою виконання нового пристрою приймальний пристрій містить блок для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу, обчислювальний блок, основну пам'ять і вхідний і вихідний інтерфейс, причому управляючий вхід цього приймального пристрою з'єднаний із управляючим входом блока для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу. Обчислювальний блок зв'язаний з основною пам'яттю, блоком для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу і з інтерфейсами. Вхід сигналу блока для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу з'єднаний із входом приймального пристрою, причому управління установкою зв'язане з боку входу і виходу з вихідним і вхідним інтерфейсом.

За рахунок з'єднання управляючого виходу генератора імпульсів з управляючим входом блока для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу, цей блок запускається на

передачу імпульсів генератора імпульсів. Таким чином можна записувати відбиті сигнали для заздалегідь визначеного часу, тобто ця частина приймального пристрою працює в реальному масштабі часу. Подальша обробка цих записаних відбитих сигналів відбувається в автономному режимі, причому виконання подальшої обробки здійснюється централізовано в обчислювальному блоці.

У новому пристрої живильні затискачі електродної лінії доцільно розташовані відповідно на відстані від місця розгалуження електродної лінії, причому ця відстань дорівнює, зокрема, одній чверті довжини хвилі у вільному просторі при середній частоті імпульсу. За рахунок вибору відстані цих живильних затискачів від місця розгалуження в електродну лінію не повинні включатися послідовно ніякі схемні елементи.

Для середньої частоти імпульсу, який заживлюють, коротке замикання в місці розгалуження електродної лінії через лінію довжиною  $\lambda/4$  трансформується в холостий хід на місці заживлення. Для цієї частоти таким чином лінія довжиною  $\lambda/4$  разом із усією високовольтною установкою електропередачі постійного струму електрично не існує. Імпульс, який заживлюють, бачить при цій частоті тільки хвильовий опір обох ліній електродної лінії, які ведуть до заземлювального електрода і до місця розгалуження. При інших частотах коротке замикання в місці розгалуження трансформується через лінію, що не має тоді довжину більшу за  $\lambda/4$ , у реактивний опір, який можна представити включенням паралельно хвильовому опору лінії в місці заживлення.

За рахунок використання умов з боку установки, а також за рахунок збудження протифазної моди не потрібні ніякі додаткові схемні рішення для розв'язки вимірювального пристрою від підстанції. Таким чином можна відмовитися від дорогих демпфувальних ланок.

Подальші кращі форми виконання пристрою контролю електродної лінії біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму впливають із залежних пунктів 13-19 формули винаходу.

Для подальшого пояснення винаходу робиться посилання на креслення, на якому схематично наведений приклад виконання відповідного винаходу пристрою.

Фіг 1 показує відповідний винаходові пристрій з електродною лінією біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму.

Фіг 2 показує принципову блок-схему генератора імпульсів пристрою відповідно до Фіг 1, причому на

Фіг 3 наочно показаний генерований імпульс на діаграмі від  $t$ .

Фіг 4 показує принципову блок-схему приймального пристрою пристрою відповідно до Фіг 1.

Фіг 5 на діаграмі від часу  $t$  наведена записана дійсна крива відбитого сигналу вільної від дефектів електродної лінії, причому на

Фіг 6 на діаграмі від часу  $t$  наведена різницева крива відбитого сигналу у випадку ушкодження

провід-земля на електродній лінії і

Фіг 7 показує на діаграмі від часу  $t$  статичну задану криву відбитого сигналу з відповідним попом допуску.

Фіг 1 показує відповідний винаходові пристрій 2 для контролю електродної лінії 4 біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму, з якого для наочності показана тільки одна перетворювальна підстанція 6. У випадку біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму, яку позначають також як двополосна високовольтна установка електропередачі постійного струму, обидві перетворювальні підстанції з'єднані між собою двома лініями постійного струму 8 і 10 і кожна підстанція містить два вентильних перетворювачі електроенергії 12 і 14, які включені електричне послідовно за допомогою з'єднувальної шини 16. У нормальному режимі роботи цієї біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму постійний струм не повертається через землю. За різних причин, між іншим, щоб уможливити однополосний режим установки у випадку виходу з ладу вентильного перетворювача електроенергії, перетворювальні підстанції також у двополосних електропередачах постійного струму обладнані заземлювальним приєднанням, яке підключене за допомогою електродної лінії 4 до підстанції 6 на з'єднувальній шині 16. Ця електродна лінія 4 ізолювана щодо землі і складається звичайно з лінії, яка підвішена на ізоляторах. Наведена тут електродна лінія 4 розділена від місця розгалуження 18, так називаного місця розгалуження, на дві лінії 20 і 22, які на кінці зв'язані з потенціалом землі. Ці лінії 20 і 22 електродної лінії 4 можуть при відомих умовах мати довжину до 100 км. Не наведена тут більш докладно друга перетворювальна підстанція біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму також оснащена електродною лінією, тобто високовольтна установка електропередачі постійного струму виконана зеркальносиметрично.

В електродній лінії 4 у бездоганному режимі - тобто в симетричному режимі - майже не тече ніякий струм. Хоча напруга між електродною лінією 4 і землею є звичайно малою у порівнянні з іншими напругами в установці, замикання на землю на електродній лінії 4 обґрунтовує небезпеку поразки персоналу або ушкоджень на інших компонентах установки. З цієї причини необхідно, щоб замикання на землю, включаючи високоомне замикання на землю, могло бути виявлене швидко і надійно. Крім того, для надійної експлуатації цієї біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму є важливим також знати стан цієї електродної лінії 4. При обриві лінії і коли є порушення в роботі біполярної високовольтної установки електропередачі постійного струму несиметричний режим роботи цієї двополосної високовольтної установки електропередачі постійного струму був би більше не можливим.

Для контролю електродної лінії 4, що

складається з двох ліній 20 і 22, передбачений пристрій 2 згідно з винаходом. Цей пристрій 2 містить прилад контролю відбитих-імпульсів 24 і живильний пристрій 26. Цей прилад контролю відбитих імпульсів 24 складається з генератора імпульсів 28 і приймального пристрою 30. Генератор імпульсів 28, краща форма виконання якого наведена на Фіг 2, зв'язаний за допомогою коаксіального кабелю 32 з вхідними затискачами живильного пристрою 26. Ці затискачі живильного пристрою 26 з'єднані, крім того, з вхідними затискачами приймального пристрою 30. Для забезпечення можливо вільного від перешкод сигналу, цей коаксіальний кабель 32 повинен бути двічі екранований. Крім того, управляючий вихід генератора імпульсів 28 зв'язаний із управляючим входом приймального пристрою 30 за допомогою управляючої лінії 34. Живильний пристрій 26 з боку виходу з'єднано відповідно із живильним затискачем 36 і 38 ліній 20 і 22 електродної лінії 4. Ці живильні затискачі 36 і 38 розташовані на відстані  $a$  від місця розгалуження 18, причому ця відстань приблизно відповідає  $\lambda/4$ , причому  $\lambda$ , являє собою довжину хвилі у вільному просторі при середній частоті генерованого імпульсу  $u(t)$  генератора імпульсів 28. Крім того, ці живильні затискачі 36 і 38 з'єднані відповідно за допомогою розрядника 40 і 42 із потенціалом землі. Ці обидва розрядники 40 і 42 захищають живильний пристрій 26 з боку високої напруги від перехідних перешкод (удар блискавки).

Живильний пристрій 26 містить з боку входу блок для перетворення імпульсів 25 і з боку виходу два конденсатори зв'язку 50 і 52. Блок для перетворення імпульсів 25 містить розділювальний трансформатор 44, дві котушки 46 і 48 і два розрядники 54 і 56. Цей розділювальний трансформатор 44 складається з двох обмоток високої напруги 58 і 60 і однієї обмотки низької напруги 62. Місце з'єднання 64 обох обмоток високої напруги 58 і 60 з'єднане з потенціалом землі. Обидва затискачі обмотки низької напруги 62 утворюють затискачі живильного пристрою 26, до яких підключений коаксіальний кабель 16 32. Котушка 46 або, відповідно, 48 включена електрично паралельно до обмотки високої напруги 58 або, відповідно, 60. Крім того, розрядник 54 або, відповідно, 56 включений електрично паралельно до обмотки високої напруги 58 або, відповідно, 60 розділювального трансформатора 44. Конденсатор зв'язку 50 або, відповідно, 52 з'єднує живильний затискач 36 або, відповідно, 38 із затискачем обмотки високої напруги 58 або, відповідно, 60. Ці обидва конденсатори зв'язку 50 і 52 беруть на себе зв'язок живильного пристрою 26 з потенціалом високої напруги електродної лінії 4. Тому ці конденсатори зв'язку 50 і 52 повинні бути розраховані на відповідний рівень високої напруги електродної лінії 4. Обидві розташовані симетрично щодо потенціалу землі котушки 46 і 48 утворюють разом з обома конденсаторами зв'язку 50 і 52 відповідно фільтр верхніх частот. Ці фільтри верхніх частот блокують низькочастотні перешкоди, які надходять від електродної лінії 4, тобто характерні гармоніки струму, які створюються високовольтною

установкою електропередачі постійного струму і при несиметричному режимі роботи високовольтної установки електропередачі постійного струму також течуть через електродну лінію 4. Розрядники 54 і 56 захищають обмотки високої напруги 58 і 60 розділювального трансформатора 44 при перехідних перешкодах (удар блискавки, комутаційний викид) від перенапруг. Ці розрядники 54 і 56 розраховані на значно меншу напругу, ніж розрядники 40 і 42. Розділювальний трансформатор 44 забезпечує узгодження повного опору хвильового опору коаксіального кабелю 32 з хвильовим опором ліній 20 і 22 електродної лінії 4. Крім того, цей розділювальний трансформатор 44 являє собою симетричний трансформатор, який створює з генерованого генератором імпульсів несиметричного імпульсного сигналу симетричний імпульсний сигнал у протифазній моді.

Фіг 2 показує принципову блок-схему генератора імпульсів 28 приладу контролю відбитих імпульсів 24 згідно з Фіг 1. Цей генератор імпульсів 28 містить два джерела напруги 66 і 68, два конденсатори 70 і 72, два вимикачі 74 і 76, два резистори 78 і 80 і блоки управління 82 для вимикачів 74 і 76. Конденсатор 70 або, відповідно, 72 за допомогою резистора 78 або, відповідно, 80 електропровідне з'єднаний з джерелом напруги 66 або, відповідно, 68. Місце з'єднання 84 обох конденсаторів 70 і 72 з'єднане з місцем з'єднання 86 обох джерел напруги 66 і 68, яке, крім того, з'єднане з потенціалом землі. Резисторами 78 і 80 встановлюють струм заряду конденсаторів 70 і 72. Ці конденсатори 70 і 72 відповідно з'єднуються за допомогою вимикачів 74 і 76 з виходом генератора імпульсів 28, до якого підключений коаксіальний кабель 32. У якості вимикачів 74 і 76 передбачені електронні ключі, наприклад, транзистори. Виконання блока управління 82 залежить від вибору електронних ключів. Крім того, частота переключень вимикачів 74 і 76 і цикли заряду залежать один від одного. Якщо конденсатори 70 і 72 заряджені, до моменту часу  $t_1$  спочатку закривається вимикач 74 на заданий проміжок часу  $t_2 - t_1$ . Після закінчення цього проміжку часу  $t_2 - t_1$  цей вимикач 74 відчиняється і одночасно вимикач 76 закривається. Після наступного заданого проміжку часу  $t_3 - t_2$  цей вимикач 76 знову відчиняється. Після цього обидва конденсатори 70 і 72 знову заряджають за допомогою джерела напруги 66 і 68, щоб генерувати наступний імпульс  $u(t)$ , як він наведений на діаграмі від часу  $t$  згідно з Фіг 3. Із закриттям першого вимикача 74 до моменту часу  $t_1$  блок управління 82 передає пусковий сигнал  $S_T$  за допомогою управляючої лінії 34 до управляючого входу приймального пристрою 30, який наведений більш докладно на Фіг 4.

Генерований імпульс  $u(t)$  згідно з Фіг 3 є симетричним відносно осі часу  $t$ , тобто він не має ніякої постійної складової. Крім того, цей імпульс  $u(t)$  при своїй середній частоті має виражену спектральну складову. Висота цієї середньої частоти залежить від того, чи передаються на електродній лінії 4 дані або прокладена електродна лінія 4 поблизу ліній електропередачі,

на яких додатково відбувається передача даних. Подібна передача даних відбувається в основному в діапазоні частот, наприклад, від 30 до 500кГц. Якщо ширину імпульсу генерованого імпульсу  $u(t)$  вибирають відповідно вузькою, ця середня частота лежить вище 500кГц. При ширині імпульсу відповідно зворотній величині тривалості імпульсу  $t_3-t_1$ , наприклад, 2мкс середня частота становить 500кГц. Тобто ширина імпульсу генерованого імпульсу  $u(t)$  повинна бути меншою, ніж 2мкс. Тому що цей імпульс має тільки малі спектральні складові, нижче своєї середньої частоти, перешкода пристроїв передачі даних приблизно дорівнює нулю. У принципі можуть застосовуватися також інші форми імпульсу. При виборі інших форм імпульсу необхідно враховувати, щоб по можливості не було постійної складової і щоб була виражена спектральна складова при середній частоті. За цих умов, зокрема, імпульс  $u(t)$  згідно з Фіг 3 може генеруватися з малими витратами з високим коефіцієнтом корисної дії. Вимога, щоб імпульс по можливості не повинен мати постійної складової, обгрунтована тим, що розділювальний трансформатор 44 живильного пристрою 26 не може передавати ніякої постійної складової в частотному спектрі імпульсу  $u(t)$ .

Фіг 4 показує принципову схему приймального пристрою 30 згідно з Фіг 1. Цей приймальний пристрій 30 містить блок для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу 88, обчислювальний блок 90, основну пам'ять 92 і вхідний і вихідний інтерфейс 94 і 96. Крім того, цей приймальний пристрій 30 містить документаційну пам'ять 98 і екран 100. Вхід блока для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу 88 зв'язаний з вхідним затискачем приймального пристрою 30, до якого підключений коаксіальний кабель 32. Крім того, що управляючий затискач цього блока 88 з'єднаний із управляючим входом приймального пристрою 30, із яким з'єднана управляюча лінія 34. З боку виходу цей блок для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу 88 зв'язаний з обчислювальним блоком 90, який зв'язаний з основною пам'яттю 92 і документаційною пам'яттю 98 таким чином, щоб можна було робити обмін даними. З боку виходу цей обчислювальний блок 90 ще зв'язаний з вхідним інтерфейсом 94, зокрема, двійковим вхідним інтерфейсом, і з боку виходу з екраном 100 і вихідним інтерфейсом 96, зокрема, двійковим вихідним інтерфейсом. За допомогою цих обох інтерфейсів 94 і 96 приймальний пристрій 30 з'єднано з вищим управлінням установкою, який більш докладно не наведений. Від цього управління установки, яке є частиною техніки управління високовольтної установки електропередачі постійного струму приймальний пристрій 30 одержує експлуатаційні і регульовальні параметри. За допомогою вихідного інтерфейсу 96 генерований сигнал оповіщення або, відповідно, сигнали стану потрапляють до техніки управління.

Блок для запису відбитих сигналів у масштабі реального часу 88 складається з аналого-цифрового перетворювача і пам'яті, зокрема, пам'яті з оперативним записом і зчитуванням, яка

підключена після аналого-цифрового перетворювача. Цей аналого-цифровий перетворювач стартується за допомогою пускового імпульсу  $S_T$  генератора імпульсів 28, тобто аналого-цифровий перетворювач починає перетворення в цифрову форму аналогових вхідних сигналів, тобто відбитих сигналів, які поступають. Ці значення опиту після перетворення в цифрову форму запам'ятовують. Ці обидва компоненти блока 88 працюють у реальному масштабі часу, тобто відбиті сигнали, що поступають, обробляють у реальному масштабі часу. Висота частоти опиту аналого-цифрового перетворювача і швидкодія запам'ятовування значень опиту залежить від того, наскільки довгою є електродна лінія 4. Це означає, що за рахунок довжини електродної лінії 4 визначають час проходження відбитого сигналу і тим самим задають тимчасову область, яка є цікавою для оцінки. Крім того, висота частоти опиту залежить також від об'єму пам'яті. Ці запам'ятовувані значення опиту утворюють у якості тимчасової функції дійсну криву відбитих сигналів ЕК згідно з Фіг 5.

Подальшу обробку цієї визначеної в реальному масштабі часу дійсної кривої відбитих сигналів роблять в автономному режимі. Для цього ці перетворені в цифрову форму значення опиту копіюють в основну пам'ять 92. Крім того, ці значення опиту можуть бути відображені графічно на екрані 100, тобто наведена на Фіг 5 дійсна крива відбитих сигналів ЕК з'являється на екрані 100. Цю дійсну криву відбитих сигналів ЕК порівнюють за допомогою обчислювального блока 90 із закладеною в основній пам'яті 92 динамічній заданій кривою відбитого сигналу. Тобто обчислюють різницеву криву відбитого сигналу ЕОК, як вона наведена, наприклад, на Фіг 6 у діаграмі від часу  $t$ . До цієї різницевої кривої відбитого сигналу ЕОК додають постійні граничні криві  $GKO$  і  $GKU$ , які проходять вище і нижче цієї різницевої кривої відбитого сигналу ЕОК. Ці обидві граничні криві  $GKO$  і  $GKU$  тим самим утворюють поле допуску, яке застосовують для знаходження місць ушкодження.

Дійсна крива відбитого сигналу ЕК згідно з Фіг 5 показує, що в бездоганному випадку імпульс на кінці електродної лінії 4 відбивається визначено. Відбитий сигнал відбивається і приймається або, відповідно, оцінюється на приймачі в часовій області. При цьому маємо, наприклад, цю відображену дійсну криву відбитого сигналу ЕК, яка являє собою реакцію на імпульсний вплив усієї системи (коаксіального кабелю 32, живильного пристрою 26 і справної електродної лінії 4). Ця дійсна крива відбитого сигналу ЕК являє собою як би відбиток пальця бездоганної системи. На Фіг 5 наведена типова дійсна крива відбитого сигналу ЕК справної електродної лінії 4 довжиною порядку 7,4км. Відповідна часова вісь  $t$  цієї діаграми параметрована в кілометрах відстані. У випадку такої дійсної кривої відбитого сигналу ЕК можуть розрізнятися декілька областей. Ці області пронумеровані, як пояснюється далі:

а) імпульс, який живлять (1)



б) відбиток на розділювальному трансформаторі 44 (2)

в) перехідний процес або відповідно, процес встановлення живильного пристрою (3)

г) визначений відбиток від кінця електродної лінії (4)

Якщо на електродній лінії 4 з'являється ушкодження (ушкодження провід-земля або обрив лінії), то виникає додатковий відбитий сигнал від місця ушкодження. Це призводить до зміни дійсної кривої відбитого сигналу ЕК. Відповідно до наведеної кривої на Фіг 6 ушкодження провід-земля віддалено від місця живлення 36, 38 приблизно на 4,5 км і створює виразний відбитий сигнал або, відповідно, викид LEF. Одночасно визначена дійсна крива відбитого сигналу ЕК від кінця електродної лінії 4 також спотворюється, що відбивається в цій різницевої кривій у вигляді другого викиду FZ. Перший, що лежить за часом ближче, викид LEF відбувається завжди від місця ушкодження і повинен залучатися для визначення місця розташування ушкодження, у випадку, якщо це є бажаним у якості завдання із форми або, відповідно, інтенсивності відбитого від місця ушкодження відбитого сигналу можна загалом також зробити висновки про вид ушкодження (ушкодження провід-земля або обрив лінії). Для тривалого контролю електродної лінії 4 на ушкодження, у принципі є достатнім контролювати різницеву криву відбитого сигналу ЕОК на викиди LEF, які лежать поза полем допуску.

Як вже згадано, для визначення різницевої кривої відбитого сигналу ЕОК застосовують динамічну задану криву відбитого сигналу. Цю задану криву відбитого сигналу утворюють із щонайменше двох записаних послідовно за часом дійсних кривих відбитого сигналу  $EK_1$  і  $EK_2$ , у той час як із цих обох кривих відбитого сигналу  $EK_1$  і  $EK_2$  утворюють криву відбитого сигналу середніх значень, яку потім запам'ятовують у якості заданої кривої відбитого сигналу. Це обчислення динамічно продовжують так, що нову дійсну криву відбитого сигналу  $EK_3$  застосовують для обчислення нової заданої кривої відбитого сигналу, причому першу криву відбитого сигналу  $EK_1$  більше не застосовують. Подібне обчислення можна робити за допомогою регістра зрушення, причому завжди нову криву вводять, а саму стару за часом криву виводять. З кривих, які введені в регістр зрушення, обчислюють криву відбитого сигналу середніх значень. Таким чином після

кожного пускового імпульсу  $st$  обчислюють нову динамічну задану криву відбитого сигналу. Це обчислення починають тільки тоді, коли порівняння актуальної дійсної кривої відбитого сигналу з актуальною заданою кривою відбитого сигналу сигналізує бездоганний стан. За допомогою регульовальних параметрів встановлюють, як дійсні криві відбитого сигналу повинні застосовуватися для обчислення динамічної заданої кривої відбитого сигналу.

За рахунок застосування динамічної заданої кривої відбитого сигналу, яка змінюється в часі, у спосіб контролю залучають, наприклад, впливи пори року на електродну лінію 4 так, що випадок ушкодження може бути визначений однозначно.

Поряд із динамічною оцінкою має місце також статична оцінка. У випадку цієї статичної оцінки застосовують постійну задану криву відбитого сигналу  $EK^*$ , яка не змінюється в часі, і яка призначена визначеній робочій ситуації електродної лінії 4. Цю статичну задану криву відбитого сигналу  $EK^*$  оточують полем допуску, утвореним граничною кривою  $GKU_d$  і  $GKU_u$ , що проходить відповідно вище і нижче, згідно з Фіг 7. При статичній оцінці утворену динамічну задану криву відбитого сигналу порівнюють із статичною заданою кривою відбитого сигналу  $EK^*$ , щоб упізнати, чи лежить ця динамічна задана крива відбитого сигналу ще усередині утвореного поля допуску. Якщо це не має місця усередині заданого проміжку часу щонайменше один раз, генерують сигнал ушкодження. Якщо сигнал ушкодження генерований, пристрій 2 для контролю електродної лінії 4 відключається доти, поки він буде знову вручну повернутий у вихідний стан. З генеруванням сигналу ушкодження запам'ятовують миттєву динамічну задану криву відбитого сигналу, а також безліч пріоритетних дійсних кривих відбитого сигналу для документальних цілей у документальній пам'яті 98.

Установку поля допуску статичної заданої кривої відбитого сигналу  $EK^*$  і установку поля допуску різницевої кривої відбитого сигналу роблять за допомогою регульовальних параметрів. Виклик статичної заданої кривої відбитого сигналу  $EK^*$ , яка відноситься до визначеної робочої ситуації електродної лінії 4, роблять за допомогою експлуатаційних параметрів. Передумовою є, щоб в основній пам'яті 92 запам'ятати безліч статичних заданих кривих відбитого сигналу  $EK^*$ .



