



УКРАЇНА

(19) UA (11) 57316 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
G01R 31/12

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ СИГНАЛІВ ЧАСТКОВИХ РОЗРЯДІВ В ІЗОЛЯЦІЇ ТРИФАЗНИХ ВИСОКОВОЛЬТНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

1

2

(21) u201008118

(22) 29.06.2010

(24) 25.02.2011

(46) 25.02.2011, Бюл. № 4, 2011 р.

(72) ПОЛЯКОВ ВАЛЕРІЙ СЕРГЕЄВИЧ, RU

(73) ПОЛЯКОВ ВАЛЕРІЙ СЕРГЕЄВИЧ, RU

(57) Пристрій для безперервного контролю сигналів часткових розрядів (ЧР) в ізоляції трифазних високовольтних апаратів в умовах експлуатації, що складаються щонайменше з активної частини у вигляді системи провідних електрично зв'язаних

між собою елементів, що перебувають під високою напругою й оточені шарами ізоляції, який містить схеми обробки й реєстрації сигналів ЧР і щонайменше один датчик-приймач сигналів ЧР, який відрізняється тим, що як датчик-приймач сигналів ЧР використано активну частину трифазного високовольтного апарата, загальна точка якої утворена з використанням щонайменше одного низьковольтного вимірювального трансформатора, вторинні обмотки якого з'єднані за схемою розімкнутого трикутника.

Корисна модель відноситься до галузі вимірювання сигналів часткових розрядів (ЧР) в електричній ізоляції високовольтних апаратів під робочою напругою для діагностики дефектів ізоляції, розвиток яких може приводити до електричного пробоя ізоляції.

ЧР в ізоляції високовольтних апаратів відбуваються в областях зі зниженою електричною міцністю, наприклад у газових включеннях. При ЧР відбувається практично миттєве (за наносекунди) перерозподіл електричного заряду. Навколо області кожного ЧР виникає імпульс електричного поля й звуковий імпульс, вимірювання яких лежить в основі більшості пристроїв (датчиків) для контролю сигналів ЧР в ізоляції високовольтних апаратів.

Відомий пристрій для виявлення місць ушкодження ізоляції на контактній мережі, що складається з параболічного дзеркала, акустичного приймача, фільтра високих частот, граничного елемента й реєстратора, що встановлюється на рухомий транспортний засіб, і доповнюється відмітчиком опор, формувачем прямокутних імпульсів тривалістю, рівної тривалості пачки імпульсів часткових розрядів, вимірником тривалості імпульсу, суматором тривалості імпульсів, за датчиком числа вимірів, визначником середнього значення тривалості імпульсу, першим селектором імпульсів із установленими межами тривалості; вимірником тривалості паузи між імпульсами, суматором тривалості пауз між імпульсами, визначником середнього значення тривалості паузи між імпульсами, другим селектором імпульсів із установленими межами тривалості, схемою збігу, що порівнює

одночасність проходження сигналу від відмітчика опор, від першого селектора й від другого селектора, причому вихід формувача прямокутних імпульсів з'єднаний із входами вимірника тривалості імпульсу, задатчика числа вимірів і вимірника паузи між імпульсами, вихід вимірника тривалості імпульсу з'єднаний з першим входом суматора тривалості імпульсів, вихід якого з'єднаний з першим входом визначника середнього значення тривалості імпульсу, вихід якого з'єднаний з першим селектором імпульсів із установленими межами тривалості, вихід якого з'єднаний з першим входом суматора тривалості імпульсів, а вихід цього суматора з'єднаний з першим входом визначника середнього значення тривалості паузи між імпульсами, вихід цього визначника з'єднаний із входом другого селектора імпульсів, вихід якого з'єднаний із другим входом суматора тривалості імпульсів, визначника середнього значення тривалості імпульсу, суматора тривалості паузи між імпульсами, визначника середнього значення тривалості паузи між імпульсами (RU, № 2000109808 А, кл. В60М 1/00, опубл. 20.02.2002 р.).

Як правило, електрична ізоляція високовольтних апаратів являє собою багатошарову конструкцію на основі ізоляційного паперу, електротехнічного картону, поміщену в ізоляційне масло й просочене ім. Проходження звукового сигналу че-

(19) UA (11) 57316 (13) U

рез таке середовище супроводжується інтенсивним загасанням, багаторазовими відбиттями, що істотно знижує рівень реєстрованого сигналу. Крім того, сам високовольтний апарат, що перебуває під напругою й навантаженням, видає ультразвукові коливання, рівень яких істотно вище ультразвукових коливань від часткового розряду. Тому поява сигналів ЧР усередині такої конструкції під робочою напругою за допомогою ультразвукового сигналу не може бути надійно зареєстрована.

Відомий пристрій для контролю характеристик часткових розрядів, що містить випробувальний трансформатор, високовольтний конденсатор, послідовно з'єднані фільтр високих частот, вимірювальний кабель і реєструвальний прилад, при цьому однієї з обкладок конденсатора є струмоведуча жила об'єкта випробувань, паралельно якій розташована провідна пластина, що є другою обкладкою конденсатора й з'єднана із входом фільтра високих частот, виконаного у вигляді відрізка двопровідної лінії з розподіленими параметрами, при цьому ємність  $C_C$  високовольтного конденсатора й хвильовий опір  $R_{i,k}$  вимірювального кабелю, виконаного коаксialним, задовольняють співвідношенню  $C_C \cdot R_{i,k} < T_i$  де  $T_i$  - тривалість імпульсу часткового розряду, а реєструвальний прилад містить у собі послідовно з'єднані широко-смуговий інтегруючий підсилювач, компаратор, лічильник імпульсів і індикатор (RU, № 2019850 C1, кл. G01R 31/12, опубл. 15.09.1994 р.).

Відомий пристрій характеризується складною радіотехнічною конструкцією, що містить схеми посилення й обробки електричного сигналу ЧР. Це пов'язане з тим, що вимірювання сигналів ЧР здійснюється на тлі інтенсивних електромагнітних сигналів - перешкод, практично не відрізнених від малого вимірюваного сигналу ЧР, що через малу площу контакту зі струмоведучою жилою становить незначну частину потужності, індукованої в процесі ЧР, що знижує точність і надійність пристрою.

Найбільш близьким аналогом заявляємої корисної моделі є пристрій для вимірювання часткових розрядів, що включає електростатичний екран, з'єднаний із шиною високої напруги, усередині якого розташований датчик-приймач сигналів ЧР із кабелем, виконаний у вигляді котушки індуктивності, до потенційного виводу якої послідовно приєднані аналого-цифровий і оптичний перетворювачі, постачені загальним блоком живлення, розташовані усередині електростатичного екрана, а до виходу оптичного перетворювача приєднаний оптичний кабель, по якому дані надходять до вимірювального пристрою, при цьому датчик-приймач сигналів ЧР, обидва перетворювачі й загальний блок живлення мають єдине заземлення (RU, 2262765 C1, кл. H01N 9/50, G01R31/00, опубл. 20.10.2005 р.).

Відомий пристрій працює в такий спосіб.

Електростатичний екран з'єднують із високовольтним провідним елементом об'єкта контролю ЧР. При виникненні ЧР, імпульсний сигнал ЧР проходить через два етапи. На першому етапі виникле в ізоляторі імпульсне електричне поле ЧР ін-

дуціює у провідних елементах активної частини високовольтного апарата імпульсний сигнал ЧР, частина якого проходить через повітряний конденсатор, утворений електростатичним екраном і датчиком-приймачем сигналів ЧР у датчик-приймач сигналів ЧР, що представляє собою котушку індуктивності, і заземлення. Індуційована на датчику-приймачі сигналів ЧР напруга надходить на вхід аналого-цифрового перетворювача, у якому перетворюється в цифровий код і передається на вхід оптичного перетворювача. Оптичний перетворювач перетворює цифровий електричний сигнал в оптичний, котрий по оптичному кабелі надходить до вимірювального пристрою. Надходження сигналу на вхід датчиків після проходження двох етапів ускладнює шлях проходження сигналу ЧР, що приводить до деградації його величини й тимчасовим спотворюванням його форми.

Виконання датчика-приймача сигналів ЧР у вигляді котушки індуктивності вимагає окремого його виготовлення від активної частини високовольтного апарата, а їхня взаємодія досягається механічним стикуванням датчика-приймача сигналів ЧР електричного каналу з обстежуваним високовольтним апаратом звичайно через шар ізолятора в умовах відсутності гальванічного зв'язку між ними. І як наслідок, процес передачі сигналу ЧР із області виникнення ЧР в ізоляції високовольтного апарата за допомогою індукції в найближчі до цієї області елементи активної частини апарату з наступною індукцією з активної частини на вхід датчика-приймача сигналів ЧР виявляється двоступінчастим і супроводжується великими втратами сигналу ЧР. Контроль сигналів ЧР в ізоляції трифазних високовольтних апаратів на всіх трьох фазах відомим пристроєм вимагає використання не менш трьох датчиків сигналів ЧР електричних каналів, що значно ускладнює пристрій і знижує його надійність.

Датчики-приймачі сигналів ЧР діють у безпосередній близькості до області виникнення ЧР і активної частини високовольтного апарата, але через збільшення числа етапів проходження сигналу ЧР до вхідного елемента датчика ЧР електричних каналів їхня чутливість і надійність реєстрації ЧР знижується. Ускладнюється також через низький сигнал і високий рівень перешкод процес обробки й посилення сигналу ЧР. Таким чином, виникає технічне протиріччя, що полягає в тому, що найбільш зручні в експлуатації датчики ЧР електричних каналів мають неоптимальну конструкцію входу, що знижує їхню чутливість і ефективність реєстрації ЧР. У результаті для ефективної роботи систем контролю ЧР в ізоляції високовольтних апаратів необхідно застосовувати кілька датчиків ЧР. Системи контролю ЧР виявляються складними й потребують високої кваліфікації обслуговуючого персоналу. Все це суттєво збільшує витрати на обслуговування в умовах, зв'язаних зі старінням високовольтного встаткування.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення пристрою для безперервного контролю сигналів ЧР в ізоляції трифазних високовольтних апаратів в умовах експлуатації, у якому за рахунок зміни механізму передачі сигналів ЧР із

області виникнення до датчика-приймачу, забезпечується можливість передачі сигналів до датчика-приймачу з високим збереженням вихідних параметрів цих сигналів, що значно перевищують рівень перешкод, при спрощенні пристрою й підвищенні його надійності.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для безперервного контролю сигналів часткових розрядів (ЧР) в ізоляції трифазних високовольтних апаратів в умовах експлуатації, що складаються, щонайменше, з активної частини у вигляді системи провідних електрично зв'язаних між собою елементів, що перебувають під високою напругою й оточених шарами ізоляції, який містить схеми обробки й реєстрації сигналів ЧР і, щонайменше, один датчик-приймач сигналів ЧР, згідно корисної моделі як датчик-приймач сигналів ЧР використана активна частина трифазного високовольтного апарата, загальна точка якої утворена з використанням, щонайменше, одного низьковольтного вимірювального трансформатора, вторинні обмотки якого з'єднані за схемою розімкнутого трикутника.

На кресленні наведена блок-схема заявляемого пристрою для безперервного контролю сигналів часткових розрядів в ізоляції трифазних високовольтних апаратів в умовах експлуатації.

Пристрій містить трифазний високовольтний апарат у вигляді високовольтного силового трансформатора 1, наприклад трансформатора напруги. Електрично зв'язані високовольтні шини А, В, С і обмотки  $A_0$ ,  $B_0$ ,  $C_0$ , оточені шарами ізоляції, є активною частиною високовольтного силового трансформатора 1.

Загальна точка активної частини утворена із установлених високовольтних ємнісних дільників 2 на три фази електрично зв'язаної частини кола або наявних ємнісних дільників, наприклад, високовольтні увіди, вимірювальні трансформатори струму, конденсатори зв'язку й ін. ( $C_a$ ,  $C_b$ ,  $C_c$  - ємнісні дільники фаз А, В, С відповідно). До вимірювального заземлюемого вивіду ємнісних дільників 2 приєднаний низьковольтний вимірювальний трансформатор 3 струму або напруги з первинними обмотками 4 ( $T_a$ ,  $T_b$  і  $T_c$ ). Вторинні обмотки 5 низьковольтного вимірювального трансформатора з'єднані за схемою розімкнутого трикутника. У розрив цього трикутника для вимірювання сигналів ЧР включений реєстратор 6 ЧР - будь-який серійний пристрій для вимірювання напруги (наприклад, цифровий осцилограф, цифровий реєстратор N аварійних процесів і т.д.).

Пристрій працює в такий спосіб.

У локальній частині області виникнення сигналів часткових розрядів (ОЧР) в ізоляції, що оточує обмотку (активну частину) силового трансформатора 1, під дією високої напруги виникають сигнали ЧР у вигляді імпульсів струму. Ці імпульси струму індують імпульсні струми ЧР в обмотці силового трансформатора 1, які через ємнісні дільники 2 ( $C_a$ ,  $C_b$  і  $C_c$ ) надходять у первинні обмотки 4 ( $T_a$ ,  $T_b$  і  $T_c$ ) низьковольтного вимірювального

трансформатора 3, вторинні обмотки 5 якого з'єднані за схемою розімкнутого трикутника. Включений у розрив трикутника реєстратор 6 ЧР вимірює рівень цих сигналів ЧР на тлі шумів і перешкод. Виділення власних сигналів ЧР серед шумів і перешкод може здійснюватися стандартними методами.

Приклад.

Працездатність і ефективність пристрою, що заявляється, перевірена на підстанції 500кВ, де воно дозволило надійно виявити зародження дефекту ізоляції у вимірювальному трансформаторі напруги 500кВ на підставі реєстрації ЧР протягом 4-х місяців до розвитку ЧР у повний пробій ізоляції (аварію). Поява й розвиток дефекту зберігалася в пам'яті реєстратора на період одного року у вигляді осцилограм, що дозволяли зв'язати вид і характер дефекту з величиною й формою реєструемого сигналу ЧР. Початок процесу розвитку дефекту ізоляції спостерігався у вигляді появи на осцилограмі одиночних імпульсів сигналів ЧР на тлі перешкод (шуму), пов'язаного з появою дефекту. Через два тижні з'явилися постійні імпульсні сигнали ЧР при істотному зменшенні рівня шуму. Через 2 місяці виник сигнал ЧР, що періодично з'являвся із амплітудою в 10 разів більшої, ніж на початкових стадіях розвитку дефекту. Через 4 місяці після початку спостереження сигнал ЧР, що періодично з'являвся виріс ще в 10 разів. Високовольтний апарат у зв'язку з недосвідченістю обслуговуючого персоналу не був відключений, що привело до повного пробою. Витрати на відновлення ушкодженого встановлення при даній аварії склали високу суму, не вважаючи штрафів і компенсації недовідпустки електроенергії. У такий спосіб незапланований підсумок реалізації заявляемого пристрою довів ефективність і перспективність його застосування для безперервного контролю сигналів ЧР в умовах постійної експлуатації високовольтного встановлення за умови вживання своєчасних заходів по запобіганню аварій.

Використання пристрою, що заявляється, дозволяє здійснювати вимірювання сигналів ЧР в ізоляції високовольтного електричного апарата одночасно на трьох фазах в одній точці за допомогою одного каналу вимірювального пристрою без яких-небудь зовнішніх датчиків. Сигнали ЧР можуть вимірюватися в ізоляції системи електрично зв'язаних між собою високовольтних апаратів (тобто всіх електрично зв'язаних апаратів, підключених до системи шин А, В і С) одночасно на трьох фазах у загальній точці на один канал вимірювального пристрою без яких-небудь зовнішніх датчиків. Тим самим, може забезпечуватися постійний контроль ЧР цілої підстанції.

Пропонований пристрій характеризується високою надійністю й спрощеною конструкцією й забезпечує можливість передачі сигналів до датчика-приймачу з високим збереженням вихідних параметрів цих сигналів, що значно перевищують рівень перешкод.

