



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **42330** (13) **U**  
(51) МПК (2009)  
H02H 7/04МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ**ОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРІВ ВІД ВНУТРІШНІХ ЗАМИКАНЬ**

1

2

(21) u200901750

(22) 27.02.2009

(24) 25.06.2009

(46) 25.06.2009, Бюл.№ 12, 2009 р.

(72) ЗАГОРУЛЬКО ДМИТРО АНАТОЛІЙОВИЧ

(73) ЗАГОРУЛЬКО ДМИТРО АНАТОЛІЙОВИЧ

(57) Пристрій для релейного захисту трансформаторів від внутрішніх замикань, що містить індукційні датчики у вигляді плоских вимірювальних котушок, встановлених певним чином відносно фазних обмоток трансформатора, який **відрізняється** тим, що вимірювальні котушки виконані відповід-

ними висоті фазних обмоток трансформатора, встановлені із зовнішнього боку обмоток або в зазорі між первинною і вторинною обмотками і з'єднані між собою у розімкнутий трикутник, при цьому кожна вимірювальна котушка складається з двох секціонованих частин, одна з яких має дві переважно однакові секції, а друга - три секції, крайні з яких мають довжину, що становить переважно чверть довжини котушки, а стичні секції обох частин вимірювальної котушки мають зустрічні намотки.

Корисна модель стосується техніки релейного захисту електроустаткування електричних станцій і підстанцій і може бути використана в енергетичних системах і заводах трансформаторобудування.

Відомий пристрій для релейного захисту трансформаторів від внутрішніх замикань, що містить індукційні датчики у вигляді плоских вимірювальних котушок, встановлених між стрижнем магнітопроводу і фазними обмотками трансформатора (Заявка Японії №740170, МПК<sup>1</sup> H02H 7/04, оп. 20.08.74).

Оскільки у відомому пристрої величину потоку розсіювання вимірюють у двох і більше точках, розташованих симетрично відносно середньої точки обмотки трансформатора, то недоліком цього пристрою є наявність "мертвої зони" у середній частині обмоток трансформатора, тобто пристрій не може бути чутливим до внутрішніх коротких замикань (КЗ) в обмотках трансформатора, якщо короткозамкнені витки з'являються поблизу середньої точки обмотки.

Найбільш близьким аналогом пристрою, що заявляється, вибраним за прототип, є пристрій для релейного захисту трансформаторів від внутрішніх замикань, що містить вимірювальну обмотку, яка не охоплює магнітопровід і розміщена між стрижнем магнітопроводу і фазними обмотками, наприклад, на внутрішній поверхні ізоляційного циліндра (бар'єра). Вимірювальна обмотка складається із плоских вимірювальних котушок, з'єднаних у дві групи. Кожна група структурно відстро-

єна від потоків розсіювання неущоженного трансформатора. Обидві групи зміщені одна від одної в аксіальному напрямку, причому вимірювальні котушки кожної групи розташовані несиметрично щодо середньої частини фазних обмоток трансформатора (А.с. СРСР, №1029307, МПК<sup>3</sup> H02H 7/04, оп. 15.07.83). Спільними суттєвими ознаками відомого пристрою і пристрою, що заявляється, є індукційні датчики у вигляді плоских вимірювальних котушок, встановлених певним чином щодо фазних обмоток трансформатора.

Основним недоліком відомого пристрою є те, що нанесення вимірювальної обмотки можливо тільки на етапі збирання трансформатора, що також виключає можливість коректування положення обмоток. Необхідність у такому коректуванні може виникнути на будь-якому етапі експлуатації трансформатора, у тому числі після ліквідації аварійного режиму й, як наслідок, зміни радіальної складової індукції з причин зміни магнітних властивостей сталі сердечника трансформатора. Крім того, відомий пристрій не забезпечує достатньої чутливості релейного захисту внаслідок невеликого збільшення сигналу, а також не усуває "мертву зону" у середній частині обмоток трансформатора навіть при будь-якому несиметричному розташуванні котушок.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення пристрою для релейного захисту трансформаторів від внутрішніх замикань, в якій шляхом зміни розташування вимірювальних котушок щодо фазних обмоток, їх структури і їх з'єд-

(13) **U**  
(11) **42330**  
(19) **UA**

нання забезпечується практично нульовий рівень сигналу напруги в симетричному режимі і різке стрибкоподібне у десятки разів збільшення сигналу при короткому замиканні. В результаті досягається підвищення чутливості релейного захисту, усування "мертвої зони" у середній частині обмоток трансформатора і при цьому легке встановлення вимірювальних котушок в процесі ремонту або модернізації трансформатора.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для релейного захисту трансформаторів від внутрішніх замикань, що містить індукційні датчики у вигляді плоских вимірювальних котушок, встановлених певним чином щодо фазних обмоток трансформатора, відповідно до корисної моделі вимірювальні котушки виконані відповідними висоті фазних обмоток трансформатора, встановлені із зовнішнього боку обмоток або в зазорі між первинною і вторинною обмотками і з'єднані між собою у розімкнутий трикутник, при цьому кожна вимірювальна котушка складається з двох секціонованих частин, одна з яких має дві переважно однакові секції, а друга - три секції, крайні з яких мають довжину, що становить переважно чверть довжини котушки, а стичні секції обох частин вимірювальної котушки мають зустрічні намотки.

Між сукупністю суттєвих ознак корисної моделі, що заявляється, і технічним результатом, що досягається, існує наступний причинно-наслідковий зв'язок.

Зміна розташування вимірювальних котушок щодо фазних обмоток, їх структури і їх з'єднання, а саме:

- виконання вимірювальних котушок відповідними висоті фазних обмоток трансформатора;
- встановлення вимірювальних котушок із зовнішнього боку обмоток або в зазорі між первинною і вторинною обмотками;
- з'єднання вимірювальних котушок у розімкнутий трикутник;
- складання кожної вимірювальної котушки з двох секціонованих частин, одна з яких має дві переважно однакові секції, а друга - три секції, крайні з яких мають довжину, що становить переважно чверть довжини котушки, а стичні секції обох частин вимірювальної котушки мають зустрічні намотки;

у сукупності з відомими ознаками корисної моделі, що заявляється, забезпечує у контурі трикутника при будь-якому розміщенні вимірювальних котушок відносно відповідних фазних обмоток близьку до нуля сумарну електрорушійну силу (ЕРС). При збільшенні або зменшенні струмів в обмотках трансформатора ця ЕРС виявляється скомпенсованою, що спричиняє структурну відстройку чутливого елемента (що включає три котушки за схемою розімкнутого трикутника) від навантажувальних струмів.

При міжвиткових замиканнях, незалежно від місця КЗ і від обмотки (первинна або вторинна), у якій відбулося КЗ, у зоні короткого замикання утворюється різке збільшення магнітного поля розсіювання, яке створює потокозчеплення й наводить некомпенсовану ЕРС у тій вимірювальній

котушці, яка належить до uszkodженої фази. У результаті на виході трикутника з'являється сигнал напруги, у багато разів переважаючий сигнал небалансу (сигнал при симетричному режимі й не-ушкоджених фазах). Поява сигналу відбувається незалежно від фази, у якій відбулося КЗ і від обмотки - первинної або вторинної. Таким чином підвищується чутливість релейного захисту, усуваються "мертві зони" у середній частині обмоток трансформатора при легкому встановленні вимірювальних котушок в процесі ремонту або модернізації трансформатора.

Сутність запропонованої корисної моделі пояснюється кресленнями, де на Фіг.1 зображена схема захисту трансформатора від внутрішніх КЗ, на Фіг.2 - схема чутливого елемента - індукційного датчика, на Фіг.3 - структура вимірювальної котушки, на Фіг.4 - електрична схема фазного ланцюга індукційного датчика.

Пристрій для релейного захисту трансформаторів від внутрішніх замикань містить трансреактори TAV I - TAV III, включені відповідно в кожен фазу обмотки високої напруги трансформатора (Фіг.1).

Як чутливі елементи (Фіг.2) використані спеціальні подовжені вимірювальні котушки 1, що відповідають висоті фазних обмоток 2, 3 трансформатора. Вимірювальні котушки 1 встановлюють або із зовнішнього боку фазних обмоток 3 або у зазор "d" між первинною обмоткою 2 і вторинною обмоткою 3 фази. Вимірювальні котушки 1 трьох фаз з'єднані в розімкнутий трикутник (Фіг.1).

Кожна вимірювальна котушка 1 (Фіг.3) складається з двох однакових секціонованих частин. Одна частина розділена навпіл на дві секції, а друга має три секції, крайні з яких мають довжину, що становить чверть довжини котушки 1, а стичні секції обох частин вимірювальної котушки мають зустрічні намотки.

Пристрій працює таким чином.

При розташуванні вимірювальної котушки 1 із зовнішнього боку фазних обмоток 3, в ній буде індуктуватися ЕРС  $e_i$ , що наводиться різницею полів розсіювання первинного  $I_1$  і вторинного  $I_2$  струмів. Якщо ж встановити вимірювальну котушку 1 в зазор "d" між обмотками 2. 3 фази, то ЕРС  $e_i$  буде визначатися сумою полів розсіювання первинної обмотки 2 і вторинної обмотки 3 трансформатора. При будь-якому розміщенні котушок 1 щодо відповідних фазних обмоток 2, 3, якщо котушки 1 з'єднати в розімкнутий трикутник, сумарна ЕРС у контурі трикутника буде близька до нуля. При збільшенні або зменшенні струмів в обмотках 2, 3 трансформатора ця ЕРС виявляється скомпенсованою, що дозволяє говорити про структурну відстройку чутливого елемента, який включає три котушки 1 за схемою розімкнутого трикутника, від навантажувальних струмів. Таке включення запобігає появі помилкового сигналу  $\Delta U_{нб}$  у випадку, коли через трансформатор протікає робочий струм, у тому числі й у випадку несиметричного навантаження.

При міжвиткових замиканнях, незалежно від місця КЗ і від обмотки (первинна або вторинна), у якій відбулося КЗ, у зоні короткого замикання

утворюється різке збільшення магнітного поля розсіювання. Це поле розсіювання створює поточкозчеплення й наводить некомпенсовану ЕРС у тій вимірювальній котушці 1, яка належить до ушкодженої фази. У результаті на виході трикутника з'являється сигнал напруги  $\Delta U_{3M}$  (або  $\Delta U_{HK}$ ), у багато разів переважаючий сигнал небалансу (сигнал при симетричному режимі й неушкоджених фазах). Поява сигналу відбувається незалежно від фази, у якій відбулося КЗ і від обмотки - первинної або вторинної. Для вирівнювання чутливості до замикань у первинній або вторинній обмотках вимірювальні котушки 1 бажано розташовувати в зоні "d".

Чутливі індукційні датчики реагують не на нормальну (перпендикулярну зовнішній поверхні стрижнів магнітопроводу 4), а на поздовжню (уздовж стрижня) складову магнітних полів розсіювання обмоток трансформатора. Це дозволяє "включитися" у роботу тій частині витків (аксіальної поздовжньої, розташованої уздовж осі обмоток), яка опиняється в зоні КЗ незалежно від місця КЗ по висоті обмотки. При розташуванні індукційної котушки між обмотками чутливість до КЗ буде рівною по відношенню як до первинного, так і вторинного боку трансформатора. Через те, що ЕРС витка приблизно однакова як для первинної, так і для вторинної обмоток, то при замиканні, наприклад, через дугу, струми КЗ у витку будуть визначатися опором дуги й, отже, теж будуть приблизно однакові. Таким чином, чутливість датчика до КЗ виявляється приблизно рівною для замикань в обмотках нижчої й вищої напруг трансформатора.

Подальше вдосконалення схеми індукційного датчика КЗ полягає у відстройці від можливих неаварійних несиметричних режимів й зовнішніх коротких замикань, при яких у фазних обмотках 2, 3 будуть протікати істотно різні за величиною струми й, отже, на виході датчика з'явиться  $\Delta U_{3M} \neq 0$  за відсутності внутрішнього короткого замикання. Для

відстройки необхідно передбачити у фазних котушках 2, 3 вимірювального органа послідовне включення трансреакторів, що формують сигнал напруги пропорційний току фази трансформатора. Електрична схема такого фазного ланцюга датчика представлена на Фіг.4.

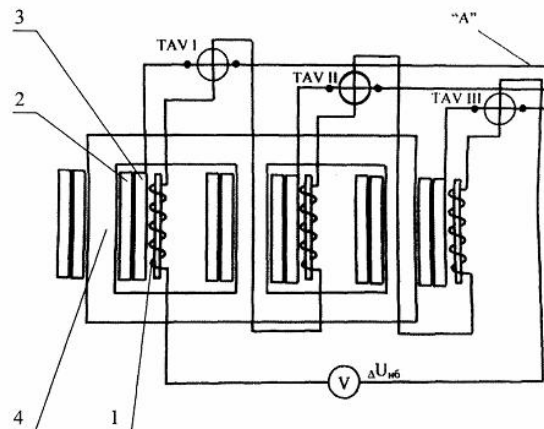
При відповідному настроюванні трансреактора маємо:  $e_{ci} + e_{lav} = 0$ . Це можливо у зв'язку з лінійною залежністю ЕРС  $e_{ci}$  й  $e_{lav}$  від струму фазних обмо-

ток  $I_a$ . Тут  $I_a = |I_1 + I_2|$  при розташуванні котушок 1

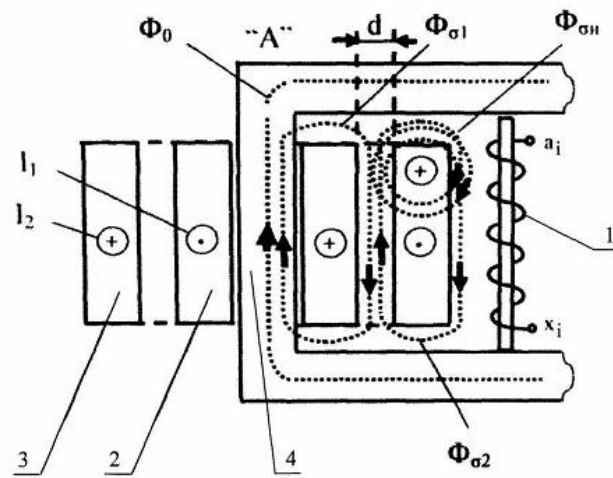
між обмотками 2, 3, або  $I_a = |I_1 + I_2|$ , якщо котушки 1 встановлені із зовнішнього боку обмоток 2, 3. При короткому замиканні розмикається ключ К і в ланцюгу фази а-х вимірювальної котушки 1 з'являється некомпенсована ЕРС  $e_{BK}$ . Таким чином, будь-яка несиметрична по фазах зміна струму в обмотках трансформатора, внаслідок внутрішньої компенсації ЕРС  $e_{ci}$  й  $e_{lav}$ , не приведе до порушення балансу ЕРС у трикутнику вимірювальних котушок фаз.

Вимірювальна котушка фази може бути виконана з перетином у вигляді витягнутого прямокутника, що дозволяє її легко розміщати й розкріплювати в зоні обмоток фази, а також, регулюючи положення стосовно обмоток - балансувати до нуля сумарну ЕРС у контурі розімкнутого трикутника для одержання в симетричному режимі  $\Delta U_{3M} \approx 0$ . Додаткове балансування по фазах можна також робити за допомогою трансреакторів.

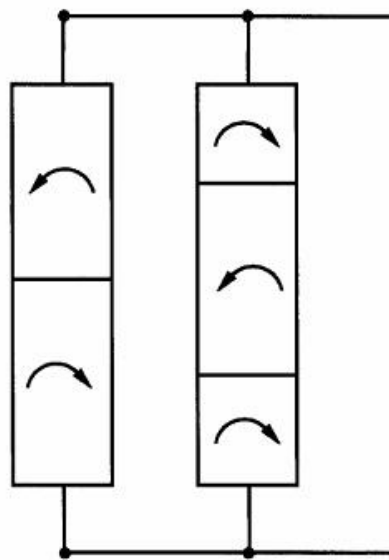
Таким чином пристрій забезпечує високу чутливість релейного захисту, настроюється і реагує одночасно для всіх фазних обмоток трансформатора, усуває "мертві зони" у середній частині обмоток трансформатора, достатньо легко може бути встановлений у процесі ремонту або модернізації трансформатора.



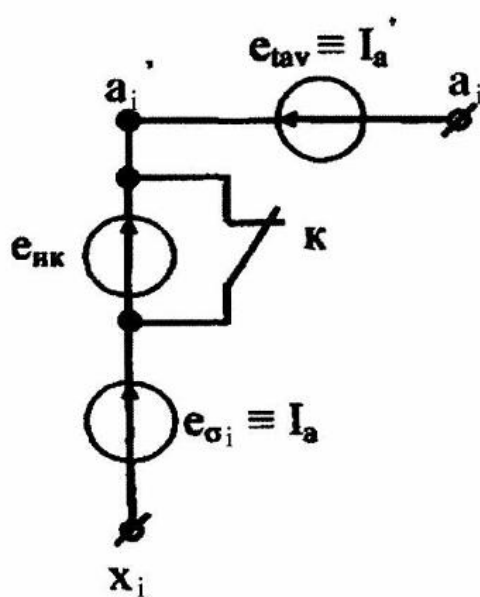
Фіг. 1



Фир. 2



Фир. 3



Фіг. 4