



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18850 (13) U
(51) МПК (2006)
G01R 27/16

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ПРОФІЛАКТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЇ ТРИФАЗНИХ МЕРЕЖ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ ТРАНСФОРМАТОРА

1

2

(21) u200606510

(22) 13.06.2006

(24) 15.11.2006

(46) 15.11.2006, Бюл. № 11, 2006 р.

(72) Шурін Едуард Соломонович, Муфель Лев Абрамович

(73) ДЕРЖАВНИЙ МАКІЇВСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ З БЕЗПЕКИ РОБІТ У ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

(57) Спосіб профілактичного контролю ізоляції трифазних мереж з ізольованою нейтраллю трансформатора, що включає введення між струмоведучими частинами і землею джерела змінного струму, який **відрізняється** тим, що вводять ще і джерело постійного струму, потім вимірюють період напруги джерела змінного струму і миттєві значення як електрорушійної сили цього джерела в довільний момент часу і через чверть періоду, так і комбінованого струму у колі зазначених джерел у довільний момент часу, через чверть періоду, дві чверті періоду і три чверті періоду, після чого опір ізоляції наскрізному струму, активну складову її опору, а також ємність струмоведучих частин відносно землі визначають за формулами:

$$R_{\text{наскр.}} = \frac{E_-}{I_-} - R_E,$$

$$R_{\text{іакт}} = \frac{E_{-A}^2 + R_{E-A}^2 I_{-A}^2 - 2R_{E-} (I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)})}{(I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)}) - R_{E-} I_{-A}^2},$$

$$C_i = \frac{10(I_{-t} E_{-(t+T/4)} - I_{-(t+T/4)} E_{-t})}{\pi(E_{-A}^2 + R_{E-A}^2 I_{-A}^2 - 2R_{E-} (I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)}))},$$

де

$$I_- = 0,5(I_t + I_{t+T/2}),$$

$$E_{-A}^2 = E_{-t}^2 + E_{-(t+T/4)}^2,$$

$$I_{-A}^2 = I_{-t}^2 + I_{-(t+T/4)}^2,$$

$$I_{-t} = 0,5(I_t - I_{t+T/2}),$$

$$I_{-(t+T/4)} = 0,5(I_{t+T/4} - I_{t+3T/4}),$$

$R_{\text{наскр.}}$ - опір ізоляції наскрізному струму;

E_- - електрорушійна сила джерела постійного струму;

I_- - постійна складова комбінованого струму в колі джерел струму;

R_{E-} - опір кола джерел струму постійному струму;

$R_{\text{іакт}}$ - активна складова опору ізоляції;

E_{-A} - амплітуда електрорушійної сили джерела змінного струму;

R_{E-} - опір кола джерел струму змінному струму;

I_{-A} - модуль вектора амплітуди змінної складової комбінованого струму в колі джерел струму;

I_{-t} і E_{-t} - миттєві значення змінної складової комбінованого струму в колі джерел струму і електрорушійної сили джерела змінного струму в момент часу t ;

T - період зміни напруги;

C_i - ємність струмоведучих частин щодо землі;

I_t - миттєве значення комбінованого струму в колі джерел струму в момент часу t .

Запропоноване технічне рішення належить до електротехніки, переважно до способів контролю параметрів ізоляції струмоведучих частин відносно землі в електричних мережах трифазного змінного струму з ізольованою нейтраллю трансформатора. Запропонований спосіб призначений для використання, в основному, в шахтах.

Профілактичний (попереджувальний) контроль

здійснюють, вимірюючи опір ізоляції струмоведучих частин знеструмленої ділянки мережі або відгалуження відносно землі. Цей спосіб звичайно реалізують за допомогою мегомметра. При цьому попередньо здійснюють часткове розбирання мережі. Такий же контроль без розбирання мережі роблять блокувальні реле витоку (БРВ).

Існує спосіб профілактичного контролю ізоля-

(13) U

(11) 18850

(19) UA

ції, заснований на тому, що між струмоведучими частинами і землею вводять стабілізоване джерело постійного струму, а про стан ізоляції судять по струму в обмотці реле, включеної послідовно з об'єктом контролю [див. Риман Я.С. Защита подземных электрических установок угольных шахт. М., Недра, 1977, с.185].

Основним недоліком цього способу є те, що постійним струмом контролюють опір ізоляції наскрізному струму (постійному в сталому режимі), який більше активної складової опору змінному струму, тобто робочому струму електроустановки, що призводить до недозахисту.

Відомий ще спосіб виміру повного опору ізоляції, заснований на тому, що між струмоведучими частинами і землею вводять джерело змінного струму частотою 25Гц і вимірюють відношення модуля напруги на проміжку між струмоведучими частинами і землею до модуля струму в цьому ж проміжку [див. Колосюк В.П., Шурин Э.С., Чупика А.Н. Безопасная эксплуатация шахтных электроустановок. Киев, "Техніка" 1980, с.84 і авт. свід. №382975 колиши. СРСР, G1R 27/18, опубл. 23.05.1973, бюл. №23].

Недоліком відомого способу, визначеного за найближчий аналог, є обмеженість його функціональних можливостей.

У основу корисної моделі поставлено завдання зі створення способу профілактичного контролю ізоляції трифазних мереж з ізолюваною нейтраллю трансформатора, у якому зміна умов вимірів і способу обробки результатів забезпечують можливість підвищення вірогідності вимірів і розширення функціональних можливостей.

Поставлене завдання розв'язується за рахунок того, що у способі профілактичного контролю ізоляції трифазних мереж з ізолюваною нейтраллю трансформатора, заснованому на тому, що між струмоведучими частинами і землею вводять джерело змінного струму, відповідно з корисною моделлю, вводять ще і джерело постійного струму, потім вимірюють період напруги джерела змінного струму і миттєві значення як електрорушійної сили цього джерела в довільний момент часу і через чверть періоду, так і комбінованого струму у колі зазначених джерел у довільний момент часу, через чверть періоду, дві чверті періоду і три чверті періоду, після чого опір ізоляції наскрізному струму, активну складову її опору, а також ємність струмоведучих частин відносно землі визначають за формулою:

$$R_{\text{ИСКВ}} = \frac{E_-}{I_-} - R_{E_-},$$

$$R_{\text{Иакт}} = \frac{E_{-A}^2 + R_{E_-}^2 I_{-A}^2 - 2R_{E_-} (I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)})}{(I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)}) - R_{E_-} I_{-A}^2},$$

$$C_{\text{и}} = \frac{10(I_{-t} E_{-(t+T/4)} - I_{-(t+T/4)} E_{-t})}{\pi(E_{-A}^2 + R_{E_-}^2 I_{-A}^2 - 2R_{E_-} (I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)}))},$$

де

$$I_- = 0,5(I_t + I_{t+T/2}),$$

$$E_{-A}^2 = E_{-t}^2 + E_{-(t+T/4)}^2,$$

$$I_{-A}^2 = I_{-t}^2 + I_{-(t+T/4)}^2,$$

$$I_{-t} = 0,5(I_t - I_{t+T/2}),$$

$$I_{-(t+T/4)} = 0,5(I_{t+T/4} - I_{t+3T/4}),$$

$R_{\text{ИСКВ}}$ - опір ізоляції наскрізному струму;

E_- - електрорушійна сила джерела постійного струму;

I_- - постійна складова комбінованого струму в колі джерел струму;

R_{E_-} - опір кола джерел струму постійному струму;

$R_{\text{Иакт}}$ - активна складова опору ізоляції;

E_{-A} - амплітуда електрорушійної сили джерела змінного струму;

R_{E_-} - опір кола джерел струму змінному струму;

I_{-A} - модуль вектора амплітуди змінної складової комбінованого струму в колі джерел струму;

I_{-t} і E_{-t} - миттєві значення змінної складової комбінованого струму в колі джерел струму і електрорушійної сили джерела змінного струму в момент часу t ;

T - період зміни напруги;

$C_{\text{и}}$ - ємність струмоведучих частин щодо землі;

I_t - миттєве значення комбінованого струму в колі джерел струму в момент часу t .

Для здійснення запропонованого способу попередньо вводять між струмоведучими частинами і землею джерела змінного і постійного струмів. Після цього вимірюють період зміни напруги джерела змінного струму і миттєві значення як електрорушійної сили такого джерела в довільний момент часу і через чверть періоду, так і комбінованого струму (струму, що є сумою синусоїдального і постійного струмів) у колі зазначених джерел у довільний момент часу, через чверть періоду, половину періоду і три чверті періоду. Використовуючи результати вимірів, обчислюють активну складову опору ізоляції, а також її опір наскрізному струму і ємність струмоведучих частин відносно землі по формулах:

$$R_{\text{ИСКВ}} = \frac{E_-}{I_-} - R_{E_-},$$

$$R_{\text{Иакт}} = \frac{E_{-A}^2 + R_{E_-}^2 I_{-A}^2 - 2R_{E_-} (I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)})}{(I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)}) - R_{E_-} I_{-A}^2},$$

$$C_{\text{и}} = \frac{10(I_{-t} E_{-(t+T/4)} - I_{-(t+T/4)} E_{-t})}{\pi(E_{-A}^2 + R_{E_-}^2 I_{-A}^2 - 2R_{E_-} (I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)}))},$$

де

$$I_- = 0,5(I_t + I_{t+T/2}),$$

$$E_{-A}^2 = E_{-t}^2 + E_{-(t+T/4)}^2,$$

$$I_{-A}^2 = I_{-t}^2 + I_{-(t+T/4)}^2,$$

$$I_{-t} = 0,5(I_t - I_{t+T/2}),$$

$$I_{-(t+T/4)} = 0,5(I_{t+T/4} - I_{t+3T/4}),$$

$R_{\text{ИСКВ}}$ - опір ізоляції наскрізному струму;

E_- - електрорушійна сила джерела постійного струму;

I_- - постійна складова комбінованого струму в колі джерел струму;

R_{E_-} - опір кола джерел струму постійному струму;

$R_{\text{И акт}}$ - активна складова опору ізоляції;
 E_{-A} - амплітуда електрорушійної сили джерела змінного струму;

R_{E-} - опір кола джерел струму змінному струму;

I_{-A} - модуль вектора амплітуди змінної складової комбінованого струму в колі джерел струму;

I_{-t} і E_{-t} - миттєві значення змінної складової комбінованого струму в колі джерел струму і електрорушійної сили джерела змінного струму в момент часу t ;

T - період зміни напруги;

$C_{\text{И}}$ - ємність струмоведучих частин відносно землі;

I_t - миттєве значення комбінованого струму в колі джерел струму в момент часу t .

На фігурі наведено спрощену схему моделі, створеної в Electronics Workbench, яка пояснює здійснення запропонованого способу.

На схемі показані: контакти 1, 2 і 3 комутаційного апарату, які відокремлюють контрольоване відгалуження від іншої частини мережі; блок-контакт 4 комутаційного апарату, котрий приєднує вимірювальний пристрій (блокувальне реле витоку) до контрольованого відгалуження; індуктивності 5, 6 і 7, які імітують двигун; джерело 8 змінного струму (трансформатор); трансформатор 9, випрямляч 10, резистор 11 і конденсатор 12, які утворюють джерело постійного струму; еталонне джерело 13 (трансформатор); земля 14; резистор 15 (потенціометр), з якого знімається напруга, пропорційна струму в колі джерел струму; тригер 16; 8-розрядний пристрій 17 для запису даних; резистори 18, 19 і 20, моделюючи активну складову опору ізоляції струмоведучих частин відносно землі; конденсатори 21, 22 і 23, які моделюють ємнісну складову провідності зі струмоведучих частин на землю; опір витоку 24; ємності 25, 26 і 27, індуктивність 28 і тумблер 29, які утворюють модель компенсатора.

З приведеної схеми видно, що в даному конкретному випадку опір R_{E-} кола джерел струму постійному струму дорівнює сумі опорів резисторів 11 і 15, а оскільки опором конденсатора 12 можна зневажити, опір R_{E-} кола джерел струму змінному струму дорівнює опорів резистора 15.

Виміри здійснюються так.

Контактами 1, 2 і 3 від'єднують відгалуження від іншої мережі, а контактом 4 вводять між струмоведучими частинами і землею вимірювальний пристрій.

Оскільки трансформатори 8, 9 і 13 приєднані до фаз мережі до контактів 1, 2 і 3 між струмоведучими частинами і землею буде прикладена комбінована напруга, обумовлена джерелами постійного і змінного струмів. Величина, пропорційна струму в ланцюзі зазначених джерел, надходить з резистора 15 на 8-розрядний пристрій 17 для запису даних. На цей же пристрій з еталонного джерела 13 надходить сигнал, рівний його електрорушійній силі. Крім того, з цього джерела сигнал надходить і на тригер 16, і далі, у вигляді прямокутних імпульсів, - на пристрій 17. Імпульси напруги, що надходять з тригера 16 на пристрій 17, дозволяють вимірити період напруги джерела 13, а сиг-

нали, що надходять на цей пристрій із джерела 13 і з резистора 15 - миттєві значення електрорушійної сили еталонного джерела і струму в ланцюзі джерел постійного і змінного струмів. Крім того, пристрій 17 фіксує моменти часу, коли здійснюються виміри.

Таким чином, результатом роботи пристрою 17 є масив із миттєвих значень напруг, що надходять на його входи, і моментів часу, коли вироблялися виміри цих напруг.

Для того, щоб визначити період T зміни змінної напруги, вимірюють інтервал часу між найближчими однойменними фронтами імпульсів і поділяють його на 2.

При використанні компаратора замість тригера ширина імпульсів буде вдвічі менша і необхідність у розподілі на 2 відпадає, інше залишається без змін.

Перехід від миттєвих значень напруг, що надходять на входи пристрою 17, до шуканих величин здійснюють так.

З масиву із миттєвих значень напруг і моментів часу, коли вимірювали ці напруги, отриманого в результаті роботи пристрою 17, здійснюють вибірку так, що кожному миттєвому значенню відповідає інше, зсунуте по фазі на 90° (чверть періоду). Потім, оскільки пристрій, як це видно зі схеми, виконано так, що фази електрорушійних сил джерела змінного струму 8 і еталонного джерела 13 збігаються, а електрорушійні сили усіх трьох джерел пропорційні одна одній, використовують наступні співвідношення:

$$E_{-} = K_{-} \sqrt{E_{-Et}^2 + E_{-E(t+T/4)}^2},$$

$$E_{-t} = K_{-} E_{-Et},$$

$$E_{-(t+T/4)} = K_{-} E_{-E(t+T/4)},$$

$$E_{-A}^2 = K_{-}^2 (E_{-Et}^2 + E_{-E(t+T/4)}^2),$$

де

E_{-} - електрорушійна сила джерела постійного струму;

K_{-} і K_{-} - коефіцієнти пропорційності між електрорушійними силами джерел постійного і змінного струмів і електрорушійною силою еталонного джерела;

E_{-t} і E_{-Et} - значення електрорушійної сили джерела змінного струму і еталонного джерела в момент часу t ,

T - період зміни напруги;

E_{-A} - амплітуда електрорушійної сили джерела змінного струму. Після чого шукані величини знаходять за формулами:

$$R_{\text{И скв}} = \frac{E_{-}}{I_{-}} - R_{E-},$$

$$R_{\text{И акт}} = \frac{E_{-A}^2 + R_{E-}^2 I_{-A}^2 - 2R_{E-} (I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)})}{(I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)}) - R_{E-} I_{-A}^2},$$

$$C_{\text{И}} = \frac{10(I_{-t} E_{-t(t+T/4)} - I_{-(t+T/4)} E_{-t})}{\pi(E_{-A}^2 + R_{E-}^2 I_{-A}^2 - 2R_{E-} (I_{-t} E_{-t} + I_{-(t+T/4)} E_{-(t+T/4)}))},$$

де

$$I_{-} = 0,5(I_t + I_{t+T/2}),$$

$$E_{-A}^2 = E_{-t}^2 + E_{-(t+T/4)}^2,$$

$$I_{-A}^2 = I_{-t}^2 + I_{-(t+T/4)}^2,$$

$$I_{-t} = 0,5(I_t - I_{t+T/2}),$$

$$I_{-(t+T/4)} = 0,5(I_{t+T/4} - I_{t+3T/4}),$$

$R_{и\text{скв}}$ - опір ізоляції наскрізному струму;

E_{-} - електрорушійна сила джерела постійного струму;

I_{-} - постійна складова комбінованого струму в колі джерел струму;

R_{E-} - опір кола джерел струму постійному струму;

$R_{и\text{акт}}$ - активна складова опору ізоляції;

E_{-A} - амплітуда електрорушійної сили джерела змінного струму;

R_{E-} - опір кола джерел струму змінному струму;

I_{-A} - модуль вектора амплітуди змінної складової комбінованого струму в колі джерел струму;

I_{-t} і E_{-t} - миттєві значення змінної складової комбінованого струму в колі джерел струму і електрорушійної сили джерела змінного струму в момент часу t ;

T - період зміни напруги;

$C_{и}$ - ємність струмоведучих частин відносно землі;

I_t - миттєве значення комбінованого струму в колі джерел струму в момент часу t .

При використанні стабілізованого джерела постійного струму необхідності у визначенні його електрорушійної сили за наведеною формулою немає.

Якщо контакт тумблера 29 замкнуто, то знаходять опір ізоляції наскрізному струму і ступінь перекомпенсації-недокомпенсації.

За результатами виміру опору ізоляції наскрізному струму з'ясовують, чи необхідно блокувати комутаційний апарат, а результат виміру ступеня перекомпенсації-недокомпенсації показує, як потрібно відрегулювати індуктивність 28, щоб зазначена величина була можливо ближче до нуля.

При цьому компенсатор (конденсатори 25, 26 і 27 і регульована індуктивність 28) і ємність струмоведучих частин відносно землі (конденсатори 21, 22 і 23) утворюють коливальний контур, що приводить до зменшення струму витоку в опір 24. Зазначений струм виникає в момент вимкнення комутаційного апарата внаслідок впливу зворотної електрорушійної сили вимкненого електродвигуна (індуктивності 5, 6 і 7), який обертається по інерції.

Якщо ж контакт тумблера 29 розімкнуто, то крім опору ізоляції наскрізному струму, вимірюють ще й активну складову її опору і ємність струмоведучих частин відносно землі.

Корисна модель може бути використана при наукових дослідженнях, а також при розробці приладів і апаратів профілактичного (попереджувального) контролю.

Вона дозволить при обстеженні електроустановок збільшити обсяг і достовірність одержуваної інформації, а при їхній експлуатації зменшити імовірність поразки електричним струмом обслуговуючого персоналу і підвищити ефективність його праці (збільшити вірогідність контролю стану ізоляції і зменшити час пошуку її пошкоджень).

