



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18851 (13) U
(51) МПК (2006)
G01R 27/16МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

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

1

2

(21) u200606512

(22) 13.06.2006

(24) 15.11.2006

(46) 15.11.2006, Бюл. № 11, 2006 р.

(72) Шурін Едуард Соломонович, Муфель Лев Аб-
рамович(73) ДЕРЖАВНИЙ МАКІЇВСЬКИЙ НАУКОВО-
ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ З БЕЗПЕКИ РОБІТ У ГІР-
НИЧІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

(57) Спосіб попереджувального контролю ізоляції трифазних мереж з ізольованою нейтраллю трансформатора, що включає введення між струмоведучими частинами і землею джерела змінного струму, який відрізняється тим, що вводять 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 комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі в довільний момент часу, через чверть періоду, половину 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:

$$R_{\text{інаскр.}} = \frac{R_E R_V U_-}{R_V E_- - \sqrt{E_- + R_V} \sqrt{U_-}},$$

$$R_{\text{іакт}} = \frac{R_E R_V U_{-A}^2}{R_V \sqrt{E_{-t} E_{-t+T/4}} - \sqrt{E_{-t+T/4} E_{-t}} \sqrt{E_{-t} + R_V} \sqrt{U_{-A}^2}},$$

$$C_i = - \frac{10 \sqrt{E_{-t} E_{-(t+T/4)}} - U_{-(t+T/4)} E_{-t}}{\pi R_E U_{-A}^2},$$

де

$$U_- = 0.5(U_t + U_{t+T/2}),$$

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

$$U_{-t} = 0.5(U_t - U_{t+T/2}),$$

$$U_{-(t+T/4)} = 0.5(U_{t+T/4} - U_{t+3T/4}),$$

 $R_{\text{інаскр.}}$ - опір ізоляції наскрізному струму; R_{E_-} - опір кола джерел струму постійному струму; R_V - опір вимірювального кола (кола вольтметра), увімкненого паралельно об'єктові контролю; U_- - постійна складова комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі; E_- - електрорушійна сила джерела постійного струму; $R_{\text{іакт}}$ - активна складова опору ізоляції; R_{E_-} - опір кола джерел струму змінному струму; U_{-A} - амплітуда змінної складової комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі; U_{-t} і E_{-t} - миттєві значення змінної складової комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі і електрорушійної сили джерела змінного струму у момент часу t ; T - період зміни напруги; C_i - ємність струмоведучих частин відносно землі; U_t - миттєве значення комбінованої напруги ємність струмоведучих частин відносно землі; струмоведучих частин відносно землі у момент часу t .

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

Попереджувальний (профілактичний) 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 здійснюють блокувальні реле витоку (БРВ).

Відомий спосіб попереджувального контролю

(13) U
(11) 18851
(19) UA

ізоляції, 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. Ріман Я.С. Защита подземных электрических установок угольных шахт. М., Недра, 1977, с. 185].

Основним недоліком цього способу є те, що постійним струмом контролюється опір наскрізного струму (постійному струму в сталому режимі), який більше складової опору перемінному струму, тобто робочому струму електроустановки, що призводить до недозахисту.

Відомий спосіб вимірювання повного опору ізоляції, заснований на тому, що між струмоведучими частинами і землею вводять джерело перемінного 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 колишн. СРСР, G01R 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 попереджувального 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 в способі попереджувального контролю ізоляції трифазних мереж з ізолюваною нейтраллю трансформатора, заснованому на тому, що між струмоведучими частинами і землею вводять джерело перемінного струму, відповідно до корисної моделі, вводять джерело постійного струму, потім вимірюють період напруги джерела перемінного струму і миттєві значення як електрорушійної сили цього джерела в довільний момент часу і через чверть періоду, так і комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі в довільний момент часу, через чверть періоду, половину періоду і три чверті періоду, після чого опір ізоляції наскрізному струму, активну складову її опору, а також ємність струмоведучих частин відносно землі знаходять по формулах:

$$R_{\text{ИСКВ}} = \frac{R_E R_V U_-}{R_V E_- - \overline{E_-} + R_V \overline{U_-}},$$

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

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

де

$$U_- = 0.5(U_t + U_{t+T/2}),$$

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

$$U_{-t} = 0.5(U_t - U_{t+T/2}),$$

$$U_{-(t+T/4)} = 0.5(U_{t+T/4} - U_{t+3T/4}),$$

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

R_E - опір кола джерел струму постійному струму;

R_V - опір вимірювального кола (кола вольтметра), увімкненого паралельно об'єктові контролю;

U_- - постійна складова комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі;

E_- - електрорушійна сила джерела постійного струму;

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

R_E - опір кола джерел струму перемінному струму;

U_{-A} - амплітуда перемінної складової комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі;

U_{-t} і E_{-t} - миттєві значення перемінної складової комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі і електрорушійної сили джерела перемінного струму у момент часу t ,

T - період зміни напруги;

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

U_t - миттєве значення комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі у момент часу t .

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

$$R_{\text{ИСКВ}} = \frac{R_E R_V U_-}{R_V E_- - \overline{E_-} + R_V \overline{U_-}},$$

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

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

де

$$U_- = 0.5(U_t + U_{t+T/2}),$$

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

$$U_{-t} = 0.5(U_t - U_{t+T/2}),$$

$$U_{-(t+T/4)} = 0.5(U_{t+T/4} - U_{t+3T/4}),$$

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

$R_{\text{Е}}$ - опір кола джерел струму постійному струму;

R_{V} - опір вимірювального кола (кола вольтметра), увімкненого паралельно об'єктові контролю;

U_- - постійна складова комбінованої напруги струмоведачущих частин відносно землі;

E_- - електрорушійна сила джерела постійного струму;

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

$R_{\text{Е}}$ - опір кола джерел струму перемінному струму;

U_{-A} - амплітуда перемінної складової комбінованої напруги струмоведачущих частин відносно землі;

U_{-t} і E_{-t} - миттєві значення перемінної складової комбінованої напруги струмоведачущих частин відносно землі і електрорушійної сили джерела перемінного струму у момент часу t ;

T - період зміни напруги;

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

U_t - миттєве значення комбінованої напруги струмоведачущих частин відносно землі у 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 апарата, які відокремлюють контрольоване відгалуження від іншої частини мережі; блок - контакт 4 комутаційного апарата, який приєднує вимірювальний пристрій (блокувальне реле витоку) до контрольованого відгалуження; індуктивності 5, 6 і 7, які імітують двигун; джерело 8 перемінного струму (трансформатор); трансформатор 9, випрямляч 10, резистор 11 і конденсатор 12, які утворюють джерело постійного струму; загальний опір 13 кола джерел струму; еталонне джерело 14 (трансформатор); земля 15; ланцюжок з опорів 16 і 17, який утворює дільник напруги між струмоведачущими частинами і землею; тригер 18; 8-розрядний пристрій 19 для запису даних; резистори 20, 21 і 22, які моделюють активну складову опору ізоляції струмоведачущих частин відносно землі; конденсатори 23, 24 і 25, які моделюють ємнісну складову провідності зі струмоведачущих частин на землю; опір 26 витоку; ємності 27, 28 і 29, індуктивність 30 і тумблер 31, які утворюють модель компенсатора.

З приведеної схеми видно, що в даному конкретному випадку, опір $R_{\text{Е}}$ кола джерел струму постійному струму дорівнює сумі опорів резисторів 11 і 13, а оскільки опором конденсатора 12 можна зневажити, опір $R_{\text{Е}}$ кола джерел струму перемінному струму дорівнює опорів резистора 13. Крім того, опір R_{V} вимірювального кола (кола вольт-

метра) дорівнює опорі ланцюжка з резисторів 16 і 17.

Виміри здійснюються так.

Контактами 1, 2 і 3 від'єднують відгалуження від іншої мережі, а контактом 4 вводять між струмоведачущими частинами і землею вимірювальний пристрій. Оскільки трансформатори 8, 9 і 14 приєднані до фаз мережі до контактів 1, 2 і 3, між струмоведачущими частинами і землею буде прикладена комбінована напруга, обумовлена джерелами постійного і перемінного струмів. Величина, пропорційна цій напрузі, надходить з дільника, утвореного резисторами 16 і 17, на 8-розрядний пристрій 19 для запису даних. На цей же пристрій з еталонного джерела 14 надходить сигнал, що дорівнює його електрорушійній сили. Крім того, з цього джерела сигнал надходить і на тригер 18 і далі у вигляді прямокутних імпульсів - на пристрій 19. Імпульси напруги, що надходять з тригера 18 на пристрій 19, дозволяють вимірити період напруги джерела 14, а сигнали, що надходять на цей пристрій із джерела 14 і з дільника, утвореного опорами 16 і 17, дозволяють вимірити миттєві значення електрорушійної сили, еталонного джерела 14 і напругу на проміжку між струмоведачущими частинами і землею. Крім того, пристрій 19 фіксує моменти часу, коли здійснювали виміри.

Таким чином, результатом роботи пристрою 19 є масив із миттєвих значень напруг, що надходять на його входи, і моментів часу, коли здійснювалися виміри цих напруг.

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

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

Перехід від миттєвих значень електрорушійної сили і напруги струмоведачущих частин відносно землі до шуканих величин здійснюють так.

З масиву із миттєвих значень напруг і моментів часу, коли вимірювали ці напруги, отриманого в результаті роботи пристрою 19, здійснюють вибірку так, що кожному миттєвому значенню відповідає інше, зсунуте по фазі на 90° (чверть періоду). Потім, оскільки пристрій, як це видно з схеми, виконано так, що фази електрорушійних сил джерела 8 перемінного струму і еталонного джерела 14 збігаються, а електрорушійна сила усіх трьох джерел пропорційні одна одній, використовують наступні співвідношення:

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

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

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

де

E_- - електрорушійна сила джерела постійного струму;

K_+ і K_- - коефіцієнти пропорційності між електрорушійними силами джерел постійного і перемінного струмів і електрорушійною силою еталонного джерела;

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

T - період зміни напруги.

Після чого шукані величини знаходять за формулами:

$$R_{\text{ИСКВ}} = \frac{R_E R_V U_-}{R_V E_- - R_E + R_V U_-},$$

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

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

де

$$U_- = 0.5(U_t + U_{t+T/2}),$$

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

$$U_{-t} = 0.5(U_t - U_{t+T/2}),$$

$$U_{-(t+T/4)} = 0.5(U_{t+T/4} - U_{t+3T/4}),$$

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

R_E - опір кола джерел струму постійного струму;

R_V - опір вимірювального кола (кола вольтметра), увімкненого паралельно об'єктові контролю;

U_- - постійна складова комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі;

E_- - електрорушійна сила джерела постійного струму;

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

R_E - опір кола джерел струму перемінному струму;

U_{-A} - амплітуда перемінної складової комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі;

U_{-t} і E_{-t} - миттєві значення перемінної складової комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі і електрорушійної сили джерела перемінного струму у момент часу t ;

T - період зміни напруги;

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

U_t - миттєве значення комбінованої напруги струмоведучих частин відносно землі у момент часу t .

При використанні стабілізованого джерела постійного струму необхідності у визначенні його електрорушійної сили по приведеній формулі немає.

Якщо можна зневажити спаданням напруги в джерелі 8, то воно може бути використане не тільки як допоміжне джерело перемінного струму, але і як еталонне джерело.

Якщо контакт тумблера 31 замкнутий, 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 30, щоб зазначена величина була можливо ближче до нуля.

При цьому компенсатор (конденсатори 27, 28 і 29 і регульована індуктивність 30) і ємність струмоведучих частин відносно землі (конденсатори 23, 24 і 25) утворюють коливальний контур, що приводить до зменшенню струму витоку в опорі 26. 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 31 розімкнено, 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 попереджувального (профілактичного) контролю.

При обстеженні електроустановок вона дозволить збільшити обсяг і достовірність одержуваної інформації, а при їхній експлуатації - зменшити імовірність поразки електричним струмом обслуговуючого персоналу і підвищити ефективність його праці, тому що збільшено вірогідність контролю стану ізоляції і зменшено час пошуку її пошкоджень.

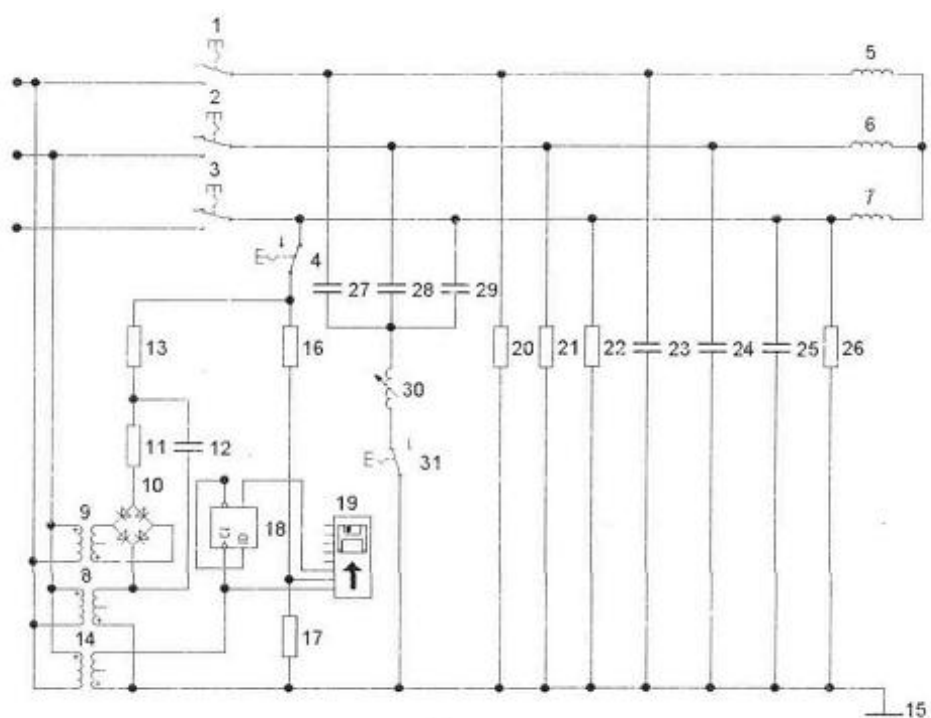


Fig.