



УКРАЇНА

(19) UA (11) 29642 (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 ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ЗІ
СТРУМОВЕДУЧИМИ ЧАСТИНАМИ, ІЗОЛЬОВАНИМИ ВІД ЗЕМЛІ

1

2

(21) u2007085/16

(22) 24.07.2007

(24) 25.01.2008

(72) ШУРІН ЕДУАРД СОЛОМОНОВИЧ, UA,
КОПТИКОВ ВІКТОР ПАВЛОВИЧ, UA, МУФЕЛЬ
ЛЕВ АБРАМОВИЧ, UA(73) ДЕРЖАВНИЙ МАКІЇВСЬКИЙ НАУКОВО-
ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ З БЕЗПЕКИ РОБІТ У
ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ, UA(57) Спосіб вимірювання параметрів
електробезпеки електроустановок зі
струмоведучими частинами, ізольованими від
землі, змінним струмом, обумовленим робочою
напругою мережі, або змінним струмом
допоміжного джерела, що включає вимірювання
напруги між струмоведучими частинами і землею,
який відрізняється тим, що напругу між
струмоведучими частинами і землею перед
вимірюванням диференціюють.

Корисна модель належить до електротехніки, переважно до способів вимірювання та контролю параметрів електробезпеки за допомогою перемінного струму в системах захисту від ураження електричним струмом у мережах зі струмоведучими частинами, ізольованими від землі. Запропонований спосіб призначений для використання, в основному, у шахтах.

Відомий спосіб захисту від ураження електричним струмом, у якому використовується перемінна напруга, обумовлена джерелом робочого струму мережі. Він заснований на шунтуванні пошкодженої фази на землю [див. Колосюк В.П., Шурін Э.С., Чупіка А.Н. Безпечна експлуатація шахтних електроустановок. Київ, Техніка, 1980, с.48 -51].

У цьому способі здійснюється визначення фази з витоком (фази з найменшою напругою щодо землі). Що стосується перехідного процесу, який виникає під час появи витоку (дотику людини до струмоведучих частин), то для виключення його впливу на результати вимірів, використовується тільки затримка, яка дорівнює часу спрацювання блока захисного вимикання. Зазначене, у сполученні з багатоступеневістю виконавчого органа, призводить до збільшення часу шунтування відповідної фази на землю, тобто, до зниження швидкодії апаратури захисту від ураження електричним струмом.

Відомий також спосіб, визначення можливого витоку в трифазних мережах з ізолюованою нейтраллю трансформатора, заснований на зміні

на протилежну фази напруги допоміжного джерела тієї ж частоти, що й напруга контрольованої мережі, уведеного між струмоведучими частинами і землею, і на вимірі, як при вихідному, так і при зміненому значеннях фази, вектора напруги зсуву нейтралі та модуля фазної напруги, при цьому вимірювання проводять після завершення перехідного процесу, обумовленого зміною фази напруги допоміжного джерела, при тому ж самому значенні фази напруги контрольованої системи, але протилежному значенні фази напруги допоміжного джерела, після чого середнє значення модуля шуканого струму визначають за формулою [див. патент №10991, Україна, H02H3/16, опубл. Бюл. №12, 2005].

Недоліком цього способу є те, що для виключення впливу на результати вимірів перехідного процесу, що виникає під час зміни фази напруги допоміжного джерела на протилежну, довелося збільшити період зміни такої напруги і, отже, знизити швидкодію відповідної апаратури захисту.

У основу корисної моделі поставлено завдання зі створення способу вимірювання параметрів електробезпеки електроустановок зі струмоведучими частинами, ізольованими від землі, у якому визначене перетворення вимірюваної напруги виключає вплив перехідних процесів на час вимірювання, в результаті чого підвищується швидкодія відповідних пристроїв.

Поставлене завдання розв'язується за рахунок

(13) U
(11) 29642
(19) UA

того, що в способі вимірювання параметрів електробезпеки електроустановок зі струмоведучими частинами, ізолюваними від землі, змінним струмом, обумовленим робочою напругою мережі або змінним струмом допоміжного джерела, заснований на вимірюванні напруги між струмоведучими частинами і землею, відповідно до корисної моделі, напругу між струмоведучими частинами і землею перед вимірюванням диференціюють.

Для здійснення запропонованого способу контрольований сигнал перед вимірюванням диференціюють.

На Фіг.1 наведено спрощену схему моделі, створеної в програмі Electronics Workbench, що пояснює здійснення запропонованого способу; на Фіг.2 і 3 наведено осцилограми процесів, що виникають під час зміни фази допоміжного джерела перемінного струму V4 на протилежну перемикачами 5 і 6. Витік при цьому відсутній (перемикач 24 розімкнуто); на Фіг.4 і 5 наведено осцилограми процесів, що відбуваються також при зміні фази допоміжного джерела перемінного струму V4 на протилежну перемикачами 5 і 6, але вже за наявності витоку (перемикач 24 замкнуто); на Фіг.6 і 7 - осцилограми процесів, що відбуваються у разі замикання перемикача 24 (виникнення витоку). Перемикачі 5 і 6 при цьому в незмінному положенні; на Фіг.8 і 9 - осцилограми процесів, які відбуваються під час замикання перемикача 24 (виникнення витоку), але вже при відключеному допоміжному джерелі V4. Відповідний перемикач на схемі не зображено.

Осцилограми, наведені на Фіг.2, 4, 6 і 8, отримано під час подання напруги зсуву нейтралі на лівий вхід осцилографа (Channel A). Осцилограми, наведені на Фіг.3, 5, 7 і 9, отримані під час подання напруги з виходу диференціатора 16 на правий вхід осцилографа (Channel B).

У цій моделі використовують як перемінну напругу, обумовлену джерелом робочого струму мережі, так і перемінну напругу, обумовлену допоміжним джерелом.

На Фіг.1 показані джерела перемінного струму V1, V2 і V3, з'єднані зіркою, які імітують трифазне джерело. Модулі їх ЕРС рівні, а фази зрушено на 120° . Між фазами мережі А, В, С і землею (7) ввімкнено допоміжне джерело перемінного струму У 4. Його фазу змінюють на протилежну перемикачами 5 і 6. До фаз мережі це джерело приєднано ланцюжком з опору 7 і зірки - з трьох однакових опорів 8, 9, 10. Між мережею і землею введено дільник напруги зсуву нейтралі. Його утворено зіркою з трьох однакових опорів 11, 12, 13 і ланцюжком з опорів 14 і 15, підключеним між нульовою точкою зазначеної зірки і землею. Напруга з дільника надходить на диференціатор 16, а з диференціатора вже на вимірювальний пристрій (8-розрядний пристрій запису даних) 17. На схемі зображено однакові опори 18, 19, 20 і однакові ємності 21, 22, 23, що імітують активну та реактивну складові провідності ізоляції струмоведучих частин щодо землі. Крім того, схема містить перемикач 24, опір 25, що імітує

витік, і двопроменевий осцилограф 26. Лівий вхід останнього підключено до тієї ж точки схеми, що і диференціатор, а правий - до тієї ж точки, до якої підключено пристрій 17.

Номінали деяких елементів (опорів і ємностей), використовуваних у схемі, вибрано так, щоб тривалість перехідного процесу була досить велика. Це зроблено для збільшення наочності.

Вимірювання здійснюють так.

Перемикачами 5 і 6 періодично змінюють фазу допоміжного джерела перемінного струму V4 на протилежну. При цьому напруга з дільника, утвореного зіркою з опорів 11, 12 і 13, і ланцюжка з опорів 14 і 15 подають на вхід диференціатора 16, а з нього вже - на вимірювальний пристрій 17. Додатково, для ілюстрації ефективності запропонованого способу, напругу з дільника подають на лівий вхід осцилографа 26, а з диференціатора 16 - на його правий вхід.

Під час вимірювання можливі наступні ситуації.

Витік відсутній (перемикач 24 розімкнуто). У цьому разі, оскільки провідності з усіх фаз на землю однакові, напруга зсуву нейтралі обумовлена тільки допоміжним джерелом V4. Відповідні осцилограми наведено на Фіг. 2 і 3. Витік уже відбувся (перемикач 24 замкнуто). У цьому разі, оскільки симетрію провідностей з фаз на землю порушено, напруга зсуву нейтралі обумовлена і джерелом робочого струму мережі, і допоміжним джерелом V4. Відповідні осцилограми наведено на Фіг.4 і 5. Крім того, на Фіг.6 і 7 наведено осцилограми процесів, які ілюструють, що відбуваються під час виникнення витоку (при замиканні перемикача 24). До виникнення витоку напругу зсуву нейтралі обумовлено тільки допоміжним джерелом У 4, а після її виникнення це й джерелом робочого струму мережі.

На Фіг.8 і 9 наведено осцилограми, що ілюструють процеси, які відбуваються під час виникнення витоку (при замиканні перемикача 24), але вже при відключеному допоміжному джерелі V4. При цьому напругу зсуву нейтралі обумовлено тільки джерелом робочого струму мережі й до виникнення витоку напруга зсуву нейтралі взагалі відсутня.

Порівняння осцилограм, одержаних у всіх цих випадках (наведених на Фіг.2 і 3, 4 і 5, 6 і 7, 8 і 9), показує, що під час проведення вимірювань така операція, як диференціювання, дозволяє зневажити перехідним процесом. Це дозволяє почати вимірювання, не очікуючи завершення такого процесу, і, отже, підвищити швидкість відповідної апаратури, а, отже, і її ефективність.

Певна річ, що замість диференціатора можна використовувати фільтр верхніх частот, диференціюючий ланцюжок, чи здійснювати програмне диференціювання.

За необхідності можна зробити диференціювання двічі і, крім того, змінити фазу сигналу на протилежну. Це дозволить, не очікуючи завершення перехідного процесу, одержати сигнал практично тотожний тому, який буде після його завершення.

Як конкретний приклад використання цього

способу розглянемо визначення можливого витоку струму.

Перемикачами 5 та 6 змінюють фазу допоміжного джерела F4 на протилежну. При цьому перемикач здійснюють з частотою, яка відповідає частоті напруги мережі живлення. Крім того, як при вихідному, так і при зміненому значеннях фази напруги допоміжного джерела живлення вимірюють модуль фазної напруги (відповідні елементи на фігурі 1 не наведено) та

наругу зсуву нейтралі, яка через диференціатор 16 надходить на вимірювальний пристрій 17. При цьому чекати завершення перехідного процесу, обумовленого зміною фази допоміжного джерела живлення або виникненням витоку, перед вимірюванням, немає потреби. Вимірювання здійснюють при тому ж самому значенні напруги фази допоміжного джерела. Використовуючи результати вимірювань, обчислюють середнє значення модуля можливого струму витоку $I_{\text{вит ср.}}$:

$$I_{\text{утв ср}} = 2|M_E|U_{F\text{ср}} \sqrt{\frac{(K_{\text{утв X}} - K_{N\text{ср X}})^2 + (K_{\text{утв Y}} - K_{N\text{ср Y}})^2}{(2M_{EX} - \Delta K_{NX})^2 + (2M_{EY} - \Delta K_{NY})^2}},$$

де

$$M_E = K_E Y_E,$$

$$K_E = \frac{\bar{E}_1}{U_{F1}} = -\frac{\bar{E}_2}{U_{F2}},$$

$$U_{F\text{ ср}} = 0,5(U_{F1} + U_{F2}),$$

$$K_{\text{утв}} = \frac{\bar{U}_{F\text{утв 1}}}{U_{F1}} = -\frac{\bar{U}_{F\text{утв 2}}}{U_{F2}},$$

$$K_{N\text{ср}} = 0,5(K_{N1} + K_{N2}),$$

$$\Delta K_N = K_{N2} - K_{N1},$$

$$K_{N1} = \frac{\bar{U}_{N1}}{U_{F1}},$$

$$K_{N2} = \frac{\bar{U}_{N2}}{U_{F2}},$$

\bar{U}_{N1} и \bar{U}_{N2} - напруга зсуву нейтралі в першому та другому станах контрольованої системи;

U_{F1} и U_{F2} - модуль фазної напруги в першому та другому станах контрольованої системи;

\bar{E}_1 и \bar{E}_2 - електрорушійна сила допоміжного джерела в першому і другому станах контрольованої системи;

$\bar{U}_{F\text{утв 1}}$ и $\bar{U}_{F\text{утв 2}}$ - фазна напруга фази з витоком в першому і другому станах контрольованої системи;

Y_E - провідність кола допоміжного джерела.

У разі цьому припускають, як це прийнято [див. ГОСТ 22929-78 "Апарати захисту від струмів витоку рудникові для мережі до 1200В"], що мінімальний розрахунковий опір тіла людини дорівнює 1кОм і вимірюють струм у мА, напруги у

В і провідність у мСм.

При визначенні можливого струму витоку треба віддати перевагу тій фазі, з якої він буде мати найбільше значення, тобто тій фазі, яка має найбільше середнє значення напруги щодо землі.

Якщо не здійснювалося безпосереднє вимірювання напруги фаз відносно землі, використовують вирази:

$$\bar{U}_{A\text{ ср}} = U_{F\text{ ср}}(K_A - K_{N\text{ ср}}),$$

$$\bar{U}_{B\text{ ср}} = U_{F\text{ ср}}(K_B - K_{N\text{ ср}}),$$

$$\bar{U}_{C\text{ ср}} = U_{F\text{ ср}}(K_C - K_{N\text{ ср}}),$$

де

$$K_A = 1,$$

$$K_B = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2},$$

$$K_C = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Запропоноване рішення може бути використане під час визначення фази, в якій виник витоку струму, параметрів ізоляції трифазних систем з ізолюваною нейтраллю трансформатора, опір шляху витоку, струм витоку, можливий струм витоку, опір струмоведучих частин відносно землі, ємність струмоведучих частин відносно землі тощо. Крім того, його можна використовувати під час розробки апаратури захисту від ураження електричним струмом. Це дозволить збільшити швидкодію такої апаратури, а під час експлуатації - зменшити ймовірність ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу.

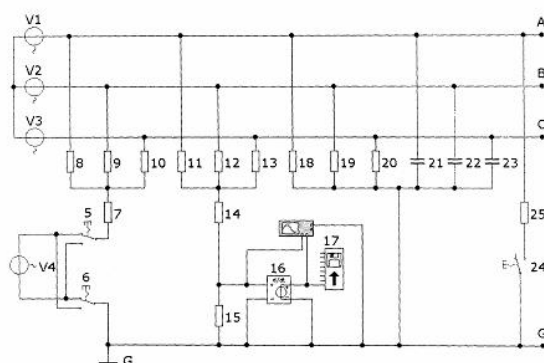


Fig. 1

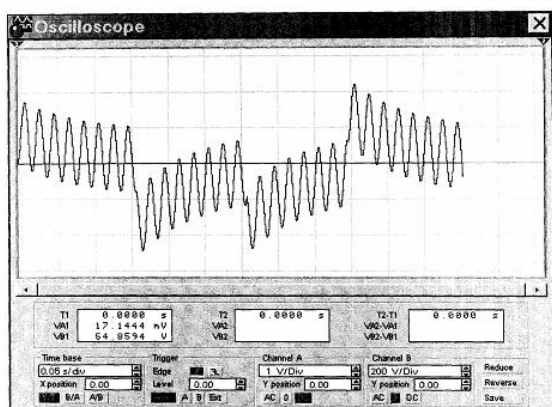


Fig. 2

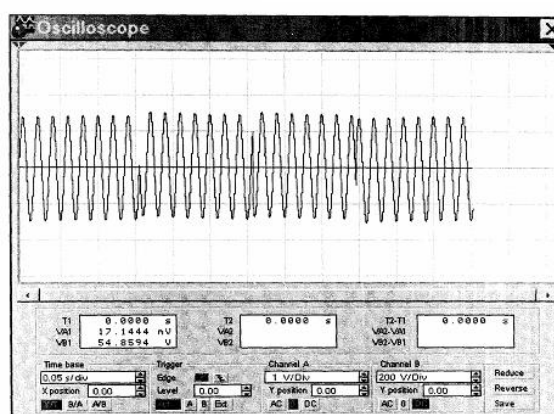


Fig. 3

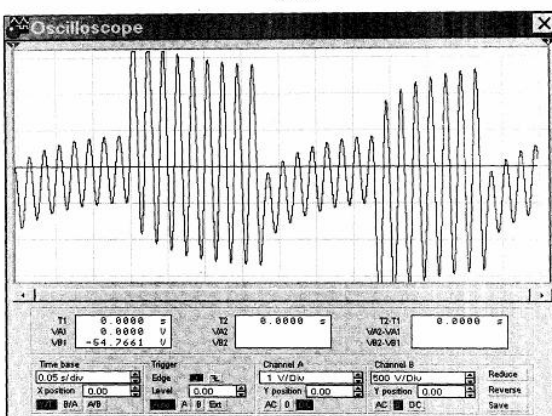


Fig. 4

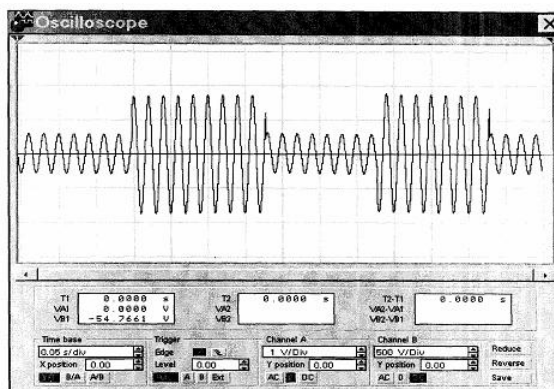


Fig. 5

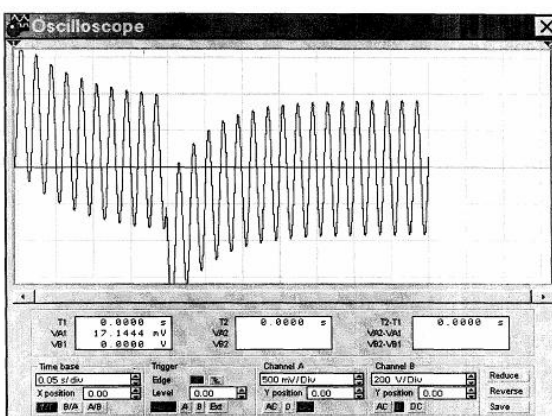


Fig. 6

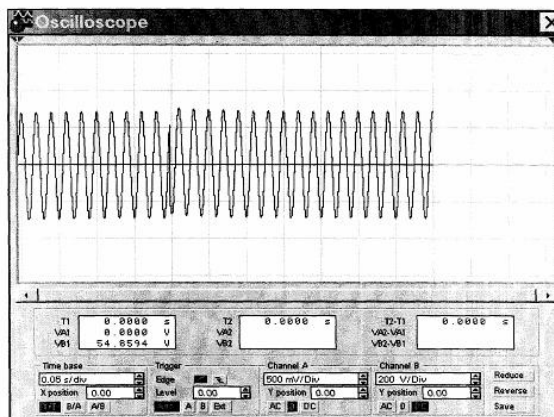
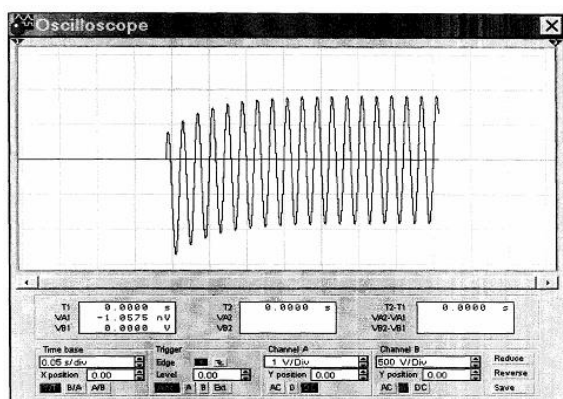
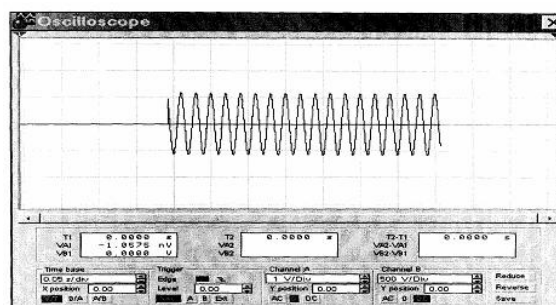


Fig. 7



Фиг. 8



Фиг. 9