

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ТРАНСФОРМАТОРНИЙ АГРЕГАТ

(21) 2000116583

(22) 21.11.2000

(24) 15.06.2001

(46) 15.06.2001, Бюл. № 5, 2001 р.

(72) Лисяк Георгій Миколайович, Маліновський  
Антон Антонович, Никоненко Леонід Олександрович(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА  
ПОЛІТЕХНІКА", ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТО-  
ВАРИСТВО "ЗАХІДЕНЕРГО"(57) 1. Трансформаторний агрегат, що містить три-  
фазну групу однофазних трансформаторів, який  
відрізняється тим, що трифазні обмотки з'єднані  
за схемами зигзаг2. Трансформаторний агрегат за п. 1, який  
відрізняється тим, що частина фази трифазної  
обмотки з'єднана паралельно з струмокомпенсу-  
вальним блоком

Винахід відноситься до електроенергетики та може знайти застосування на електростанціях і підстанціях з трансформаторами.

На електростанціях і підстанціях встановлюють силові трансформатори, одними з найнебезпечніших пошкоджень яких є виткові короткі замикання, які супроводжуються недопустимими значеннями струмів у закорочених витках, при цьому струм від джерела живлення практично не змінюється, що унеможливорює створення швидкодіючих захистів за принципом контролювання значень електричних координат режиму.

Відомий трансформаторний агрегат, що містить трифазну групу однофазних трансформаторів [Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергия, 1978. - 832 с., с. 243, 247].

Однак під час виткових коротких замикань в обмотках такого трансформаторного агрегата значення струму у закорочених витках і у гілці, що утворила таке замикання, може в десятки й сотні разів перевищувати номінальні значення струмів обмоток, при цьому виникають великі електродинамічні зусилля на закорочені витки і недопустимий місцевий нагрів, внаслідок чого відбувається руйнування трансформаторів і вихід їх з ладу, що зменшує надійність роботи трансформаторного агрегата

В основу винаходу поставлено завдання створити трансформаторний агрегат, у якому введення нових елементів, нове виконання елементів і зв'язків між ними дозволило б зменшити значення струмів у закорочених витках та у гілці, що утворила виткове коротке замикання, і тим самим під-

вищити надійність роботи трансформаторного агрегата

Поставлене завдання досягається тим, що у трансформаторному агрегаті, що містить трифазну групу однофазних трансформаторів, згідно винаходу трифазні обмотки з'єднані за схемами зигзагу.

Таке виконання трансформаторного агрегата дозволяє шляхом параметричного збільшення його опору відносно місця виткового короткого замикання забезпечити зменшення значення струму в закорочених витках обмотки та у гілці, яка утворила таке замикання, електродинамічних зусиль на закорочені витки та місцевого нагріву, і тим самим підвищити надійність роботи трансформаторного агрегата.

Поставлене завдання досягається також тим, що у трансформаторному агрегаті частина фази трифазної обмотки з'єднана паралельно з струмокомпенсуювальним блоком

Це дозволяє шляхом компенсації струмів намагнічення трансформаторів забезпечити додаткове зменшення значення струму в закорочених витках іншої частини фази обмотки та у гілці, яка утворила таке замикання, і тим самим підвищити надійність роботи

Технічна суть і принцип дії запропонованого пристрою пояснюються фіг. 1, 2. На фіг. 1 зображений трансформаторний агрегат, що містить трифазну групу однофазних трансформаторів; на фіг. 2 - трансформаторний агрегат з струмокомпенсуювальними блоками.

Однофазні трансформатори трансформаторного агрегата можуть бути виконані з двома та більше обмотками кожен. На фіг. 1 зображений ва-

ріант трансформаторного агрегата, у якому однофазні трансформатори 1, 2, 3 виконані двообмотковими з одними 4, 5, 6 та другими 7, 8, 9 обмотками відповідно. Фази А, В, С одної трифазної обмотки 10 складаються з частин 11 і 12, 13 і 14, 15 і 16 одних обмоток 4, 5, 6 відповідно. Ці частини 11 і 12, 13 і 14, 15 і 16 розміщені на магнітопроводах різних однофазних трансформаторів 1 і 2, 2 і 3, 3 і 1 відповідно та з'єднані послідовно зустрічно за схемою зигзагу. Фази а, б, с другої трифазної обмотки 17 складаються з частин 18 і 19, 20 і 21, 22 і 23 других обмоток 7, 8, 9 відповідно. Ці частини 18 і 19, 20 і 21, 22 і 23 розміщені на магнітопроводах різних однофазних трансформаторів 1 і 2, 2 і 3, 3 і 1 відповідно та з'єднані послідовно зустрічно за схемою зигзагу.

Частини фаз трифазних обмоток трансформаторного агрегата можуть бути з'єднані паралельно з струмокомпенсувальними блоками. На фіг. 2 зображений варіант такого трансформаторного агрегата, у якому на відміну від трансформаторного агрегата на фіг. 1 частини 11, 13, 15 та 19, 21, 23 з'єднані відповідно паралельно з вихідними виводами 24 і 25, 26 і 27, 28 і 29 та 30 і 31, 32 і 33, 34 і 35 струмокомпенсувальних блоків 36, 37, 38 та 39, 40, 41, які виконані з вхідними виводами 42 і 43, 44 і 45, 46 і 47 та 48 і 49, 50 і 51, 52 і 53 відповідно. Струмокомпенсувальні блоки 36-41 можуть містити резистивні та реактивні елементи, керовані та некеровані комутаційні апарати і захисні пристрої. До вхідних виводів струмокомпенсувальних блоків може бути прикладена напруга.

Трансформаторний агрегат працює так

Під час симетричних нормальних режимів трансформаторного агрегата (фіг. 1) при однаковій кількості витків  $W_1$  частин 11-16 та  $W_2$  частин 18-23 відповідно умови роботи однофазних трансформаторів 1-3, фаз А, В, С та а, б, с трифазних обмоток 10 та 17 і їх частин 11-16 та 18-23 є однаковими, бо значення модулів симетричних координат режиму фаз є відповідно однаковими, а різниця полягає лише у взаємному зсуві координат режиму відповідних фаз і їх частин на  $\pm 120$  ел. град. При цьому: значення модулів напруг на частинах 11-16 та 18-23 фаз А, В, С та а, б, с дорівнюватимуть  $1/\sqrt{3} \approx 0,577$  від значень модулів напруг відповідних фаз; зведені до кількості витків, наприклад  $W_1$ , струми  $I_{\mu 1}$ ,  $I_{\mu 2}$ ,  $I_{\mu 3}$ , намагнічування магнітопроводів однофазних трансформаторів 1-3 дорівнюють сумам зведених до тієї ж кількості витків струмів відповідних фаз з врахуванням їх напрямів, при цьому їх номінальне значення  $I_{\mu \text{ном}}$  у  $\sqrt{3}$  разів більше за номінальне значення  $I_{\mu \text{ном}}$  струму неробочого ходу трансформаторного агрегата.

Під час поздовжнього короткого замикання всіх витків однієї з частин 11-16, 18-23 можливе продовження роботи трансформаторного агрегата. Для спрощення в подальшому описі його роботи знехтуємо резистансами та реактансами розсіювання всіх частин 11-16, 18-23, що мало вплине на результати. Припустимо, що виникло поздовжнє коротке замикання частини 11 фази А, яка розміщена на трансформаторі 1. У цьому випадку напруга на цій частині 11 стане рівною нулю, а також стануть рівними нулю напруги на частинах 16, 18, 23 фаз С, а, б трансформатора 1 відповідно та ст-

рум намагнічування  $I_{\mu 1}$  цього ж трансформатора 1. Внаслідок цього модулі напруг на частинах 12-14, 17-22 стануть рівними значенням фазних напруг відповідних фаз, тобто збільшаться у  $\sqrt{3}$  разів, а значення модулів струмів намагнічування  $I_{\mu 2}$ ,  $I_{\mu 3}$  трансформаторів 2, 3 також збільшаться у  $\sqrt{3}$  разів порівняно з їх значеннями для симетричного нормального режиму трансформаторного агрегата. Тому магнітні системи кожного з трансформаторів 1-3 повинні бути розраховані саме на такі значення напруги й струму намагнічування, що забезпечить ненасичений стан магнітних систем під час розглядуваних коротких замикань, і, як наслідок, лінійність їх параметрів. При цьому напруги фаз А, В, С, а, б, с трансформаторного агрегата не зміняться, тобто й надалі залишатимуться симетричними.

З виразів для опису стану магнітних кіл трансформаторів 1-3 випливає, що через гілку, яка утворила поздовжнє коротке замикання частини 11 фази А трансформатора 1, протікатиме струм  $I_k$ , який дорівнюватиме сумі струмів намагнічування  $I_{\mu 1}$ ,  $I_{\mu 2}$ ,  $I_{\mu 3}$  трансформаторів 1-3, значення яких приведені до кількості витків  $W_1$ . Враховуючи, що за прийнятого вище допущення маємо  $I_{\mu 1} = 0$ , значення модуля струму  $I_k$  у гілці, яка утворила поздовжнє коротке замикання частини 11, буде лише у 3 рази більше за номінальне значення  $I_{\mu \text{ном}}$  струму намагнічування, тобто у  $3\sqrt{3}$  разів більше за номінальне значення  $I_{\mu \text{ном}}$  струму неробочого ходу трансформаторного агрегата. При цьому струм у закорочених витках частини 11 не перевищуватиме його доаварійного значення, а струми фаз також практично не відрізнятимуться від їх доаварійних значень.

Під час поздовжнього короткого замикання певної кількості  $W_k$  витків однієї з частин 11-16 (при  $0 < W_k < W_1$ ) або 18-23 (при  $0 < W_k < W_2$ ) також можливе продовження роботи трансформаторного агрегата. Припустимо, що виникло поздовжнє коротке замикання  $W_k$  витків частини 11 фази А трансформатора 1. У цьому випадку на відміну від описаного для режиму замикання всієї частини 11, у гілці, яка утворила поздовжнє коротке замикання  $W_k$  витків частини 11, протікатиме струм  $I_k$ , значення якого прямо пропорційне сумі струмів намагнічування  $I_{\mu 1}$ ,  $I_{\mu 2}$ ,  $I_{\mu 3}$  трансформаторів 1-3 та обернено пропорційне відношенню кількості закорочених витків  $\alpha_k = W_k/W_1$ . Максимальне значення цього струму  $I_k$  матиме місце під час короткого замикання одного витка, тобто за  $W_k = 1$ , і може у декілька разів перевищувати номінальне значення струму обмотки трансформатора.

У той же час під час аналогічних режимів відомої трифазної групи однофазних трансформаторів значення струму у гілці, яка утворила коротке замикання певної кількості витків обмотки, може перевищувати номінальне значення струму обмотки у десятки та сотні разів.

Отже, суттєво менший рівень струмів під час виткових коротких замикань у запропонованому трансформаторному агрегаті призведе до зменшення електродинамічних зусиль на закорочені витки та місцевого нагріву, що підвищить надійність роботи трансформаторного агрегата.

У варіанті трансформаторного агрегата (фіг 2), частини 11, 13, 15 та 19, 21, 23 якого з'єднані відповідно паралельно з вихідними виводами 24 і 25, 26 і 27, 28 і 29 та 30 і 31, 32 і 33, 34 і 35 струмокомпенсувальних блоків 36, 37, 38 та 39, 40, 41, під час виткових коротких замикань, на відміну від аналогічних режимів трансформаторного агрегата на фіг 1, значення струму  $I_k$  у гілці, яка утворила таке замикання, залежатиме також від значень струмів струмокомпенсувальних блоків 36-41, що забезпечуватиме компенсацію струмів намагнічування  $I_{\mu 1}$ ,  $I_{\mu 2}$ ,  $I_{\mu 3}$ , трансформаторів 1-3, в результаті чого значення струму  $I_k$  суттєво зменшиться порівняно з трансформаторним агрегатом на фіг 1, що підвищить надійність роботи трансформаторного агрегата. Так для випадку, коли до вхідних виводів 42-53 струмокомпенсувальних блоків 36-41 не прикладені напруги, відбувається компенсація реактивних складових струмів намагнічування  $I_{\mu 1}$ ,  $I_{\mu 2}$ ,  $I_{\mu 3}$ , трансформаторів 1-3 і струм  $I_k$  визначатиметься лише актив-

ними складовими цих струмів намагнічування. Якщо ж до вхідних виводів 42-53 струмокомпенсувальних блоків 36-41 прикладені відповідні напруги, то відбувається також компенсація активних складових струмів намагнічування трансформаторів  $I_{\mu 1}$ ,  $I_{\mu 2}$ ,  $I_{\mu 3}$ , трансформаторів 1-3, внаслідок чого відбудеться додаткове зменшення практично до нуля значення струму  $I_k$  у гілці, яка утворила виткове замикання.

Окрім того, струмокомпенсувальні блоки здатні додатково зменшувати діяння імпульсних перенапруг на виткову ізоляцію обмоток трансформаторів, що також підвищує надійність роботи трансформаторного агрегата.

Запропонований трансформаторний агрегат дозволяє шляхом зменшення значень струмів під час виткових коротких замикань суттєво покращити умови роботи трансформаторів, обмежити обсяг руйнувань і ремонтів, або навіть повністю усунути їх, і тим самим, підвищити надійність роботи електростанцій і підстанцій.

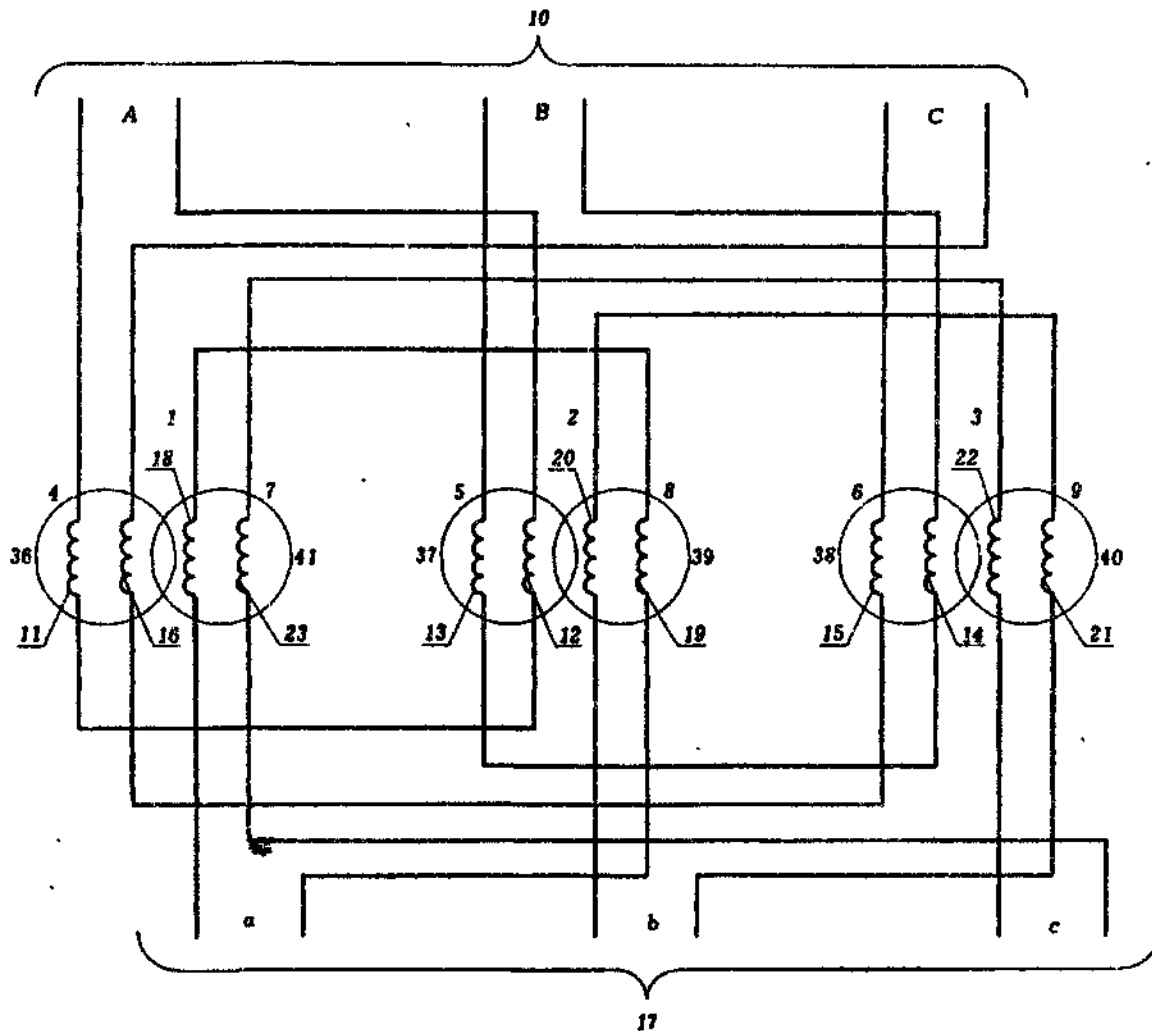
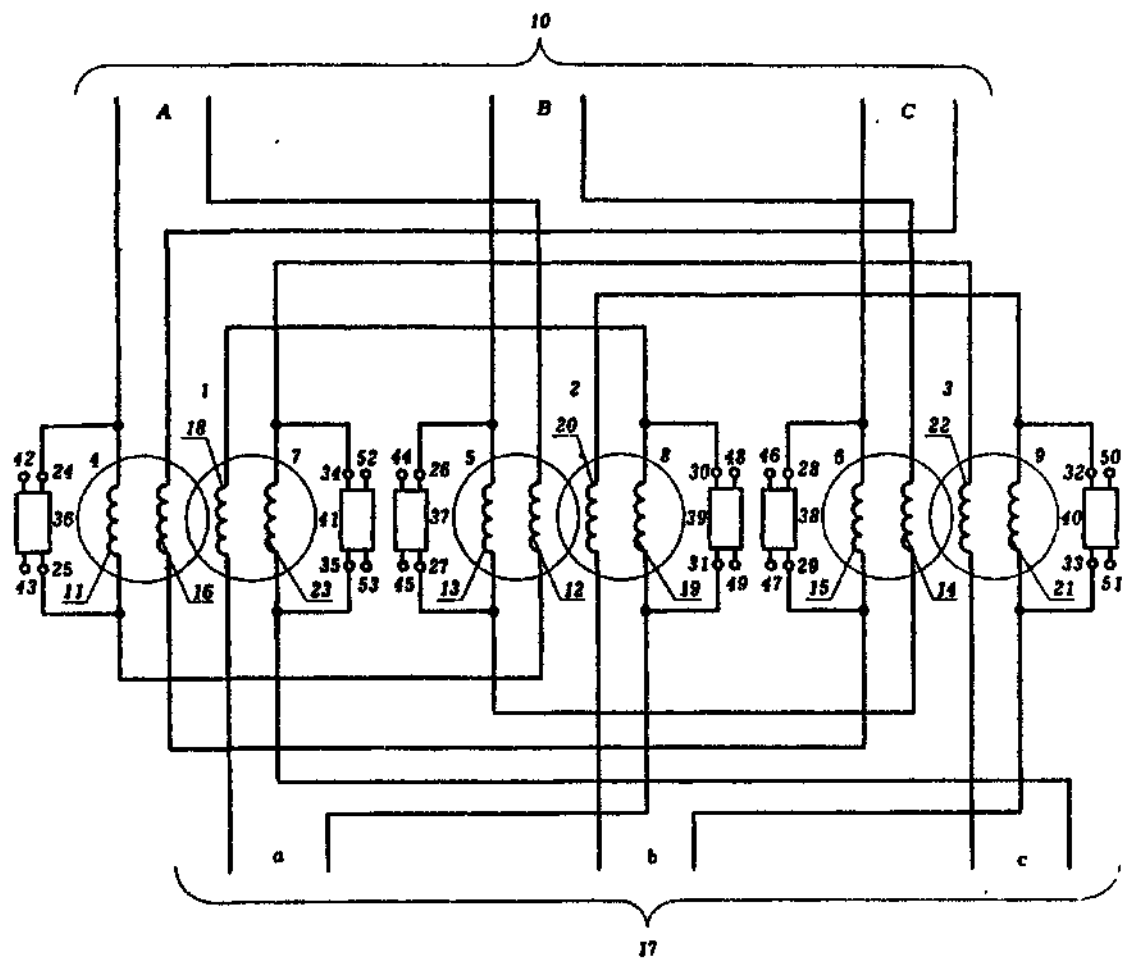


Fig. 1



Фиг. 2

Тираж 50 экз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»  
Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101  
(03122) 3-72-89 (03122) 2-57-03