



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 44488

(13) A

(51) 6 H01F30/12

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ТРАНСФОРМАТОР РОЗПОДІЛЬЧОЇ ТРИФАЗНОЇ МЕРЕЖІ

1

2

(21) 2001042629

(22) 18 04 2001

(24) 15 02 2002

(46) 15 02 2002, Бюл. № 2, 2002 р.

(72) Музиченко Юрій Олександрович, Музиченко
Оксана Олександрівна, Музиченко Олександр
Дмитрович

(73) Музиченко Юрій Олександрович

(57) 1 Трансформатор розподільчої трифазної мережі, який містить тристрижневий магнітопровід, три первинні обмотки, які розміщені по одній на кожному стрижні та з'єднані між собою різноіменними виводами та приєднані до лінійних фаз живильної мережі, та шість вторинних обмоток, поділених між собою на три перші та три другі обмотки і розміщені по одній першій та по одній другій обмотці на кожному стрижні магнітопроводу, причому кожна перша обмотка, яка розміщена на одному стрижні, з'єднана послідовно одноіменними виводами з однією другою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу, три послідовні з'єднання перших та других обмоток між собою з'єднані у трипроменеву зірку, промені якої приєднані до проводів лінійних фаз розподільчої мережі, а спільна точка зірки приєднана до проводу нульової фази розподільчої мережі, який відрізняється тим, що перша та друга обмотки, розміщені на середньому стрижні, з'єднані між собою різноіменними виводами, принаймні в одному з'єднанні першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані початковими виводами і принаймні в одному з'єднанні першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані кінцевими виводами

2 Трансформатор за п 1, який відрізняється тим,

що в одному послідовному з'єднанні першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані початковими виводами, а у двох інших послідовних з'єднаннях першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях магнітопроводу, обмотки між собою з'єднані кінцевими виводами

3 Трансформатор за п 1, який відрізняється тим, що в одному послідовному з'єднанні першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані кінцевими виводами, а у двох інших послідовних з'єднаннях першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані початковими виводами

4 Трансформатор за пп 1-3, який відрізняється тим, що площа поперечного перерізу проводу виводу нульової фази трансформатора принаймні в 1,5-2,5 рази більша площі поперечного перерізу проводу виводів лінійних фаз трансформатора, приєднаних до розподільчої мережі

5 Трансформатор за пп 1-4, який відрізняється тим, що струмопровідна здатність стрижня ізолятора нульової фази трансформатора в 1,5-2,5 рази більша струмопровідної здатності стрижня ізолятора лінійних фаз, приєднаних до розподільчої мережі

6 Трансформатор за пп 1-5, який відрізняється тим, що між первинними та вторинними обмотками розміщений екран, виконаний із струмопровідного матеріалу, неутворюючий короткозамкнений виток, ізолюваний від струмопровідних провідників первинних та вторинних обмоток та приєднаний до контуру заземлення трансформатора

Трансформатор відноситься до електротехніки і призначений для використання в низьковольтних розподільчих чотирипровідних мережах з нульовим проводом при наявності у мережах вищих гармонік струмів

Відомий трансформатор, первинні обмотки якого з'єднані у зірку, а вторинні - у зірку з нулем [1] При різко несиметричних навантаженнях у цьо-

го трансформатора виникають додаткові втрати енергії, які у 6 разів більші основних втрат трансформатора

Відомий трансформатор, первинні обмотки якого з'єднані у трикутник, а вторинні - у зірку з нулем [1] При виникненні у мережі струмів гармонік, кратних трьом, у такого трансформатора виникають додаткові втрати енергії, які у 3 - 4 рази бі-

(13) A

(11) 44488

(19) UA

льші за основні втрати трансформатора

Відомий трансформатор, первинні обмотки якого з'єднані у зірку, а вторинні - у зигзаг [1]. При різко несиметричних та неплінійних навантаженнях у цього трансформатора виникають додаткові втрати, які у 1,5 рази більші основних втрат трансформатора, крім того, струми третіх гармонік у первинних обмотках викликають додаткові втрати енергії та додаткове нагрівання баку трансформатора

Відомий трансформатор - прототип, первинні обмотки якого з'єднані у трикутник, а вторинні - у зигзаг [2]. Цей трансформатор містить

тристрижневий магнітопровід,

три первинні обмотки, які розміщені по одній на кожному стрижні та з'єднані між собою різноіменними виводами, причому точки цих з'єднань підімкнені до лінійних фаз живильної мережі,

шість вторинних обмоток, які поділені між собою на три перші та три другі обмотки і розміщені по одній першій та по одній другій обмотці на кожному стрижні магнітопроводу, кожна перша обмотка, яка розміщена на одному стрижні, з'єднана одноіменними виводами з однією другою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу, три послідовні з'єднання перших та других обмоток між собою сполучені у трипроменеву зірку, промені якої приєднані до проводів лінійних фаз розподільчої мережі, а спільна точка зірки приєднана до проводу нульової фази розподільчої мережі

Недоліком трансформатору - прототипу є те, що катушка, розташована, що складається з трьох обмоток, розміщених на середньому стрижні магнітопроводу, додатково підігривається теплом, яке виділяється від крайніх стрижнів та катушок, розташованих на цих крайніх стрижнях. Тому при номінальному режимі обмотки середнього стрижня нагріваються на 7 - 10 градусів Цельсія більше ніж обмотки, розташовані на крайніх стрижнях. З аналізу надійності роботи ізоляції відомо, що перегрів її на 10 градусів приводить до скорочення терміну служби трансформаторів на 30 - 50%. Скорочення терміну служби ізоляції пояснюється тим, що при перегріві ізоляції виникає прискорене старіння, висихання, кристалізація, розтріскування ізоляції та наступне її обсіпання. При умові незначної вібрації, яка завжди має місце у трансформаторах, між провідниками з пошкодженою ізоляцією може виникати коротке замикання. Ймовірність виникнення короткого замикання залежить від напруги між суміжними провідниками обмоток. Оскільки напруга між суміжними провідниками може досягати 220 - 240 і більше вольт, а площа дотику поверхонь вказаних провідників при тісному магнітному зв'язку може досягати 2 - 4 квадратних метрів, то надійність роботи трансформатора нижча за 0,999. Тому негативною властивістю трансформатора - прототипу є його недостатня надійність, викликана сумісною дією перегріву та порівняно високої напруги на ізоляції між сусідніми провідниками у катушці, розміщеній на середньому стрижні магнітопроводу.

У зв'язку із вказаним недоліком трансформатора - прототипу була поставлена задача - знизити напругу між обмотками, розміщеними на серед-

ньому стрижні магнітопроводу, оскільки обмотки, розміщені на крайніх стрижнях магнітопроводу, мають краще масляне або повітряне охолодження і запас по температурі перегріву

Поставлена задача розв'язана шляхом зміни принципової схеми з'єднання вторинних обмоток трансформатора, а саме тим, що у трансформаторі розподільчої трифазної мережі який містить тристрижневий магнітопровід, три первинні обмотки, які розміщені по одній на кожному стрижні та з'єднані між собою різноіменними виводами, причому точки цих з'єднань підімкнені до лінійних фаз живильної мережі, та шість вторинних обмоток, поділених між собою на три перші та три другі обмотки і розміщені по одній першій та по одній другій обмотці на кожному стрижні магнітопроводу, причому кожна перша обмотка, яка розміщена на одному стрижні, з'єднана одноіменними виводами з однією другою обмоткою, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу, три послідовні з'єднання перших та других обмоток між собою з'єднані у трипроменеву зірку, промені якої приєднані до проводів лінійних фаз розподільчої мережі, а спільна точка зірки приєднана до проводу нульової фази розподільчої мережі, введені зміни у принципову схему з'єднань, саме перша та друга обмотки, які розміщені на середньому стрижні, з'єднані між собою різноіменними виводами, принаймні в одному послідовному з'єднанні першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані початковими виводами, і принаймні в одному послідовному з'єднанні першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані кінцевими виводами

У першому пріоритетному варіанті в одному послідовному з'єднанні першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані початковими виводами, а у двох інших послідовних з'єднаннях першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані кінцевими виводами

У другому пріоритетному варіанті в одному послідовному з'єднанні першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані кінцевими виводами, а у двох інших послідовних з'єднаннях першої та другої обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані початковими виводами

Площа поперечного перерізу проводу виводу нульової фази від вторинних обмоток трансформатора до ізолятора принаймні в 1,5 - 2,5 рази більша площі поперечного перерізу кожного проводу виводів лінійних фаз трансформатора, приєднаних до розподільчої мережі

Струмопровідна здатність стрижня ізолятора нульової фази трансформатора в 1,5 - 2,5 рази більша струмопровідної здатності стрижня ізолятора лінійних фаз трансформатора, приєднаних до розподільчої мережі

Між первинними та вторинними обмотками розміщений екран, виконаний з струмопровідного матеріалу, неутворюючий короткозамкнений виток, ізолюваний від струмопровідних провідників первинних та вторинних обмоток та приєднаний до контуру заземлення трансформатора

Вказана зміна принципової схеми з'єднань об-

моток трансформатора зменшила напругу між провідниками першої та другої обмоток, розміщених на середньому стрижні магнітопроводу, з 220 вольт до 127 вольт, тобто на 43,3%. Це підвищило надійність роботи ізоляції обмоток, розміщених на середньому стрижні. Збільшення напруги на 15,1% на ізоляції між першою та другою обмотками, розміщеними на одному з крайніх стрижнів, не привело до зниження надійності роботи ізоляції, оскільки ці обмотки мають краще холодження. Тому надійності роботи ізоляції обмоток, розміщених на середньому та крайніх стрижнях, стали приблизно однаковими, що підвищило надійність роботи трансформатора в цілому до 0,9999.

Для пояснення суті винаходу додаються фіг. 1 – фіг. 3.

На фіг. 1 показане топографічне (фазорне) зображення схеми з'єднання обмоток трансформатора по першому пріоритетному варіанту.

На фіг. 2 показане топографічне (фазорне) зображення схеми з'єднання обмоток трансформатора по другому пріоритетному варіанту.

На фіг. 3 подана принципова схема з'єднання обмоток трансформатора, виконаного за першим пріоритетним варіантом.

На фіг. 1 позначено 1, 2, 3 – первинні обмотки, 4 - 9 – вторинні обмотки, 0 – спільна точка сполучення трьох послідовних з'єднань перших та других обмоток у трипроменеву зірку, відрізок 0 - 0 – вивід нульової фази трансформатора, • – точки, які розміщені біля виводу кожної обмотки і вказують на початковий вивід.

На фіг. 2 позначення співпадають з позначеннями фіг. 1.

На фіг. 3 позначено А, В, С – лінійні фази живильної високовольтної мережі, а, в, с, 0 – лінійні та нульова фази розподільчої низьковольтної мережі, 10 – стрижні магнітопроводу трансформатора, 11 – екран між первинними та вторинними обмотками. Позначення обмоток на фіг. 3 співпадають з позначеннями обмоток на фіг. 1.

Склад трансформатора. Трансформатор складається із магнітопроводу 10, обмоток 1 - 9 та екрану 11 (фіг. 3).

Конструкція трансформатора. На кожному стрижні тристрижневого магнітопроводу 10 розміщені три обмотки. Одна з трьох обмоток є первинною. Первинні обмотки виконані високовольтними. Три первинні обмотки 1, 2 та 3 між собою з'єднані різноіменними (початковий з кінцевим, або навпаки) виводами, приєднаними до лінійних фаз А, В, С живильної високовольтної мережі. Вторинні обмотки 4 - 9 розміщені по дві на кожному стрижні магнітопроводу. Обмотки 4 - 9 між собою поділені на три перші (4, 7, 8) та на три другі (5, 6, 9) обмотки (фіг. 3). Перші та другі обмотки розміщені по одній першій та по одній другій обмотці на кожному стрижні магнітопроводу. На першому стрижні розміщена перша обмотка 4 та друга обмотка 9, на другому стрижні розміщена перша обмотка 7 та друга обмотка 6, на третьому стрижні розміщена перша обмотка 8 та друга обмотка 5. Поділ обмоток стрижню на першу та другу не залежить від порядку фізичного розміщення обмоток на стрижні, а обирається довільно. Так, на першому стрижні за першу може бути прийнята обмотка 9, а за

другу – обмотка 4. У з'єднанні вторинних обмоток між собою є такі ознаки (фіг. 1 – фіг. 3).

Кожна перша обмотка, наприклад 4, яка розміщена на одному стрижні, з'єднана одноіменними виводами з однією другою обмоткою, наприклад 5, розміщеною на іншому стрижні магнітопроводу, і разом утворюють послідовні з'єднання обмоток, наприклад обмоток 4 та 5.

Три послідовні з'єднання перших та других обмоток між собою (4 та 5, 7 та 9, 6 та 8) сполучені у трипроменеву зірку, промені якої приєднані до провідників лінійних фаз а, в та с розподільчої мережі, а спільна точка зірки приєднана до провідника нульової фази 0 розподільчої мережі.

Перша (7) та друга (6) обмотки, які розміщені на середньому стрижні, з'єднані між собою різноіменними виводами (фіг. 1, фіг. 2).

Принаймні в одному послідовному з'єднанні першої (7) та другої (9) обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані початковими виводами (фіг. 1, фіг. 2).

Принаймні в одному послідовному з'єднанні першої (4) та другої (5) обмоток, розміщених на різних стрижнях, обмотки між собою з'єднані кінцевими виводами (фіг. 1, фіг. 2).

Типове скорочене позначення схем з'єднань первинних та вторинних обмоток даного трансформатора можна подати так "Трикутник - лямбда з нулем", або " $\Delta - \lambda$ з 0".

Робота трансформатора. При приєднанні трансформатора до високовольтної мережі на входні затискачі А, В та С подаються лінійні напруги. Серед вторинних обмоток перші обмотки між собою мають однакову кількість витків. Аналогічно, другі обмотки між собою також мають однакову кількість витків. За цих умов на виході трансформатора індуктується симетрична система фазних напруг, наприклад 220 вольт. Із топографічного зображення фіг. 1 видно, що при тісному магнітному зв'язку напруга між провідниками обмоток 6 та 7 дорівнює 127 вольт, замість 220 вольт у прототипі. Напруга між провідниками обмоток 5 та 8 дорівнює 220 вольт, а між провідниками обмоток 4 та 9 напруга становить 253 вольт, що на 15% більше ніж у прототипі (фіг. 1). Але таке збільшення напруги має місце лише між провідниками обмоток, розміщених на одному з крайніх стрижнів магнітопроводу, причому ізоляція між провідниками цих обмоток працює при меншій температурі ніж обмотки середнього стрижня.

Отже зниження напруги на ізоляції між провідниками обмоток, розміщених на середньому стрижні, підвищує надійність роботи трансформатора. Ймовірність пробою ізоляції обмоток скоротилась утричі, а термін служби трансформатора збільшиться приблизно удвічі.

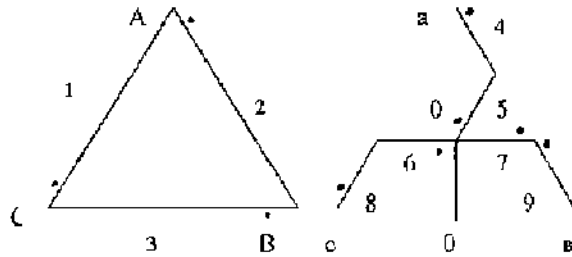
Такий трансформатор доцільно застосовувати як силовий у розподільчих мережах 220 / 380 вольт при наявності у мережах вищих гармонік струмів, особливо кратних трьом (3-ої, 9-ої, 15-ої і т.і.). Застосування таких трансформаторів зменшує втрати енергії у трансформаторі та мережі на 10 ÷ 15%, запобігає перегріву трансформатора та виходу його з ладу, а також покращує якість електричної енергії, зокрема зменшує напруги та струми нульової послідовності основної та вищих гар-

МОНІК

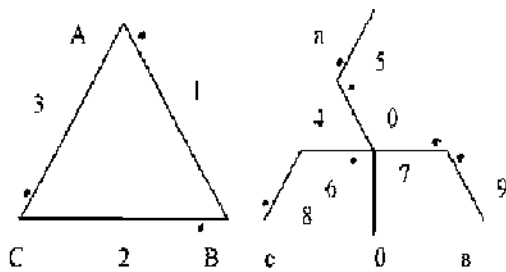
Список посилань

1 Електротехнический справочник / Под общ ред Грудинского П Г и др - М "Энергия", 1975, 775 с

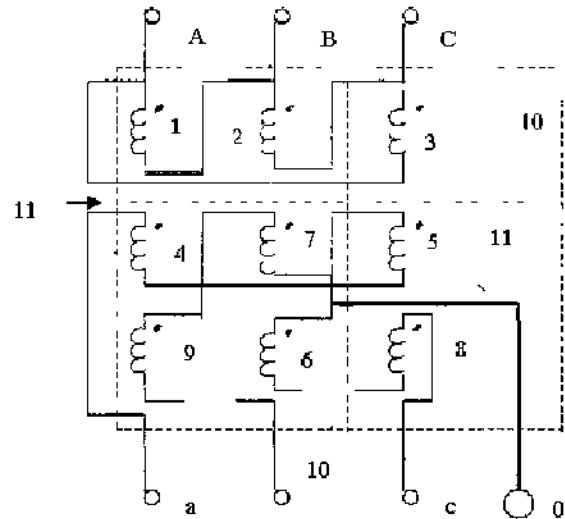
2 Menke W W, Croft F B Power distribution transformer for non-linear loads Патент США № 5416455, H01F 33/00, опубл 16 03 1995



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3