



УКРАЇНА

(19) UA (11) 95552 (13) C2

(51) МПК (2011.01)

H02J 1/00

H02J 3/26 (2006.01)

G05F 1/26 (2006.01)

G05F 1/14 (2006.01)

H04M 11/04 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ФАЗНИХ НАПРУГ ТРИФАЗНОГО ПРИЙМАЧА (ВАРІАНТИ)

1

(21) а201002525

(22) 09.03.2010

(24) 10.08.2011

(46) 10.08.2011, Бюл.№ 15, 2011 р.

(72) МУЗИЧЕНКО ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, МУ-  
ЗИЧЕНКО ОЛЕКСАНДР ДМИТРОВИЧ(73) МУЗИЧЕНКО ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, МУ-  
ЗИЧЕНКО ОЛЕКСАНДР ДМИТРОВИЧ

(56) US 4473817 A, 25.09.1984

SU 1304124 A1, 15.04.1987

UA 34226 A, 15.02.2001

US 5914540 A, 22.06.1999

US 6011381 A, 04.01.2000

US 7613043 B2, 03.11.2009

US 6020726 A, 01.02.2000

UA 200504865 A, 15.12.2006

WO 2007075057 A1, 05.07.2007

KR 200444316 Y1, 08.10.2008

(57) 1. Пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача, який містить вхідні та вихідні затискачі лінійних та нульової фаз трифазної мережі і контур повторного заземлення, який **відрізняється** тим, що

додатково має лічильник електричної енергії одnobічного або двобічного обліку, фільтр струмів нульової послідовності, однофазний автотрансформатор, який містить магнітопровід та обмотку з першим, другим крайніми та проміжним виводами, та принаймні один з трьох однофазних стабілізаторів напруги,

вхідні затискачі приєднані до входу лічильника електричної енергії одnobічного або двобічного обліку, а кожна лінійна фаза виходу вказаного лічильника приєднана до відповідного виводу лінійних фаз фільтра струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік та до відповідного вхідного виводу лінійної фази відповідного однофазного стабілізатора напруги,

вивід нульової фази виходу вказаного лічильника приєднаний до першого крайнього виводу автотрансформатора, другий крайній вивід автотрансформатора приєднаний до виводу нульової фази вказаного фільтра струмів нульової послідовності,

2

а проміжний вивід автотрансформатора з'єднаний із контуром вторинного заземлення, із виводами нульової фази принаймні одного однофазного стабілізатора напруги та вихідним затискачем нульової фази пристрою, а вивід вихідної лінійної фази принаймні одного стабілізатора напруги приєднаний до вихідного затискача лінійних фаз пристрою.

2. Пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача за п. 1, який **відрізняється** тим, що магнітопровід автотрансформатора містить повітряний просвіт.

3. Пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача за п. 1, який **відрізняється** тим, що мінімальна напруга насичення магнітопроводу автотрансформатора складає від 22 до 44 вольт.

4. Пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача за п. 1, який **відрізняється** тим, що магнітопровід автотрансформатора виконаний із легованої електротехнічної сталі наприклад 50НП, з прямокутною петлею гістерезису.

5. Пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача за п. 1, який **відрізняється** тим, що додатково має силовий стабілітрон, наприклад, варистор, який приєднаний до крайніх виводів обмотки автотрансформатора.

6. Пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача за п. 1, який **відрізняється** тим, що проміжний вивід обмотки автотрансформатора ділить цю обмотку на дві частини, відношення кількостей витків яких складає від 0,01 до 0,9, наприклад, 0,16.

7. Пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача, який містить вхідні та вихідні затискачі лінійних та нульової фаз трифазної мережі і контур повторного заземлення,

який **відрізняється** тим, що додатково має лічильник електричної енергії одnobічного або двобічного обліку, фільтр струмів нульової послідовності, принаймні один з трьох однофазних стабілізаторів напруги, однополюсний контактор з нормально закритими контактами або напівпровідниковий ключ, реле несиметрії напруг,

(13) C2

(11) 95552

(19) UA

наприклад, реле обриву фази та блок керування однополюсним контактором, вхідні затискачі приєднані до входу лічильника електричної енергії однобічного або двобічного обліку, а кожна лінійна фаза виходу вказаного лічильника приєднана до відповідного виводу лінійних фаз фільтра струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік, а також до відповідного вхідного виводу лінійної фази відповідного однофазного стабілізатора напруги, вивід нульової фази виходу вказаного лічильника приєднаний до першого з двох виводів однополюсного контактора із нормально закритими контактами, другий вивід якого приєднаний до виводу нульової фази вказаного фільтра струмів нульової послідовності, до контура вторинного заземлення, до виводу нульової фази принаймні одного однофазного стабілізатора напруги та до вихідного затискача нульової фази пристрою, вивід кожної вихідної лінійної фази принаймні одного стабілізатора напруги приєднаний до вихідного затискача лінійної фази пристрою, вхідні виводи реле несиметрії напруг приєднані до вихідних виводів вказаного лічильника, а вихідні виводи реле несиметрії напруг приєднані до входу блока керування однополюсним контактором.

8. Пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача, який містить вхідні та вихідні затискачі лінійних та нульової фаз трифазної мережі і контур повторного заземлення, який **відрізняється** тим, що додатково має лічильник електричної енергії однобічного або двобічного обліку, фільтр струмів нульової послідовності, принаймні один з трьох однофазних стабілізаторів напруги, однополюсний контактор з нормально закритими контактами або напівпровідниковий ключ, трифазний трансформатор, первинні та вторинні обмотки якого споряджені виводами нейтралей, реле несиметрії напруг, наприклад, реле обриву фази та блок керування

однополюсним контактором або напівпровідниковим ключем,

вхідні затискачі приєднані до входу лічильника електричної енергії однобічного або двобічного обліку, кожна лінійна фаза виходу вказаного лічильника приєднана до відповідного виводу лінійних фаз фільтра струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік, а також до вхідних виводів лінійних фаз первинних обмоток трифазного трансформатора, а виводи вихідних лінійних фаз вторинних обмоток трифазного трансформатора приєднані по одному до відповідної лінійної фази відповідного однофазного стабілізатора напруги, лінійні фази виходу якого приєднані до вихідних затискачів пристрою,

вивід нульової фази виходу вказаного лічильника приєднаний до першого з двох виводів однополюсного контактора із нормально закритими контактами або до першого виводу напівпровідникового ключа, другий вивід якого приєднаний до виводу нульової фази вказаного фільтра струмів нульової послідовності та до виводу нейтралі первинної обмотки трифазного трансформатора, вивід нейтралі вторинної обмотки трансформатора приєднаний до контура вторинного заземлення, до виводу нульової фази принаймні одного однофазного стабілізатора напруги та до вихідного затискача нульової фази пристрою,

вхідні виводи реле несиметрії напруг приєднані до вихідних виводів вказаного лічильника, а вихідні виводи реле несиметрії напруг приєднані до входу блока керування однополюсним контактором або напівпровідниковим ключем.

9. Пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача за п. 8, який **відрізняється** тим, що фільтр струмів нульової послідовності суміщений з трифазним трансформатором, а саме, первинні обмотки трифазного трансформатора виконані за однією зі схем фільтра струмів нульової послідовності, наприклад, за схемою "zigzag".

Пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача належить до електротехніки і призначений для використання у низьковольтній чотирипровідній трифазній мережі 0,38-0,4 кВ із глухо заземленою нульовою фазою (нейтраллю). Пристрій призначений для використання на ввіді мережі у споруду або житловий будинок, а також у проміжному пункті мережі споживача. Пристрій доцільно використовувати для живлення приймачів, які є чутливими до глибоких посадок напруги (до 90 %) тривалістю, найменше значення якої рівне 0,01 с, а найбільше значення посадки не обмежене в часі. Типовими представниками таких приймачів є комп'ютери та електронні засоби автоматизації виробництва.

Відомий пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача [1, 2]. Штучна нульова фаза пристрою створена з допомогою двох однофазних трансформаторів [1] або одного трифазного автотрансформатора, обмотки якого ввімкнені у зигзаг [2]. Штучна нульова фаза приєднана тільки

до контуру заземлення. Недолік пристрою - при обриві однієї з лінійних фаз розподільчої мережі на приймачах можливе збільшення фазної напруги до 380 вольт при номінальному значенні 220 вольт.

Відомий пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача, який містить фільтр струмів нульової послідовності [3-6], нульова фаза якого приєднана до нульової фази чотирипровідної трифазної мережі. Цей пристрій має задовільне подавлення посадок напруги при накидах потужності однофазного приймача, або у випадку однофазного короткого замикання. Його недолік - неспівмірно велика встановлена потужність та вартість фільтра струмів нульової послідовності. Крім того, у такого пристрою при застосуванні лічильників однобічного обліку електричної енергії, наприклад, СА4Е-5030 дають невірні показання, при яких плата за електричну енергію неправомірно збільшується у 1,5-3,0 рази. А похибка лічильників двобічного обліку у такому випадку не пере-

вищує 0,5 % - 1,0 %.

Відомий пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача, який містить фільтр струмів нульової послідовності та котушку індуктивності [7, 8]. Пристрій має у 2-3 рази меншу встановлену потужність, але має істотний недолік - коливання потенціалу нульової фази та посадки фазних напруг досягають 25-35 % при однофазних коротких замиканнях. Це негативно впливає на режим чутливих приймачів, зокрема на коливання потенціалу нульового проводу, що порушує екранування чутливих провідників та блоків.

Відомий пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача, який містить: розподільчу мережу, автотрансформатор з обмотками, устаткованими виводами; механічні або електро-механічні ключі; блоки керування [9-15]. Недоліки пристрою: недостатній коефіцієнт стабілізації, який не перевищує 2-3; коливання вхідної напруги входу системи у тому ж масштабі передаються у вихідну напругу; у пристрої, виконаному за [9-13, 15], у момент перемикання вихідна напруга зменшується до нуля і це може привести до збою у роботі чутливого приймача електроенергії.

Відомий пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача [16-18], який містить: розподільчу мережу, три конденсаторні батареї або три дроселі та три зустрічно ввімкнені пари тиристорів. Зміни кутів ввімкнення тиристорів по фазах виконує мікроконтролер або спеціалізована ЕОМ, керована вхідними напругами. Система призначена для компенсації флікеру (миготіння освітлювальних ламп). Недолік системи: недостатня швидкодія; швидкі коливання вхідної напруги частотою 5-25 Гц у тому ж масштабі передаються у вихідну напругу, що не позбавляє від флікеру на вищих частотах інфрачервоного діапазону.

Відомий пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача [19-21], який містить: розподільчу мережу, вольтодобавляючий трансформатор (бустер-трансформатор) та напівпровідникові вентиля, керовані блоком керування. Недолік системи: порівняно велика встановлена потужність елементів, зниження надійності роботи стабілізаторів, викликані різким збільшенням напівпровідникових елементів пристрою.

Найближчим аналогом (прототипом) до пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача, який заявляється, є пристрій для стабілізації напруг [22], який містить вхідні та вихідні затискачі лінійних та нульової фаз трифазної мережі, контур повторного заземлення, один основний та один додатковий однофазні трансформатори, конденсаторну батарею, при цьому контур повторного заземлення з'єднаний із затискачем нульової фази трифазної мережі. У пристрої застосована додаткова передача електричної енергії через додатковий однофазний трансформатор та конденсаторну батарею.

Недоліки прототипу: двофазний невідновлений режим навантаження; для стабілізації напруги приймачів необхідно безперервно регулювати величину конденсаторної батареї у залежності від величини та фазного кута струму приймачів енергії; недостатній коефіцієнт стабілізації вихід-

них напруг, який не перевищує 2,0-3,0; недостатня швидкодія, яка не перевищує 0,4 с; велика встановлена потужність елементів пристрою, яка перевищує 1,5.

У зв'язку зі вказаними недоліками прототипу була поставлена задача: збільшити швидкодію стабілізації до 0,003-0,01 с; зменшити втрати енергії у мережі та живильному трифазному трансформаторі; зменшити напруги та струми нульової послідовності основної та вищих гармонік; забезпечити неперервність живлення однофазних та трифазних приймачів енергії при однофазному короткому замиканні, включаючи замикання проводу однієї з фаз мережі на землю; забезпечити неперервність живлення при обриві проводу однієї з лінійних фаз мережі; зменшити похибку лічильників електричної енергії, обумовлену однобічним обліком.

Поставлена задача розв'язана шляхом поєднання взаємодоповнюючих стабілізуючих властивостей фільтра струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік та однофазного стабілізатора напруги з одночасним послабленням електричного зв'язку між вхідним та вихідним затискачами нульових фаз, а саме тим, що:

за першим незалежним пунктом формули виходу

до пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача, який містить вхідні та вихідні затискачі лінійних та нульової фаз трифазної мережі і контур повторного заземлення,

додано лічильник електричної енергії однобічного або двобічного обліку, фільтр струмів нульової послідовності, однофазний автотрансформатор, який має магнітопровід і обмотку з першим, другим та проміжним виводами, та принаймні один з трьох однофазних стабілізаторів напруги,

вхідні затискачі пристрою приєднані до входу лічильника електричної енергії однобічного або двобічного обліку, а кожна лінійна фаза виходу вказаного лічильника приєднана до відповідного виводу лінійних фаз фільтра струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік, а також до відповідного вхідного виводу лінійної фази відповідного однофазного стабілізатора напруги,

вивід нульової фази виходу вказаного лічильника приєднаний до першого крайнього виводу автотрансформатора, другий крайній вивід автотрансформатора приєднаний до виводу нульової фази вказаного фільтра струмів нульової послідовності,

а проміжний вивід автотрансформатора з'єднаний із контуром вторинного заземлення, із виводами нульової фази принаймні одного однофазного стабілізатора напруги та вихідним затискачем нульової фази пристрою, а вивід вихідної лінійної фази принаймні одного стабілізатора напруги приєднаний до вихідного затискача лінійних фаз пристрою.

Магнітопровід автотрансформатора містить повітряний просвіт.

Мінімальна напруга насичення магнітопроводу автотрансформатора складає від 22 до 44 вольт.

Магнітопровід автотрансформатора виконаний із легованої електротехнічної сталі, наприклад,

50НП, з прямокутною петлею гістерезису.

До пристрою додано силовий стабілітрон, наприклад, варистор, який приєднаний до крайніх виводів обмотки автотрансформатора.

Проміжний вивід обмотки автотрансформатора ділить цю обмотку на дві частини, відношення кількостей витків яких складає від 0,01 до 0,9, наприклад, 0,16.

Для кращого розуміння суті винаходу слід розглянути креслення, представлене на фіг. 1. На фіг. 1 показана блок-схема пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача.

На фіг. 1 позначено: А1, В1, С1, 01 - вхідні затискачі розподільчої мережі загального призначення; А2, В2, С2, 02 - вхідні затискачі пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача 15; А3, В3, С3, 03 - вихідні затискачі пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача 15; 1, 2, 3 - сторонні однофазні приймачі розподільчої мережі, які обумовлюють відхилення фазних напруг від номінального значення; 12, 13, 14 - приймачі, які живляться від пристрою для стабілізації фазних напруг; 4 - лічильник електричної енергії однобічного або двобічного обліку; 5 - обмотка автотрансформатора; 6 - проміжний вивід автотрансформатора; 7 - магнітопровід автотрансформатора; 11 - фільтр струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік; 8-10 - однофазні стабілізатори напруги; 18 - контур вторинного заземлення.

Склад та будова пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача 15 (фіг. 1). Пристрій 15 містить: вхідні А2, В2, С2, 02 та вихідні А3, В3, С3, 03 затискачі лінійних та нульової фаз; автотрансформатор з обмоткою 5 та магнітопроводом 7; лічильник електричної енергії однобічного або двобічного обліку 4; фільтр струмів нульової послідовності 11; принаймні один з однофазних стабілізаторів напруги 8-10. Вхідні затискачі А2, В2, С2, 02 пристрою приєднані до розподільчої мережі загального призначення А1, В1, С1, 01, а його вихідні затискачі А3, В3, С3, 03 приєднані до однофазних приймачів 12, 13 та 14, принаймні один з яких приєднаний до принаймні одного однофазного стабілізатора напруги 8-10. До розподільчої мережі приєднані також сторонні (збудуючі) приймачі, які викликають збурення фазних напруг: зниження рівню фазних напруг, зміщення потенціалу проводу нульової фази відносно потенціалу землі та коливання фазних напруг.

Робота пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача 15 (фіг. 1). Після приєднання вхідних затискачів пристрою А2, В2, С2, 02 до розподільчої мережі А1, В1, С1, 01 фазні напруги розподільчої мережі подаються через лічильник електричної енергії однобічного або двобічного обліку 4 та автотрансформатор з обмоткою 5 на фільтр струмів нульової послідовності 11 та принаймні один однофазний стабілізатор напруги 8-10.

Відомо, що поточні фазні напруги розподільчої мережі змінюються з часом. Причиною цього явища є добові, тижневі та сезонні зміни потужності або потужності збудуючих приймачів 1-3, які ви-

кликають відхилення фазних напруг, зміщення потенціалу проводу нульової фази відносно землі та коливання фазних напруг. Розглянемо вплив збудуючих приймачів 1-3 на складову нульової послідовності  $U_0$  фазних напруг розподільчої мережі більш детально. Напруга нульової послідовності  $U_0$  визначається формулою Кенелі

$$U_0 = \frac{\sum_{k=1}^3 (U_k \cdot Y_k)}{\sum_{k=1}^3 Y_k + Y_{от}}, \quad (1)$$

де:  $U_k$  та  $Y_k$  - вектор фазної напруги у  $k$ -тій фазі мережі та провідність опору збудуючого однофазного  $k$ -того приймача у комплексній формі;  $k = 1, 2, 3$ ;  $Y_{от}$  - провідність нульової фази трансформатора живильної мережі на підстанції. Якщо провідності збудуючих приймачів однакові, тобто

$$Y_1 = Y_2 = Y_3, \quad (2)$$

то зміщення потенціалу проводу нульової фази відносно землі відсутнє

$$U_0 = 0. \quad (3)$$

При порушенні рівності (2) порушується також рівність (3) і виникає напруга нульової послідовності  $U_0$  відповідно до (1). Відношення  $U_0/U_{но}$ , де  $U_{но}$  - номінальне значення фазної напруги, наприклад, 220 вольт, нормується за ГОСТ 13109-97 і не може перевищувати 2 % у допустимих режимах. Вимірювання параметрів якості напруг у розподільчих мережах, яке проведене нами, показало, що у приблизно 30 % розподільчих мереж коефіцієнт несиметрії фазних напруг за нульовою послідовністю не задовольняє нормі стандарту ГОСТ 13109-97. У таких мережах має місце незадовільна якість напруг.

Для покращення якості напруг, зокрема для зменшення коефіцієнта несиметрії за нульовою послідовністю застосовують приєднання фільтра струмів нульової послідовності до розподільчої мережі, в наслідок чого напруга нульової послідовності зменшується в 3-10 раз у залежності від відношення потужностей живильного трансформатора розподільчої мережі та фільтра струмів нульової послідовності.

Досвід застосування фільтра нульової послідовності показав, що несиметричне навантаження такого фільтра складається із двох складових: струмів нульової послідовності навантажень 12-14 пристрою та струмів нульової послідовності збудуючих приймачів 1-3. Після приєднання фільтра струмів нульової послідовності до розподільчої мережі напруга нульової послідовності зменшується не тільки у першого споживача, але й у всіх інших приймачів, приєднаних до даної розподільчої мережі загального користування. Але фільтр нульової послідовності споживача, який використовує цей фільтр, пропускає через себе приріст

потужності  $\Delta S$ , який обумовлений процесом перекачки потужності, наприклад, із однієї фази в дві інші решти. Приріст потужності  $\Delta S$  при зменшенні напруги нульової послідовності  $U_0$  до нульового значення дорівнює

$$\Delta S = (U_0)^2 \cdot \left( \frac{1}{\sum_{k=1}^3 Y_k + 1/Y_{от} + Z_{оф}} \right), \quad (4)$$

де  $Z_{оф}$  - опір нульової послідовності фільтра струмів нульової послідовності; оскільки модуль  $Z_{оф}$  більш ніж на порядок менший за величину кожного з доданків (4), то можна вважати для спрощення, що  $Z_{оф}$  прямує до нуля.

Приріст потужності  $\Delta S$  - комплексна величина і складається із активної  $\Delta P$  та реактивної  $\Delta Q$  потужностей.

$$\Delta S = \Delta P + j^* \Delta Q \quad (5)$$

Приріст активної потужності  $\Delta P$  та реактивної потужності  $j^* \Delta Q$  запишемо на вході лічильника електричної енергії по фазах

$$\Delta S = \Delta P_a + j^* \Delta Q_a + \Delta P_b + j^* \Delta Q_b + \Delta P_c + j^* \Delta Q_c, \quad (6)$$

причому:

$$\Delta P = \Delta P_a + \Delta P_b + \Delta P_c; \quad (7)$$

$$\Delta Q = j^* \Delta Q_a + j^* \Delta Q_b + j^* \Delta Q_c \quad (8)$$

Величини виразів (7) та (8) проаналізуємо для спрощення розгляду на такому конкретному прикладі. Припустимо, що провідності приймачів 2, 3, 12-14 рівні нулеві. Тоді активна потужність, на вході лічильника 4 повинна дорівнювати нулеві

$$\Delta P \approx 0, \quad (9)$$

оскільки фільтр струмів нульової послідовності має високий коефіцієнт корисної дії, не менший 99 %. Тобто

$$\Delta P = \Delta P_{a1} + \Delta P_{b1} + \Delta P_{c1} \approx 0 \quad (10)$$

де індекс 1 вказує на потужності фільтра струмів нульової послідовності, викликані у фазах А, В, С лише приєднанням приймача 1 до розподільчої мережі. У цьому випадку мають місце нерівності

$$\Delta P_{a1} < 0, \quad (11)$$

$$\Delta P_{b1} > 0, \quad (12)$$

$$\Delta P_{c1} > 0. \quad (13)$$

Величини потужностей, які входять у вирази (11)-(13), є досить великими і у десятки і сотні раз

перевищують похибку вимірювання лічильника 4.

Далі розглянемо реакцію лічильника електричної енергії однобічного та двобічного обліку. При двобічному обліку лічильник покаже алгебраїчну суму енергій притічних та стічних активних потужностей, тобто приблизно нульове значення споживаної потужності відповідно до (10),

$$\Delta P_1 = \Delta P_{a1} + \Delta P_{b1} + \Delta P_{c1} \approx 0, \quad (14)$$

оскільки притічна енергія враховується зі знаком плюс, а стічна енергія враховується зі знаком мінус. При однобічному обліку лічильник покаже арифметичну суму енергій лише притічних активних потужностей

$$\Delta P_1 = \Delta P_{b1} + \Delta P_{c1} \neq 0. \quad (15)$$

Одержані вирази при двобічному та однобічному обліку енергії одержані при умові, що споживання приймачів першого споживача відсутнє, тобто струми приймачів 12-14 рівні нулю.

Із виразів (14) та (15) випливає важливий наслідок: показники однобічного та двобічного обліку електричної енергії не співпадають. При однобічному обліку лічильник враховує не тільки ту енергію, яка протікає від джерела до навантаження, але й потужність перекачки фільтром енергії з однієї фази в інші. Тому однобічний облік при застосуванні фільтрів струмів нульової послідовності дає неправдиві результати, які можуть завищити плату за спожиту електричну енергію у 1,5-3,0 рази. При цьому вартість оплати не відповідає дійсному значенню спожитих кВт\*год. електричної енергії. Це пояснюється тим, що фільтр струмів нульової послідовності працює як насос, який перекачує енергію від двох фаз розподільчої мережі у третю, і навпаки. А лічильник однобічного обліку не враховує енергію, яка повертається у розподільчу мережу.

Не зважаючи на це, служби електрозбуту районних електричних мереж масово впроваджують у даний час лічильники однобічного обліку, устаткованими захистом від несанкціонованого доступу до них. Враховуючи ситуацію, яка склалась, у даному винаході запропоновано ослабити, а то і обірвати зв'язок між нульовими фазами розподільчої мережі та фільтра струмів нульової послідовності. Тому пристрій, який заявляється, позбавлений цього недоліку.

У варіанті виконання пристрою за першим пунктом формули винаходу між нульовими фазами мережі та фільтра струмів нульової послідовності ввімкнена обмотка 5 автотрансформатора з магнітопроводом 7. Таке ввімкнення в 15-20 разів і більше зменшує передачу енергії з однієї фази в іншу і наближає з похибкою 1-2 % реальне споживання першого споживача до показаного лічильником. За даним винаходом застосування лічильників однобічного обліку не призводить до непомірних витрат коштів першого приймача за спожиту енергію.

Друга корисність даного винаходу полягає у вирівнюванні потенціалу нульової фази живильного трансформатора, розміщеного на підстанції

10/0,4 кВ, і нульова фаза якого з'єднана з первинним контуром заземлення підстанції, з потенціалом нульової фази контура вторинного заземлення. Це досягнуто завдяки приєднанню контура вторинного заземлення 18 до проміжного виводу 6 автотрансформатора. Проміжний вивід 6 обмотки автотрансформатора ділить цю обмотку на дві частини, відношення кількостей витків яких складає від 0,01 до 0,9, наприклад, 0,16. Для досягнення еквіпотенціальності між нульовими фазами 01 та 03 пристрою обмотка автотрансформатора може мати декілька виводів. Дослідження чутливості напруги до струму ( $dU/dI$ ) затискачів низьковольтного боку трансформаторів  $Y/Y_0$  потужністю 63-1000 кВА розподільчих мереж показало, що фазні кути опорів нейтралі ZN та лінійної фази ZL однакові по величині (середня їх різниця знаходиться у межах  $0,8^\circ \pm 1,05^\circ$ ). Крім того, модулі фазних кутів опорів нейтралі ZN та лінійної фази ZL вказаних трансформаторів відносяться між собою як 1: (5,87±0,4). Такі властивості силових трансформаторів розподільчих мереж обумовили ввімкнення обмотки автотрансформатора між затискачем нульової фази 02 розподільчої мережі та виводом нульової фази фільтра струмів нульової послідовності, а затискач нульової фази пристрою 03 приєднати до проміжного виводу 6 автотрансформатора. Таке з'єднання багатократно зменшує перетоки між нульовою фазою підстанції 01 та нульовою фазою 03 першого споживача. Останнє знижує паразитні наведення напруг у сигнальних та логічних колах засобів електронної техніки, підвищує безпеку обслуговуючого персоналу та протипожежну безпеку, знижує втрати в землі.

Третя корисність даного винаходу полягає у поєднанні стабілізуючих властивостей фільтра струмів нульової послідовності та однофазних стабілізаторів напруги. Включення обмотки автотрансформатора між нульовими фазами 02 мережі та вказаного фільтра призвело до такого режиму фільтра струмів нульової послідовності 11, при якому у трикутнику лінійних напруг з вершинами A2, B2, C2 положення нульової фази 03 визначається точкою перетину медіан трикутника та потенціалом точки 02. Нагадаємо, що положення нульової фази 02 у цьому трикутнику визначається величинами провідностей  $Y_1, Y_2, Y_3$  відповідно до виразу (1). Отже введення великого опору між фазами 02 та 03, що реалізоване з допомогою обмотки 5 автотрансформатора, змістило потенціал фази 03 у проміжну точку, між точкою 02 та точкою перетину медіан, яка мало залежить від навантажень 1,2,3 споживачів, тобто від провідностей  $Y_1, Y_2, Y_3$ . Тому відхилення та коливання фазних напруг, які мають місце на затискачах A2, B2, C2, 02, відсутні на затискачах A2, B2, C2, 03, а також на виводах вказаного фільтра та на вихідних затискачах A3, B3, C3, 03. Отже фазні напруги на виводах фільтра струмів нульової послідовності є достатньо стабільними, навіть при однофазному короткому замиканні одного із приймачів  $Y_1, Y_2, Y_3$ , що підвищує надійність і живучість системи електропостачання. При короткому замиканні на виводах приймача 3 фазні напруги  $U_a, U_b, U_c$  на вході стабілізаторів напруги 8-10 не менші за 94 %, 92 % та 75 % відповідно по відношенню до їх номінального значення. Крім того, кожен із стабілізаторів фаз 8-10 самостійно стабілізує фазні напруги. При цьому кількість посадок напруг та діапазон стабілізації напруг зменшуються. Тому введення фільтра струмів нульової послідовності збільшує функціональні можливості стабілізаторів напруг 8-10, наприклад, збільшує діапазон стабілізації вхідних напруг.

Четверта корисність даного винаходу полягає у зменшенні потужності споживання на величину, яка визначається з виразу (4). Введення у коло нульової фази обмотки 5 автотрансформатора приводить до зменшення приросту потужності  $\Delta S$  до нульового значення через те, що Zoo прямує до нескінченості (розрив кола). Зменшення приросту суми потужності приймачів 1-3 викликає зменшення втрат у розподільчій мережі та живильному трансформаторі.

П'ята корисність даного винаходу полягає у тому, що пристрій вловлює і не допускає до розподільчої мережі та до живильного трансформатора гармоніки струму кратні трьом, через що істотно зменшуються втрати енергії та нагрівання трансформатора.

Однією з корисних властивостей пристрою є підвищення швидкодії реагування на швидкі зміни фазних напруг. Стабілізація фазних напруг відбувається двома шляхами: перший шлях - безпосередньо принаймні одним стабілізатором фазних напруг 8-10; другий шлях - створення штучної нульової фази 03, потенціал і фазні напруги якої практично не залежать від сторонніх збурюючих навантажень 1-3. Тому більша частина змін фазних напруг, утворених спільною нульовою фазою 02, не доходять до фазних напруг, утворених спільною нульовою фазою 03. Тому сумарна швидкодія в останньому випадку доведена до блискучої. Тому в цілому швидкодія даного пристрою для стабілізації однофазних напруг знаходиться у межах 0,003-0,01 секунди.

З метою забезпечення надійності електроспоживання при обриві однієї з лінійних фаз вжито таких заходів:

- магнітопровід автотрансформатора містить повітряний просвіт;
- мінімальна напруга насичення магнітопроводу автотрансформатора складає від 22 до 44 вольт;
- магнітопровід автотрансформатора виконаний із легованої електротехнічної сталі з прямокутною петлею гістерезису, наприклад, 50НП;
- до пристрою додано силовий стабілітрон, наприклад, варистор, який приєднаний до крайніх виводів обмотки автотрансформатора;
- проміжний вивід обмотки автотрансформатора ділить цю обмотку на дві частини, відношення кількостей витків яких складає від 0,01 до 0,9, наприклад, 0,16.

Отже заявлений пристрій дає можливість:

- збільшити швидкодію стабілізації до 0,003-0,01 с;
- зменшити втрати енергії у мережі та живильному трифазному трансформаторі; зменшити напруги та струми нульової послідовності основної та вищих гармонік; забезпечити неперервність

живлення однофазних та трифазних приймачів енергії при фазному короткому замиканні, у тому числі при замиканні проводу однієї з фаз мережі на землю; забезпечити неперервність живлення при обриві однієї з лінійних фаз мережі; зменшити похибку лічильників електричної енергії, обумовлену однобічним обліком.

Як було вказано вище, поставлена задача розв'язана шляхом поєднання взаємодоповнюючих стабілізуючих властивостей фільтра струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік та однофазного стабілізатора напруги з одночасним послабленням електричного зв'язку між вхідним та вихідним затискачами нульових фаз, а саме тим, що:

за другим незалежним пунктом формули винаходу

до пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача, який містить вхідні та вихідні затискачі лінійних та нульової фаз трифазної мережі і контур повторного заземлення,

додано лічильник електричної енергії однобічного або двобічного обліку, фільтр струмів нульової послідовності, принаймні один з трьох однофазних стабілізаторів напруги, однополюсний контактор з нормально закритими контактами або напівпровідниковий ключ, реле несиметрії напруг, наприклад, реле обриву фази та блок керування однополюсним контактором,

вхідні затискачі пристрою приєднані до входу лічильника електричної енергії однобічного або двобічного обліку, а кожна лінійна фаза виходу вказаного лічильника приєднана до відповідного виводу лінійних фаз фільтра струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік, а також до відповідного вхідного виводу лінійної фази принаймні одного однофазного стабілізатора напруги,

вивід нульової фази виходу вказаного лічильника приєднаний до першого з двох виводів однополюсного контактора із нормально закритими контактами або першого виводу напівпровідникового ключа, другий вивід якого приєднаний до виводу нульової фази вказаного фільтра струмів нульової послідовності, до контура вторинного заземлення, до виводу нульової фази принаймні одного однофазного стабілізатора напруги та до вихідного затискача нульової фази пристрою, вивід кожної вихідної лінійної фази принаймні одного стабілізатора напруги приєднаний до вихідного затискача лінійної фази пристрою,

вхідні виводи реле несиметрії напруг приєднані до вихідних виводів вказаного лічильника, а вихідні виводи реле несиметрії напруг приєднані до входу блока керування однополюсним контактором.

Для кращого розуміння суті винаходу за другим незалежним пунктом формули винаходу необхідно розглянути креслення, представлене на фіг. 2. На фіг. 2 показана блок-схема пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача з однополюсним контактором (або напівпровідниковим ключем).

На фіг. 2 позначено: 16 - реле несиметрії напруг, наприклад, реле обриву фази; 17 - блок керування однополюсним контактором, або напів-

провідниковим ключем; 19 - нормально закриті контакти однополюсного контактора; 19,а - обмотка однополюсного контактора; 20 - пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача. Решта позначень фіг. 2 співпадає із позначеннями фіг. 1.

Склад та будова пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача 20 (фіг. 2). Пристрій 20 містить: вхідні А2, В2, С2, 02 та вихідні А3, В3, С3, 03 затискачі лінійних та нульової фаз; однополюсний контактор із нормально закритими контактами 19 та його обмоткою 19,а або напівпровідниковий ключ, наприклад, тиристорний; лічильник електричної енергії однобічного або двобічного обліку 4; фільтр струмів нульової послідовності 11; принаймні один із однофазних стабілізаторів напруги 8-10; реле несиметрії напруг 16; блок керування однополюсним контактором 17. Вхідні затискачі А2, В2, С2, 02 пристрою приєднані до розподільчої мережі загального призначення А1, В1, С1, 01, а вихідні затискачі пристрою А3, В3, С3, 03 приєднані до однофазних приймачів 12, 13 та 14. На фіг. 2 показана група приймачів 1-3, які обумовлюють одну частину нестатильності напруг приймачів 12-14.

Робота пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача 20 (фіг. 2). Після приєднання вхідних затискачів пристрою А2, В2, С2, 02 до розподільчої мережі А1, В1, С1, 01 фазні напруги подаються через лічильник електричної енергії однобічного або двобічного обліку до однополюсного контактора або до напівпровідникового ключа, не далі. Однополюсний контактор має нормально закриті контакти 19. При відсутності аварій нормально закриті контакти 19 є не замкненими. Тому на фільтр струмів нульової послідовності 11 та принаймні один однофазний стабілізатор напруги 8-10 подається лише система трифазних лінійних напруг. Фільтр струмів нульової послідовності 11 із лінійних напруг генерує штучну нульову фазу 03, яка подається на виводи принаймні одного однофазного стабілізатора напруги 8-10 та на вихідний затискач нульової фази пристрою 03. Тому фазні напруги формуються частково за рахунок лінійних напруг мережі, а частково за рахунок створення штучної нульової фази 03. Приймачі пристрою 12-14 живляться від стабілізованої системи фазних напруг, яка має місце на вихідних затискачах пристрою А3, В3, С3, 03.

У безаварійному режимі роботи пристрою для стабілізації фазних напруг 20 однополюсний контактор 19, керований його обмоткою 19,а, або напівпровідниковий ключ знаходиться у розімкненому стані. Однополюсний контактор 19 знаходиться у такому стані до тих пір, поки реле несиметрії напруг 16, наприклад, реле обриву фаз не виявить аварійний стан живильних напруг на затискачах А2, В2, С2 та 03. При аварії, наприклад, при обриві лінійної фази А розподільчої мережі спрацьовує реле 16 і подає сигнал на блок керування 17, який знеструмлює обмотку 19,а, чим замикає силові контакти однополюсного контактора 19. При замиканні силових контактів 19 нульова фаза розподільчої мережі 02 та штучна нульова фаза 03 об'єднуються одна з одною. А це дає можливість

фільтра струмів нульової послідовності 11 миттєво згенерувати напругу в обірваному проводі лінійної фази А і цим забезпечити неперервність живлення приймачів 12-14.

Розглянемо коротке замикання на виводах приймача 1. Контакти однополюсного контактора 19 знаходиться у робочому (розімкненому) стані. Нульова фаза розподільчої мережі 02 та штучна нульова фаза 03 залишаються не з'єднаними між собою. У цьому випадку фільтр струмів нульової послідовності 11 генерує нульову фазу 03 і тим забезпечує неперервність живлення приймачів 12-14 при короткому замиканні між нульовою та лінійною фазами розподільчої мережі. Відхилення (зниження) фазних напруг на затискачах А2, В2, С2 та 03 при короткому замиканні між фазами С1 та 01 не перевищують 6 %, 8 % та 25 % по фазах відповідно по відношенню до їх номінального значення. Подальша компенсація відхилення напруг покладається на однофазні стабілізатори 8-10. Це підвищує надійність і живучість системи електропостачання.

Отже, і при однофазному короткому замиканні на виводах приймача 3 і при обриві проводу лінійної фази пристрій забезпечує стабілізацію фазних напруг  $U_a$ ,  $U_b$ ,  $U_c$  на виході стабілізаторів напруги 8-10 при живленні приймачів від розподільчої мережі загального призначення (фіг. 2).

Причиною нестабільності напруг, з одного боку, є добові, тижневі та сезонні зміни напруги в розподільчих мережах, а, з другого боку, така нестабільність викликається зміною потужності збудованих приймачів 1-3 інших власників (споживачів) даної мережі. Ця нестабільність проявляється: у відхиленні фазних напруг від номінального значення, у зміщенні потенціалу проводу нульової фази відносно землі та у коливанні фазних напруг. Розгляд впливу збудованих приймачів 1-3 на складову нульової послідовності  $U_0$  фазних напруг розподільчої мережі був описаний виразами (1)-(15).

Тому розглянемо лише реакцію пристрою, показаного на фіг. 2, на відхилення напруг, спричинені сезонними змінами напруг розподільчої мережі на затискачах А1, В1, С1 та 01. Такі зміни напруг є повільними; коли такі зміни приходять на вхід принаймні одного із стабілізаторів напруги 8-10, то вони компенсуються у вихідній однофазній напрузі стабілізаторів 8-10.

Трифазна система вихідних напруг на затискачах А3, В3, С3, 03 не має симетричних складових нульової та зворотної послідовностей, тому така система напруг задовольняє відповідним вимогам ГОСТ 13109-97.

Лічильники однобічного та двобічного обліку енергії пристрою для стабілізації однофазних напруг також не мають істотних додаткових похибок. За даним винаходом застосування лічильників однобічного обліку не призводить до непомірних витрат коштів першого споживача (приймачі 12-14) за спожиту енергію. Тому в такому пристрої можуть використовуватись обидва типи названих лічильників.

Ще одна корисність даного винаходу полягає у поєднанні стабілізуючих властивостей фільтра

струмів нульової послідовності та однофазних стабілізаторів напруги. Введення однополюсного контактора із нормально замкненими контактами або напівпровідникового ключа привело до розриву зв'язку між нульовими фазами 02 та 03, в результаті чого потенціал нульової фази 03 розташовується між потенціалом нульової фази 02 та точкою перетини його медіан трикутника напруг з вершинами А2, В2, С2.

Застосування фільтра струмів нульової послідовності не приводить до збільшення потужності споживання на величину, яка визначається виразом (4).

Пристрій вловлює і не допускає до розподільчої мережі та до живильного трансформатора гармоніки струму кратні трьом, через що істотно зменшуються втрати енергії в розподільчій мережі та живильному трансформаторі.

При несиметричних навантаженнях приймачів 12-14 має місце зменшення максимального струму в лінії та живильному трансформаторі розподільчої мережі, що не менше ніж у 1,5-1,8 рази зменшує втрати і нагрів живильного трансформатора.

Отже заявлений пристрій за другим незалежним пунктом формули винаходу також дає можливість:

- збільшити швидкодію стабілізації до 0,003-0,01 с;
- зменшити втрати енергії у лінії мережі та живильному трансформаторі;
- зменшити напруги та струми нульової послідовності основної та вищих гармонік;
- забезпечити неперервність живлення однофазних та трифазних приймачів енергії при однофазному короткому замиканні проводу однієї з фаз мережі на землю;
- забезпечити неперервність живлення при обриві проводу однієї з лінійних фаз мережі;
- зменшити похибку лічильників електричної енергії, обумовлену однобічним обліком.

Як було вказано вище, поставлена задача розв'язана шляхом поєднання взаємодоповнюючих стабілізуючих властивостей фільтра струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік та однофазного стабілізатора напруги при одночасному послабленні електричного зв'язку між вхідним та вихідним затискачами нульових фаз, а саме тим, що:

за третім незалежним пунктом формули винаходу

до пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача, який містить вхідні та вихідні затискачі лінійних та нульової фаз трифазної мережі і контур повторного заземлення,

додано лічильник електричної енергії однобічного або двобічного обліку, фільтр струмів нульової послідовності, принаймні один з трьох однофазних стабілізаторів напруги, однополюсний контактор з нормально закритими контактами або напівпровідниковий ключ, трифазний трансформатор, первинні та вторинні обмотки якого споряджені виводами нейтралей, реле несиметрії напруг, наприклад, реле обриву фази та блок керування однополюсним контактором або напівпровідниковим ключем,

вхідні затискачі пристрою приєднані до входу лічильника електричної енергії однобічного або



двобічного обліку, кожна лінійна фаза виходу вказаного лічильника приєднана до відповідного виводу лінійних фаз фільтра струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік та до відповідних вхідних виводів лінійних фаз первинних обмоток трифазного трансформатора, а виходи вихідних лінійних фаз вторинних обмоток трифазного трансформатора приєднані по одному до лінійної фази відповідного однофазного стабілізатора напруги, виходи відповідного однофазного стабілізатора напруги приєднані до вихідних затисків пристрою,

вивід нульової фази виходу вказаного лічильника приєднаний до першого з двох виводів однополюсного контактора із нормально закритими контактами або до першого виводу напівпровідникового ключа, другий вивід якого приєднаний до виводу нульової фази вказаного фільтра струмів нульової послідовності та до виводу нейтралі первинної обмотки трифазного трансформатора, вивід нейтралі вторинної обмотки трансформатора приєднаний до контура вторинного заземлення, до виводу нульової фази принаймні одного однофазного стабілізатора напруги та до вихідного затискача нульової фази пристрою,

вхідні виводи реле несиметрії напруг приєднані до вихідних виводів вказаного лічильника, а вихідні виводи реле несиметрії напруг приєднані до входу блока керування однополюсним контактором, або напівпровідниковим ключем.

Фільтр струмів нульової послідовності суміщений з трифазним трансформатором, а саме, первинні обмотки трифазного трансформатора виконані за однією зі схем фільтра струмів нульової послідовності, наприклад, за схемою «zigzag».

Для кращого розуміння суті винаходу за третім незалежним пунктом формули винаходу необхідно розглянути креслення, представлені на фіг. 3 та фіг. 4.

На фіг. 3 показана блок-схема пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача з трифазним трансформатором.

На фіг. 4 показана блок-схема пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача з трифазним трансформатором, суміщеним із фільтром струмів нульової послідовності.

На фіг. 3 позначено: 21 - трифазний трансформатор; 22 - пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача з трифазним трансформатором. Решта позначень фіг. 3 співпадає із позначеннями фіг. 1 та фіг. 2.

На фіг. 4 позначено: 23 - трифазний трансформатор, суміщений із фільтром струмів нульової послідовності; 24 - пристрій для стабілізації фазних напруг трифазного приймача з трифазним трансформатором, суміщеним із фільтром струму нульової послідовності. Решта позначень фіг. 4 співпадає із позначеннями фіг. 1, фіг. 2 та фіг. 3.

Склад та будова пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача 22 (фіг. 3). Пристрій 22 містить: вхідні A2, B2, C2, 02 та вихідні A3, B3, C3, 03 затискачі лінійних та нульової фаз; однополюсний контактор із нормально закритими контактами 19 та обмоткою 19,а або напівпровідниковий ключ; лічильник електричної енергії одно-

бічного або двобічного обліку 4; фільтр струмів нульової послідовності 11; трифазний трансформатор 21, первинні та вторинні обмотки якого споряджені виводами нейтралей; принаймні один з однофазних стабілізаторів напруги 8-10; реле несиметрії напруг 16; блок керування однополюсним контактором 17 або напівпровідниковим ключем. Вхідні затискачі A2, B2, C2, 02 пристрою приєднані до розподільчої мережі загального призначення A1, B1, C1, 01, а вихідні затискачі пристрою A3, B3, C3, 03 приєднані до однофазних приймачів 12, 13 та 14. Приймачі 1-3 належать до збурюючих, тобто таких, які викликають спотворення якості електричних напруг, наприклад, недопустимі відхилення фазних напруг від номінального значення. Трифазний трансформатор 21 може мати різноманітні схеми ввімкнення первинних обмоток, наприклад, Y. Вторинні обмотки трифазного трансформатора виконані за однією зі схем фільтра струмів нульової послідовності (фіг. 3), наприклад, схеми «zigzag» (Zo). Для фільтрації гармонік кратних трьом вторинні обмотки трансформатора 21 можуть бути виконані за схемами фільтра струмів нульової послідовності:  $\lambda$  («лямбда»), A - I T - подібних схем, Y/ відкритий  $\Delta$ , і т. і.

У варіанті виконання пристрою 24 фільтр струмів нульової послідовності суміщений з трифазним трансформатором, а саме, первинні обмотки трифазного трансформатора 23 виконані за однією зі схем фільтра струмів нульової послідовності, наприклад, за схемою «zigzag» (фіг. 4). У цьому варіанті і первинні і вторинні обмотки трифазного трансформатора 23 ввімкнені за схемою фільтра струмів нульової послідовності, наприклад, за схемою «zigzag» (Zo).

Робота пристрою для стабілізації фазних напруг трифазного приймача 21 (фіг. 3). Після приєднання вхідних затисків пристрою A2, B2, C2, 02 до розподільчої мережі A1, B1, C1, 01 фазні напруги подаються через лічильник електричної енергії однобічного або двобічного обліку до однополюсного контактора із нормально закритими контактами 19 або до напівпровідникового ключа, не далі. У робочому стані контакти однополюсного контактора 19 розімкнуті, тому лише лінійні напруги подаються на фільтр струмів нульової послідовності 11 та на первинні обмотки трифазного трансформатора 21. Із лінійних напруг фільтр струмів нульової послідовності генерує штучну нульову фазу, яка подається на вивід нейтралі первинних обмоток трифазного трансформатора 21. Вивід нейтралі вторинних обмоток трифазного трансформатора 21 подається на контур вторинного заземлення 18, на вивід нульової фази принаймні одного однофазного стабілізатора напруги 8-10 та на вихідний затискач нульової фази пристрою 03.

У безаварійному режимі роботи пристрою для стабілізації фазних напруг 22 однополюсний контактор 19 знаходиться у розімкненому стані. Однополюсний контактор 19 знаходиться у такому стані до тих пір, поки реле несиметрії напруг 16, наприклад, реле обриву фаз не виявить аварійний стан живильних напруг на затискачах A2, B2, C2 та 03 (фіг. 3). При аварії, наприклад, при обриві лінійної фази A розподільчої мережі спрацьовує реле

16 і подає сигнал на блок керування 17, який знес-трумлює обмотку 19, а і тим замикає контакти од-нополюсного контактора 19. При виключенні кон-тактора 19 нульова фаза розподільчої мережі 02 та штучна нульова фаза вказаного фільтра 11 об'єднуються одна з одною. А це дає можливість фільтра струмів нульової послідовності 11 миттєво згенерувати напругу у проводі обірваної лінійної фази А і цим забезпечити неперервність живлення приймачів 12-14.

Розглянемо коротке замикання на виводах приймача 1. Контакти однополюсного контактора 19 знаходяться у розімкненому стані. Нульова фа-за розподільчої мережі 02 та штучна нульова фаза фільтра залишаються не з'єднаними між собою. У цьому випадку фільтр струмів нульової послідов-ності 11 генерує нульову фазу і тим забезпечує неперервність живлення приймачів 12-14 при ко-роткому замиканні між нульовою та лінійною фа-зами на виводах приймача 1 розподільчої мережі. Відхилення (зниження) фазних напруг на затиска-чах А2, В2, С2 відносно нейтралі первинних обмо-ток трансформатора 21 при короткому замикання між фазами С1 та 01 не перевищують 6 %, 8 % та 25 % по фазах відповідно по відношенню до їх номінального значення. Подальше зменшення відхилень фазних напруг здійснюється однофаз-ними стабілізатори 8-10. Це підвищує надійність і живучість системи електропостачання, яку забез-печує даний заявлений пристрій (фіг. 3).

Отже, і при короткому замиканні на виводах збурюючого приймача 1 і при обриві проводу лі-нійної фази А мережі пристрій забезпечує стабілі-зацію фазних напруг  $U_a$ ,  $U_b$ ,  $U_c$  на виході стабілі-заторів напруги 8-10 при живленні приймачів 12-14.

Трифазна система вихідних напруг на затис-качах А3, В3, С3, 03 не має симетричних складо-вих нульової та зворотної послідовності, тому така система напруг задовольняє відповідній вимозі ГОСТ 13109-97.

Лічильники однобічного та двобічного обліку енергії пристрою для стабілізації однофазних на-пруг не мають істотних додаткових похибок. За даним варіантом винаходу застосування лічильни-ків однобічного обліку не призводить до декілька разового збільшення витрат коштів споживача за спожиту енергію. Тому в такому пристрої можуть використовуватись обидва типи названих лічиль-ників.

Поєднання стабілізуючих властивостей фільт-ра струмів нульової послідовності та однофазних стабілізаторів напруги дає можливість миттєво реагувати на збурення напруги, викликані іншими приймачами даної розподільчої системи, а інші нестабільності напруги, наприклад, сезонні зміни компенсувати однофазними стабілізаторами.

У варіанті виконання пристрою фільтр струмів нульової послідовності 11 (фіг. 3) суміщений з трифазним трансформатором 21 (фіг. 3) шляхом об'єднання функцій фільтра струмів нульової по-слідовності та первинних обмоток трифазного тра-нсформатора 23 (фіг. 4). При цьому необхідність у фільтрі струмів нульової послідовності 11 відпа-дає. Для надання трифазному трансформатору

властивостей фільтра струмів нульової послідов-ності первинні обмотки трифазного трансформа-тора виконані за однією зі схем фільтра струмів нульової послідовності, наприклад, за схемою «зи-гзаг», за схемою «лямбда» (умовно несиметрич-ний «зигзаг»), А - та Т - подібними схемами та ін-шими схемами.

Виконання пристрою за варіантом, показаним на фіг. 4, має на 25 % меншу встановлену потуж-ність і, крім цього, корисний тим, що має обмеже-ний гальванічний зв'язок з розподільчою мережею, що дає можливість легко подавляти наведені сиг-нали трифазної розподільчої мережі, а також по-давляє сигнали витоку технічної інформації при-ймачів 12-14.

Застосування фільтра струмів нульової послі-довності не приводить до збільшення потужності споживання на величину, яка визначається вира-зом (4).

Пристрій вловлює і не допускає до розподіль-чої мережі та до живильного трансформатора га-рмоніки струму кратні трьом, через що істотно зменшуються втрати енергії.

При несиметричних навантаженнях приймачів 12-14 має місце зменшення максимального струму в лінії та живильному трансформаторі розподіль-чої мережі, що не менше ніж у 1,5-1,8 рази теж зменшує втрати і нагрів живильного трансформа-тора.

Пристрій призначений для застосування у ни-зковольтній чотирипровідній розподільчій мережі 0,38-0,4 кВ загального призначення із глухо зазе-мленою нульовою фазою.

Джерела інформації:

1. Randall R.P. Grounding transformer and protective system there for. Патент США № 2523778, публікація 23.02.1949.

2. Beachley R.W. Protective automatically disconnectable grouping means for an ungrounded A.C. electrical distribution system. Патент США № 3678338, публікація 18.06.1972.

3. Музиченко О.Д., Музиченко Ю.О., Музичен-ко О.О. Фільтр струмів нульової послідовності. Патент України № 34226А, H02H007/08. Опубліко-вано 2001 Бюл № 1.

4. Шидловский А.К., Музыченко А.Д., Трофи-менко А.П., Алексеенко В.В., Капличный Н.Н., Заи-ка П.Н., Алешин И.Е., Майер В.Я., Беляева Е.В. Электрическая трехфазная сеть с нулевой фазой. Авт. свид. СССР № 1304124, H02J3/26, 1987, Бюл. 14.

5. Bottrell G.W., Yu L.Y. Transformer protection system for protecting source transformers from ill effects of zero-sequence currents. Патент США, № 5790356, МПК H01H3/00, публіковано 4.08.1998.

6. Ferguson G.N. Zero phase sequence current filter apparatus and method for connection to the load end of six or four-wire branch circuits. Патент США, № 6043569, МПК H02J 1/02, публіковано 28.03.2000.

7. Beverly L.H., Hance R.D., Kristalinski A.L., Visser A.T. Method and apparatus for reducing the harmonic current distribution networks. Патент США, № 5576942, МПК H02J1/02, публіковано 19.11.1996.

8. Larsen E. Filter for removing harmonic current from a neutral conductor. Патент США № 5914540, МПК H02M 1/12, АППК 307/105, публікація 22.06.1999.

9. McGuire T. B. Switching AC voltage regulator. Патент США № 4745352, G05F1/26 Публіковано 17.05.1988.

10. McGuire T.B., Holmes C.M. Switching A.C. voltage regulator. Патент США № 791348, G05F1/26 . Публіковано 13.12.1988.

11. Lace M.A. Voltage compensator system. Патент США № 5883503, G05F1/24. Публіковано 16.03.1999.

12. Yeh S.-T., Ho L.-H., Hsu Y.-L. Voltage regulating circuit for uninterruptible power supply. Патент США № 7405544, G05F1/26 . Публіковано 29.07.2008.

13. Hauer H. Limiting ring current in short circuits between adjacent partial winding by increasing leakage impedance. Патент США № 6762594, G05F1/14. Публіковано 13.07.2004.

14. Jindrick J.A., Hurley J.R., Gilker C, Nohria N.K., Baranowski J.A., Dolnik T.G. Microprocessor controlled voltage regulating transformer. Патент США № 4419619, G05F1/20. Публіковано 06.12.1983

15. Andrei R.G. Three-phase autotransformer with two tap changers for ratio and phase-angle

control. Патент США № 6011381, G05F1/14. Публіковано 04.01.2000.

16. Brennen M.B., Gyudyi L. Voltage regulator and flicker compensator. Патент США № 4234842, H02J3/18. Публіковано 18.11.1980.

17. Ma T.L.W., Stratton B.A. Control system and method for voltage stabilization in electric power system. Патент США № 6573691, G05F5/00. Публіковано 03.06.2003.

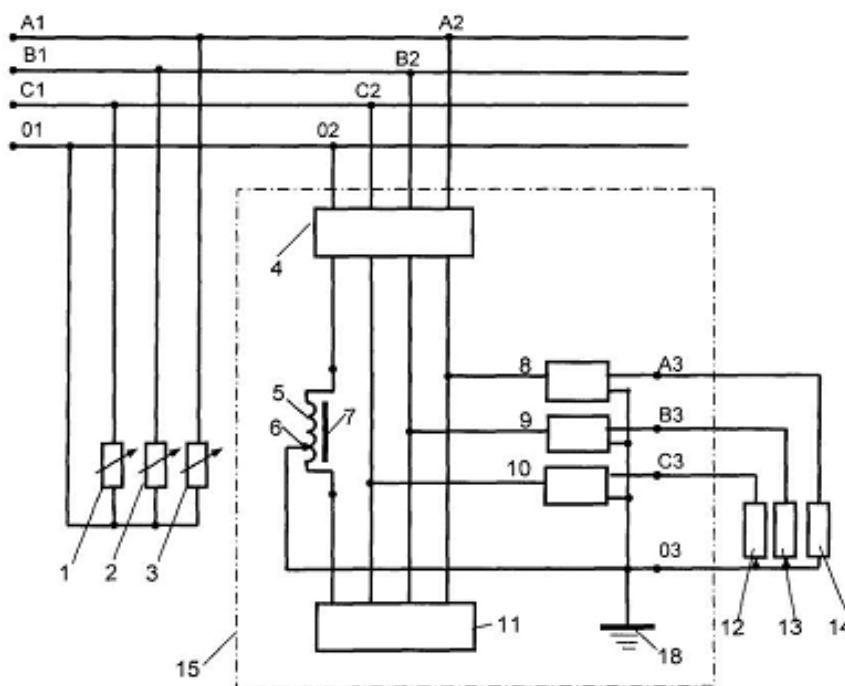
18. Cornwell M.J., Dudte C.P. Shifting reference values to account for voltage sag. Патент США № 7613043, G11C16/04. Публіковано 03.11.2009.

19. Hommond P. Hybrid tap-changing transformers with full range of control and high resolution. Патент США № 6472851, G05F1/16. Публіковано 29.10.2002.

20. James M.S. FC voltage regulator. Патент США № 6020726, G05F1/10. Публіковано 01.02.2000.

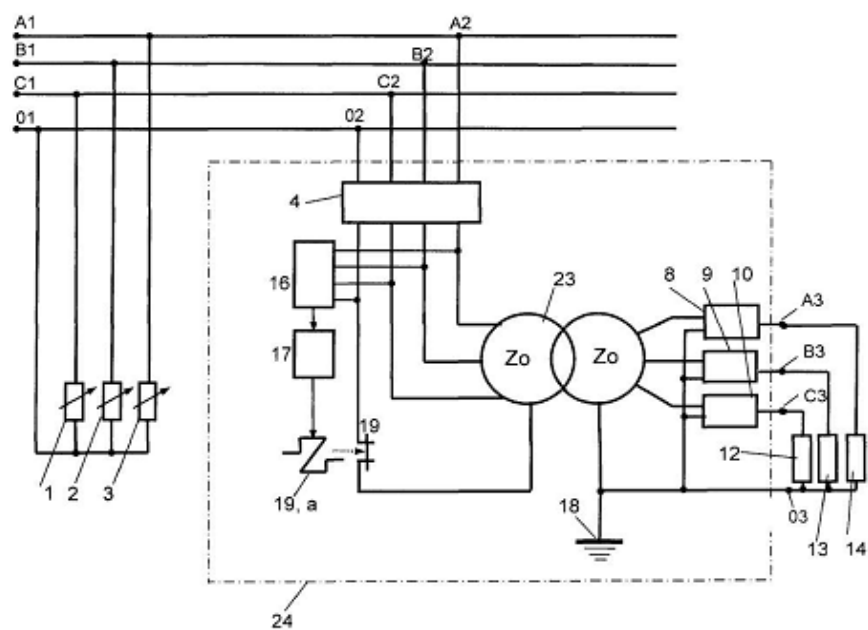
21. Bilger H., Ravot J.-F. Three-phase transformer with in phase regulating winding for the regulation of phase voltages. Патент США № 597761, H01F30/12. Публіковано 02.11.1999.

22. Perkins W.C. Coupling power line communications signals around distribution transformers. Патент США № 4473817, H04M11/04. Публіковано 25.09.1984.



Фиг. 1





Фиг. 4