



УКРАЇНА

(19) UA (11) 34226 (13) A

(51) 6 H02H007/08, H02M007/53, H02J3/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ФІЛЬТР СТРУМ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ

(21) 99063338

(22) 15.06.1999

(24) 15.02.2001

(33) UA

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

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

(73) Музиченко Олександр Дмитрович

(57) 1. Фільтр струмів нульової послідовності, який приєднаний до проводів трьох лінійних фаз та нульової фази трифазної мережі і містить тристрижневий магнітопровід, на першому крайньому, середньому та другому крайньому стрижні якого розміщено по одній першій та одній другій обмотці, кожна з яких має початковий та кінцевий виводи, причому початковий вивід першої обмотки, розміщеної на першому крайньому стрижні, з'єднаний з проводом першої лінійної фази трифазної мережі, кінцевий вивід першої обмотки, розміщеної на першому крайньому стрижні, з'єднаний з кінцевим виводом другої обмотки, розміщеної на середньому стрижні, а початковий вивід другої обмотки, розміщеної на середньому стрижні, з'єднаний з проводом нульової фази трифазної мережі, який відрізняється тим, що провід нульової фази трифазної мережі з'єднаний з кінцевим виводом першої обмотки, розміщеної на середньому стрижні, та з кінцевим виводом другої обмотки, розміщеної на другому крайньому стрижні, початковий вивід першої обмотки, розміщеної на середньому стрижні, з'єднаний з початковим виводом першої обмотки, розміщеної на другому крайньому стрижні, кінцевий вивід першої обмотки, розміщеної на другому крайньому стрижні, з'єднаний з кінцевим виводом другої обмотки, розміщеної на першому крайньому стрижні, кінцевий вивід другої обмотки, розміщеної на першому крайньому стрижні, з'єднаний з проводом третьої лінійної фази трифазної мережі.

2. Фільтр струмів нульової послідовності по п. 1, який відрізняється тим, що всі початкові виводи обмоток замінені на кінцеві виводи, а кінцеві виводи замінені на початкові виводи.

3. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-2, який відрізняється тим, що принаймні одна перша обмотка замінена другою обмоткою, розміще-

ною на тому ж стрижні магнітопроводу, а друга обмотка замінена першою, розміщеною на тому ж стрижні.

4. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-3, який відрізняється тим, що перший крайній стрижень магнітопроводу замінено другим крайнім стрижнем, а другий крайній стрижень замінено першим крайнім стрижнем.

5. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-4, який відрізняється тим, що порядкові номери лінійних фаз мережі змінені між собою циклічно (1, 2, 3; 2, 3, 1; 3, 1, 2).

6. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-4, який відрізняється тим, що порядкові номери лінійних фаз мережі змінені між собою циклічно так, що ці номери фаз утворюють зворотний порядок чергування (1, 3, 2; 2, 1, 3; 3, 2, 1).

7. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-6, який відрізняється тим, що всі перші обмотки мають однакову кількість витків.

8. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-7, який відрізняється тим, що всі другі обмотки мають однакову кількість витків.

9. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-8, який відрізняється тим, що всі перші та другі обмотки мають однакову кількість витків.

10. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-9, який відрізняється тим, що магнітні потоки у кожному стрижні, обумовлені протіканням струмів нульової послідовності в обмотках, є взаємно компенсованими.

11. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-10, який відрізняється тим, що в обмотках має місце відносно малий магнітний потік розсіювання.

12. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-11, який відрізняється тим, що провідники першої та другої обмоток знаходяться у спільній котушці.

13. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-12, який відрізняється тим, що у котушці кожен провідник першої обмотки оточений провідниками другої обмотки, і навпаки, кожен провідник другої обмотки оточений провідниками першої обмотки.

14. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-13, який відрізняється тим, що перші та/або другі обмотки мають проміжні виводи для регулювання опору фільтра струмам нульової послідовності.

(19) UA (11) 34226 (13) A

15. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-14, який **відрізняється** тим, що до фільтру додані додаткові три обмотки, кожна з яких розташована по одній на кожному стрижні магнітопроводу, причому додаткові обмотки ввімкнені між собою за схемою трикутника або зірки.

16. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-15, який **відрізняється** тим, що додаткові обмотки приєднані до живильної трифазної мережі поста-

чальника енергії, а фільтр струмів нульової послідовності приєднаний до трифазної мережі споживача.

17. Фільтр струмів нульової послідовності по пп. 1-15, який **відрізняється** тим, що додаткові обмотки приєднані до трифазної мережі споживача, а фільтр струмів нульової послідовності приєднаний до живильної трифазної мережі постачальника енергії.

Фільтр призначений для використання у трифазних розподільчих електричних мережах з нульовим проводом з метою зменшення струму у вказаному нульовому проводі, підвищення стабільності фазних напруг та зменшення втрат енергії в мережі.

В електричних мережах загального призначення, які живлять побутовий та комунальний сектори народного господарства, переважають однофазні навантаження. Ці навантаження створюють неоднакові струми в лінійних проводах, в результаті чого виникають струми в проводі нульової фази. Такі струми спричиняють відхилення та коливання фазних напруг у споживачів; ці відхилення та коливання напруг шкідливо відбиваються як на здоров'ї людей (зміна і мигання освітлення), так і на технічних характеристиках мережі і електрообладнання споживачів (підвищення втрат енергії, збої в роботі та вихід з ладу електрообладнання).

Для зменшення струмів нульової послідовності у трифазних мережах застосовують фільтри струмів нульової послідовності.

Відомі фільтри струмів нульової послідовності [1, 2, 3], які мають у своєму складі конденсаторні батареї та дроселі, ввімкнені між проводом нульової фази та проводами лінійних фаз. Недоліком цих фільтрів є силове регулювання ємності конденсаторних батарей та індуктивності дроселя, які виконуються з допомогою контакторів, тиристорів або магнітних підсилювачів.

Відомі фільтри струмів нульової послідовності [4, 5], які мають у своєму складі конденсаторні батареї, дроселі та автотрансформатор. Таке виконання фільтрів дозволяє фільтрувати струми нульової та зворотної послідовностей разом. При цьому встановлена потужність елементів фільтру зменшується у 1,5-2,0 рази. Недоліком таких фільтрів є необхідність комутації значних струмів конденсаторних батарей та дроселя при зміні потужності та/або коефіцієнту потужності однофазних навантажень.

Відомий фільтр струмів нульової послідовності [6-10] (прототип), виконаний на основі автотрансформатора, який має у своєму складі тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено по дві обмотки, одну з яких позначають першою, а іншу-другою. Всі обмотки мають початкові та кінцеві виводи і між собою з'єднані в "зигзаг". У цьому фільтрі:

- початковий вивід кожної першої обмотки приєднаний до проводу лінійної фази трифазної мережі;

- кінцевий вивід кожної першої обмотки, розташованої на одному стрижні магнітопроводу, приєднаний циклічно до кінцевого виводу другої обмотки, яка знаходиться на іншому стрижні магнітопроводу;

- початкові виводи кожної другої обмотки і нульовий провід трифазної мережі з'єднані між собою.

Відомо також, що тристрижневі магнітопроводи фільтру-прототипу виготовляють несиметричними. Ця несиметрія пов'язана з тим, що середня довжина силової магнітної лінії, яка замикається через крайні стрижні, довша від середньої довжини силової магнітної лінії, яка замикається через середній стрижень та один із крайніх стрижнів. Така несиметрія характерна для плоского розташування трифазного магнітопроводу. Обмотки, розташовані на середньому стрижні, через несиметрію магнітопроводу додатково підігріваються теплом, яке виділяється від обмоток, розташованих на крайніх стрижнях, і тому у номінальному режимі обмотки середнього стрижня нагріваються на 7-10 градусів Цельсія більше ніж обмотки, розташовані на крайніх стрижнях. З аналізу надійності відомо, що перегрів ізоляції обмотки на 10 градусів Цельсія приводить до скорочення строку служби електричних машин та трансформаторів на 30-50%. При перегріві ізоляції на 7-10 градусів Цельсія виникає прискорене старіння ізоляції, яке приводить до розтріскування та висипання ізоляції, а після цього при умові навіть незначної вібрації, яка завжди має місце, може виникати коротке замикання між обмотками. Момент виникнення короткого замикання у автотрансформаторних фільтрах струмів нульової послідовності істотно залежить від напруги між провідниками обмоток, оскільки: по-перше, напруга між провідниками, які дотикаються між собою, рівна номінальній фазній напрузі мережі, наприклад, 220 вольт; по-друге, точки, лінії та площини дотику охоплюють всі провідники першої та другої обмоток з усіх боків. Фільтри струмів нульової послідовності у процесі експлуатації не мають обслуговуючого персоналу і не обстежуються. Тому недоліком фільтру-прототипу є його недостатня надійність роботи, викликана перегрівом обмоток та високою робочою напругою ізоляції між сусідніми провідниками обмоток, розміщених на середньому стрижні магнітопроводу.

У зв'язку із вказаним недоліком була поставлена задача - знизити напругу лише між обмотками, розміщеними на середньому стрижні магнітопроводу фільтру, оскільки котушки, розміщені на крайніх стрижнях магнітопроводу, мають значно

краще охолодження і запас по температурі перегріву.

Поставлена задача вирішена шляхом зміни принципової схеми з'єднання обмоток фільтру, а саме тим, що: у фільтрі струмів нульової послідовності, який приєднаний до трьох проводів лінійних фаз та проводу нульової фази трифазної мережі і містить тристрижневий магнітопровід, на першому крайньому, середньому та другому крайньому стрижні розміщено першу та другу обмотки, кожна з яких має початковий та кінцевий виводи, причому початковий вивід першої обмотки, розміщеної на першому крайньому стрижні, з'єднаний з проводом першої лінійної фази трифазної мережі, кінцевий вивід першої обмотки, розміщеної на першому крайньому стрижні, з'єднаний з кінцевим виводом другої обмотки, розміщеної на середньому стрижні, а початковий вивід другої обмотки, розміщеної на середньому стрижні, з'єднаний з проводом нульової фази трифазної мережі, змінена принципова схема з'єднання обмоток так: провід нульової фази трифазної мережі з'єднаний з кінцевим виводом першої обмотки, розміщеної на середньому стрижні, та з кінцевим виводом другої обмотки, розміщеної на другому крайньому стрижні, початковий вивід першої обмотки, розміщеної на середньому стрижні, з'єднаний з початковим виводом першої обмотки, розміщеної на другому крайньому стрижні, кінцевий вивід першої обмотки, розміщеної на другому крайньому стрижні, з'єднаний з проводом другої лінійної фази трифазної мережі, початковий вивід другої обмотки, розміщеної на другому крайньому стрижні, з'єднаний з початковим виводом другої обмотки, розміщеної на першому крайньому стрижні, кінцевий вивід другої обмотки, розміщеної на першому крайньому стрижні, з'єднаний з проводом третьої лінійної фази трифазної мережі.

Вказана зміна принципової схеми з'єднання обмоток фільтру зменшила напругу між провідниками першої та другої обмоток з 220 вольт до 127 вольт, тобто на 42,3%. Між провідниками обмоток, розміщених на одному з крайніх стрижнів має місце збільшення напруги на 15,5%, але в обмотках, розміщених на крайніх стрижнях, має місце запас по температурі перегріву. В цілому зменшення напруги між провідниками обмоток середнього стрижня на 42% дозволяє не менше ніж утричі збільшити строк служби фільтру струмів нульової послідовності.

Фільтр, який заявляється, має 24 варіанти принципових схем з'єднань, але всі вони зводяться до одного варіанту, показаного на фіг. 1. Усі варіанти виконання рівнозначні і мають ідентичні технічні характеристики. Тому даний фільтр не має явних пріоритетних варіантів.

Вказаний позитивний ефект зберігається:

- при зміні всіх початкових виводів обмоток разом на кінцеві виводи, а кінцевих виводів - на початкові виводи (два варіанти), оскільки система позначення початкових та кінцевих виводів встановлюється довільно;

- при заміні принаймні однієї першої обмотки другою обмоткою, розміщеною на тому ж стрижні магнітопроводу, а другої обмотки - першою (шість варіантів), оскільки номер обмотки встановлюється довільно;

- при заміні першого крайнього стрижня магнітопроводу другим крайнім стрижнем, а другого крайнього стрижня - першим стрижнем (два варіанти), оскільки номер крайнього стрижня встановлюється довільно.

Вказаний позитивний ефект також зберігається при зміні порядкових номерів лінійних фаз проводів мережі:

- при циклічній заміні (1, 2, 3; 2, 3, 1; 3, 1, 2), оскільки фільтр не чутливий до циклічної зміни фаз;

- при зворотному чергуванні номерів лінійних фаз проводів мережі (1, 3, 2; 2, 1, 3; 3, 2, 1), оскільки фільтр не чутливий до циклічної зміни фаз при їх зворотному чергуванні.

Для підсилення ефекту фільтрації:

- кількості витків у перших та других обмотках є однаковими;

- в стрижнях магнітопроводу магнітні потоки, обумовлені протіканням струмів нульової послідовності в обмотках фільтру, взаємно компенсовані;

- забезпечується відносно малий магнітний потік розсіювання;

- провідники першої та другої обмоток розташовані у спільній котушці;

- у котушці кожен провідник першої обмотки оточений провідниками другої обмотки, і навпаки, кожен провідник другої обмотки оточений провідниками першої обмотки.

Для послаблення ефекту фільтрації:

- перші та другі обмотки мають різну кількість витків;

- перші та/або другі обмотки мають проміжні виводи для регулювання опору фільтра струмам нульової послідовності.

Для зменшення кількості контактних з'єднань і спрощення монтажних робіт перша та друга обмотки, розміщені на середньому стрижні магнітопроводу, виконані у вигляді однієї обмотки, яка має проміжний вивід, з'єднаний з проводом нульової фази трифазної мережі.

Можливості застосування фільтру струмів нульової послідовності можна розширити, якщо до фільтру додані додаткові три обмотки, кожна з яких розташована по одній на кожному стрижні магнітопроводу, причому додаткові обмотки ввімкнені за схемою трикутника або зірки. У випадку, коли додаткові обмотки приєднані до живильної трифазної мережі постачальника, а фільтр струмів нульової послідовності приєднаний до трифазної мережі споживача, зменшується сумарна встановлена потужність фільтру, який одночасно виконує функцію трансформатора. У випадку, коли додаткові обмотки приєднані до трифазної мережі споживача, а фільтр струмів нульової послідовності приєднаний до живильної трифазної мережі постачальника, також досягається зменшення сумарної встановленої потужності фільтру та трансформатора.

Для пояснення суті винаходу подані фіг. 1-6.

На фіг. 1 подана принципова схема з'єднань обмоток фільтру струмів нульової послідовності.

На фіг. 2 поданий один з варіантів принципової схеми з'єднань обмоток фільтру струмів нульової послідовності, який заявляється за першим пунктом формули винаходу.

На фіг. 3 та 4 подані топографічні зображення схем з'єднань обмоток фільтрів, показаних на фіг. 1 та фіг. 2.

На фіг. 5 показаний один з варіантів розташування обмоток на стрижнях магнітопроводу фільтру струмів нульової послідовності.

На фіг. 6 показана таблиця розташування провідників першої та другої обмоток у котушках, розміщених на кожному із стрижнів магнітопроводу, для підсилення ефекту фільтрації.

На фіг. 1 позначено: 1 - магнітопровід з першим крайнім стрижнем 2, середнім стрижнем 3 та другим крайнім стрижнем 4; 5-7 - перші обмотки, а 8-10 - другі обмотки фільтру; А, В, С - провідники лінійних фаз трифазної мережі; 0 - провідник нульової фази мережі. Зіркою (*) позначені початкові виводи обмоток. Кінцеві виводи обмоток не позначені.

На фіг. 2, 3, 4 та 5 позначення ті ж самі, що і на фіг. 1.

На фіг. 6 позначено: 1 - провідник першої обмотки; 2 - провідник другої обмотки.

Склад фільтру. Фільтр струмів нульової послідовності виконаний на основі магнітопроводу 1, який має три стрижні 2, 3 та 4. Крайній стрижень 2 позначено як перший крайній стрижень, а крайній стрижень 4 - як другий. На кожному стрижні розташовано по дві обмотки: на першому крайньому стрижні 2 розташовані перша обмотка 5 та друга обмотка 8; на середньому стрижні 3 розташовані перша обмотка 6 та друга обмотка 9; на другому крайньому стрижні 4 знаходяться перша обмотка 7 та друга обмотка 10.

Схема з'єднання фільтру включає такі ознаки, спільні з прототипом: початковий вивід першої обмотки 5, розміщеної на першому крайньому стрижні 2, з'єднаний з проводом першої лінійної фази А трифазної мережі, кінцевий вивід першої обмотки 5, розміщеної на першому крайньому стрижні 2, з'єднаний з кінцевим виводом другої обмотки 9, розміщеної на середньому стрижні 3, а початковий вивід другої обмотки 9, розміщеної на середньому стрижні 3, з'єднаний з провідником нульової фази 0 трифазної мережі.

Схема фільтру включає такі ознаки, відмінні від прототипу: провід нульової фази 0 трифазної мережі з'єднаний з кінцевим виводом першої обмотки 6, розміщеної на середньому стрижні 3, та з кінцевим виводом другої обмотки 10, розміщеної на другому крайньому стрижні 4, початковий вивід першої обмотки 6, розміщеної на середньому стрижні 3, з'єднаний з початковим виводом першої обмотки 7, розміщеної на другому крайньому стрижні 4, кінцевий вивід першої обмотки 7, розміщеної на другому крайньому стрижні 4, з'єднаний з проводом другої лінійної фази В трифазної мережі, початковий вивід другої обмотки 10, розміщеної на другому крайньому стрижні 4, з'єднаний з початковим виводом другої обмотки 8, розміщеної на першому крайньому стрижні 2, кінцевий вивід другої обмотки 8, розміщеної на першому крайньому стрижні 2, з'єднаний з проводом третьої лінійної фази С трифазної мережі.

Позитивний ефект винаходу, який полягає у зниженні напруги ізоляції між обмотками, розміщеними на середньому стрижні магнітопроводу, не залежить:

- від того, який з крайніх стрижнів 2 чи 4 прийняти за перший крайній стрижень, а який з них - за другий;

- від того, які виводи (верхні чи нижні) прийняти за початкові;

- від того, яку з обмоток 5 чи 8 стрижня 2 прийняти за першу та другу обмотку; це ж саме стосується обмоток 6 та 9 і 7 та 10, розміщених на стрижнях 3 та 4 відповідно;

- від того, які з лінійних фаз трифазної мережі позначити першою, другою та третьою.

На фіг. 2 показана принципова схема з'єднань обмоток фільтру струмів нульової послідовності при:

- взаємній зміні місцями початкових та кінцевих виводів; ознака початкового виводу - * відноситься до нижніх виводів фільтру;

- взаємній зміні місцями першого та другого крайніх стрижнів (2 та 4) магнітопроводу; за перший крайній стрижень прийнято стрижень 3;

- взаємній зміні місцями перших та других обмоток; на фіг. 2 першими прийняті обмотки 5, 9 та 10, а другими - 8, 6 та 7;

- при зміні порядкового номера лінійної фази; замість проводів фаз А, В, С (фіг. 1) на фіг. 2 використані проводи В, А, С.

Для підсилення ефекту фільтрації струмів нульової послідовності застосовується:

- взаємна компенсація магнітних потоків, викликаних струмами нульової послідовності;

- зменшення магнітного потоку розсіювання;

- зближення провідників першої та другої обмоток.

Розташування перших та других обмоток на стрижні магнітопроводу показане на фіг. 5. Перші обмотки 5, 6, 7 показані розташованими окремо від других обмоток 8, 9, 10. Таке розташування характерне для послабленого ефекту фільтрації. Для посилення ефекту фільтрації використовується зближення як самих перших та других обмоток, так і взаємне проникнення провідників однієї обмотки у другу.

Для послаблення ефекту фільтрації струмів нульової послідовності кількість витків перших обмоток повинна бути більшою або меншою від кількості витків других обмоток, причому чим більша різниця між числом витків перших та других обмоток, тим більший опір фільтру струмам нульової послідовності, із-за чого не повністю фільтруються струми нульової послідовності. Фільтри із послабленим ефектом фільтрації доцільно застосовувати в електричних мережах з великими струмами замикання: приєднання до таких мереж фільтрів з підсиленням ефектом фільтрації може привести до збільшення струмів однофазного короткого замикання у декілька раз.

Навпаки, підсилення ефекту фільтрації струмів нульової послідовності корисне при малих струмах однофазного короткого замикання, наприклад, у сільських мережах. Для підсилення ефекту фільтрації доцільне зближення провідників першої та другої обмоток; це має місце у випадку, коли кожен провідник першої обмотки оточений з усіх боків провідниками другої обмотки, і навпаки, кожен провідник другої обмотки оточений з усіх боків провідниками першої обмотки. Крім цього, зближення провідників передбачає зменшення товщи-

ни ізоляції. Схема розташування провідників при їх зближенні показана на фіг. 6. Якщо провідник обмотки має прямокутний поперечний переріз, то кожен бік провідника однієї обмотки дотикається до провідників другої обмотки, і навпаки. На фіг. 6 кожен з провідників першої обмотки позначений цифрою 1, а другої - 2.

Фільтри, виконані за принциповими схемами фіг. 1 та фіг. 2, при симетрії фазних напруг мають топографічні зображення, подані на фіг. 3 та фіг. 4 відповідно. Якщо виводи фільтру фіг. 2, приєднані до фаз А та В, поміняти місцями, то топографічне зображення фіг. 4 буде повністю співпадати з топографічним зображенням фіг. 3, якому відповідає схема з'єднання фіг. 1. Будь-які інші варіанти схем з'єднань обмоток фільтру приводяться до топографічного зображення фільтру фіг. 3, якому відповідає принципова схема фільтру, подана на фіг. 1. Саме тому пункт 1 формули винаходу об'єднує всі варіанти виконання схем фільтру, який заявляється.

Робота фільтру полягає у наступному. Як вказувалось, фільтр призначений для досягнення стабільності фазних напруг та зменшення втрат енергії у проводі нульової фази мережі. Якщо потенціал нульової фази 0 знаходиться у точці перетину медіан трикутника АВС, то струми нульової послідовності відсутні у мережі і фільтрі. Струми у проводі нульової фази мережі з'являються при приєднанні до мережі однофазних навантажень, внаслідок чого у фазних напругах мережі з'являються складові нульової послідовності. Як показали вимірювання, однофазні навантаження у міських та сільських мережах по фазах мережі розподіляються в середньому за пропорцією 1:0,8:0,6 та 1:0,75:0,52. Через це у проводі нульової фази завжди протікає струм, величина якого співмірна із струмами у лінійних проводах. При відхиленні потенціалу нульової фази О від точки перетину медіан трикутника АВС, струми нульової послідовності, генеровані однофазними навантаженнями частково або більшою мірою замикаються через фільтр струмів нульової послідовності. Решта струмів нульової послідовності протікає через мережу постачальника до трифазного трансформатора.

При роботі фільтру потенціал нульової фази О незначно відхиляється від точки перетину медіан трикутника АВС, а напруга нульової послідовності не перебільшує 1-3% номінального значення фазної напруги. Тому для наближеного визначення напруг на першій та другій обмотках, розташованих на середньому стрижні магнітопроводу, використаємо топографічне зображення фіг. 3. При рівності витків у всіх обмотках фільтру напруги на перших та других обмотках однакові і складають третину від лінійної напруги (380 вольт), тобто 127 вольт. Із топографічного зображення фіг. 3 видно, що при зближенні першої та другої обмоток напруга на ізоляції між провідниками першої та другої обмоток дорівнює приблизно 127 вольт. Ця напруга прикладена до ізоляції між провідниками першої 6 та другої 9 обмоток, розташованих на стрижні 3. Для порівняння визначимо напругу, прикладену до ізоляції між провідниками першої та другої обмоток у фільтрі-прототипі. У фільтрі-прототипі (схемі "зигзаг") напруга на ізоляції між провідниками

першої та другої обмоток складає приблизно 220 вольт. Тобто у фільтрі, який заявляється, напруга на ізоляції між провідниками першої та другої обмоток, розташованих на середньому стрижні магнітопроводу, нижча на 42% порівняно з фільтром-прототипом, що збільшує надійність та строк служби фільтру нульової послідовності. При цьому струми нульової послідовності у мережі зменшуються, що зменшує додаткові втрати енергії у мережі та покращує якість фазних напруг, зокрема стабільність фазних напруг зростає у 5-10 разів.

Зменшення різниці потенціалів між провідниками першої та другої обмоток знижує ймовірність пробоя ізоляції між провідниками першої та другої обмоток, розташованих на середньому стрижні. Зниження напруги на ізоляції між вказаними обмотками дає можливість зблизити їх провідники. Зближення необхідне для зменшення магнітних потоків розсіювання та реактивної складової опору нульової послідовності. Нагадаємо, що різниця потенціалів між провідниками обмотки у звичайних трансформаторах та автотрансформаторах, як правило, не перевищує декількох вольт, а у фільтрах струмів нульової послідовності різниця потенціалів між провідниками обмоток дорівнює номінальному значенню фазної напруги. Враховуючи площу дотику між провідниками обмоток та ймовірність незначних дефектів ізоляції проводів, а також підвищене старіння ізоляції проводів обмоток, розташованих на середньому стрижні магнітопроводу, можна зробити висновок про те, що зниження різниці потенціалів між провідниками обмоток на середньому стрижні на 42,3% збільшить строк служби фільтру струмів нульової послідовності не менше ніж утричі.

Фільтр, який заявляється, призначений для використання у трифазних чотирьохпровідних мережах, які живлять однофазні навантаження споживачів. Фільтр доцільно використовувати для живлення однофазних випрямлячів, ввімкнених між нульовою та лінійною фазами мережі. В останньому випадку фільтр подавляє струми нульової послідовності вищих гармонік.

У даний час розроблений та виготовлений експериментальний зразок фільтру, який заявляється. Лабораторні випробування підтвердили надійність його роботи.

Перелік посилань

1. Аввакумов В.А. Уравновешивание электрической нагрузки в трехфазной четырехпроводной системе. - "Известия ВУЗов. Энергетика". - 1970. - № 5.
2. Милях А.Н., Шидловский А.К., Кузнецов В.Т. Схемы симметрирования однофазных нагрузок в трехфазных цепях. - Киев, "Наукова думка", 1973.
3. Авторское свидетельство СССР № 801187, МКИ H02J 3/26, 1979.
4. Шидловский А.К., Музыченко А.Д., Денисенко О.Г., Трофименко А.П. Устройство для симметрирования токов в четырехпроводных сетях, Авторское свидетельство СССР № 961042, МКИ H02J 3/26, 1982.
5. Денисенко О.Г., Трофименко А.П., Алексеев В.В., Музыченко Ю.А., Самков А.В. Устройство для компенсации токов обратной и нулевой последовательностей в трехфазных четырехпрово-

дных сетях, Авторское свидетельство СССР № 1018185, МКИ H02J 3/26, 1983.

6. Кузнецов В.Г., Капличный Н.Н., Третьяк В.Т. Симметрирование фазных напряжений в сетях с нулевым проводом. - Проблемы технической электродинамики, вып. 45, "Наукова думка", Киев, 1974, С. 150-153.

7. Электрическая трехфазная сеть с нулевой фазой. Авторское свидетельство СССР № 1304124, H02J 3/26, 1986.

8. Электрическая трехфазная сеть с нулевой фазой. Авторское свидетельство СССР № 1575266, H02J 3/26, 1990.

9. Фільтр струмів нульової послідовності. Patent USA № 5159561, МКИ H02H, okt, 1992.

10. Фільтр струмів нульової послідовності. Patent USA № 5406437, МКИ H02H, 11.04.1995.

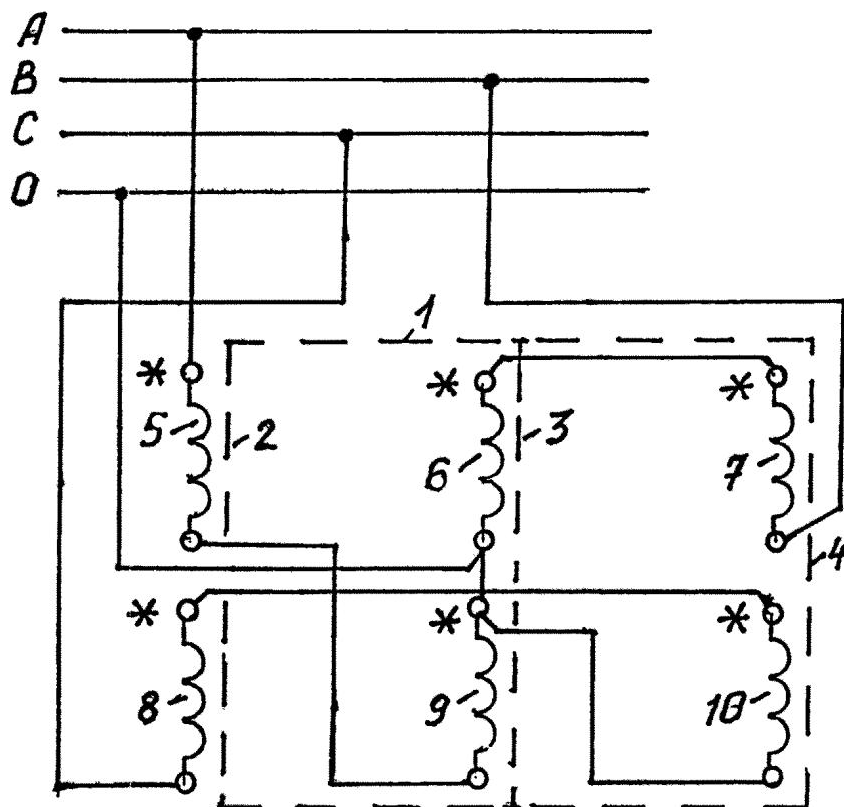


Fig. 1

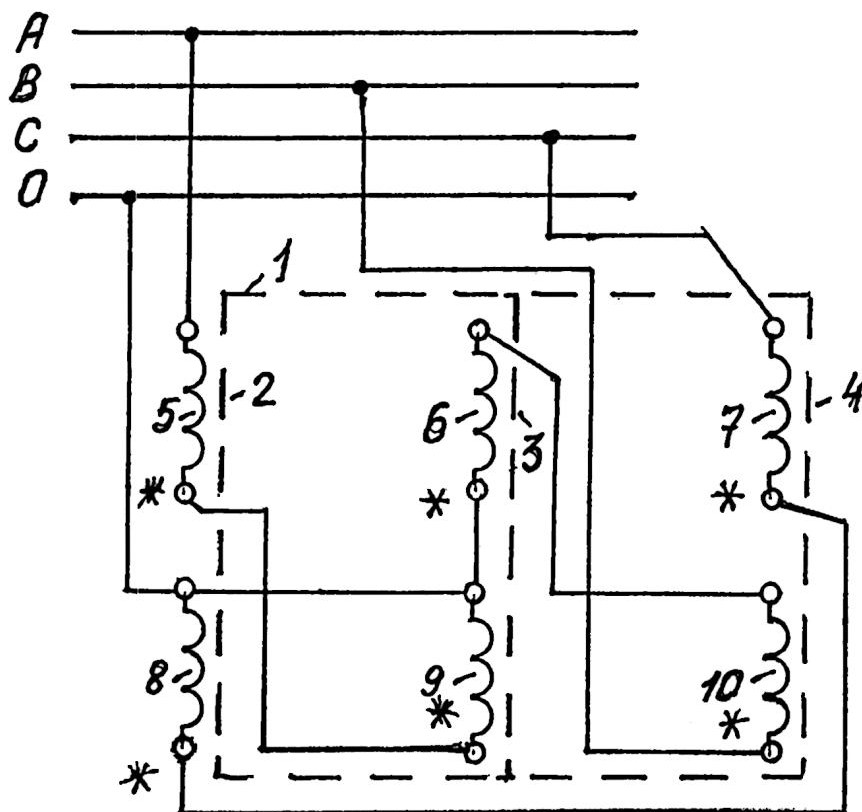


Fig. 2

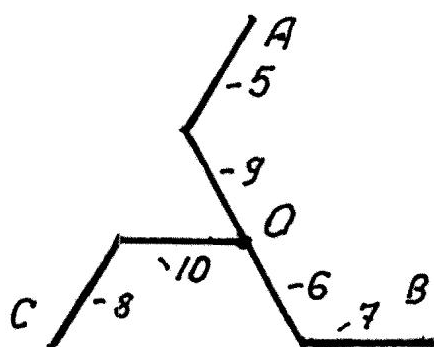


Fig. 3

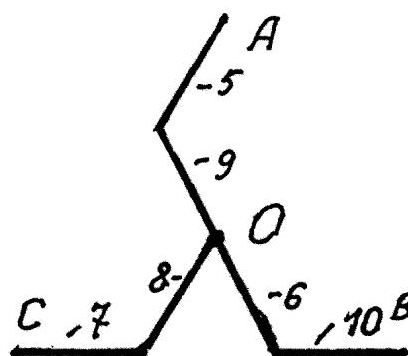


Fig. 4

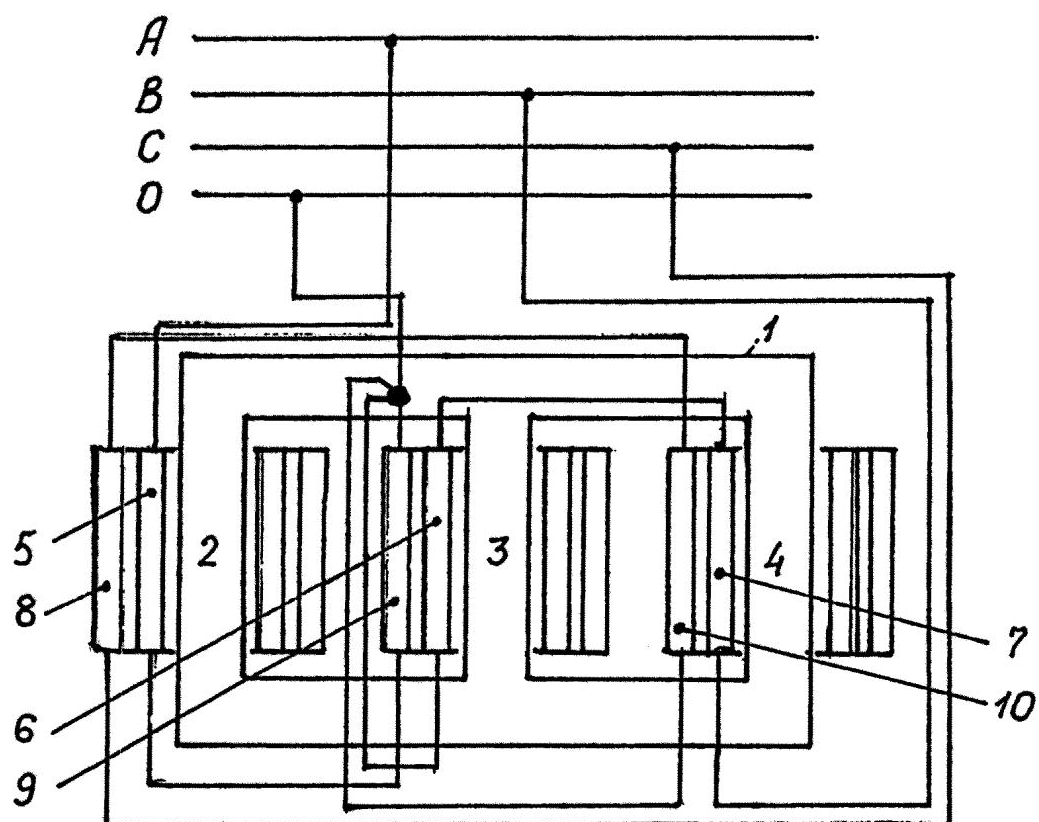


Fig. 5

1	2	1	2	1	2	1
2	1	2	1	2	1	2
1	2	1	2	1	2	1
2	1	2	1	2	1	2
1	2	1	2	1	2	1

Fig. 6

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
