



УКРАЇНА

(19) UA (11) 52046 (13) A

(51) B H01F29/14, H01F21/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) РЕГУЛЬОВАНИЙ ТРАНСФОРМАТОР

1

2

(21) 2002010557

(22) 22 01 2002

(24) 16 12 2002

(46) 16 12 2002, Бюл. № 12, 2002 р.

(72) Курбатов Геннадій Сергійович, Морошкін Ана-  
толій Борисович, Пасько Іван Михайлович(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "УК-  
РАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ, ПРОЕКТНО-  
КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ ТРАНСФОРМАТОРБУДУВАННЯ" -  
ВАТ "ВІТ"(57) 1 Регульований трансформатор, що містить  
дві або більше незалежні магнітні системи з влас-  
ною первинною обмоткою і магнітопроводом кож-  
на і вторинну обмотку, який відрізняється тим,  
що первинна обмотка однієї або більше з неза-  
лежних магнітних систем розділена на секції з ре-гульовальними відпайками, а вторинна обмотка  
охоплює суміжні сторони незалежних магнітних  
систем2 Регульований трансформатор за п 1, який від-  
різняється тим, що первинні обмотки незалежних  
магнітних систем мають однакову кількість витків3 Регульований трансформатор за пп 1, 2, який  
відрізняється тим, що містить два комутатори,  
один із яких здійснює з'єднання або зустрічне з'єднан-  
ня первинних обмоток незалежних магнітних сис-  
тем, а на другий виведені регульовальні відпайки  
секцій4 Регульований трансформатор за будь-яким з  
пунктів 1-3, який відрізняється тим, що первинні  
обмотки незалежних магнітних систем намотані на  
тороїдальні магнітопроводи радіально по їхній  
довжині

Винахід належить до галузі електротехніки і  
може бути використаний в конструкціях регульо-  
ваних трансформаторів, зокрема, для живлення  
станцій катодного захисту, регульованих випрям-  
лювачів, перетворювачів, стабілізаторів і інших  
пристроїв, що вимагають глибокого регулювання  
вихідних параметрів (напруги, струму)

Відома конструкція регульованого трансфор-  
матора (див. патент США №3748570, H01F39/00,  
1973) містить два магнітопроводи, первинну обмо-  
тку, розташовану на стрижні одного магнітопрово-  
да, вторинну обмотку і третю обмотку з двох з'єд-  
наних послідовно секцій, розташованих на  
суміжних стрижнях двох магнітопроводів

Первинна обмотка створює магнітний потік у  
першому магнітопроводі і в р.с. у третій обмотці, а  
третя обмотка створює магнітний потік у другому  
магнітопроводі і її секції з'єднані послідовно через  
пасивний регульований імпеданс, тобто перший  
магнітопровід із первинною обмоткою і другий ма-  
гнітопровід із секцією 1 третьої обмотки утворюють  
дві незалежні магнітні системи

Регулювання вихідних параметрів забезпечу-  
ється регулюванням імпедансу, при низькому ім-  
педансі коефіцієнт трансформації трансформато-  
ра практично дорівнює відношенню витків вихідної

і вхідної обмоток

Недоліком трансформатора є необхідність  
встановлення третьої секціонованої обмотки і ре-  
гульованого імпедансу, що ускладнює конструкцію,  
збільшує енергетичні втрати і витрати дроту, об-  
межує можливості автоматизації регулювання

Відома конструкція регульовального трансфо-  
рматора (див. патент ФРН №2609697, H02M5/22,  
H01F29/14, 1977) містить декілька магнітопроводів  
з первинними обмотками і вторинну обмотку, що  
охоплює всі магнітопроводи

Первинні обмотки одним кінцем підключені до  
полюса мережі, а іншим кінцем кожна з них під-  
ключена до мережі через електронний вимикач.  
Електронний вимикач являє собою триак, і кожному  
триаку відповідає блок тимчасових функцій, що  
забезпечують близьке до плавного регулювання  
вихідних параметрів

Недоліками відомого трансформатора є скла-  
дність конструкції і високі витрати на виробництво,  
тому що для забезпечення глибокого регулювання  
буде потрібна велика кількість магнітопроводів з  
первинними обмотками й електронними вимика-  
чами

Відома конструкція регульованого індуктивно-  
го елемента (див. патент Японії №60-40171,

(13) A

(11) 52046

(19) UA

Н01F29/14, 1985) містить три замкнених магнітопроводи, на одному стрижні кожного з них встановлені первинна і вторинна обмотки змінного струму, утворюючи три незалежні магнітні системи, з'єднані Т-видно вільними стрижнями, що разом охоплені загальною для них обмоткою постійного струму

Регулювання вихідних параметрів здійснюється накладенням постійного магнітного поля на змінне. При регулюванні постійного магнітного потоку змінюється магнітна провідність загальних ділянок магнітопроводів і індуктивність обмоток змінного струму. Дану конструкцію приймаємо за прототип

Недоліками відомого індуктивного елемента є мала глибина регулювання, складність забезпечення плавного регулювання, збільшена площа установки в плані при Т-видному з'єднанні магнітопроводів

В основу винаходу поставлена задача розробки конструкції регульованого трансформатора, технологічного у виробництві, компактного, надійного і довговічного, що забезпечує високі енергетичні показники (коефіцієнт корисної дії,  $\cos \phi$ ), плавне і глибоке регулювання вихідних параметрів

Розв'язання поставленої задачі забезпечує регульований трансформатор, який містить дві або більше незалежні магнітні системи з власною первинною обмоткою і магнітопроводом кожна і вторинну обмотку, за рахунок того, що первинна обмотка однієї або більше з незалежних магнітних систем розділена на секції з регульовальними відпайками, а вторинна обмотка охоплює суміжні сторони всіх незалежних магнітних систем

При цьому трансформатор містить два комутатори, один із яких здійснює згідне або зустрічне з'єднання первинних обмоток незалежних магнітних систем, а на другий виведені регульовальні відпайки секцій

Для зниження витрат на виробництво і з метою механізації намотки первинних обмоток при використанні тороїдальних магнітопроводів, а також зменшення витрат обмотувального дроту первинні обмотки незалежних магнітних систем намотані на тороїдальні магнітопроводи по їхній довжині

Технічний результат, що досягається при використанні винаходу

- суміщаються в одному трансформаторі функції двох трансформаторів, що живляться один від одного, при цьому регульована потужність складає половину і менше загальної потужності трансформатора, тому сумарна потужність регульованого трансформатора менше сумарної потужності систем,

- полегшений режим роботи комутаційних апаратів, тому що їхній номінальний струм складає половину і менше повного струму трансформатора, що підвищує надійність трансформатора і термін служби,

- знижені втрати холостого ходу, тому що при поступовому введенні споживаної потужності первинна обмотка другої незалежної магнітної системи підключена не на повну мережну напругу, а на меншу напругу, отже, магнітна індукція в другій

незалежній магнітній системі менше номінальної, і, як наслідок, втрати холостого ходу в ній незначні, а при повній потужності навантаження трансформатора втрати холостого ходу залишаються менше, ніж у системі, розрахованій на повну потужність, що підвищує коефіцієнт корисної дії трансформатора,

- при намотці первинних обмоток по довжині тороїдальних магнітопроводів зменшена середня довжина їхніх витків і витків вторинної обмотки, що знижує омичний опір і, отже, покращує енергетичні характеристики трансформатора,

- при цьому полегшений тепловий режим роботи трансформатора, так як кожна первинна обмотка має свою відкриту поверхню охолодження на ділянці, яка не перекрита вторинною обмоткою, що знижує перевищення температури дроту обмоток, підвищує надійність трансформатора і термін його служби,

- здійснюється плавне глибоке регулювання вихідної напруги, починаючи від нульового до номінального, з усіма проміжними значеннями за рахунок секціонування первинної обмотки однієї або більше з незалежних магнітних систем трансформатора, що дозволяє використовувати його в системах регулювання і стабілізації вихідної напруги як у ручному, так і в автоматичному режимі роботи

Регульований трансформатор, що заявляється, пояснюється наведеними нижче описом і кресленнями, де

Фіг 1 - вид регульованого трансформатора з двома магнітопроводами й однією вторинною обмоткою,

Фіг 2 - вид трансформатора з чотирма тороїдальними магнітопроводами, що утворюють дві незалежні магнітні системи,

Фіг 3 - вид трансформатора з чотирма тороїдальними магнітопроводами, що утворюють чотири незалежні магнітні системи,

Фіг 4 - варіант з'єднання обмоток трансформатора при регулюванні вихідних параметрів

За винаходом регульований трансформатор містить дві незалежні магнітні системи 1 і 2 з магнітопроводами 3, намотаними з стрічок електротехнічної сталі, і первинними обмотками 4 і 5, встановленими кожна на свій магнітопровід (див Фіг 1)

Незалежні магнітні системи 1 і 2 встановлені поруч, обмотка до обмотки, і їхні суміжні сторони охоплені вторинною обмоткою 6, яка встановлена поверх первинних обмоток 4 і 5 (див Фіг 1)

Первинна обмотка 4 незалежної магнітної системи 1 розділена на секції 7 з регульовальними відпайками. Початок 8 і кінець 9 цієї обмотки вмикається в мережу. Обмотка 5 незалежної магнітної системи 2 не має розподілів на секції і з'єднується з обмоткою 4 і її відпайками за допомогою власних полюсних виводів початку 10 і кінця 11. Для підключення навантаження (не показано) вторинна обмотка 6 має виводи 12 і 13 (див Фіг 1)

Для регулювання вихідних параметрів трансформатор містить два комутатори, один із яких 14 служить для згідного або зустрічного з'єднання первинних обмоток 4 і 5 незалежних магнітних систем 1,2, а на другий 15 підключені регульоваль-

ні відпайки секцій 7 первинної обмотки 4 (див Фіг 4)

В наведеному вище варіанті використовується розрізний прямокутний магнітопровід, що дозволяє механізувати весь процес виробництва регульованого трансформатора, використовуючи традиційну технологію намотки і розрізки магнітопровода, роздільної намотки обмоток на каркаси (не показано) і складання трансформатора

Можливий варіант використання магнітопроводів 3 тороїдального типу. При цьому кожна незалежна магнітна система може мати по два магнітопроводи, суміжні сторони яких охоплені первинною обмоткою (див Фіг 2), або кожна незалежна магнітна система має свою первинну обмотку (див Фіг 3). Вторинна обмотка 6 у всіх випадках охоплює суміжні сторони всіх незалежних магнітних систем з первинними обмотками (див Фіг 1 - 3).

При використанні тороїдальних магнітопроводів 3 найбільш доцільно первинні обмотки 4 і 5 незалежних магнітних систем намотувати радіально по всій довжині магнітопроводів, тому що це дозволяє зменшити витрати дроту на первинні і вторинні обмотки за рахунок зменшення середньої довжини периметра витків обмоток, використовувати традиційну механізовану вмотку первинних обмоток і поліпшити умови їх охолодження (див Фіг 3).

Збільшення кількості незалежних магнітних систем з секціонованими і несекціонованими обмотками дозволяє розширити межі регулювання вихідних параметрів регульованого трансформатора.

Трансформатор, що заявляється, працює в такий спосіб.

Включивши в мережу первинну обмотку 4 магнітної системи 1 на номінальну напругу  $U_{1\text{ном}}$ , одержуємо у вторинній обмотці 6 напругу, рівну  $0,5$  номінальної  $U_2 = 0,5 U_{2\text{ном}}$ , тому що магнітний потік, що пронизує вторинну обмотку, буде створюватися лише незалежною магнітною системою 1. У незалежній магнітній системі 2 магнітний потік буде дорівнювати нулю у зв'язку з тим, що напруга, яка подається на первинну обмотку 5, також дорівнює нулю.

Розглянемо початковий стан роботи трансформатора, що заявляється, при якому його вихідна напруга дорівнює нулю  $U_2 = 0$ .

Для цього необхідно, щоб у тій частині, де суміжні ділянки магнітопроводів незалежних магніт-

них систем 1 і 2 охоплені вторинною обмоткою 6, сумарний магнітний потік дорівнював нулю.

Це досягається тим, що полюс 11 первинної обмотки 5 магнітної системи 2 з'єднується через комутатор 14 з початком 8 первинної обмотки 4 магнітної системи 1, а полюс 10 початку первинної обмотки 5 магнітної системи 2 з'єднується через комутатор 15 з кінцем 9 первинної обмотки 4 (див Фіг 4, пунктиром).

При такому з'єднанні магнітні потоки, які створюються первинними обмотками 4 і 5, в своїх магнітних системах 1 і 2 будуть однакового значення з потоком, що створюється на суміжній ділянці магнітних систем, охоплених вторинною обмоткою 6, при цьому потоки будуть спрямовані зустрічно, і сумарний потік дорівнюватиме алгебраїчній сумі, тобто нулю, а, отже, і вторинна напруга  $U_2$  на обмотці 6 також буде дорівнювати нулю.

Для того, щоб одержати у вторинній обмотці 6 напругу, рівну напрузі чотирьох ступенів регулювання, необхідно полюс 10 обмотки 5 переключити на четверту відпайку від кінця 9 секціонованої первинної обмотки 4, а полюс 11 обмотки 5 залишити на місці (див Фіг 4, пунктиром). Подальше регулювання напруги проводиться аналогічно.

Для одержання у вторинній обмотці 6 повної напруги, що дорівнюватиме номінальній напрузі  $U_2 = U_{2\text{ном}}$ , необхідно полюс 10 первинної обмотки 5 з'єднати з початком 8 первинної обмотки 4, а полюс 11 первинної обмотки 5 з'єднати з кінцем 9 первинної обмотки 4 (див Фіг 4).

У цьому випадку первинна обмотка 5 незалежної магнітної системи 2 буде підключена до всіх витків первинної обмотки 4 незалежної магнітної системи 1, тобто обидві обмотки будуть з'єднані згідно, отже, магнітний потік, що пронизує вторинну обмотку 6, подвоїться, і напруга в ній буде дорівнювати номінальній напрузі  $U_{2\text{ном}}$  (див Фіг 4).

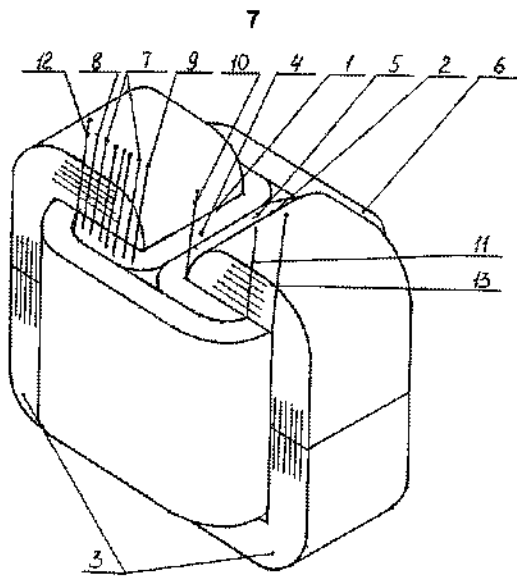
Регульований трансформатор, що заявляється, дозволяє

- підвищити надійність і термін служби,
- знизити втрати холостого ходу і підвищити коефіцієнт корисної дії.

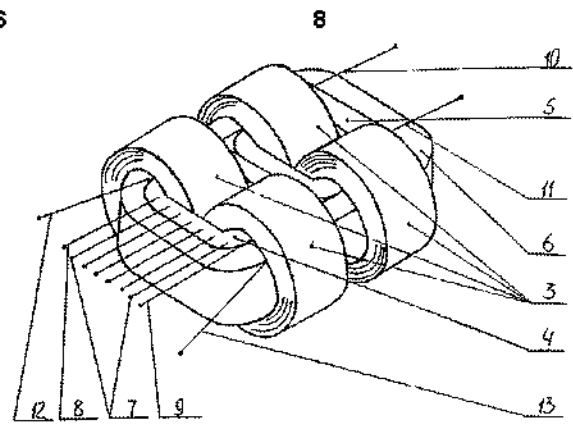
Джерела інформації

- 1 Патент США №3748570, H01F39/00, 1973
- 2 Патент ФРН №2609697, H02M5/22, H01F29/14, 1977
- 3 Патент Японії № 60-40171, H01F29/14, 1985

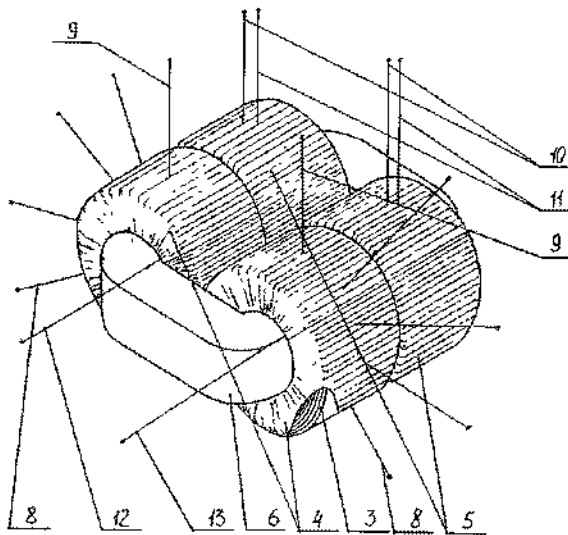
52046



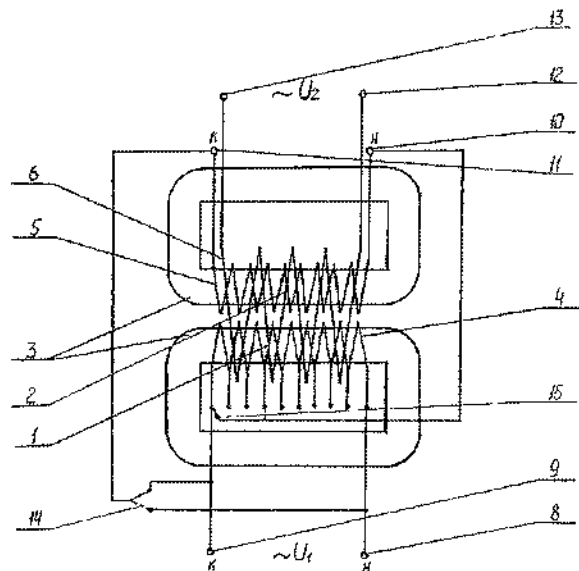
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)  
вул. Сім'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна  
(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»  
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна  
(044) 216 – 32 – 71