



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **124209** (13) **C2**
(51) МПК
H01F 27/24 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: a 2019 10417</p> <p>(22) Дата подання заявки: 17.10.2019</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 05.08.2021</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.02.2020, Бюл.№ 4</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 04.08.2021, Бюл.№ 31</p>	<p>(72) Винахідник(и): Ставинський Андрій Андрійович (UA), Авдеєва Олена Андріївна (UA), Циганов Олександр Миколайович (UA), Ставинський Ростислав Андрійович (UA), Садовий Олексій Степанович (UA), Вахоніна Лариса Володимирівна (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Георгія Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 54020 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 4424503 A, 03.01.1984 US 4482880 A, 13.11.1984 US 3569886 A, 09.03.1971 US 2016/0314884 A1, 27.10.2016 US 4032874 A, 28.06.1977 US 3214718 A, 26.10.1965 US 2560003 A, 10.07.1951 RU 2083014 C1, 27.06.1997 US 2016/0343498 A1, 24.11.2016 JP S5764111 U, 16.04.1982</p>
---	--

(54) МАГНІТОПРОВІД ТРАНСФОРМАТОРА

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі трансформаторобудування та може бути використаний при виробництві одно- і трифазних трансформаторів з різновидами структур планарних та просторовою радіальною електромагнітних систем і шихтованими магнітопроводами. Магнітопровід трансформатора містить стрижневі, яремні і кутові ділянки. Також магнітопровід містить складений з гранованих пластин анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей з зсувом стиків в суміжних шарах і утворенням гранованого зовнішнього контуру. Щонайменше дві розташовані між кутами зовнішнього контуру ділянки складені з протилежним розташуванням довгих і коротких основ суміжних трапецієвидних рівнобічних пластин анізотропної сталі. Короткі основи довгих пластин дорівнюють довгим основам коротких пластин, а боки цих пластин стикаються в кутових ділянках з боками пластин ізотропної сталі. Технічним результатом винаходу є зниження втрат неробочого руху на 12-20 % та зниження загальних втрат активної потужності трансформатора на 8-12 % при зниженні маси його магнітопроводу на 4-5 %.

UA 124209 C2

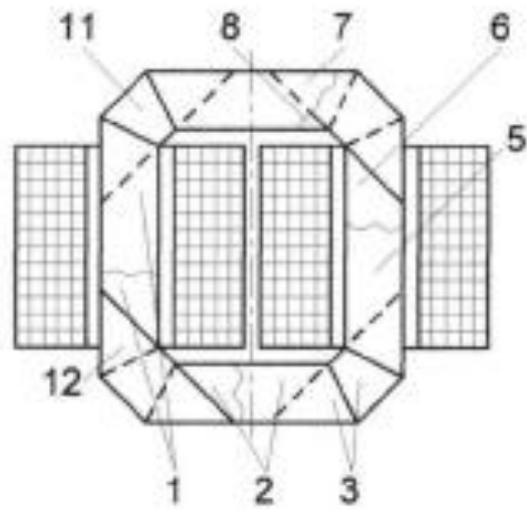


Fig. 1

Винахід належить до галузі трансформаторобудування, може бути використаний при виробництві однофазних і трифазних трансформаторів з шихтованими магнітопроводами та вирішує задачу зниження втрат активної потужності при зниженні маси магнітопроводу.

Відомо про будову планарних стрижневих, броньових і бронестрижневих шихтованих магнітопроводів однофазних і трифазних трансформаторів. Кожен з цих магнітопроводів містить стрижневі, яремні і кутові ділянки та складений з чергуванням гранованих пластин електротехнічної сталі зі зсувом стиків в суміжних шарах і утворенням гранованого, тобто прямокутного зовнішнього контуру [Магнітопроводы силовых трансформаторов (технология и оборудование) / (А.И. Майорец, Г.И. Пшеничный, Я.З. Чечелюк и др.) - М.: Энергия, 1973. - 272с, с. 17, 28]. Грановані пластини у різновидах вказаних магнітопроводів мають форму прямокутників, рівнобічних або прямокутних трапецій, або більш складну форму, яка утворює при виготовленні відходи електротехнічної сталі. При сучасному застосуванні в трансформаторобудуванні анізотропної електротехнічної сталі напрямки текстури стрижневих і яремних ділянок співпадають з напрямками силових ліній магнітного поля, що суттєво знижує втрати і намагнічувальний струм. Однак ці напрямки ортогональні магнітному потоку в кутових ділянках. Тому при переході потоку з стрижнів в ярама в кутових ділянках виникають значні втрати. Наявність прямокутного зовнішнього контуру магнітопроводу призводить до суттєвої нерівномірності розподілу магнітного поля в кутових ділянках. Амплітуди індукції на осі прямого кута внутрішнього і зовнішнього контурів складають приблизно 2,0 Тл і 0,01 Тл при середньому значенні амплітуди індукції в стрижні або ярмі 1,6-1,65 Тл. Вказана нерівномірність розподілу поля підвищує додаткові втрати в кутових ділянках і стиках. Незалежно від форми стиків втрати в магнітопроводі зростають на 40-50 % відносно питомих втрат при напрямку потоку вздовж текстури анізотропної сталі та заданої індукції. При прямокутному зовнішньому контурі периферійні частини кутових ділянок електромагнітно недовантажені і практично є зайвим ваговим додатком магнітопроводу. Ознаками вказаних конструкцій, які співпадають з конструкціями винаходу, є наявність в магнітопроводі стрижневих, яремних і кутових ділянок, що складені з гранованих пластин електротехнічної сталі зі зсувом стиків в суміжних шарах і утворенням гранованого зовнішнього контуру.

Також відомі варіанти конструкції трифазного планерного стрижневого магнітопроводу, що шихтований з гранованих, а саме прямокутних пластин, і відрізняється комбінацією ізотропної і анізотропної електротехнічних сталей, яку прийнято за прототип [Levin M.I., Пентегов И.В., Рымар СВ., Lavreniuk A.V. Новые подходы при построении магнітопроводов силовых трансформаторов // Електротехніка і електромеханіка. - 2015. - № 1. - С. 20-24]. Пластини ізотропної і анізотропної сталей в суміжних шарах чергуються таким чином, що утворюється зсув стиків, а кутові ділянки містять тільки ізотропну сталь. Однак приблизно половина подібного магнітопроводу складена із ізотропної сталі з погіршеними магнітними властивостями відносно анізотропної сталі вздовж текстури. Тому, незважаючи на значне зниження втрат в кутових ділянках, суттєвого зниження загальних втрат в магнітопроводі відносно повністю текстурованих аналогів не відбувається. Також традиційні прямокутні зовнішні контури варіантів вказаного магнітопроводу з комбінацією електротехнічних сталей обумовлюють невиправдано підвищену масу. Ознаками прототипу, які співпадають з винаходом, є те, що магнітопровід містить стрижневі, яремні і кутові ділянки та складений з гранованих пластин анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей зі зсувом стиків в суміжних шарах і утворенням гранованого зовнішнього контуру.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення магнітопроводу трансформатора, в якому певні особливості конфігурацій і сполучень елементів призводять до зниження втрат активної потужності при зниженні маси.

Поставлена задача вирішується тим, що в магнітопроводі трансформатора, що містить стрижневі, яремні і кутові ділянки та складений з гранованих пластин анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей зі зсувом стиків в суміжних шарах і утворенням гранованого зовнішнього контуру, щонайменше дві розташовані між кутами зовнішнього контуру ділянки складені з протилежним розташуванням довгих і коротких основ суміжних трапецієвидних рівнобічних пластин анізотропної сталі, причому короткі основи довгих пластин дорівнюють довгим основам коротких пластин, а боки цих пластин стикаються в кутових ділянках з боками пластин ізотропної сталі.

Пластини кутових ділянок мають форму рівнобічних трапецій рівних висот, що відрізняються довжинами і кутами основ.

Ортогональні осі зовнішнього контуру ділянки розділені протилежно розташованими в суміжних шарах меншими та більшими боками паралелограм них пластин ізотропної сталі, а між їх іншими більшими боками розташовані пластини анізотропної сталі.

Трапецієвидні пластини анізотропної сталі і розташовані між ними пластини ізотропної сталі складені зі зсувом їх осей на 120° .

Сукупність вказаних ознак, тобто виконання магнітопроводу таким чином, що щонайменше дві розташовані між кутами зовнішнього контуру ділянки складені з протилежним розташуванням довгих і коротких основ суміжних трапецієвидних рівнобічних пластин анізотропної сталі, причому короткі основи довгих пластин дорівнюють довгим основам коротких пластин, а боки цих пластин стикаються в кутових ділянках з пластинами ізотропної сталі, повністю виключає замикання силових ліній магнітного поля за напрямками, що не співпадають з напрямком текстури анізотропної сталі в бокових (протилежних відносно осі зовнішнього контуру) кутових ділянок та підвищує число граней зовнішнього контуру стрижневих, броньових і бронестрижневих планарних магнітопроводів вдвоє. Усуваються недовикористані в електромагнітному відношенні об'єми електротехнічної сталі на вершинах кутів граней при перетворенні прямокутного зовнішнього контуру в восьмигранний контур. Знижуються нерівномірність розподілу магнітного поля в бокових кутових ділянках, маса і загальні втрати магнітопроводу.

На основі того, що пластини кутових ділянок мають форму рівнобічних трапецій рівних висот, що відрізняються довжинами і кутами основ, зменшується нерівномірність розподілу магнітного поля в таких ділянках та трохи знижується маса цих ділянок та планарних магнітопроводів в цілому на величину, що пропорційна розміру ізоляційних проміжків між обмоткою і магнітопроводом.

Розділення ортогональних осей зовнішнього контуру ділянок протилежно розташованими в суміжних шарах меншими та більшими боками паралелограмних пластин ізотропної сталі та розташування між їх іншими боками пластин анізотропної сталі, утворює планарні однофазні броньові та трифазні планарні стрижневі і бронестрижневі магнітопроводи. В таких магнітопроводах перехід магнітного потоку в пластини анізотропної сталі в Т-подібних середніх кутових ділянках відбувається через частини паралелограмних пластин ізотропної сталі, що знижує втрати активної потужності.

Завдяки складанню трапецієвидних пластин анізотропної сталі і розташованих між ними пластин ізотропної сталі зі зсувом їх осей на 120° , утворюється просторова симетрична тристрижнева електромагнітна система однофазного трансформатора з шестигранним зовнішнім контуром магнітопроводу. В такому магнітопроводі напрямки текстури трапецієвидних пластин анізотропної сталі співпадають з напрямком магнітного потоку в стрижнях, а маса ізотропної сталі, що займає об'єм яремно-кутових ділянок і незначну частину об'єму стрижневих ділянок, а також число стиків пластин є мінімальними. Таке рішення знижує втрати і масу магнітопроводу і однофазного трансформатора в цілому.

Винахід ілюструється кресленнями, на яких зображені схеми електромагнітних систем однофазних і трифазного трансформаторів з стрижневими планарними та просторовим магнітопроводами.

На фіг. 1 і фіг. 2 показані конструктивні схеми електромагнітних систем однофазного і трифазного трансформаторів з планарними стрижневими магнітопроводами. Фіг. 3 характеризує особливості кутових зон магнітопроводів систем (фіг. 1, фіг. 2), а фіг. 4 роз'яснює однофазну електромагнітну систему з стрижневим просторовим магнітопроводом однофазного трансформатора.

Кожен з магнітопроводів електромагнітних систем трансформаторів фіг. 1-фіг. 4 містить стрижневі 1, яремні 2 і кутові 3 ділянки. Магнітопровід трифазної системи (фіг. 2) також містить центральні Т-подібні кутові ділянки 4. Вказана сукупність ділянок 1-4 складена з гранованих пластин 5-10 і 11-13 відповідно анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей з зсувом стиків 14-16 в суміжних шарах і утворенням гранованого восьмигранного (фіг. 1, фіг. 2) і шестигранного (фіг. 4) зовнішніх контурів. В однофазній системі (фіг. 1) розташовані між кутами зовнішнього контуру стрижневі 1 і яремні 2 ділянки, а в трифазній (фіг. 2) і однофазній (фіг. 4) системах стрижневі ділянки 1 складені з протилежним розташуванням довгих і коротких основ суміжних трапецієвидних рівнобічних пластин 5, 6 анізотропної сталі, причому короткі основи довгих пластин 5 дорівнюють довгим основам коротких пластин 6, а боки цих пластин стикаються в кутових ділянках з боками пластин 11-13 ізотропної сталі. В однофазній (фіг. 1) і трифазній (фіг. 2) системах пластини 11, 12 кутових ділянок 3 мають форму рівнобічних трапецій рівних висот, що відрізняються довжинами і кутами основ. Величина меншої основи короткої пластини 11 визначається розміром ізоляційного проміжку b_{13} між обмоткою 20 і внутрішнім контуром магнітопроводу (фіг. 3) та повинна не перевищувати цей розмір більше ніж в $\sqrt{2}$. Таким чином підвищення класу напруги трансформатора, що обумовлює збільшення b_{13} (фіг. 3), приводить до деякого зниження маси магнітопроводу та довжини замикання силових

ліній магнітного поля. В магнітопроводі трифазної системи (фіг. 2) ортогональні осі 00' зовнішнього контуру яремно-кутові ділянки 2, 4 розділені протилежно розташованими в суміжних шарах меншими та більшими боками паралелограмних пластин 17 ізотропної сталі, а між їх іншими більшими боками зі стиками 18 розташовані пластини 19 анізотропної сталі. В магнітопроводі однофазної системи (фіг. 4) трапецієвидні пластини 5, 6 анізотропної сталі і розташовані між ними пластини 12, 13 ізотропної сталі складені зі зсувом їх осей на 120°. Пластини 13 мають форму рівнобічного трикутника, що забезпечує мінімальний об'єм ізотропної сталі тристрижневого магнітопроводу системи (фіг. 4) і відповідно мінімальні втрати в магнітопроводі.

Усі трапецієвидні і трикутні пластини 5-13, 19 виконуються практично без відходів поперечним розділом прямокутної полоси (стрічки, рулону) електротехнічної сталі.

При роботі трансформатора з кожним варіантом електромагнітної системи (фіг. 1-фіг. 4) магнітне поле магнітопроводу замикається в стрижневих 1, яремних 2 і кутових 3, 4 ділянках. В пластинах 5-10 і 19, що утворюють основну частину стрижневих 1 і яремних 2 ділянок, силові лінії поля направлені вздовж прокату і текстури анізотропної сталі. В кутових ділянках 3 і 4 магнітне поле змінює напрямки силових ліній на 90° (фіг. 1, фіг. 2) і 120° (фіг. 4) в пластинах 11-13 і 17 ізотропної сталі, об'єми якої в кожному з варіантів магнітопроводу є мінімально необхідними. Це суттєво знижує втрати неробочого руху варіантів електромагнітних систем однофазних і трифазних трансформаторів.

Відносно прототипу використання технічних рішень (фіг. 1-фіг. 4) знижує втрати неробочого руху на 15-20 % та знижує загальні втрати активної потужності трансформатора на 8-12 %. Вилучення частини кутових об'ємів сталі при подвоєнні числа граней зовнішнього контуру приводить до зниження маси магнітопроводу відносно прототипу на 4-5 %.

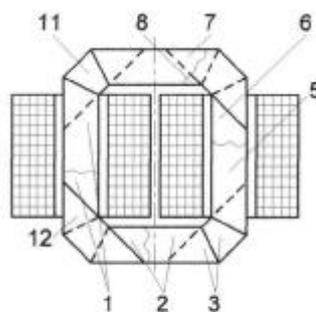
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Магнітопровід трансформатора, що містить стрижневі, яремні і кутові ділянки та складений з гранованих пластин анізотропної і ізотропної електротехнічних сталей з зсувом стиків в суміжних шарах і утворенням гранованого зовнішнього контуру, який **відрізняється** тим, що щонайменше дві розташовані в суміжних шарах між кутами зовнішнього контуру ділянки складені з протилежним розташуванням довгих і коротких основ суміжних трапецієвидних рівнобічних пластин анізотропної сталі, причому короткі основи довгих пластин дорівнюють довгим основам коротких пластин, а боки цих пластин стикаються в кутових ділянках з боками пластин ізотропної сталі.

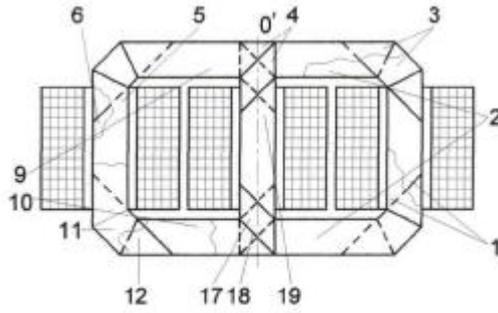
2. Магнітопровід за п. 1, який **відрізняється** тим, що пластини кутових ділянок суміжних шарів мають форму рівнобічних трапецій рівних висот, що відрізняються довжинами і кутами основ.

3. Магнітопровід за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що додатково містить паралелограмні пластини ізотропної сталі, при цьому ортогональні осі зовнішнього контуру ділянки розділені протилежно розташованими в суміжних шарах меншими та більшими боками паралелограмних пластин ізотропної сталі, а між їх іншими більшими боками розташовані пластини анізотропної сталі.

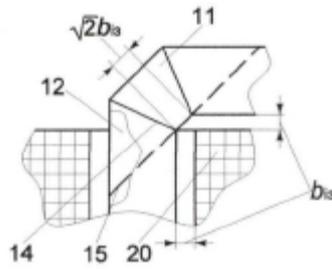
4. Магнітопровід за п. 1, який **відрізняється** тим, що трапецієвидні пластини анізотропної сталі і розташовані між ними пластини ізотропної сталі складені зі зсувом їх осей на 120°.



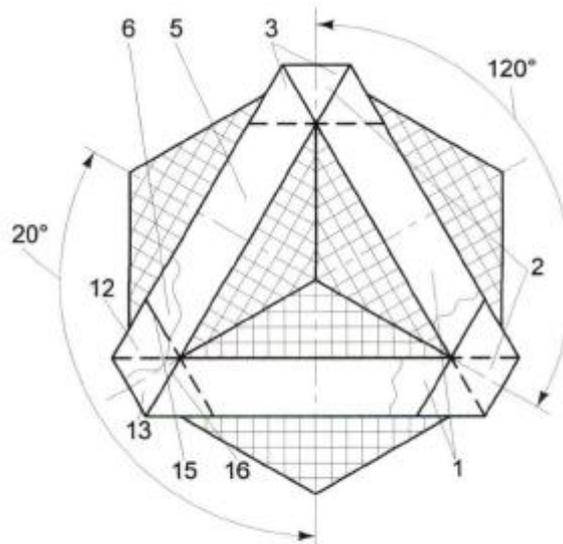
Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4