



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **141816** (13) **U**  
(51) МПК  
*H01F 27/24* (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

|   |  |
|---|--|
| <p>(21) Номер заявки: <b>u 2019 10687</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>28.10.2019</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>27.04.2020</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.04.2020, Бюл.№ 8</b></p> | <p>(72) Винахідник(и):<br/><b>Ставинський Андрій Андрійович (UA),<br/>Авдеєва Олена Андріївна (UA),<br/>Циганов Олександр Миколайович (UA),<br/>Ставинський Ростислав Андрійович (UA),<br/>Садовий Олексій Степанович (UA),<br/>Вахоніна Лариса Володимирівна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и):<br/><b>МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ<br/>АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,<br/>вул. Георгія Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 54020 (UA)</b></p> |
|---|--|

**(54) МАГНІТОПРОВІД ТРАНСФОРМАТОРА**

**(57) Реферат:**

Магнітопровід трансформатора 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. 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.

**UA 141816 U**

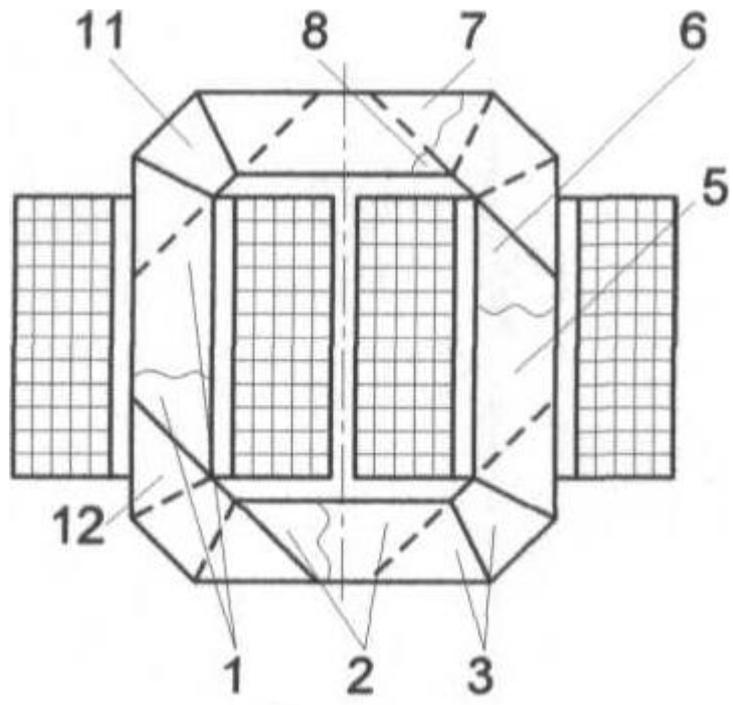


Fig. 1

Корисна модель 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. - 272 с., 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 напрями 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 корисної моделі, 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 планарного стрижневого магнітопроводу, що шихтований з гранованих, а саме прямокутних пластин, і відрізняється комбінацією ізотропної і анізотропної електротехнічних сталей, яку прийнято за найближчий аналог (Levin M.I., Пентегов И.В., Рымар С.В., 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 найближчого аналога, які співпадають з корисною моделлю 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 корисної моделі 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, згідно з корисною моделлю, 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  $120^\circ$ .

Сукупність вказаних ознак, тобто виконання магнітопроводу таким чином, що за меншою мірою 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 напрямом 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 декілька 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  $120^\circ$ , утворюється просторова симетрична тристрижнева електромагнітна система однофазного трансформатора з шестигранним зовнішнім контуром магнітопроводу. В такому магнітопроводі напрямки текстури трапецієвидних пластин анізотропної сталі співпадають з напрямом 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.

Корисна модель пояснюється 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) призводить до деякого зниження маси магнітопроводу та довжини замикання силових

ліній магнітного поля. В магнітопроводі трифазної системи (фіг. 2) ортогональні осі  $OO'$  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  $120^\circ$ . 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  $90^\circ$  (фіг. 1, фіг. 2) і  $120^\circ$  (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 найближчого аналога використання корисної моделі (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 призводить до зниження маси магнітопроводу відносно найближчого аналога на 4-5 %.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

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

3. Магнітопровід за пп. 1 і 2, який **відрізняється** тим, що 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  $120^\circ$ .

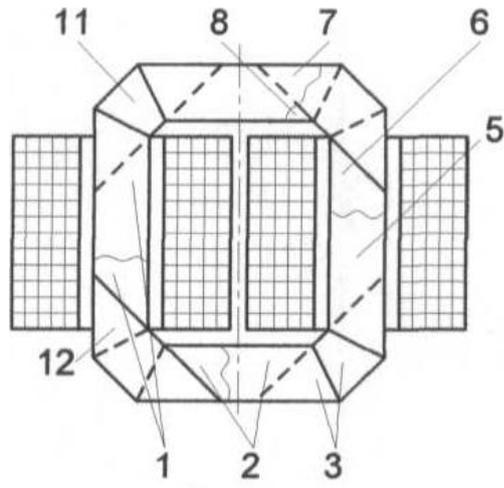


Fig. 1

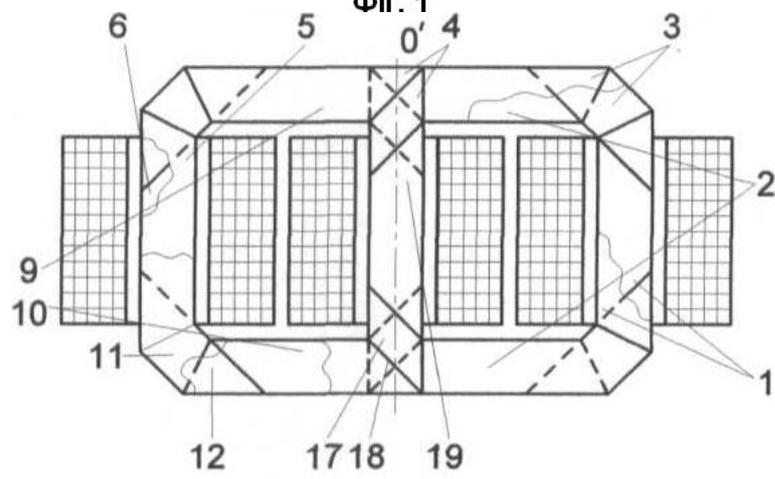


Fig. 2

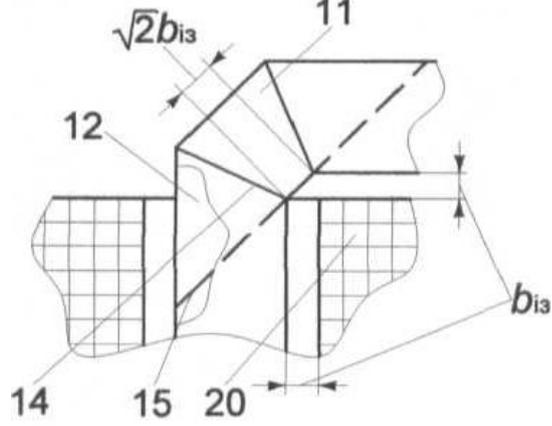
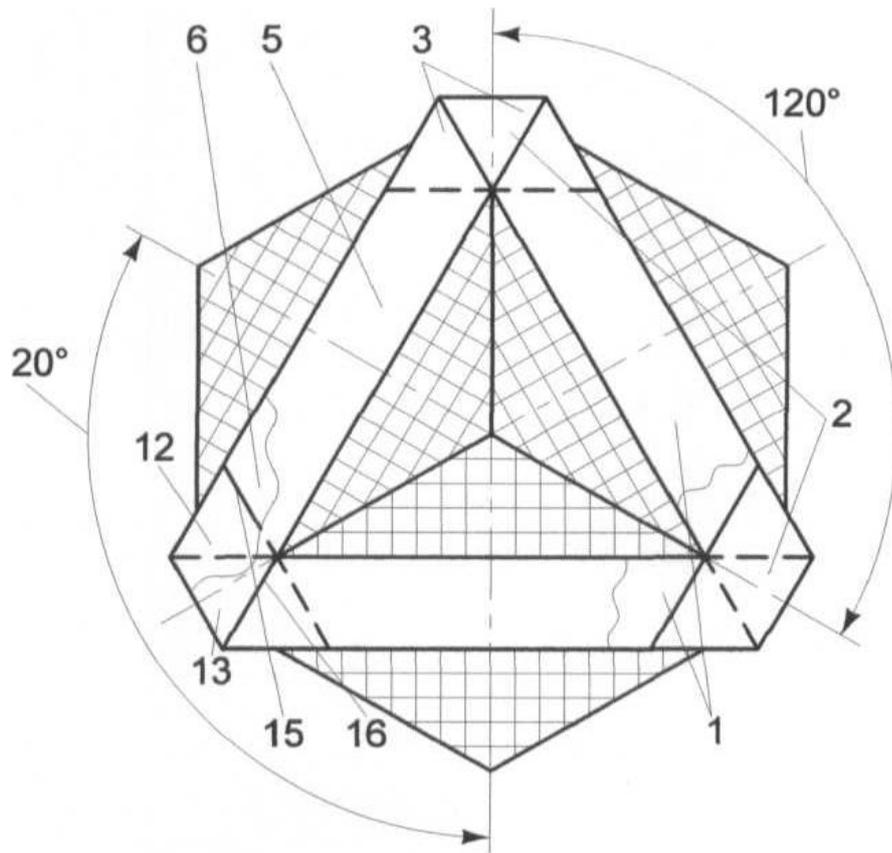


Fig. 3



Фіг. 4

---

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

---

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601