



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **124199** (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 01319</p> <p>(22) Дата подання заявки: 11.02.2019</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 05.08.2021</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 27.05.2019, Бюл.№ 10</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): МДАУ "МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Георгія Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 54020 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 100077 C2, 12.11.2012 US 2016/0343498 A, 24.11.2016 US 8686824 B2, 01.04.2014 US 4506248 A, 19.03.1985 JP S4886311 U, 19.10.1973 JP S5764111 U, 16.04.1982 JP S5581925 U, 05.06.1980</p>
--	---

(54) МАГНІТОПРОВІД ТРАНСФОРМАТОРА

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі трансформаторобудування та може бути використаний при виробництві одно- і трифазних трансформаторів з планарними та просторовими радіальними структурами електромагнітних систем і шихтованими магнітопроводами. Магнітопровід трансформатора містить шари електротехнічної сталі, що шихтовані з пластин та утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки з технологічними косими стиками. В магнітопроводі щонайменше частина кутових ділянок складена з пластин шевронної форми з протилежними боками різної довжини. При цьому пластини шевронної форми встановлені в кутових ділянках з технологічними стиками і виконані з ізотропної електротехнічної сталі, а інші пластини виконані з анізотропної електротехнічної сталі. Технічним результатом винаходу є зниження втрат неробочого руху на 15-20 % та зниження втрат активної потужності трансформатора на 8-12 %.

UA 124199 C2

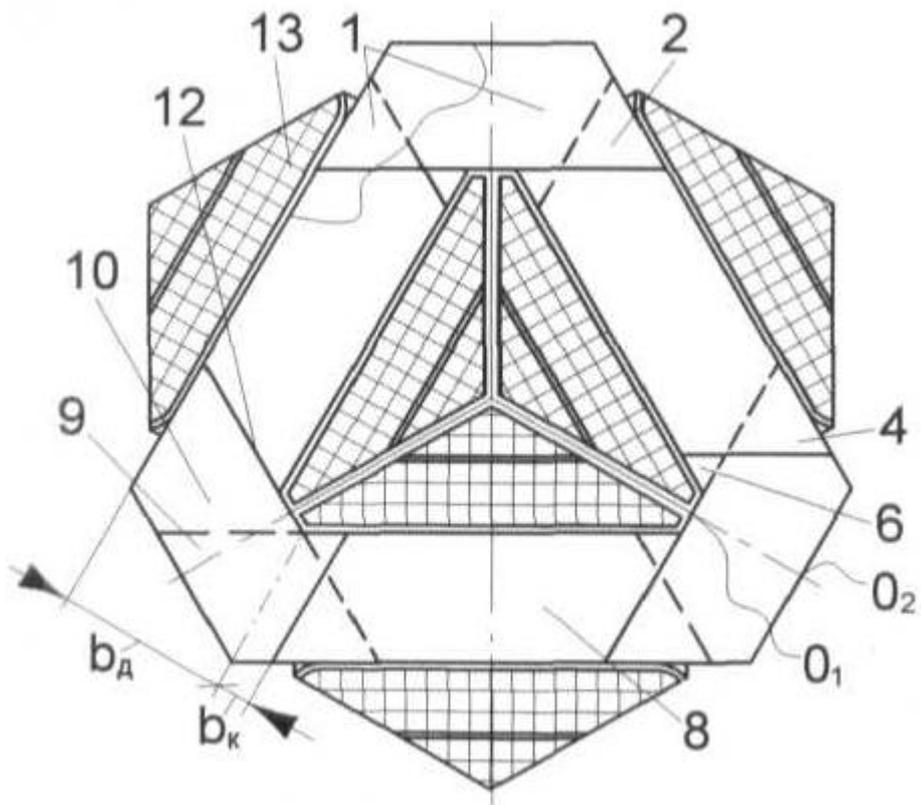


Fig. 1

Винахід належить до галузі трансформаторобудування, може бути використаний при виробництві однофазних і трифазних трансформаторів з шихтованими магнітопроводами та вирішує задачу зниження втрат активної потужності та підвищення коефіцієнта корисної дії.

Відомо про будову однофазних і трифазних планарних магнітопроводів, що шихтовані з прямокутних пластин електротехнічної сталі відповідно двох та трьох типорозмірів (Магнітопроводы силових трансформаторов (технология и оборудование)/ [А.И. Майорец, Г.И. Пшеничный, Я.З. Чечелюк и др.] -М.: Энергия, 1973. - 272 с, с. 17). Однак при сучасному виготовленні магнітопроводів трансформаторів з анізотропної сталі виникають значні втрати в кутових зонах прямих стиків вказаних пластин, в яких силові лінії магнітного поля повертаються в напрямку, що ортогональний текстурі. Це обмежує зростання коефіцієнта корисної дії трансформатора. Ознаками вказаних конструкцій, які співпадають з конструкціями винаходу, є наявність в магнітопроводі шарів електротехнічної сталі, що шихтовані з пластин та утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки з технологічними стиками.

Також відомі конструкції трифазних планарних стрижневих магнітопроводів, що шихтовані з прямокутних пластин і відрізняються комбінацією ізотропної та анізотропної електротехнічних сталей (патент US № 8686824, Intel. H01F 27/24; H01F17/04; Publ.Date 01.04.2014). Застосовуються чотири типорозміри пластин, що відрізняються довжиною. Більш довгі та короткі пластини виконані відповідно з анізотропної та ізотропної електротехнічних сталей. Вказані пластини у суміжних шарах чергуються, що утворює шихтовку магнітопроводу "вперепліт". Кутові зони повертання магнітного поля містять тільки ізотропну сталь. Однак приблизно половина подібного магнітопроводу містить ізотропну сталь з погіршеними магнітними властивостями відносно властивостей анізотропної сталі вздовж текстури. Тому, незважаючи на значне зниження втрат в кутових зонах, суттєвого зниження загальних втрат в магнітопроводі не відбувається. Загальним недоліком конструкцій з прямокутних пластин сталі є підвищені магнітні опори прямих стиків, що обумовлює замикання значної частини силових ліній поля ортогонально суміжним шарам і виникнення у зонах стиків вихрових струмів та підвищених втрат. Ознаками вказаних конструкцій, які співпадають з конструкціями винаходу, є шари електротехнічної сталі, що шихтовані з пластин та утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки з технологічними стиками.

Також відомі варіанти конструкцій трифазних планарних магнітопроводів, що шихтовані з анізотропної сталі з усіма косими стиками (Магнітопроводы силовых трансформаторов (технология и оборудование)/ [А.И. Майорец, Г.И. Пшеничный, Я.З. Чечелюк и др.] -М.: Энергия, 1973-272 с, с. 28). Косі стики зменшують магнітний опір та об'єм зон повертання магнітного поля відносно напрямку текстури. Однак виготовлення таких магнітопроводів потребує зміни конфігурацій і розмірів та значного числа типорозмірів пластин електротехнічної сталі, що обумовлено необхідністю зсуву стиків у суміжних шарах. Суттєво ускладнюється технологічний процес та виникають відходи виробництва магнітопроводів. Ознаками таких конструкцій, що співпадають з конструкціями винаходу, є те, що магнітопровід містить шари електротехнічної сталі, що шихтовані з пластин та утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки з технологічними косими стиками.

Крім того, відома конструкція магнітопроводу з усіма косими стиками (Патент України UA100077, МПК H01F27/24, опубл. 12.11.2012), що складається в однофазному варіанті з ідентичних пластин, а в трифазному варіанті з трьох типорозмірів пластин, яку прийнято за прототип. Усі ідентичні пластини однофазного варіанту і частина пластин трифазного варіанту вказаної конструкції мають шевронну форму та виконані поперечним розрізом прямокутної смуги (рулону) електротехнічної сталі. Така форма забезпечує симетричне просторове радіальне виконання і вписування трансформаторів авіаційно-космічного, підводно-технічного та рудничного виконання в циліндричні і сферичні оболонки обмеженого діаметра. Число накладених при шихтуванні вперепліт пластин та стиків в кожному шарі магнітопроводу зменшено до трьох, що знижує намагнічувальний струм та втрати. Однак вказані варіанти з шевронними пластинами передбачають застосування спеціальних сортів ізотропної сталі зі зменшеними втратами, що суттєво підвищує вартість. Ознаками прототипу, які співпадають з винаходом є те, що магнітопровід містить шари електротехнічної сталі, що шихтовані з пластин та утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки з технологічними косими стиками, та в якому щонайменше частина кутових ділянок складена з пластин шевронної форми з протилежними боками різної довжини.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення магнітопроводу трансформатора, в якому певні особливості конфігурацій і сполучень елементів призводять до зниження втрат активної потужності при застосуванні в значній частині магнітопроводу анізотропної електротехнічної сталі.

Поставлена задача вирішується тим, що в магнітопроводі трансформатора, який містить шари електротехнічної сталі, що шихтовані з пластин та утворюють стрижні, ярма і кутові ділянки з технологічними косими стиками, та в якому щонайменше частина кутових ділянок складена з пластин шевронної форми з протилежними боками різної довжини, пластини шевронної форми встановлені в кутових ділянках з технологічними стиками і виконані з ізотропної електротехнічної сталі, а інші пластини виконані з анізотропної електротехнічної сталі.

Пластини шевронної форми в суміжних шарах електротехнічної сталі розташовані з протилежними положеннями коротких і довгих боків відносно осей кутових ділянок зі стиками.

Пластини шевронної форми щонайменше частини кутових ділянок виконані з закругленнями середніх кутів радіусами, які не перевищують ізоляційні проміжки між обмоткою і магнітопроводом.

В протилежних середніх кутових ділянках пластини шевронної форми суміжних шарів електротехнічної сталі розташовані з ортогональними положеннями осей середніх кутів.

Сукупність вказаних ознак, тобто виконання магнітопроводу таким чином, що пластини шевронної форми встановлені в кутових ділянках з технологічними стиками і виконані з ізотропної електротехнічної сталі, а інші пластини виконані з анізотропної електротехнічної сталі, повністю виключає замикання силових ліній магнітного поля за напрямками, що не співпадають з напрямом текстури анізотропної сталі та усуває підвищені втрати в кутових ділянках повороту поля відносно напрямку текстури. Таким чином досягається зниження загальних втрат та підвищення енергетичної ефективності трансформатора.

Завдяки розташуванню пластин шевронної форми в суміжних шарах електротехнічної сталі з протилежними положеннями коротких і довгих боків відносно осей кутових ділянок зі стиками, забезпечується шихтування ділянок суміжних шарів в зонах стиків вперепліт, що знижує намагнічувальний струм та при раціональному співвідношенні довжин вказаних боків знижує втрати на вихрові струми у вказаних зонах. Це підвищує енергетичну ефективність і надійність трансформатора.

На основі того, що пластини шевронної форми щонайменше частини кутових ділянок виконані з закругленнями середніх кутів радіусами, які не перевищують ізоляційні проміжки між обмоткою і магнітопроводом, без підвищення маси додатково знижуються втрати в магнітопроводі.

Розташування в протилежних середніх кутових ділянках пластин шевронної форми суміжних шарів електротехнічної сталі з ортогональними положеннями осей середніх кутів забезпечує зниження втрат в середніх кутових ділянках однофазних броньових і трифазних планарних магнітопроводів.

Винахід ілюструється рисунками, на яких зображені схеми варіантів магнітопроводів в складі електромагнітних систем однофазних і трифазного трансформаторів.

На Фіг. 1 і 2 показані конструктивні схеми електромагнітних систем однофазних трансформаторів з стрижневими відповідно просторовим радіальним і планарним магнітопроводами, Фіг. 3 характеризує особливості конструкції електромагнітної системи трифазного трансформатора з планарним стрижневим магнітопроводом, а Фіг. 4 і Фіг. 5 роз'яснюють конфігурації і розташування елементів кутових ділянок планарних магнітопроводів.

Кожен з магнітопроводів електромагнітних систем Фіг. 1-Фіг. 3 містить шари 1 електротехнічної сталі, що шихтовані, в залежності від різновиду трансформатора, з певного числа пластин 2-7 та утворюють стрижні 8, ярма 9 і кутові ділянки 10, 11 з технологічними косими стиками 12. В магнітопроводах (Фіг. 1, Фіг. 2) усі кутові ділянки 10, а в магнітопроводі (Фіг. 3) бокові кутові ділянки 10, а також значна частина середніх кутових ділянок 11 складені з пластин 2, 3 шевронної форми з протилежними боками різної ширини відповідно b_k , b_d і b'_k , b'_d (Фіг. 1-Фіг. 3, Фіг. 5). Пластини 2, 3 шевронної форми встановлені в кутових ділянках 10, 11 з технологічними стиками 12 і виконанні з ізотропної електротехнічної сталі, а інші пластини 4-7 виконані з анізотропної електротехнічної сталі. Пластини 2, 3 шевронної форми в суміжних шарах електротехнічної сталі розташовані з протилежними положеннями коротких і довгих боків b_k , b_d і b'_k , b'_d відносно відповідних осей O_1 , O_2 і O'_1 , O'_2 кутових ділянок 10, 11 зі стиками 12. Пластини 2 шевронної форми бокових кутових ділянок 10 (Фіг. 2, Фіг. 3) виконані з закругленнями середніх кутів на осях O_1 , O_2 радіусами r_3 , які не перевищують ізоляційні проміжки шириною b_n між обмоткою 13 і внутрішніми поверхнями стрижнів 8 і ярмом 9 (Фіг. 4). В протилежних середніх кутових ділянках 11 (Фіг. 3, Фіг. 5) шевронні пластини 3 суміжних шарів 1 електротехнічної сталі розташовані з ортогональним положенням осей O_3 , O_4 і O'_3 , O'_4 середніх кутів (Фіг. 5).

При роботі трансформатора з кожним варіантом електромагнітної системи (Фіг. 1-Фіг. 3) магнітне поле магнітопроводу замикається в стрижнях 8, ярах 9 і кутових ділянках 10, 11. В пластинах 4-7, що утворюють стрижні 8 і яра 9 магнітопроводів (Фіг. 1, Фіг. 3), силові лінії поля направлені вздовж прокату і текстури анізотропної електротехнічної сталі. В кутових ділянках 10 силові лінії поля в магнітопроводі (Фіг. 1) повертаються на 60° , а в ділянках 10, 11 магнітопроводів (Фіг. 2, Фіг. 3) вказані лінії повертаються на 90° . В кутових ділянках 10, 11 магнітне поле повертається в пластинах 2, 3 з ізотропної електротехнічної сталі, що багатократно знижує втрати відносно конструкцій, зокрема прототипу, в яких напрямки силових ліній поля частини магнітопроводу не відповідають напрямку прокату і текстури анізотропної електротехнічної сталі. Протилежне розташування в суміжних шарах 1 коротких і довгих боків ширини b_k , b_d і b'_k , b'_d пластин 2, 3 відносно осей O_1 , O_2 і O'_1 , O'_2 кутових ділянок 10, 11 (Фіг. 1-Фіг. 3) та розташування пластин 3 в суміжних шарах 1 створює зсув стиків 12 у вказаних шарах 1. Такий зсув викликає відхилення частини силових ліній поля від стиків 12 в суміжні шари 1 та зменшує магнітний опір магнітопроводу. При раціональному співвідношенні розмірів b_k , b_d і b'_k , b'_d пластин 2, 3 знижуються втрати на вихрові струми стикових зон при вказаному відхиленні силових ліній магнітного поля. Закруглення радіусами r_3 вершин середніх кутів пластин 2 (Фіг. 4) підвищують рівномірність розподілу силових ліній поля та зменшують довжину замикання силових ліній поля на осях O_1 , O_2 та без підвищення маси знижують втрати та намагнічувальні струми магнітопроводів (Фіг. 2, Фіг. 3) відносно аналогів, у яких незакруглені грані зовнішніх і внутрішніх контурів.

Відносно прототипу використання технічних рішень (Фіг. 1-Фіг. 5) знижує втрати неробочого руху на 15-20 % та знижує загальні втрати активної потужності трансформатора на 8-12 %.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

25

1. Магнітопровід трансформатора, який містить шари електротехнічної сталі, що шихтовані з пластин та утворюють стрижні, яра і кутові ділянки з технологічними косими стиками, та в якому щонайменше частина кутових ділянок складена з пластин шевронної форми з протилежними боками різної довжини, який **відрізняється** тим, що містить також пластини паралелепіпедної форми, при цьому пластини шевронної форми встановлені в кутових ділянках з технологічними стиками і виконані з ізотропної електротехнічної сталі, а пластини паралелепіпедної форми виконані з анізотропної електротехнічної сталі.

30

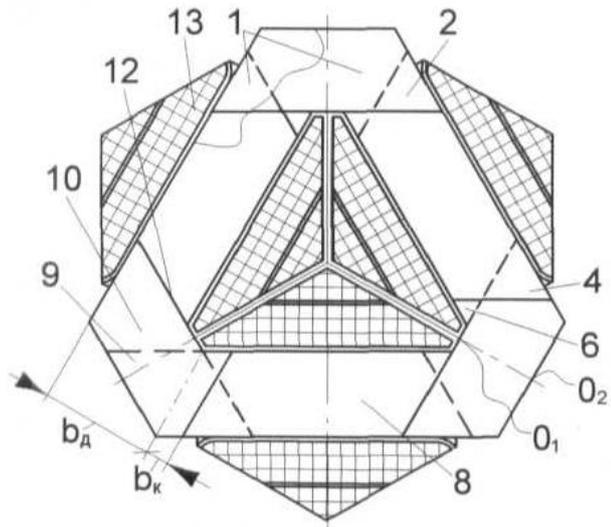
2. Магнітопровід за п. 1, який **відрізняється** тим, що пластини шевронної форми в суміжних шарах електротехнічної сталі розташовані з протилежними положеннями коротких і довгих боків відносно осей кутових ділянок зі стиками.

35

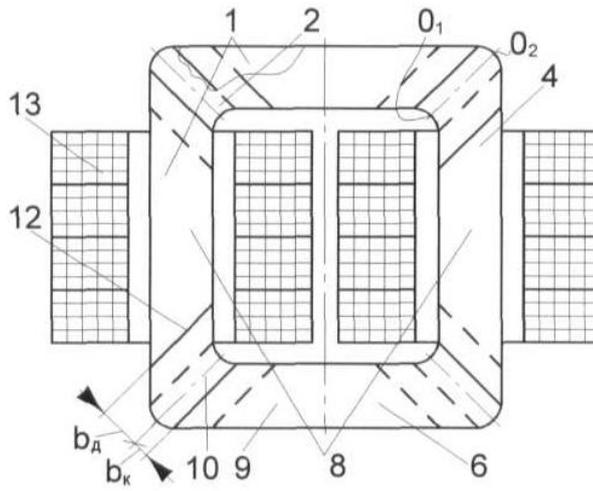
3. Магнітопровід за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що пластини шевронної форми щонайменше частини кутових ділянок виконані з закругленнями середніх кутів радіусами, які не перевищують ізоляційні проміжки між обмоткою і магнітопроводом.

40

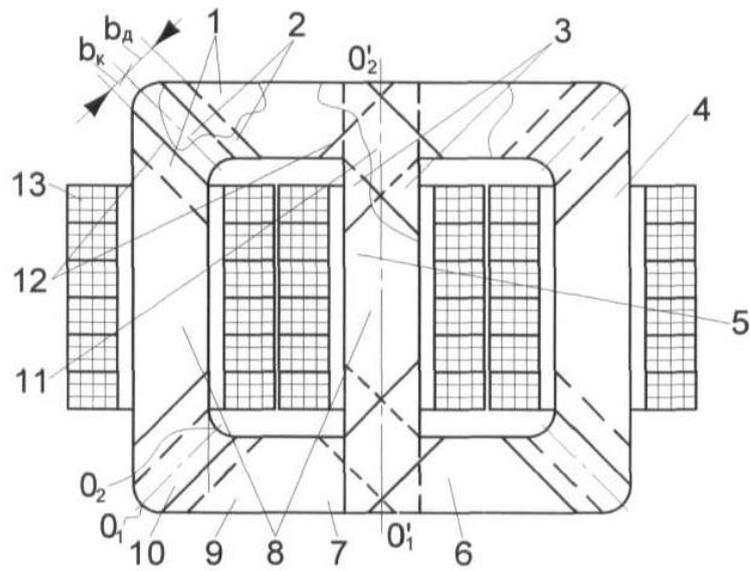
4. Магнітопровід за одним з пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що в протилежних середніх кутових ділянках пластини шевронної форми суміжних шарів електротехнічної сталі розташовані з ортогональними положеннями осей середніх кутів.



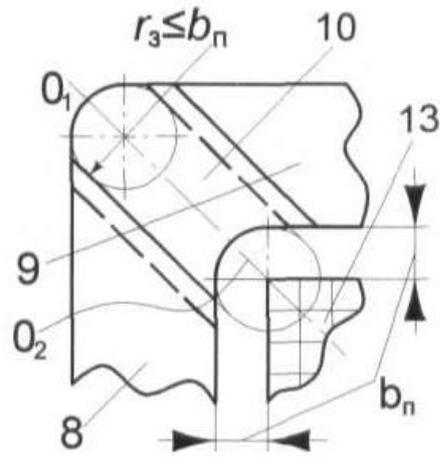
Фиг. 1



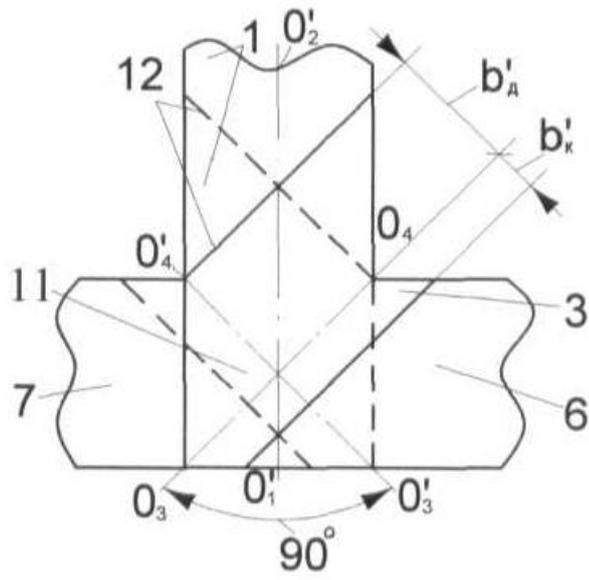
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5