



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 128371

(13) C2

(51) МПК

H01F 27/24 (2006.01)

H01F 30/12 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: a 2021 02030	(72) Винахідник(и): Білий Леонід Адамович (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.04.2021	(73) Володілець (володільці): Білий Леонід Адамович, вул. Польова, 21, м. Львів-Рудно, 79493 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 27.06.2024	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2041515 C1, 09.08.1995 UA 119130 C2, 25.04.2019 UA 79028 C2, 10.05.2007 GB 994898 A, 10.06.1965 US 2019267179 A1, 29.08.2019 UA 84746 C2, 25.11.2008 WO 2015142354 A1, 24.09.2015 WO 2005027155 A1, 24.03.2005 WO 2009138101 A1, 19.11.2009
(41) Публікація відомостей про заявку: 19.10.2022, Бюл.№ 42	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 26.06.2024, Бюл.№ 26	

(54) ТРИФАЗНИЙ ТРАНСФОРМАТОР**(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі електротехніки, зокрема стосується конструювання трансформаторів і може застосовуватися у всіх галузях, виробничі процеси яких зв'язані з виробництвом, експлуатацією і ремонтом трансформаторів. Трифазний трансформатор містить у своєму складі основні первинну і вторинну обмотки, складену з пластин електротехнічної сталі просторову магнітну систему, причому магнітна система утворена шістьма правильними тригранними призмами, з'єднаними між собою спільним ребром, утворюючи таким чином шестигранну призму з шестипроменевою зіркою у перерізі, суміжні грані зірки - стрижні магнітопроводу, а автономні - шестигранне ярмо, вертикальна щільність пластин магнітопроводу забезпечується центральним і боковим кріпленнями, розділені навпіл основні обмотки та додаткові обмотки, коефіцієнт трансформації яких більший від основних, розміщені пофазно на протилежних стрижнях, магнітна система виконана зі співвідношеннями ширини стрижня і ярма, рівним двом, та висоти призми і ширини променя, більшим п'яти. Основні та додаткові обмотки розміщені сумісно на стрижнях із просторовим кутом 120°. Просторовий магнітопровід виготовлений з аморфної електротехнічної сталі товщиною від 10 до 30 мкм. Технічним результатом винаходу є уніфікація конструкції просторової магнітної системи, зниження її масогабаритних характеристик, поєднання в трансформаторі функцій фільтра вищих гармонік, симетруючого пристрою і стабілізатора напруг.

UA 128371 C2

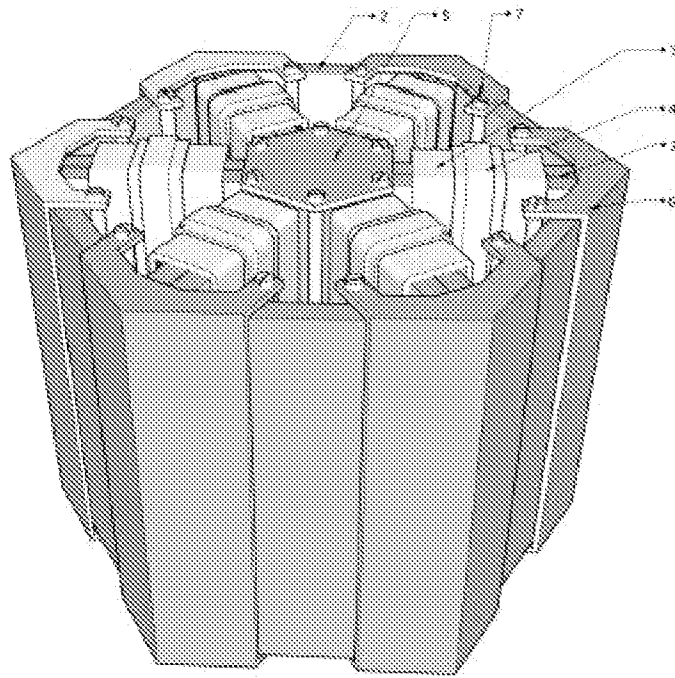


Fig. 1

Винахід належить до галузі електротехніки, зокрема стосується конструювання трансформаторів, і може використовуватись в усіх галузях, яким необхідні пристрої, що можуть трансформувати енергію високої якості (без вищих гармонік), самостійно усувати перекося напруг у випадку несиметричного навантаження, самостійно плавно і у широких діапазонах регулювати напруги при зміні навантаження, пристрої, що мають значно вищу надійність і ресурс роботи.

Такі властивості трансформатора може забезпечити лише просторова магнітна система, яка адекватно відтворює або моделює явище електромагнетизму, форма і фізика якого полягає в охопленні струмопроводу магнітопроводом, при цьому зникають такі метаморфози, як необхідність заміни об'ємного поля плоскопаралельним, розсіяння цього поля в оточуючий простір і ін., але виготовлення просторового магнітопроводу вимагає більшої кількості сталі.

Враховуючи, що проектування сучасних трансформаторів здійснюється з багатолітньою і неослабною тенденцією до максимально високого використання активних матеріалів, спрощення технологічності, зниження ваги і зменшення габаритів, постало питання створення просторової магнітної системи з витратами, співмірними з витратами на виготовлення Ш-подібних плоских трансформаторів.

Відомі трифазні просторові радіальні магнітопроводи підвищеної компактності, стрижні і ярма яких сформовані з двох груп шевронних елементів, які мають різну довжину, а частина ділянок ярем виконана з елементів, що мають форму паралелограма з кутами 60° і 120° (Патент України на винахід UA 100077C2, Патент України на корисну модель UA 99327). Подібні магнітопроводи мають ряд недоліків, серед яких основними є: неможливість встановлення на стрижні магнітопроводу окремо виготовлених обмоток, тому що стрижні мають геометрію "у вигляді шеврона різної довжини". Намотування обмотки на готовий магнітопровід значно ускладнює технологічний процес виготовлення трансформатора. Генезис структури магнітопроводів від планарної форми до просторової здійснений авторами в одній площині шляхом концентричного розміщення фаз, що хіба що усунуло магнітну несиметрію магнітопроводу, але не вплинуло на покращення умов протікання електромагнітного процесу, залишивши охоплення магнітного поля струмом, що зумовлює наявність полів розсіяння, втрат потужності і т. д.

Відомий просторовий симетричний магнітопровід, що має верхнє і нижнє навиті ярма, з'єднані між собою стрижнями, при цьому геометрія поперечного перерізу стрижнів і ярем у місцях з'єднання виконані з квадратним поперечним перерізом (Патент РФ RU № 2380780 C1). Подібні магнітопроводи з просторовим розміщенням стрижнів лише усувають магнітну несиметрію планарних Ш-подібних осердь, а технічний результат стосовно зменшення втрат у сталі досягнуто лише за рахунок використання аморфної сталі, чого можна досягти і у Ш-подібному магнітопроводі. Через низьку механічну міцність аморфної сталі (крихка, як скло) до конструкцій таких осердь і умов їх виробництва ставляться особливі вимоги, тому що магнітопровід є несучою конструкцією, яка утримує всю активну частину. Аморфна сталь не допускає дії надмірного вагового навантаження, чого автори винаходу не враховують.

Також відома конструкція магнітопроводу з внутрішньою частиною (стрижнями) з магнітом'якого матеріалу, навколо якої принаймні частково розташований екран, який має шихтовану конструкцію зі щонайменше одного магнітом'якого матеріалу, причому між внутрішньою частиною магнітопроводу і екраном розташований пристрій для створення аксіального тиску на внутрішню частину магнітопроводу, а екран підрозділений на сегменти і його довжина в аксіальному напрямі дорівнює або більша, ніж аксіальна довжина каркасів котушок, розташованих навколо магнітопроводу трансформатора (Патент України на винахід UA № 88942 C2).

Вище вказувалась причина появи так званих полів розсіяння, тобто магнітних полів, силові лінії яких зчеплені лише з однією обмоткою і ця причина полягає в неадекватному моделюванні явища електромагнетизму.

Замість просторового охоплення струму магнітним полем у трансформаторі котушки (струм) охоплюють магнітопровід (поле). Порушення законів і явищ природи породило цілий ряд негативних наслідків, серед яких і поля розсіяння. Їх фізика достатньо складна і дотепер не існує єдиних методик їх розрахунку та способів усунення. Запропонований автором екран замкне на себе якусь частину поля розсіяння і змінить місце втрат потужності трансформатора, але не усуне їх. Крім того, поля розсіяння визначають індуктивні опори обмоток, які вони охоплюють, і додаткові втрати в міді, окрім омичних. Цієї частини потоків розсіяння екран не може замкнути на себе. А передбачити, "що орієнтування шихтованої конструкції екрану направлено паралельно до можливого (?) напрямку потоку розсіяння" неможливо, так як неможливо передбачити конфігурацію самого явища розсіяння. Хіба може існувати

альтернатива боротьбі з наслідками полів розсіяння, крім перетворення їх у робоче магнітне поле шляхом оточення обмоток об'ємно-просторовою магнітною системою? Мабуть не існує.

Відомо також просторовий магнітопровід для фільтр-трансформаторів із розміщеними по колу стрижнями з ярмами, які утворюють у плані багатопроменеву зірку і який з метою зменшення магнітної несиметрії виконаний з двох однакових частин, зістикованих у стрижнях (SU № 1714697 A1).

По-перше, магнітна несиметрія зникає не від стикування "двох однакових частин зістикованих у стрижнях", а завдяки просторовому їх розміщенню; по-друге великі кошти витрачають на виготовлення фільтр-трансформаторів, призначених для усунення вищих гармонік у кривих напруг і струмів. Витрати і гармоніки зникають у трансформаторах з просторовою магнітною системою, яка практично повністю охоплює обмотки. Такі трансформатори передають лише першу гармоніку при будь-якому насиченні магнітопроводу, тоді як фільтри мають вузький діапазон ефективності.

Найбільш близьким до запропонованого за сукупністю ознак і технічними результатами є пристрій-прототип трифазний трансформатор Патент України на винахід UA № 84746

Трифазний трансформатор, який містить у своєму складі обмотки низької та високої напруги у кожній фазі і складену магнітну систему, який відрізняється тим, що магнітна система складається з ярма і шести стрижнів, розміщених у вигляді шестипроменевої зірки з просторовими кутами 60 градусів між ними і зовні охоплених ярмом, на трьох стрижнях через один розміщено обмотки фаз у складі первинної і вторинної обмоток однієї фази, три інші стрижні - вільні від обмоток і є шунтовими, на кожній із шести секцій ярма розміщено додаткову обмотку підмагнічування, по дві на кожну фазу, які розміщені по різні боки від відповідної фазної обмотки, магнітна система виконана із співвідношенням її ширини і ширини стрижнів, більшим за одиницю.

Трифазний трансформатор за п. 1, який відрізняється тим, що магнітна система виконана у вигляді циліндра, поперечний переріз якого являє собою шестипроменеву зірку стрижнів, охоплену кільцеподібним ярмом.

Трифазний трансформатор за п. 1, який відрізняється тим, що магнітна система виконана у вигляді шестигранної призми, поперечний переріз якої являє собою шестипроменеву зірку стрижнів, охоплену шестикутним ярмом.

Ознаками прототипу, що співпадають з конструкцією, згідно з винаходом є те, що магнітна система складається з шестипроменевої зірки стрижнів з просторовими кутами 60°, охоплених шестиграним ярмом.

Прототип має ряд недоліків, основними з яких є:

1. Холоднокатаній електротехнічній сталі властива, як відомо, анізотропія, тобто різні магнітні властивості вздовж і поперек прокатки. Для економічного використання сталі й отримання мінімальних втрат в ній, необхідне співпадіння напрямку прокатки й основного магнітного потоку. Таке співпадіння при штампуванні пластин відповідно до фіг. 6 - фіг. 11 або фіг. 17 - фіг. 22 має місце лише в одному або двох стрижнях, а у чотирьох або п'яти стрижнях магнітні втрати значно зростають.

2. Неефективне використання дорогої електротехнічної сталі. Площі трикутників, оточених стрижнями і ярмами, значно більші останніх, отже в процесі штампування пластин більша частина сталі йде в металобрухт.

3. Магнітний потік стрижня замикається двома ярмами, тобто у місті з'єднання стрижня з ярмами потік роздвоюється навпіл завдяки рівності магнітних провідностей обох ярм. Тому потік ярм удвічі менший від потоку стрижня, а тому відповідними повинні бути площі поперечних перерізів ярм і стрижня. При серійному випуску продукції економія сталі за рахунок зменшення вдвічі площі поперечного перерізу ярм буде відчутною.

4. В описі пристрою - прототипу пояснюється, що "регулювання напруги запропонованого трансформатора при роботі під навантаженням здійснюється за допомогою додаткових обмоток, розміщених на ярмі". Далі стверджується, що "плавне регулювання симетрування напруг у випадку складних несиметричних режимів роботи здійснюється шляхом використання додаткових обмоток, розміщених на зовнішньому ярмі магнітної системи". Таким чином два фізичні процеси, зумовлені різними причинами, функціонально пов'язуються і управління ними покладено на один і той же механізм - додаткові обмотки. Якщо взяти до уваги, що коливання вторинних напруг і їх перекося відбуваються, як правило, одночасно, здійснити одночасне їх регулювання практично неможливо. Крім того, автоматизувати регулювання такого процесу також неможливо, а тому необхідне зовнішнє втручання в роботу трансформатора.

Задачею винаходу є вдосконалення технології виробництва та зниження масогабаритних характеристик просторового магнітопроводу в порівнянні з прототипом, поєднання в

трансформаторі функцій фільтра вищих гармонік, симетруючого пристрою і стабілізатора напруг.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у трифазному трансформаторі, що містить у своєму складі основні первинну та вторинну обмотки, складену магнітну систему, згідно з винаходом, магнітопровід виконано з пластин електротехнічної сталі, магнітна система утворена шістьма правильними тригранними призмами, з'єднаними між собою спільним ребром, утворюючи таким чином шестигранну призму з шестипроменевою зіркою у перерізі, суміжні грані зірки - стрижні магнітопроводу, а автономні - шестигранне ярмо, вертикальна щільність пластин магнітопроводу забезпечується центральним і боковим кріпленням, розділені навпіл основні обмотки та додаткові обмотки, коефіцієнт трансформації яких більший від основних, розміщені пофазно на протилежних стрижнях, магнітна система виконана зі співвідношеннями ширини стрижня і ярма, рівним двом, та висоти призми і ширини променя, більшим п'яти.

Трифазний трансформатор, який відрізняється тим що основні та додаткові обмотки розміщені сумісно на стрижнях із просторовим кутом 120° .

Трифазний трансформатор, який відрізняється тим, що просторовий магнітопровід виготовлений з аморфної електротехнічної сталі товщиною від 10 до 30 мкм.

Переліченої сукупності суттєвих ознак достатньо для того, щоб виконати креслення заявленої конструкції просторової магнітної системи з розміщеними на ній обмотками за звичайними для проектування вихідними даними у відповідності з витребуваним об'ємом правового захисту, тобто уніфікації конструкції трансформатора з мінімізацією відходів при порізці листів електротехнічної сталі, з можливістю зменшення масогабаритних характеристик магнітопроводу, створення трансформатора з новими властивостями.

Суть винаходу та принцип дії пояснюється кресленнями.

На фіг. 1 зображено загальний вигляд трансформатора.

На фіг. 2 зображена геометрія пластини уніфікованого магнітопроводу.

На фіг. 3 і фіг. 4 зображене шихтування пластин магнітопроводу в двох послідовних шарах.

На фіг. 5 зображена правильна тригранна призма.

На фіг. 6 зображена розмітка листа електротехнічної сталі для лазерної порізки пластин магнітопроводу.

На фіг. 7 зображено поперечний переріз магнітопроводу, складеного з шести тригранних призм.

На фіг. 8 зображене бокове кріплення магнітопроводу.

На фіг. 9 зображене центральне кріплення магнітопроводу.

На фіг. 10 зображено виток обмотки, охопленого просторовим магнітопроводом (ярмо видалене).

На фіг. 11 зображено виток обмотки, який охоплює стрижень магнітопроводу.

На фіг. 12 зображена схема взаємозв'язків магнітних потоків фаз трансформатора.

На фіг. 14 зображена електрична схема з'єднань основних і додаткових обмоток трифазного трансформатора.

На фіг. 13 зображена електрична схема з'єднань основних і додаткових обмоток однієї фази трансформатора.

На фігурах креслення прийнято наступні позначення: 1 - стрижень, 2 - ярмо, 3 - основні обмотки, 4 - додаткові обмотки, 5 - центральне кріплення, 6 - бокове кріплення, 7 - шпилька.

Трифазний трансформатор (фіг. 1) містить у своєму складі первинні та вторинні (основні) обмотки 3 та додаткові обмотки 4, коефіцієнт трансформації яких більший від основних, складену магнітну систему (фіг. 1 поз. 1, 2). Просторова магнітна система утворена шістьма правильними тригранними призмами (фіг. 5), виготовленими шихтуванням пластин (фіг. 2) у послідовні шари (фіг. 3, фіг. 4) і з'єднаними спільним ребром. Суміжні грані призм служать стрижнями 1, а автономні - ярмами 2.

Магнітопровід виготовлено з пластин електротехнічної сталі, фіг. 2 товщиною 0,27 мм, 0,35 мм або зі стрічок аморфної сталі товщиною 10-30 мкм.

Вертикальна щільність пластин магнітопроводу здійснюється центральним 5 і боковим 6 кріпленням, горизонтальні частини якого стягуються шпильками 7.

Між сукупністю відмітних ознак і досягнутим технічним результатом має місце причинно-наслідковий зв'язок.

Ознака стосовно геометричного співвідношення ширини стрижня і ширини ярма, рівного двом, є суттєвою, через те, що безпосередньо впливає на ряд технічних результатів.

По-перше, конструкція трансформатора, магнітопровід якого складається лише з пластин, що мають геометричну форму рівнобічної трапеції (фіг. 2), є уніфікованою конструкцією.

По-друге, це співвідношення суттєво впливає на масогабаритні характеристики трансформатора, вага ярем якого вдвічі менша ваги стрижнів.

По-третє, суттєвим впливом цього співвідношення є оптимізація лазерної порізки листів електротехнічної сталі на пластини (фіг. 6) і мінімізація відходів (до 5 %) у металообробт дорогого матеріалу.

Четвертим технічним результатом цієї суттєвої ознаки є стопроцентна орієнтація напрямків порізки пластин із напрямком прокатки холоднокатаної сталі, що суттєво впливає на зменшення втрат і покращення характеристик трансформатора.

Винахід передбачає наявність у заявленій конструкції трансформатора ряду суттєвих ознак, які призведуть до появи нових його функцій.

Першою такою суттєвою ознакою є співвідношення висоти призми і ширини променя шестипроменевої зірки більше п'яти. Таке співвідношення забезпечує максимальне охоплення обмоток фаз просторовою магнітною системою. Звернімося до фіг. 11 і фіг. 10, на яких порівнюються картинки магнітних полів витка, охопленого просторовою магнітною системою (фіг. 10) і витка, який охоплює стрижень плоского Ш-подібного магнітопроводу (фіг. 11). У першому випадку (фіг. 10) геометрія магнітопроводу рівномірно розподіляє магнітне поле по всій його висоті, що адекватно сталій напруженості електричного поля, тобто $\vec{E} = \text{const}$. Другий випадок (фіг. 11) ілюструє нерівномірний розподіл поля вздовж витка, що є результатом спотворення явища електромагнетизму - тут струм охоплює поле. Тому густина магнітного поля стрижня неоднорідна, вона інтенсивна між сусідніми стрижнями й інтенсивність її спадає до нуля зовні магнітопроводу, тобто напруженість електричного поля змінна $\vec{E} = \text{var}$.

Розіб'ємо витки фігури 10 і фіг. 11 на ряд однакових відрізків $\Delta \vec{l}$ і обчислимо роботу, яку виконує електромагнітне поле при перенесенні заряду вздовж заданої траєкторії, тобто вздовж довжини витка $\vec{l}_{\text{вит}}$. З теоретичної електротехніки відомо, що таку роботу називають напругою і визначають формулою $U_{\text{вит}} = \oint \vec{E} d\vec{l}$.

На основі цієї формули визначимо напруги обох витків. Для цього інтеграл замінимо сумою для n відрізків витка, а похідну - приростом. Отримаємо $U_{\text{вит}} = \sum_1^n (\vec{E} \Delta \vec{l}) = \sum_1^n \vec{E} \sum_1^n \Delta \vec{l}$.

Сума приростів відрізків витка в обох випадках рівна довжині витків $\sum_1^n \Delta \vec{l} = \vec{l}_{\text{вит}}$. Знайдемо тепер суму напруженостей $\sum_1^n \vec{E}$. Для фіг. 10 ця сума дорівнює сумі однакових напруженостей відрізків, що рівнозначно добутку n на одну напруженість, тобто $\sum_1^n \vec{E} = E_1 + E_2 + \dots + E_n = nE_1$. Фізично добуток nE_1 означає наявність лише складової напруженості однієї амплітуди і частоти. Отже, напруга витка фіг. 10 $U_{\text{вит}} = nE_1 \vec{l}_{\text{вит}}$ має лише першу гармоніку і в ній відсутні вищі гармоніки.

Для фіг. 11 сумарна напруженість складається з доданків напруженостей відрізків витка, різних за амплітудою і частотою, тобто $\sum_1^n \vec{E} = E_1 + E_2 + \dots + E_n$, причому $E_1 \neq E_2 \neq \dots \neq E_n$, що фізично рівнозначно наявності вищих гармонік у напрузі витка: $U_{\text{вит}} = (E_1 + E_2 + \dots + E_n) \vec{l}_{\text{вит}}$.

Отже ознака стосовно співвідношення висоти призми і ширини променя шестипроменевої зірки більше п'яти є суттєвою, так як принципово впливає на технічний результат, який полягає у відсутності вищих гармонік у напругах трансформатора, незалежно від ступеня насичення сталі. Таким чином, технічний результат полягає у виявленні нової властивості трансформатора - виконувати функції фільтра вищих гармонік при одночасній передачі потужності.

Наступний причинно-наслідковий зв'язок між ознакою винаходу й очікуваним технічним результатом пояснюється фіг. 12, де ознака - симетрична шестипроменева зірка стрижнів із розміщеними на них половинами основних і додаткових обмоток і оточених шестигранним ярмом. Наслідком цієї ознаки є фізичне явище, виражене електромагнітним взаємозв'язком кожної фази з двома сусідніми: фаза А магнітно зв'язана з фазами В і С, фаза В - з фазами А і С, фаза С - з фазами А і В.

При несиметричному навантаженні трансформатора в обмотках його фаз протікають струми різної величини, які спричиняють відповідні падіння напруг. Вторинні напруги матимуть різні значення, таке явище називають "перекосом напруг" і воно шкідливо відбивається на споживачах.

У свою чергу, різні струми обмоток індують різні потоки, які, завдяки наявності магнітних взаємозв'язків між фазами, вирівнюються, тобто $\Phi_A = \Phi_B = \Phi_C$. За законом Максвелла напруга або е.р.с. визначається зміною потоку в часі $U_j = e_j = -d\Phi_j / dt$, де $j = A, B, C$, тому напруги фаз вирівнюються, тобто $U_A = U_B = U_C$.

5 Технічним результатом цього причинно-наслідкового зв'язку є виявлення нової властивості заявленого трансформатора, яка полягає в самостійному симетруванні вторинних напруг у разі його несиметричного навантаження, інакше кажучи, трансформатор узяв на себе функції симетруючого пристрою.

10 Наявність у кожній фазі трансформатора, крім основних 3, додаткових обмоток 4 дає змогу здійснювати плавне й у широких діапазонах саморегулювання вторинних напруг при зміні навантаження шляхом послідовного з'єднання основних і додаткових обмоток за схемами, зображеними на фіг. 13 для однієї фази і на фіг. 14 для трьох фаз.

15 Суть саморегулювання напруг полягає в наступному: зміна струму навантаження зумовлює зміну магніторушійної сили (м.р.с.) додаткової або регульовальної обмотки, послідовно з'єднаної з основною обмоткою.

20 Зміна м.р.с. спричинить зміну потоку, що адекватно зміні е.р.с. додаткової обмотки. При збільшенні навантаження її е.р.с. росте, при зменшенні - падає. При послідовному з'єднанні обмоток е.р.с. основної і додаткової обмоток складаються, тобто відбувається зростання вихідної напруги. У випадку зменшення навантаження е.р.с. додаткової обмотки зменшується, що спричинить зменшення вихідної напруги.

Спільною з патентом РФ № 2422935 є можливість зміни напруги заданим коефіцієнтом трансформації додаткових обмоток.

25 Відмінність від заявленого патенту полягає в усуненні залежності конструкції регульовального трансформатора від характеру навантаження, у повній відмові від окремого регульовального трансформатора, а також від пристроїв з'єднання основного і регульовального трансформатора.

30 Наявність додаткових обмоток у кожній фазі трансформатора є суттєвою ознакою через те, що зумовлює технічний результат, який полягає у виявленні нової функції, яку може виконувати трансформатор - можливості самостійного саморегулювання вторинних напруг при зміні навантаження без будь-якого зовнішнього втручання. Така функція є адекватною функції стабілізатора напруг.

35 Трансформатори, заявлені патентом, випускаються в сухому виконанні, тобто вони не потребують примусової системи охолодження (бак, масло, радіатори, насоси, трубопроводи і ін.), завдяки, по-перше, хорошій теплопровідності сталі і відведенню тепла шестигранним ярмом і, по-друге, завдяки усуненню самим трансформатором "перекосу напруг", а, отже, і перевантаження обмоток струмами.

40 Отримані техніко-економічні показники свідчать про створення трансформатора з вдосконаленою технологією виробництва, покращеними у порівнянні з прототипом масогабаритними характеристиками, який поєднує функції трансформатора з функціями фільтра вищих гармонік, симетруючого пристрою та стабілізатора напруги.

Принцип дії трансформатора відомий з літературних джерел, наприклад Іванов-Смоленский А. В. Электротехнические машины, в 2-х томах Учебник для вузов. - М.: Изд. МЭИ. - 2004.

45 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Трифазний трансформатор, що містить у своєму складі основні первинну і вторинну обмотки, складену з пластин електротехнічної сталі просторову магнітну систему, який **відрізняється** тим, що магнітна система утворена шістьма правильними тригранними призмами, з'єднаними між собою спільним ребром, утворюючи таким чином шестигранну призму з шестипроменевою зіркою у перерізі, суміжні грані зірки - стрижні магнітопроводу, а автономні - шестигранне ярмо, вертикальна щільність пластин магнітопроводу забезпечується центральним і боковим кріпленнями, розділені навпіл основні обмотки та додаткові обмотки, коефіцієнт трансформації яких більший від основних, розміщені пофазно на протилежних стрижнях, магнітна система виконана зі співвідношеннями ширини стрижня і ярма, рівним двом, та висоти призми і ширини променя, більшим п'яти.

2. Трифазний трансформатор за п. 1, який **відрізняється** тим, що основні та додаткові обмотки розміщені сумісно на стрижнях із просторовим кутом 120° .

3. Трифазний трансформатор за п. 1, який **відрізняється** тим, що просторовий магнітопровід

виготовлений з аморфної електротехнічної сталі товщиною від 10 до 30 мкм.

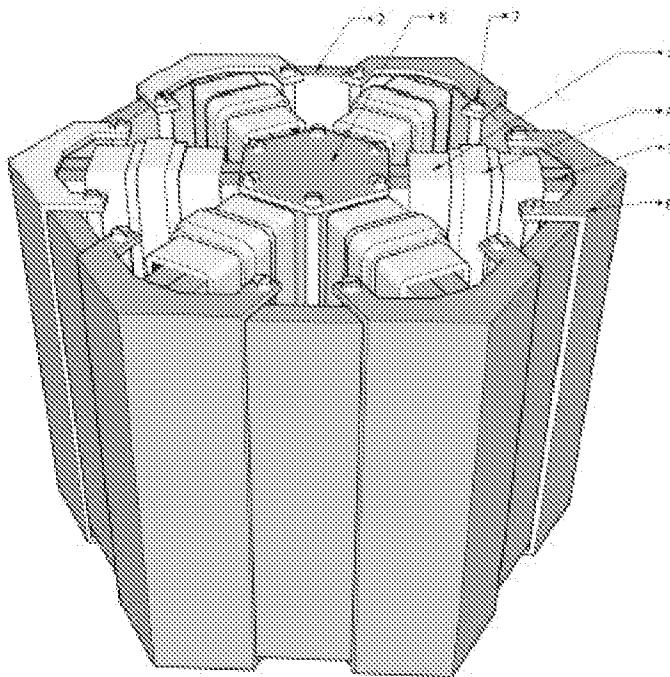


Fig. 1



Fig. 2

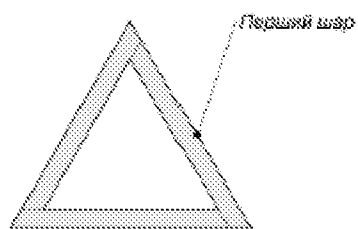


Fig. 3

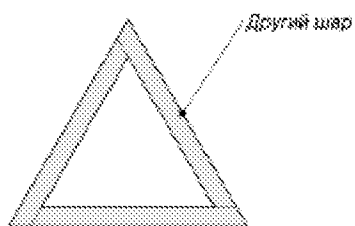
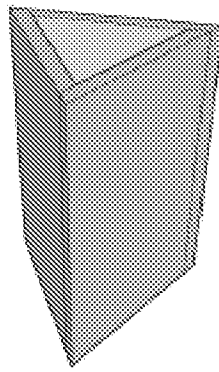
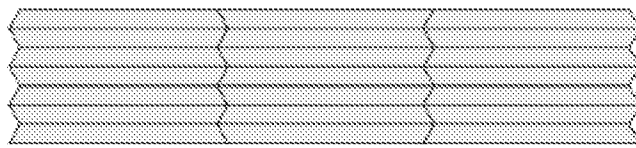


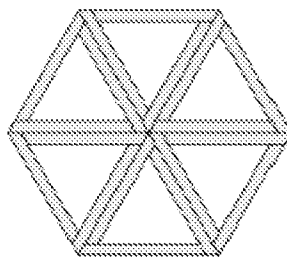
Fig. 4



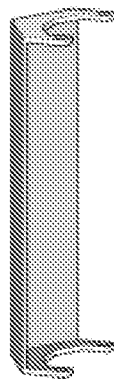
Φir. 5



Φir. 6



Φir. 7



Φir. 8

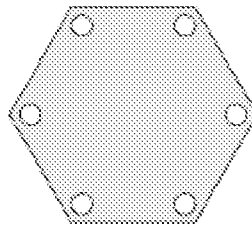


Fig. 9

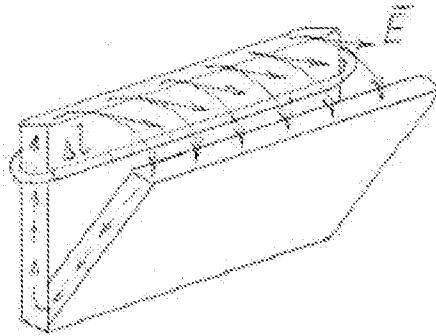


Fig. 10

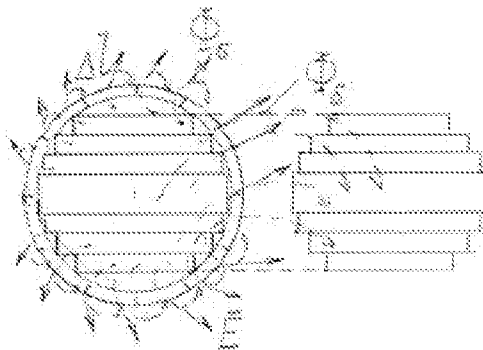


Fig. 11

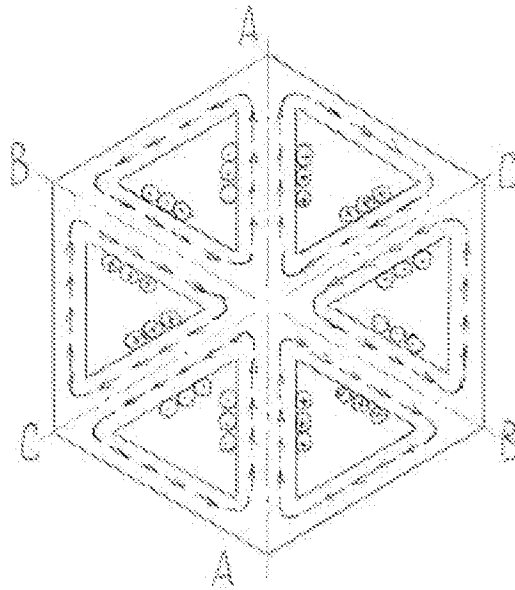


Fig. 12

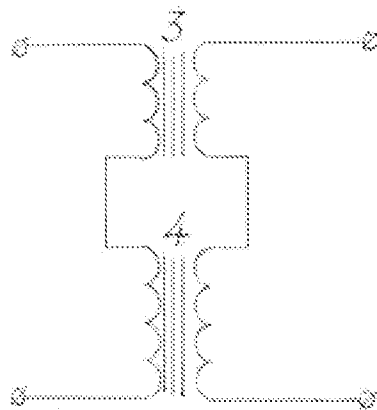


Fig. 13

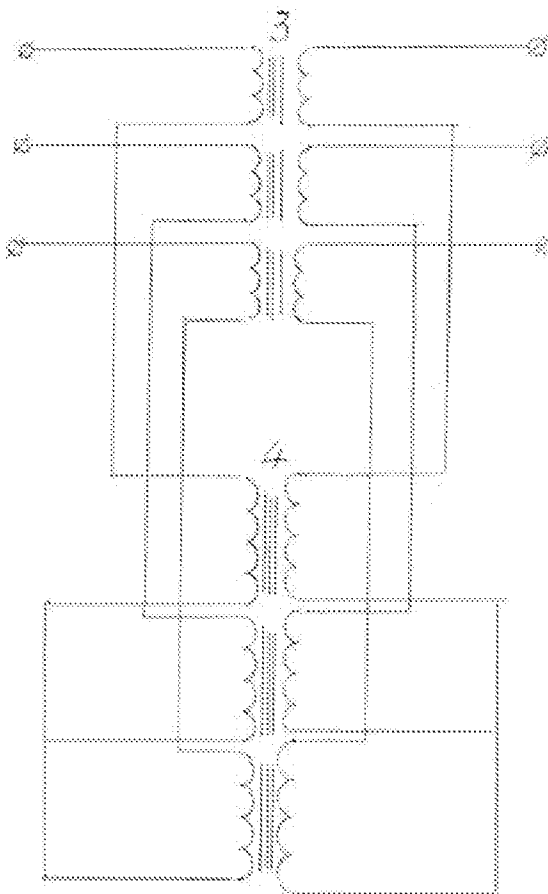


Fig. 14