

Галузь техніки, до якої відноситься винахід.

Даний винахід відноситься до осердя трансформаторів і, особливо, до осердя трифазних та однофазних трансформаторів, які мають стрижні з перетином у формі правильного багатокутника.

Рівень техніки

Осердя трифазних трансформаторів звичайно виготовляється з трансформаторних пластин. У малих трансформаторах пластини мають Ш-подібний профіль, а у більш крупних трансформаторах осердя збирається з пластин прямокутного перетину, їх недолік полягає у тому, що магнітне поле повинно пройти від пластини до пластини через їх кромки, тобто, розповсюджуватися не за найкоротшою траєкторією і не завжди у напрямку орієнтації магнітних ліній.

Розробники трансформаторів прагнули до створення стрижнів осердя з, по суті, круглим поперечним перетином, оскільки він забезпечує найбільшу ефективність зібраного трансформатора. Однак між ефективністю та технологічністю завжди повинен вибиратися деякий компроміс, який приводить до субоптимального осердя з некруглими стрижнями.

До цього часу стрічкове осердя для трифазних трансформаторів було складним у виготовленні. Ефективність осердя може бути підвищена за рахунок вирізування стрічок різної ширини та навивання кільця, яким надається круглий поперечний перетин для однофазних трансформаторів та напівкруглий перетин для трифазних. Даний підхід призводить до значного об'єму відходів, причому процес навивання стає вельми трудомістким.

У патенті США № 4557039 описаний спосіб виготовлення трансформаторного осердя з використанням стрічок з електротехнічної сталі, які звужуються приблизно під постійним кутом. За рахунок вибору відповідного кута під яким відбувається звуження, забезпечується можливість отримання стрижнів осердя з поперечним перетином, який має форму шестикутників або більш високого ступеня апроксимації круглого перетину. Однак стрічки зменшуваної ширини складні та трудомісткі у виготовленні; при цьому конструкція даного осердя неадаптована для великомасштабного виробництва.

На фіг. 1, 1а, 1b наведене відоме осердя трифазного трансформатора за вказаним патентом США № 4557039. У перетині осердя загалом має трикутну форму, як це видно з його перспективного зображення, причому три його осердя з'єднані між собою ярами. На фіг. 1а показаний поперечний перетин осердя перед остаточним збиранням. Осердя містить три ідентичних деталі 12, 13, 14 кільцевої форми, загальний вигляд яких представлений на фіг. 1. Кожна кільцева деталь становить половину одного з двох стрижнів, які мають шестикутний поперечний перетин (див. фіг. 1а), так що усього утворюється три стрижні осердя трифазного трансформатора.

Кільцеві частини спочатку формуються шляхом навивання зі стрічок постійної ширини з отриманням трьох ідентичних кільць 12а, 13а, 14а, які мають ромбічний поперечний перетин, в якому два кути складають по 60° та два кути по 120°. Ці кільця 12а-14а відповідають базовим кільцям. Орієнтація стрічок також видна з фіг. 1а, 1b.

Зовні базового кільця у кожній кільцевій частині 12а-14а є зовнішнє кільце 12b, 13b, 14b з поперечним перетином у формі правильного трикутника. Зовнішні кільця виготовлені навиванням зі стрічок з постійно зменшуваною шириною.

Як показано на фіг. 1b, коли три частини 12-14 зібрані разом, вони утворюють три шестигранних стрижні, на які намотуються трансформаторні обмотки.

Недолік подібного рішення полягає у тому, що для кожного розміру трансформатора потрібна різна нарізка стрічок. Крім того, зовнішні кільця 12-14 виготовляються зі стрічок зменшуваної ширини, що пов'язано з появою відходів. При цьому трансформатор стає складним у виготовленні.

Осердя трансформаторів описане також у наступних документах: SE 163797, US 2458112, US 2498747, US 2400184 та US 2544871. Однак в осерді, описаному у зазначених документах, вказані проблеми також не вирішені.

Суть винаходу

Задача, на рішення якої спрямований даний винахід, полягає у створенні трансформаторного осердя, в якому мінімізовані енергетичні втрати.

Наступна задача полягає у створенні осердя трансформатора, яке просте у виготовленні і дозволяє уникнути значних відходів матеріалу.

Подальша задача полягає у розробці способу виготовлення трансформатора, який відповідає вимогам великомасштабного виробництва.

Винахід заснований на усвідомленні того, що осердя трансформатора, який має один або більше стрижнів у формі правильного багатокутника з числом сторін більше 4, може бути отримане навиванням зі стрічок постійної ширини.

Згідно з винаходом створюється трансформаторне осердя, яке містить, щонайменше, один стрижень та одне ярмо, в якому поперечний перетин вказаного стрижня або стрижнів має форму правильного багатокутника з числом граней більше 4, при цьому осердя характеризується тим, що воно виконано з кільця, навихи зі стрічок постійної ширини.

Різні переважні варіанти виконання винаходу визначені у залежних пунктах формули.

Перелік фігур креслень

Далі буде детально описаний переважний варіант виконання даного винаходу. Прикладені креслення становлять частину опису.

На фіг. 1 дано перспективне зображення відомого осердя трифазного трансформатора, виготовленого з кільця з ромбічним та трикутним перетинами.

Фіг. 1а та 1b – це поперечні перетини осердя за фіг. 1 до і після збирання відповідно.

На фіг. 2 дано перспективне зображення осердя трифазного трансформатора за даним винаходом з шестиграними стрижнями.

Фіг. 2а та 2b – це поперечні перетини осердя за фіг. 2 до і після збирання відповідно.

Фіг. 3а та 3б – це поперечні перетини альтернативного осердя трифазного трансформатора з шестигранними стрижнями до і після збирання відповідно.

На фіг. 4 дано перспективне зображення осердя трифазного трансформатора за даним винаходом з восьмигранними стрижнями.

Фіг. 4а – це поперечний перетин осердя за фіг. 4.

Фіг. 5 – це поперечний перетин осердя з 10 сторонами.

Фіг. 6 – це поперечний перетин осердя з 12 сторонами.

На фіг. 7-9 представлена схема для зміни індуктивності розсіяння та гармонік у трифазному трансформаторі.

Фіг. 10 – поперечний перетин осердя трифазного трансформатора зі спеціальними ярмами для поліпшення магнітного потоку.

Фіг. 11 – представлено осердя трифазного трансформатора з лінійним розташуванням стрижнів.

Фіг. 12-14 представлено осердя однофазного трансформатора згідно з даним винаходом.

Фіг. 15-17 ілюструють подальші удосконалення форми поперечного перетину осердя трансформатора.

Далі будуть описані переважні варіанти виконання осердя трансформатора за даним винаходом.

Фіг. 1 вже була обговорена у зв'язку з відомим осердям і тому не вимагає подальшого розгляду.

На фіг. 2 представлено осердя трифазного трансформатора за даним винаходом, позначене загалом, як 20. За своєю формою воно аналогічне відомому трансформаторному осерддю за фіг. 1, тобто має дельтоподібний поперечний перетин. Однак його конструкція радикально відрізняється від відомої конструкції.

Осердя виготовлене з трьох частин 22, 23, 24 кільцевої форми, які містять по декілька кілець. Використовуються кільця з двома різними значеннями ширини, тобто широкі та вузькі кільця. При цьому вузькі кільця виготовлені зі стрічки, яка має половину ширину у порівнянні з широкими кільцями. Крім того, кільця можуть бути високими або низькими, тобто мають одне з двох значень за висотою, причому висота низьких кілець становить половину висоти високих кілець. Дані визначення кілець будуть використовуватися протягом усього подальшого опису, за винятком випадків, які спеціально оговорюються. Стрічки переважно виготовляються з листів трансформаторної сталі.

Кожна з кільцевих частин 22-24 містить високе базове кільце 22а-24а відповідно, схоже з кільцями, описаними з посиланням на фіг. 1. Таким чином, ці кільця попарно утворюють чотири сторони шестигранного осердя. Ромби осердя, які залишаються, виконуються різним чином (фіг. 2а та 2б).

У першому стрижні 25, розташованому на задньому плані, додатковий ромбічний поперечний перетин утворений двома ромбоїдами. Перший з них, позначений, як 24b та 24, який належить кільцевій частині, являє собою широке низьке кільце. Другий, позначений, як 22b та 22, який належить кільцевій частині, являє собою вузьке високе кільце.

У другому осерді 26, розташованому на фіг. 2 праворуч, додатковий ромбічний поперечний перетин утворений одним ромбоїдом та двома ромбами. Ромбоїд заповнений вузьким високим кільцем 22b, яке належить кільцевій частині 22. Ромби заповнені двома вузькими низькими кільцями 23b, 23с, які належать кільцевій частині 23.

У третьому стрижні 27 (ліворуч на фіг. 2) додатковий ромбічний поперечний перетин також утворений одним ромбоїдом та двома ромбами. Ромбоїд заповнений вузьким високим кільцем 24b, яке належить кільцевій частині 24. Ромби заповнені двома вузькими низькими кільцями 23b, 23с, які належать кільцевій частині 23. Причина, за якою кільцева частина 23 містить два низьких вузьких кільця, замість одного більшого кільця, полягає у тому, що це більше кільце не може бути вузьким і високим (як це потрібно для лівого стрижня 27), та одночасно широким і низьким (як це потрібно для правого стрижня 26). Як наслідок, використовуються два вузьких низьких кільця.

Усі верхні або нижні ярма, які з'єднують стрижні 25-27, мають різні профілі, але усі вони побудовані на основі одного базового кільця з великим ромбічним поперечним перетином плюс одного кільця з ромбоїдним поперечним перетином або двох кілець з малим ромбічним поперечним перетином.

Ромбічний простір поза базовими кільцями можливо, зрозуміло, заповнений відповідно до двох основних принципів. Далі, з посиланням на фіг. 3а та 3б, буде описаний другий варіант осердя. Осердя, загалом позначене, як 30, має профіль, аналогічний профілю описаного першого варіанту осердя. Однак у другому варіанті осердя містить три ідентичні кільцеві частини 32-34, з яких далі буде описана одна (крайня праворуч). Кільцеві частини 32-34 аналогічні частині 23, описаній з посиланням на фіг. 2. У першому стрижні 35 частина 32 включає у себе два вузьких низьких кільця 32b, 32с, причому кільце 32с намотане ззовні кільця 32b. У другому стрижні 36 частина 32 включає у себе два кільця 32b, 32с, розташовані суміжно по відношенню один до одного (див. фіг. 3а).

Дві інші частини 33, 34 ідентичні частині 32. Завдяки цьому, як правило, досягається спрощення виробництва осердя, пропорційне обсягу виробництва, оскільки три кільцеві частини 32-34 можуть виготовлятися за одним шаблоном.

Ще один варіант полягає у застосуванні широких низьких кілець та у розвороті стрижнів на 60°, із забезпеченням відповідного згинання деталей ярем. При цьому ярма будуть займати збільшений об'єм, причому їх згинання достатньо важко здійснити. Можна також, хоча це і складно, використати вузькі високі кільця, при умові їх розвороту та згинання, як це описане вище. Можливі також і інші варіанти, у тому числі з використанням більш дрібних деталей.

Далі, з посиланнями на фіг. 4 та 4а, буде описане осердя з восьмигранними стрижнями. Як видно на прикладі стрижня 45, розташованого із задньої сторони, у випадку восьмикутного перетину сторони розгорнені на 45°, що означає, що вони розташовані під кутом 135° по відношенню один до одного. Таким чином, три ромби, кожний з кутів 45°, розташовуються у внутрішніх кромках стрижнів осердя. Ззовні цих ромбів два квадрати заповнені кільцями з квадратним поперечним перетином. Інша частина восьмикутного поперечного перетину стрижня заповнена ромбом.

З шести перелічених ділянок поперечного перетину три ділянки утворюють поперечний перетин профільного кільця, яке відходить до другого стрижня 46. інші ділянки утворюють поперечний перетин профільного кільця, яке відходить до третього стрижня 47. Є також профільне кільце, яке з'єднує другий та третій стрижні 46, 47.

Кожне з трьох профільних кілець містить два кільця з однаковими частинами, які утворюють стрижень. Перше кільце 42а, 43а, 44а має ромбічний поперечний перетин та частини-ярма, відігнуті на 15° . Друге кільце 42b, 43b, 44b, розташоване ззовні першого кільця, має квадратний поперечний перетин та наслідують формі першого кільця 42а-44а.

Аналогічно рішення, застосованому у варіантах з шестиграними стрижнями, показаними на фіг. 2 та 3, два зовнішні ромби складають поперечний перетин зовнішнього кільця з ярмами, відігнутими на 15° . Альтернативно, два внутрішні ромби утворюють внутрішнє кільце, будучи відігнутими на 60° . Наступне кільце повинно забезпечити зовнішній ромб в одному стрижні та внутрішній ромб в іншому і при цьому бути відігнутим на 30° . Переважно використати профільні кільця одного типу, оскільки важко відігнути кільце на 60° ; крім того, не вдається обійтися без кільця, яке формує і зовнішній, і внутрішній ромби.

Третє кільце 42с, яке входить у частину 42, має ромбічний поперечний перетин у зонах, відповідних стрижням. У задньому стрижні 45 воно займає зовнішнє положення, але розташоване усередині правого стрижня 46. Вказані ромби у стрижневих частинах формуються зміщенням зовнішніх стрічок кільця праворуч для правого стрижня 46 та ліворуч для заднього стрижня 45. Далі, стрижні симетрично розвертають на 30° та відповідно відгинають ярма. Кільцю додають такий контур, що воно буде лежати ззовні відносно інших кілець. Остаточний результат поданий на фіг. 4.

Далі, з посиланням на фіг. 5, буде описане осердя з десятигранними стрижнями. Усі профільні кільця містять по чотири кільця з однаковими стрижневими частинами. Перше кільце 50а, друге кільце 50b та третє кільце 50с, які мають ромбічний поперечний перетин у своїх стрижневих частинах, пов'язані з формуванням десятикутного поперечного перетину. Відповідно, їх кути становлять 36° , 72° та 108° , а їх ярма відігнуті на 24° . Четверте кільце 50d, яке має ромбодічний перетин з кутом 36° , в основному, лежить на першому кільці 50а. Стрижневі частини цього кільця розгорнені назовні на 24° , що призводить до згинання ярма на 48° . Щоб забезпечити простір для четвертого кільця 50d, потрібно, щоб ярма третього кільця 50с були зігнуті за більш довшою траєкторією.

П'яте кільце 50е має ромбічний поперечний перетин у своїх стрижневих частинах. У зоні, де воно знаходиться ззовні третього кільця 50с, кут ромба дорівнює 144° , але у зоні, де воно знаходиться ззовні четвертого кільця 50d, кут ромба рівний 72° . Ярма відігнуті тільки на 12° . Стрілки та на фіг. 5 вказують, що поперечні перетини 50е належать різним профільованим кільцям. Передбачений також канал 51, призначений для охолодження стрижнів. У альтернативному варіанті канал заповнений кільцем. Це є перевагою, коли кільця взаємодіють, дозволяючи магнітному полю розповсюджуватися з одного в інше. Простір каналу може бути використаний, наприклад, таким чином, що верхня частина кілець 50с набуває нові ромбічні перетини з кутом 72° , що призводить до утворення каналів 52а та 52b. інші частини кільця 50с праворуч на фігурі можуть бути зміщені до кільця 50е, яке формує простори 53а та 53b. Є можливість формувати трансформаторне осердя з ще більшим числом граней. На фіг. 6 представлено 12-гранне осердя, позначене загалом, як 60. Профільні кільця складаються з чотирьох кілець 60а-60d з ромбічними поперечними перетинами з кутами 30° , 60° , 90° та 120° , які пов'язані з 12-вугільним поперечним перетином та розгорнені на 15° . Усередині цих кілець є два кільця 60е, 60f з ромбічними поперечними перетинами з кутами, які дорівнюють 30° та 60° відповідно, які розгорнені назовні на 15° . З п'ятим та шостим кільцями 60е, 60f пов'язаний простір для кільця 60g, який має ромбічний перетин з кутом 30° , розгорнений назовні на 45° . Його друга стрижнева частина поза шостим кільцем 60f являє собою прямокутник, розгорнений назовні на 15° . На кільці 60d передбачений простір для кільця 60h, який має ромбічний перетин з кутом 150° , друга стрижнева частина якого прикріплена до кільця 60d і до зовнішнього кільця 60f. У результаті весь поперечний перетин виявляється заповненим. Ярма просторова розділені за рахунок того, що зігнуті за більш довшою траєкторією з тим, щоб забезпечити простір для інших ярма.

Для деяких застосувань трансформаторів високі характеристики описаного трансформаторного осердя можуть бути ще поліпшені. Це ілюструється фіг. 7. Індуктивність розсіяння може бути легко збільшена використанням додаткового осердя 29, навитого зі стрічок та встановленого між первинними та вторинними обмотками трансформатора. Стрічки згруповані угорі та вниз. Стрічки можуть бути розподілені навколо всієї первинної обмотки або сконцентровані в одному місці, з виконанням вторинної обмотки ексцентричної.

Нелінійні магнітні властивості заліза призводять до виникнення гармонік у магнітних полях, напруженнях та струмах. При абсолютно симетричних трифазних умовах і при відсутності спотворень магнітне поле не буде діяти на додатковий стрижень, розміщений у центрі осердя. Однак загальні компоненти у фазових напруженнях типу третіх гармонік будуть випробовувати вплив центрального стрижня.

Можливе також застосування стрічок між обмотками та центральним стрижнем.

В одному з варіантів реалізації винаходу центральний стрижень складається з трьох прямокутних полюсів 80, виготовлених зі стрічок, висота яких у три рази перевищує їх ширину. Стрічки накладені одна на одну з формуванням квадратного поперечного перетину, як це показано на фіг. 8. Отриманий профіль має, по суті, трикутну форму; у цьому конкретному індивідуальному варіанті можуть бути використані полюси з ромбічним поперечним перетином. Три таких полюси об'єднуються з формуванням пакету, в якому кінці стрічок хвилеподібно виступають один відносно одного (див. фіг. 9). Три пакети встановлюються на невеликій відстані один від одного, щоб утворити осердя з поперечним перетином, який наближається до трикутного. Кінці полюсів відігнуті назовні для того, щоб вони доходили до ярма. Для забезпечення можливості відгинання, між полюсами необхідно розмістити прокладки. Прокладки не впливають на магнітні властивості, оскільки для утворення кожного ярма відгинається по одному полюсу з кожного пакету 91а-з, 92а-з, 93а-з. Крім того, стрічки, щонайменше, на одній стороні, паралельні прокладкам.

Корисним є також використання стрижня, виготовленого спіральним навиванням зі стрічок, особливо якщо між центральним стрижнем та ярмами повинні бути повітряні проміжки. Для того щоб зменшити ці повітряні проміжки, спіраль може бути зроблена більш широкою по кінцях.

Як видно з фіг. 10, гнучкість осердя, подібного описаному, є хорошою.

На даній фігурі представлено осердя, описане у зв'язку з фіг. 4. Основна частина магнітного потоку може перейти з одного профільованого кільця в інше через стрижні, у зоні їх торкання. Це забезпечує можливість обертання більш значних потоків у трикутнику, утвореному ярмами.

На основі даного винаходу може бути також отримане осердя трифазного трансформатора з лінійним розташуванням стрижнів. Достоїнство такої схеми у тому, що трансформатор стає більш вузьким, ніж у випадку застосування дельтоподібного осердя. Трансформатор подібного типу ідеальний, наприклад, для устаткування у залізничних вагонах.

На фіг. 11a показаний поперечний перетин трансформатора з восьмигранними стрижнями. Кожний стрижень містить по чотири ромби з кутом 45° та два квадрати. На даній фігурі показані кільця, розташовані між сусідніми стрижнями, тоді як кільця, розташовані між зовнішніми стрижнями, майже повністю закриті.

Для того щоб виготовляти трансформаторне осердя цього типу, їх стрижневі частини повинні бути виконані з можливістю згинання, а ярма також повинні бути такими, що згинаються, щоб минати один одну. Ця задача має декілька рішень, одне з яких показано на фігурі. Стрижневі частини кілець відігнуті назовні, а частини ярм – усередину або навпаки. Обмежені можливості пластичної деформації накладають обмеження на форму частин, утворюючих ярма; не враховуючи цього, ярма можуть мати будь-яку форму. Фіг. 11 ілюструє реалізацію ідеї прямих ярм з крутим вигином.

Кільця можуть також розміщуватися одне на одне з тим, щоб отримати плавні вигини з метою економії матеріалу.

Ярма між лівим стрижнем 115 та центральним стрижнем 116 утворені кільцем 112a, яке має у стрижневій частині ромбічний перетин, кільцем 112b з квадратним перетином, відігнутим, як і кільце 112a, на $22,5^\circ$, та ромбічним кільцем 112c, розгорнутим у своїх стрижневих частинах на $67,5^\circ$. Кільця 112a та 112b вписуються у восьмигранники поблизу розташування ярм, тоді як кільце 112c вписується з протилежної сторони.

Ярмо між центральним стрижнем 116 та правим стрижнем 117 може знаходитися тільки у центральному стрижні, у ділянках, які залишаються 114a-з. Поперечні перетини лівого та правого стрижнів є дзеркальними відображеннями перетину центрального стрижня. Тому кільця, які проходять по центральному стрижню, симетричні. Внутрішні кільця 114a, 114b мають найбільш зближені положення у правому стрижні 117. Проте, кільце 114c з квадратним перетином у стрижневих частинах найбільш наближене до квадратного перетину саме у правому стрижні. Це пояснюється тим, що кільце 113a з квадратним перетином між зовнішніми стрижнями займає зовнішнє положення по відношенню до ярмової частини, яка вже є для того, щоб мати можливість підійти до лівого стрижня.

У деяких випадках виявляється неможливим забезпечити розворот ярм. Як альтернатива використовується складка, яка має значний нахил. Це показано на прикладі кільця 114c, яке має саму коротку перемичку. Складка починається на одному кінці ярма та закінчується на іншому його кінці, позначеному на фіг. 11, як 118a для нижнього ярма і як 118b для верхнього ярма. Крім того, ярма можуть бути розділені на декілька вузьких кілець.

Однофазні трансформатори також можна зробити більш ефективними, якщо у них застосовані багатокутні поперечні перетини. На фіг. 12 наведений трансформатор з восьмикутним поперечним перетином, утворений кільцями з однаковими поперечними перетинами, як і трифазні трансформатори, але із зворотними гілками, які проходять впритул із зовнішньої сторони обмоток. При транспонуванні кілець також можна отримати восьмикутний поперечний перетин. Невелике скорочення у витраті матеріалу пластин можна отримати, наприклад, утворенням петлі ліворуч від кільця, що робить петлю, яка займає на фіг. 12 крайнє праве положення. При цьому поперечний перетин повинен бути змінений на ромбічний, близький до квадратного.

Осердя з двома стрижнями можна отримати на базі трифазних схем, шляхом спільного відгинання кілець від одного стрижня з утворенням тільки одного додаткового стрижня. На фіг. 13 показано осердя, яке має восьмикутний перетин у своїх стрижневих частинах. Розворот трьох стрижневих частин становить 45° , а їх відгинання – 90° . Кільце з прямокутним перетином та два кільця, які лежать ззовні по відношенню до нього, не деформовані. Для осердя з шестигранними стрижнями потрібно усього три кільця, виконаних зі стрічок однакової ширини.

Якщо та сторона восьмикутника, де сходяться три ромбічних сторони, займає в осерді внутрішнє положення, розвороти становитимуть всього $22,5^\circ$, за винятком ромба у середині, який повинен бути розгорнений на $67,5^\circ$. Заміна цього ромба кільцем зі ступенями, які апроксимують ромб, показана на фіг. 14, є більш реалістичною. Подальше удосконалення полягає у наданні стрічкам можливості досягати кола, збільшуючи тим самим сумарний поперечний перетин.

Сегменти, які знаходяться ззовні багатокутного стрижня, можуть бути заповнені тонким ромбічним кільцем зі стрічки, ширина якої дорівнює половині ширини, а висота – повній висоті сегмента, яка намотана на її повну ширину. Складки на стрічках уздовж середньої лінії ромба, подібні показаним на фіг. 15, перетворюють дві сторони в одну плоску сторону у формі трикутника, сторони якого знаходяться у контакті з осердям. Складка на краю самої внутрішньої стрічки, яка складає приблизно $2/3$ від її ширини та $8/9$ від висоти, утворює трапецеїдальний поперечний перетин, показаний на фіг. 16. Поперечний перетин може бути і закругленим.

Як показано на фіг. 17, 17a та 17b, з використанням стрічок постійної ширини, стрижневим частинам може бути наданий поперечний перетин, близький до форми кола. Як приклад буде описаний правий стрижень 172 на фіг. 17, з посиланням на фіг. 17a, на якій показаний перетин цього стрижня горизонтальною площиною. Саму внутрішню частину стрижня, приблизно на 80% від його повної ширини та

на висоту, відповідну 9% від його ширини, складають кільця 173. Є три таких кільця, які доходять до описуючого їх кола, як ці видно з фіг. 17а.

Чотири з шести сегментів були заповнені магнітним матеріалом; інші сегменти можуть бути заповнені стрічками, які знаходяться ззовні зібраного осердя.

Кільце 174 може бути вміщене на зовнішні сторони шестикутників.

На фіг. 17 показаний інший варіант реалізації, в якому у зовнішніх кільцях кільце 174 було замінено більш широкими стрічками.

Деякі достоїнства трансформаторного осердя за даним винаходом вже згадувалися. Серед інших достоїнств можна вказати наступні: менші навантаження у холостому режимі; менша маса; менший об'єм, менше електричне розсіяння, зменшення рівня гармонік завдяки симетрії фаз у трифазному трансформаторі, просте обслуговування та ін.

Вище були описані переважні варіанти виконання трансформаторного осердя за даним винаходом. Фахівцеві у даній галузі буде зрозуміло, що, не виходячи за межі винаходу, у них можуть бути внесені різні зміни.

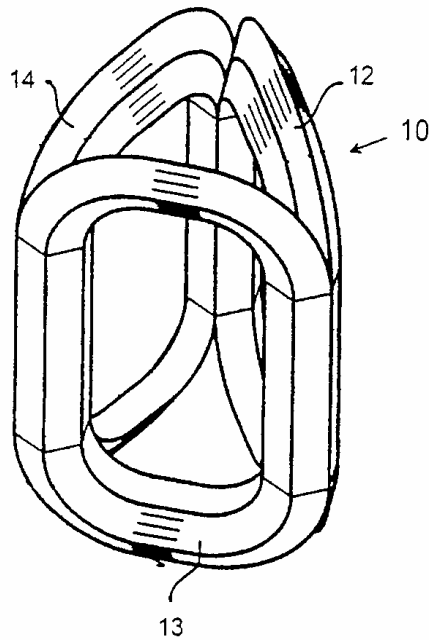


Fig. 1

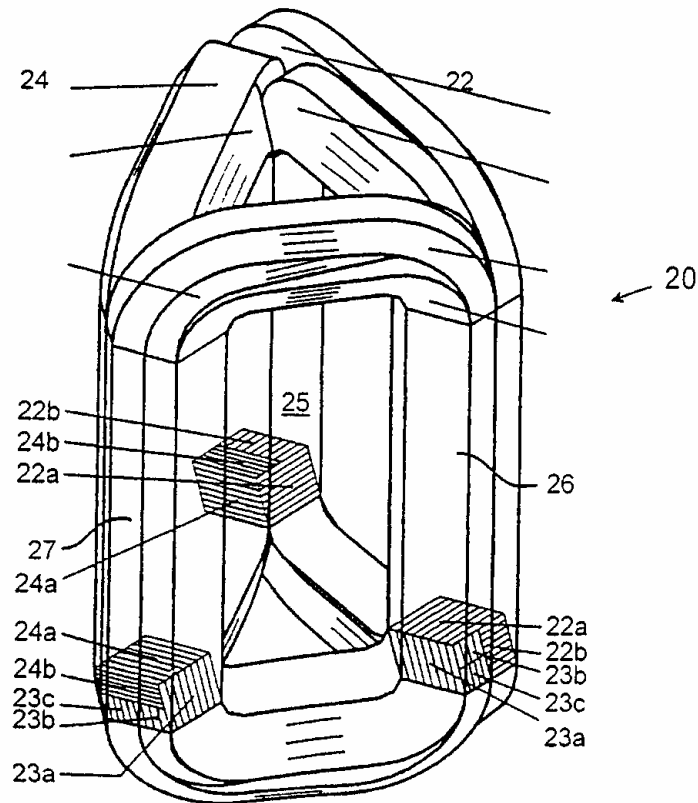


Fig. 2

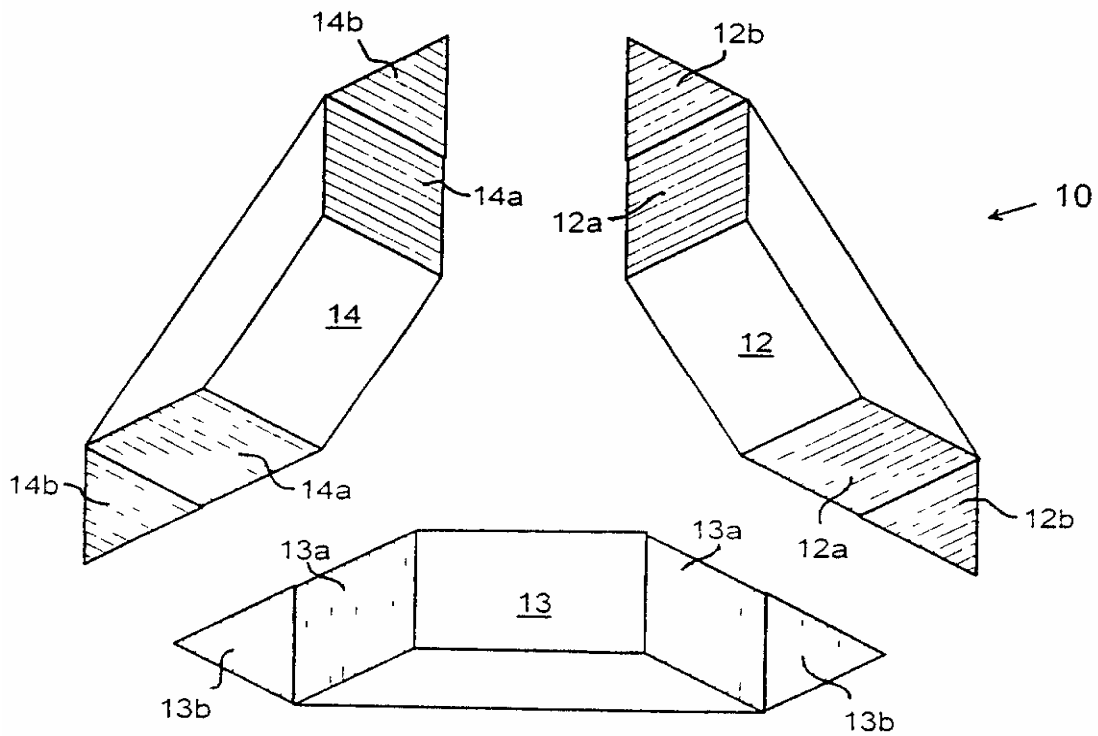


Fig. 1a

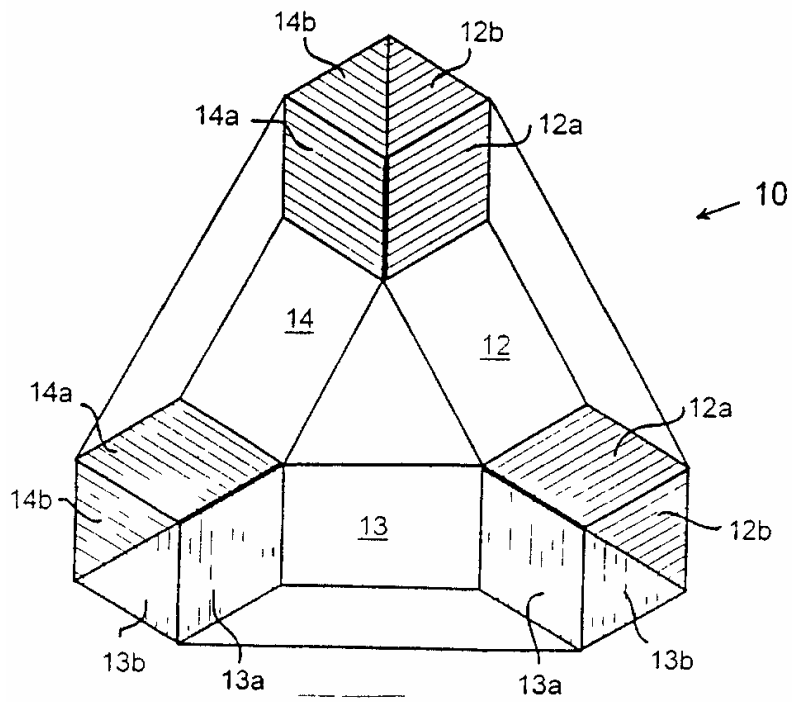


Fig. 1b

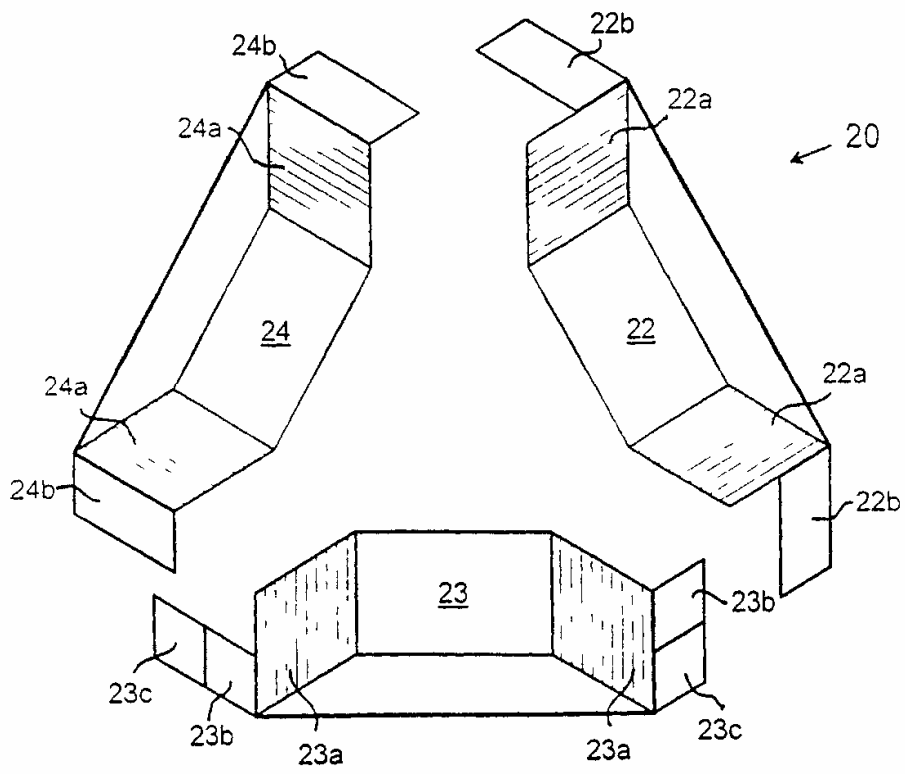


Fig. 2a

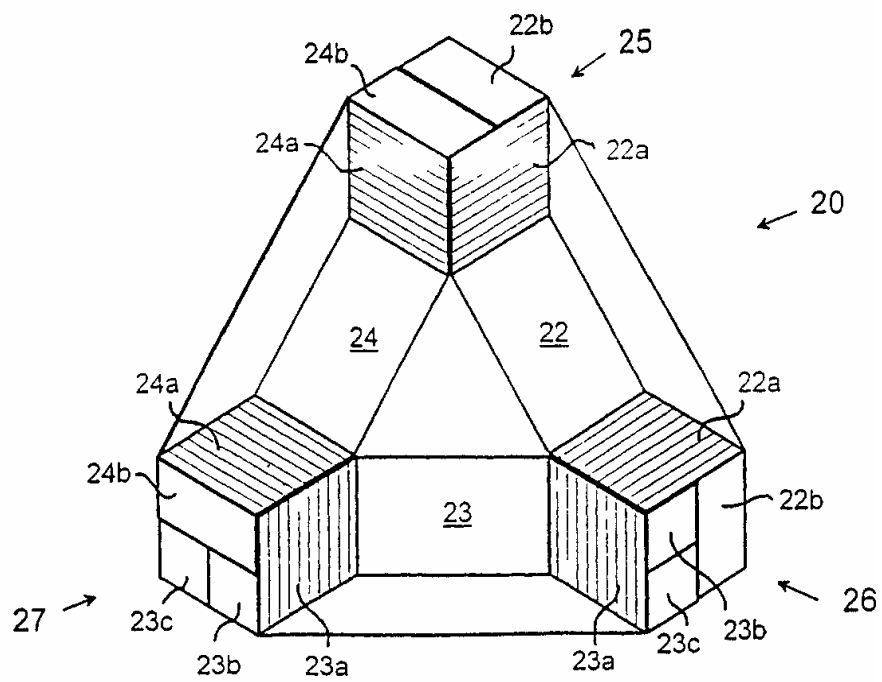


Fig. 2b

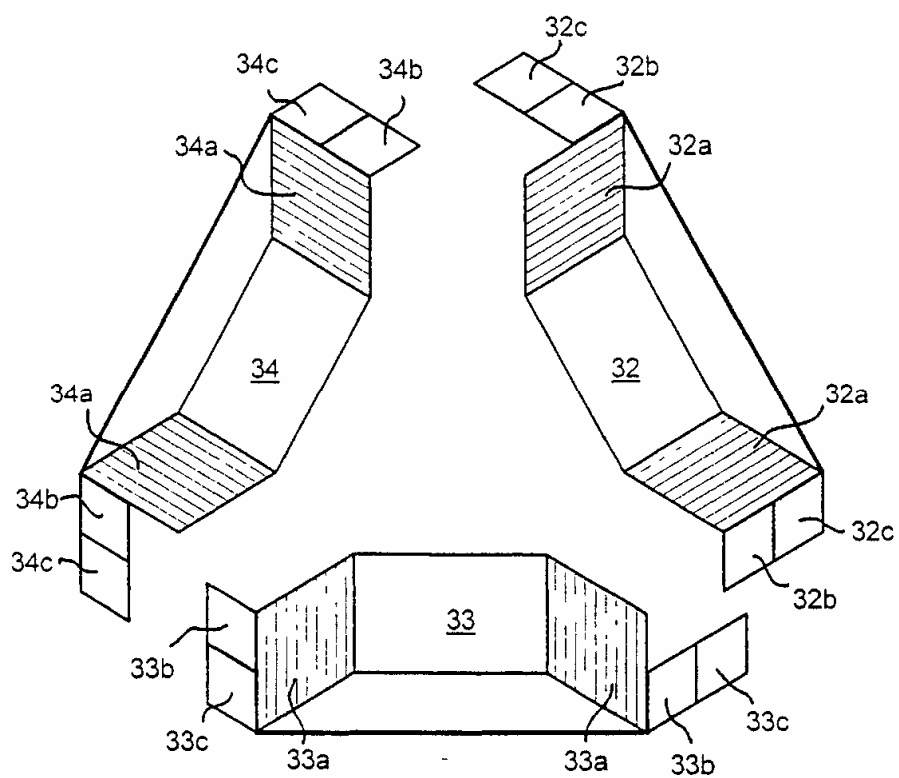


Fig. 3a

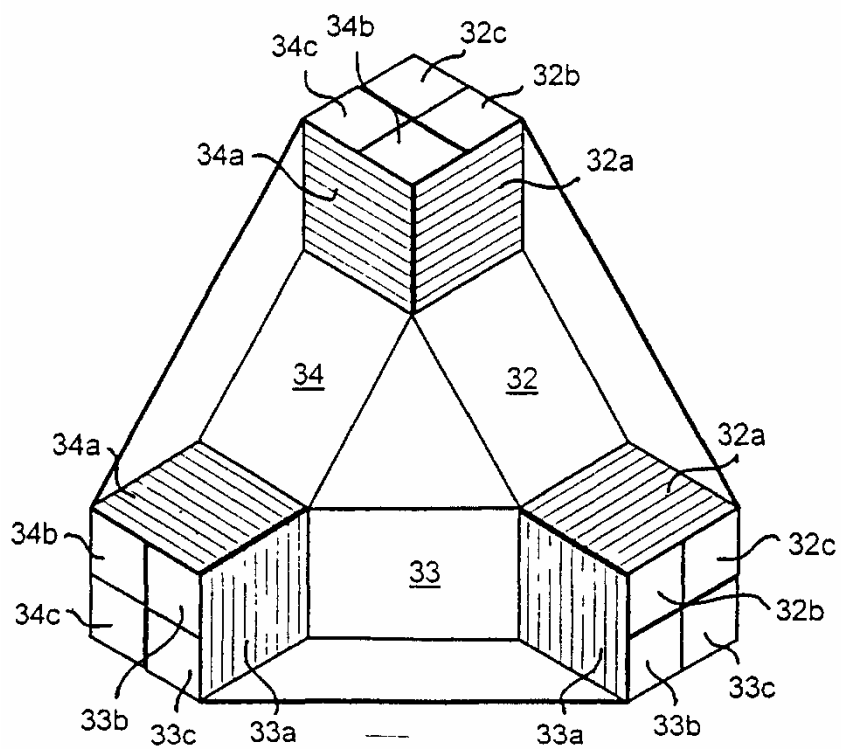


Fig. 3b

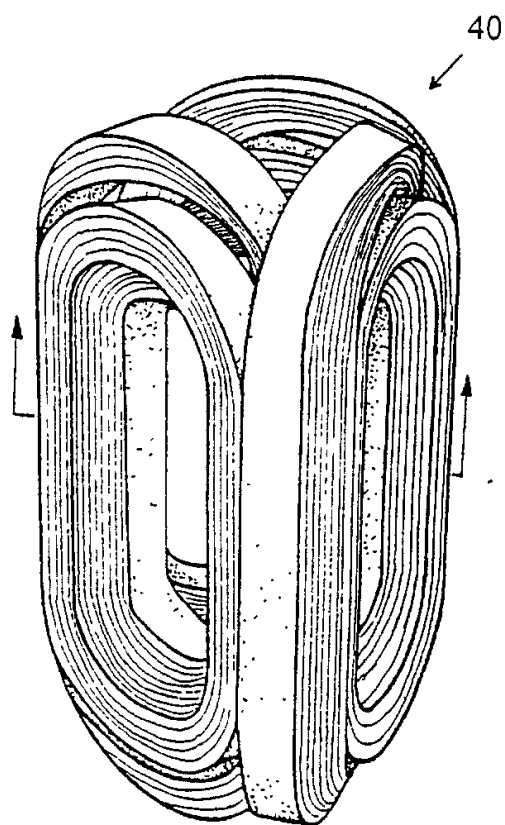


Fig. 4

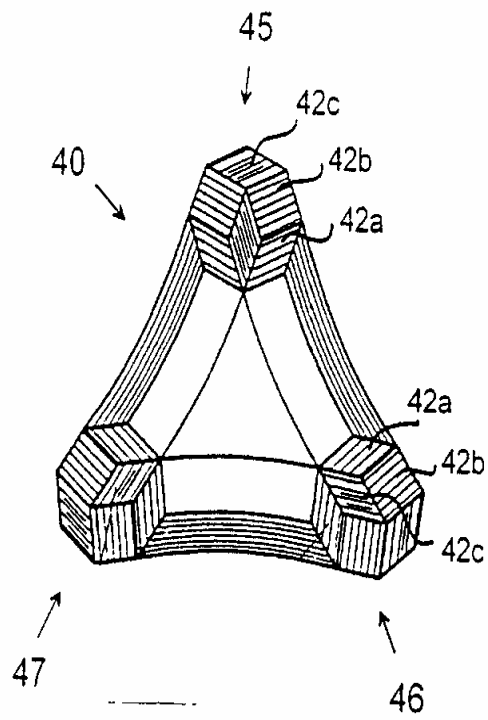


Fig. 4a

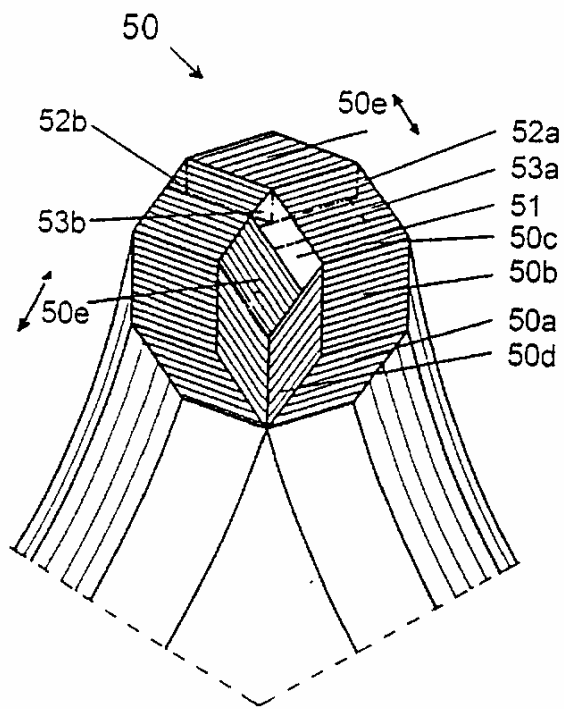


Fig. 5

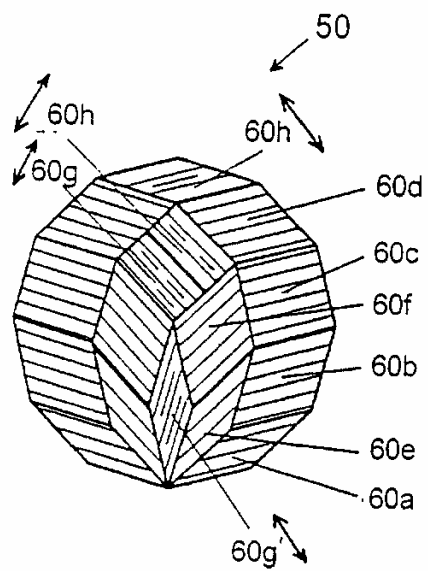


Fig. 6

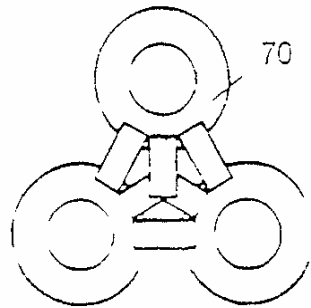


Fig. 7

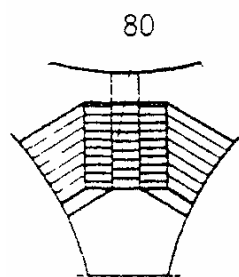


Fig. 8

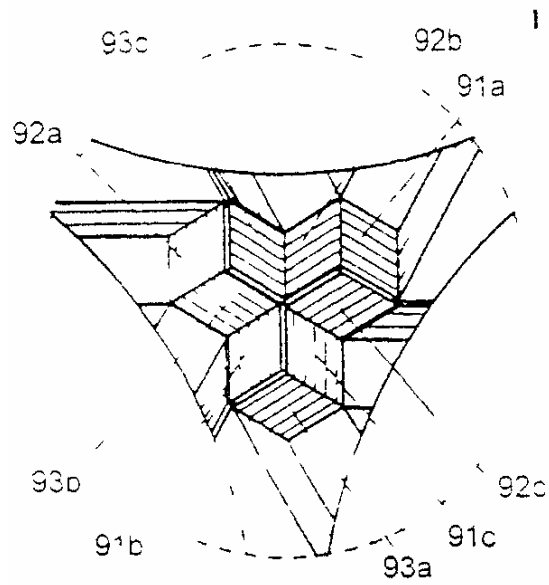


Fig. 9

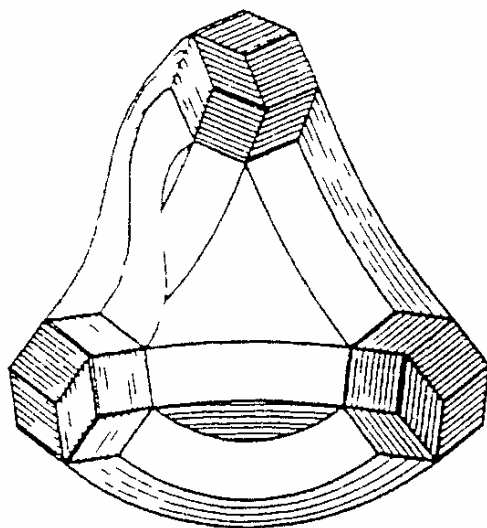


Fig. 10

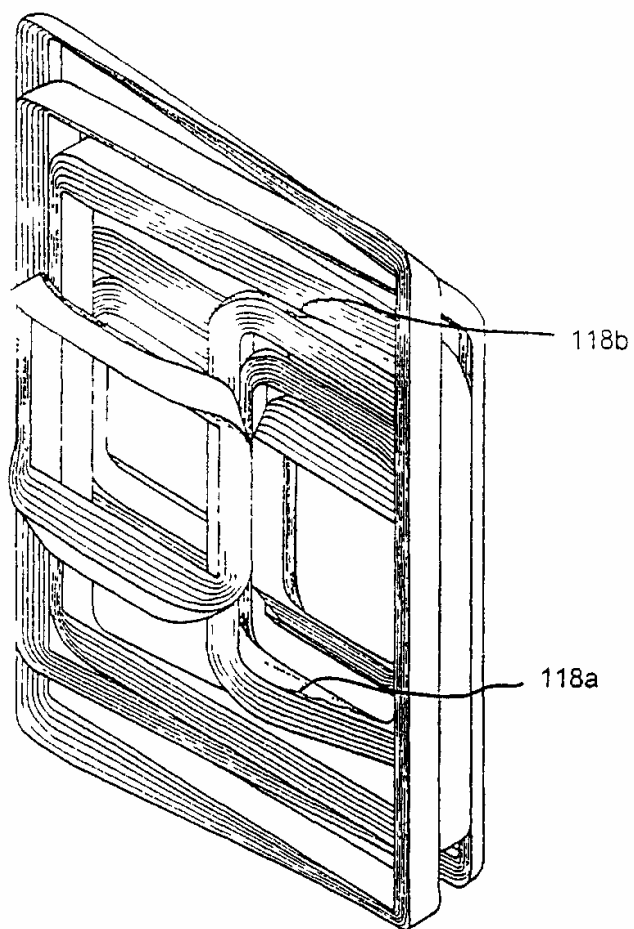


Fig. 11

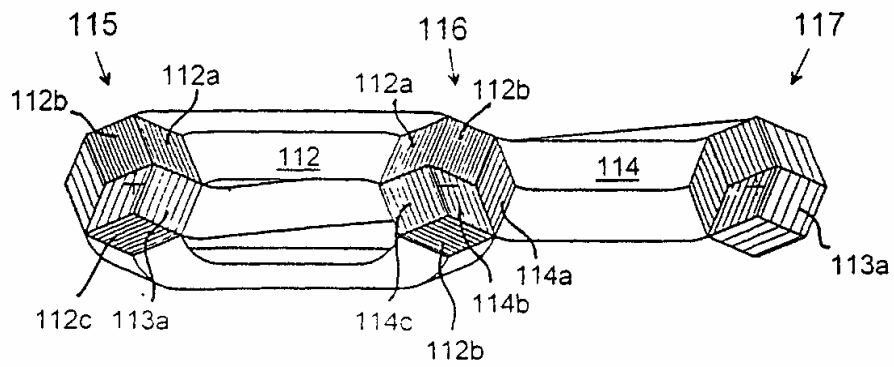


Fig. 11a

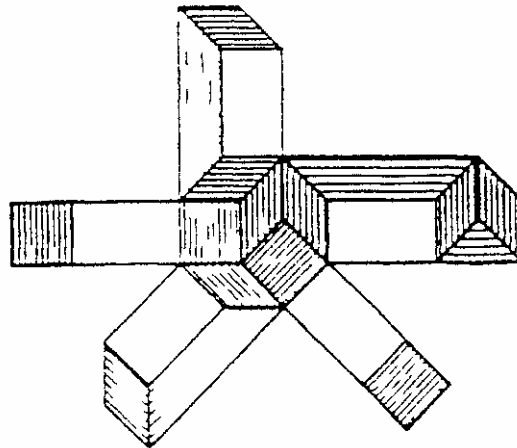


Fig. 12

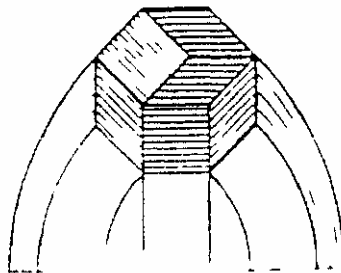


Fig. 13

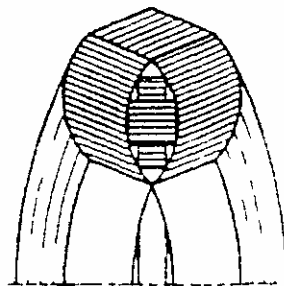


Fig. 14



Fig. 15

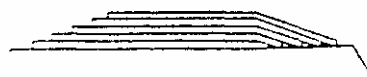


Fig. 16

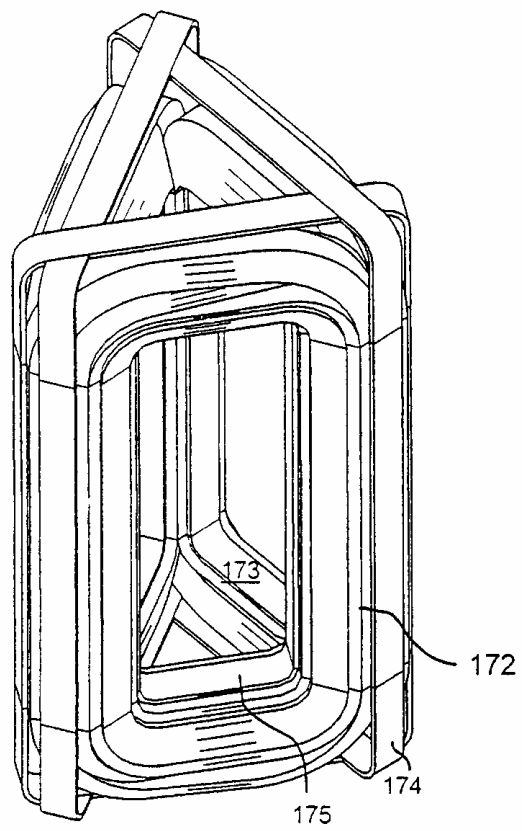


Fig. 17

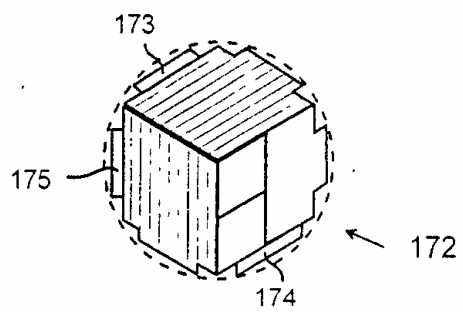


Fig. 17a

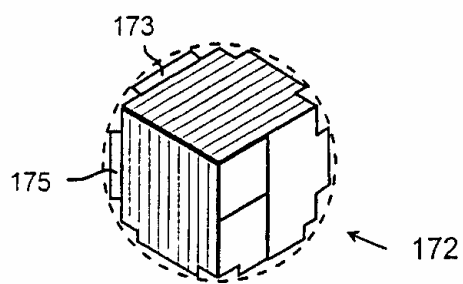


Fig. 17b