

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в трансформаторостроении.

Конструкция-аналог раскрыта в патенте [1]. У этой конструкции пластины крайних стержней и ярм трапецевидные, а пластины среднего стержня прямоугольные, ширина всех пластин пакета одинаковая. Пластины крайних стержней соединены с ярмовыми пластинами косыми стыками по биссектрисам углов окон системы, а пластины среднего стержня - прямоугольные и соединены прямыми стыками с внутренними горизонтальными кромками ярмовых пластин. Во всех слоях пакета системы пластины расположены одинаково так, что для перекрытия зазоров в стыках пластин каждый следующий слой смещен относительно предыдущего по вертикали на расстояние, достаточное для того, чтобы перекрыть пластинами следующего слоя стыки пластин предыдущего слоя и обеспечить механическую прочность связи слоев. Из-за этих смещений ни наружные контуры слоев, ни внутренние контуры (окон) у двух смежных слоев не совпадают. Смещение слоев производят с одним и тем же шагом, то в одну, то в другую стороны. Это делает сборку более трудоемкой, а кроме того, по внешней и внутренней поверхностям ярм получается так называемая "гребенка", т.е. в одних слоях прикромочные части пластин выступают наружу, а в других они утоплены.

В соответствии с [2] конструкция-аналог имеет потери холостого хода - важнейший показатель качества магнитной системы трансформатора - на 5% меньше, чем у конструкций с полным косым стыком, однако из-за неудобств в контроле качества сборки, связанных с тем, что "гребенка" имеется на наружной и внутренней поверхностях ярм, а также из-за того, что имеет место "гребенка" с "длиной зубьев" в десятки миллиметров на нижней, опорной, поверхности нижнего ярма, конструкция [2] не нашла широкого применения в практике.

В качестве прототипа заявляемого решения принята конструкция, раскрытая в патенте [3], которая, насколько известно авторам, нашла себе применение в Югославии и Польше.

Конструкция-прототип имеет "гребенку" только на внутренних поверхностях ярм, поскольку слои в этой конструкции не сдвигаются друг относительно друга, а эффект перекрытия достигается тем, что ширина пластин в противоположащих ярмах неодинаковая.

Наиболее близкой к заявляемому решению является магнитная система трехфазного трансформатора, имеющая три стержня и два ярма, разделенные окнами, стержни и ярма состоят из пакетов стальных пластин, уложенных слоями, внешние и внутренние контуры всех слоев прямоугольные, внешние контуры всех слоев совпадают, пластины крайних стержней и ярм - трапецевидные и состыкованы друг с другом косыми стыками, а пластины среднего стержня - прямоугольные и соединены прямыми стыками с внутренними горизонтальными кромками противоположащих ярмовых пластин, одна из которых имеет большую, чем другая ширину, в каждом следующем слое системы широкая и узкая пластины размещены в противоположных по сравнению с предыдущим слоем ярмах, все слои пакета сложены из одного и того же набора пластин четырех типоразмеров.

Все пластины ярм у прототипа располагаются симметрично оси среднего стержня, то есть состыкованы, с пластинами крайних стержней по биссектрисам углов окон, как следствие, пакеты магнитной системы сложены из одинаковых групп по два слоя в группе (шихтовка в два положения пластин). Все признаки прототипа, за исключением описанных в последнем абзаце, являются общими для прототипа и заявляемой конструкции, что делает выбор прототипа бесспорным.

Благодаря тому, что в известной конструкции во всех нечетных и четных слоях положение пластин, соответственно, одинаковое, линии стыков в четных слоях располагаются в одной плоскости, а в нечетных слоях - в другой, т.е. разнесены в две плоскости. Пластины четных слоев перекрывают зазоры в стыках нечетных слоев, и наоборот. Так как стыки располагаются в одной плоскости, через один слой, в местах стыков сечение пакета системы ослаблено на 50%. Из-за этого плотность магнитного потока возрастает до магнитного насыщения стали и большая часть потока вынуждена проходить через зазоры, магнитное сопротивление которых велико.

Последнее достижение фирмы "Вестингауз" - это конструкция стержневой магнитной системы, описанная в патенте США [4]. У этой конструкции линии стыков пластин разнесены в 3 - 6 плоскостей. Достигается это тем, что число типоразмеров пластин пакета увеличивается в 3 - 6 раз. В каждом слое группы из 3 - 6 слоев используют пластины разной длины. Например, укладываются пластины ярма со все большей длиной и стыкуются с пластинами стержня, длина которых сокращается в каждом следующем слое группы. Сечение пакета в зоне стыка при четырех слоях в группе сокращается уже не на 50%, а всего на 25%. При этом ток холостого хода трансформатора сокращается на 20 - 40%, а потери холостого хода - на несколько процентов.

У конструкции-прототипа линии стыков разнесены в две плоскости, т.е. не использован резерв дальнейшего снижения потерь и тока холостого хода.

Задача, на решение которой направлено настоящее изобретение, заключается в создании конструкции магнитной системы с использованием всего четырех типоразмеров пластин в пакете (как у прототипа), с расходом стали таким же, как при изготовлении конструкции-прототипа, но с резко сниженным магнитным потоком через зазоры в стыках пластин крайних стержней и ярм за счет разнесения линий стыков в углах слоев в более чем две плоскости. Это, как известно, снижает ток и потери холостого хода трансформатора.

Поставленная задача решается тем, что в магнитной системе трехфазного трансформатора, имеющей три стержня и два ярма, разделенные окнами, стержни и ярма состоят из пакетов стальных пластин, уложенных слоями, внешние и внутренние контуры всех слоев прямоугольные, внешние контуры всех слоев совпадают, пластины крайних стержней и ярм - трапецевидные и состыкованы друг с другом косыми стыками, а пластины среднего стержня - прямоугольные и соединены прямыми стыками с внутренними горизонтальными кромками противоположащих ярмовых пластин, одна из которых имеет большую, чем другая, ширину, в каждом следующем слое системы широкая и узкая пластины размещены в противоположных по сравнению с предыдущим слоем ярмах, все слои пакета сложены из одного и того же набора пластин четырех типоразмеров, согласно изобретению пакеты системы состоят из одинаковых групп слоев по четыре слоя в группе, в каждом слое системы широкая ярмовая пластина в одном углу и узкая ярмовая пластина в диагонально противоположном углу слоя состыкованы с пластинами крайних стержней по линиям, которые смещены от биссектрис углов окон, в третьем слое группы пластины размещены симметрично их расположению в первом слое относительно оси, проведенной по наружной вертикальной кромке пластины любого из крайних стержней первого слоя, и в четвертом слое группы пластины размещены симметрично их расположению во втором слое относительно оси, проведенной по наружной вертикальной кромке пластины любого из крайних стержней второго слоя.

Отличие от прототипа состоит в том, что пакеты системы состоят из одинаковых групп слоев по четыре слоя в группе, в каждом слое системы широкая ярмовая пластина в одном углу и узкая ярмовая пластина в диагонально противоположном углу слоя состыкованы с пластинами крайних стержней по линиям, которые смещены от биссектрис углов окон, в третьем слое группы пластины размещены симметрично их расположению в первом слое

относительно оси, проведенной по наружной вертикальной кромке пластины любого из крайних стержней первого слоя, а в четвертом слое группы пластины размещены симметрично их расположению во втором слое относительно оси, проведенной по наружной вертикальной кромке пластины любого из крайних стержней второго слоя.

Отличительные признаки, совместно с ограничительными, определяют структуру слоев в целом, а также особенности строения угловых соединений новой конструкции.

Если линии стыков разнесены более, чем в две плоскости, значит пакеты магнитной системы должны быть сложены из групп, которые содержат более чем два (подразумевается, отличающихся друг от друга) слоя пластин.

Первый отличительный признак указывает, что группы содержат в отличие от прототипа не два, а четыре слоя.

Как у прототипа, так и у новой конструкции первый и второй слои сложены из пластин четырех типоразмеров, т.е. пластины обоих крайних стержней должны быть идентичными. Во втором слое широкая и узкая пластины ярем находятся в противоположных по сравнению с первым слоем ярях.

Разница в строении слоев в том, что у прототипа все линии стыков в углах проходят по биссектрисам углов окон, а у новой конструкции, согласно со вторым отличительным признаком, по биссектрисам углов окон проходят линии стыков только в двух углах. Третий отличительный признак указывает, как из первого и второго слоя получить строение третьего и четвертого слоев - структура этих слоев симметрична структуре первого и второго слоев относительно вертикальной оси. Надо отметить, что симметрична, но не идентична. Если взять у прототипа такие же симметричные первому и второму слою фигуры, то они будут идентичны этим слоям, линии стыков у них совпадают, а у новой конструкции благодаря смещению стыков от биссектрис углов окон в углах всех четырех слоев стыки расположены в разных плоскостях, разнесены в 4 плоскости.

Как было описано выше, разнесение линий стыков более чем в две плоскости приводит к получению дополнительного эффекта - снижению тока и потерь холостого хода и даже шума трансформатора (снижаются максвелловские усилия в зазорах).

Таким образом, установлена причинно-следственная связь между совокупностью существенных признаков изобретения и техническим результатом, который достигается в результате внедрения изобретения.

Отмечается, что обе пластины ярем у всех известных авторов конструкций, за исключением прототипа и заявляемого решения, имеют одинаковую ширину, так что систем, идентичных заявляемой, не существует.

На фиг.1 показан слой, который условно принят в качестве первого (первое положение пластин); на фиг.2 - второй слой (второе положение); на фиг.3 - третий слой (третье положение); на фиг.4 - четвертый слой (четвертое положение); на фиг.5 - наложение слоев группы друг на друга.

В первом слое (фиг.1) широкая ярмовая пластина 1 размещена в верхнем ярье, а узкая ярмовая пластина 2 - в нижнем ярье. Пластины 3 крайних стержней соединены с ярмовыми пластинами 1 и 2 косыми (под углом 45°) стыками, а прямоугольная пластина 4 среднего стержня соединена с внутренними горизонтальными кромками ярмовых пластин 1 и 2 прямыми стыками.

Линия стыка пластин 1 и 3 в правом верхнем углу слоя смещена от биссектрисы угла правого окна. В диагонально противоположном углу слоя линия стыка пластин 2 и 3 также смещена от биссектрисы левого нижнего угла левого окна. В остальных углах линии стыков проходят по биссектрисам углов окон.

Разность ширины ярмовых пластин выбирается из условия достаточности перекрытия стыков пластин предыдущего слоя пластинами следующего слоя, а при наличии нормализованного ряда ширин пластин на многих заводах необходимо соотносываться и с этим условием.

На фиг.1 все трапецевидные пластины изображены с одним обрезанным остроугольным концом, обрезка концов применяется, если пластины подвергают отжигу в рольганговой печи, поскольку острый угол из мягкой от нагрева стали сминается, натываясь на слегка выступающие ролики рольганга. Кроме того, иногда обрезают выступающие за прямоугольный контур углы из соображений увеличения изоляционных расстояний. Зачастую концы пластин не обрезают.

Во втором слое системы (фиг.2) в верхнем ярье расположена вместо широкой пластины 1 узкая ярмовая пластина 2, а в нижнем ярье, наоборот, находится широкая пластина 1. От этого сместились по вертикали и пластины стержней, так что линии стыков в первом слое перекрыты пластинами второго слоя. При таком перекрытии большая часть магнитного потока в пластинах первого слоя сможет обойти зазор в стыке по пластинам второго слоя, а также, как будет показано, и по пластинам следующих слоев, как по мостикам.

В третьем слое (фиг.3) широкая пластина 1, как и в первом слое, размещена в верхнем ярье, поскольку все пластины третьего слоя размещены симметрично пластинам первого слоя относительно оси симметрии, проведенной по наружной кромке пластины крайнего стержня первого слоя. Однако линии стыков пластин 1, 2 и 3 в первом, втором и третьем слоях не совпадают, поскольку линии стыков, пластин, расположенных в первом слое слева от оси среднего стержня, в третьем слое находятся справа и не совпадают с теми линиями, которые находились справа в первом слое.

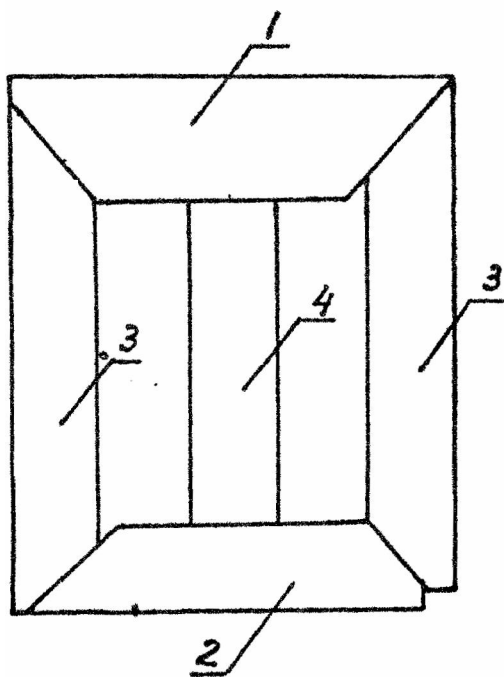
В четвертом слое системы (фиг.4) пластин находятся в четвертом положении, не совпадающем с первыми тремя. Четвертый слой симметричен второму слою относительно оси, проведенной через вертикальную наружную кромку пластины крайнего стержня второго слоя, так что, если линии стыка первого, второго и третьего слоев не совпадают, то в четвертом слое они расположены в плоскостях, не совпадающих с плоскостями стыков в предыдущих трех слоях группы. Имеет место разнесение линий стыков в четыре плоскости, что и ставилось задачей, решаемой предполагаемым изобретением.

Во время сборки на первый слой укладывают второй, затем третий и четвертый слои, после чего следует циклическое повторение всех четырех слоев группы.

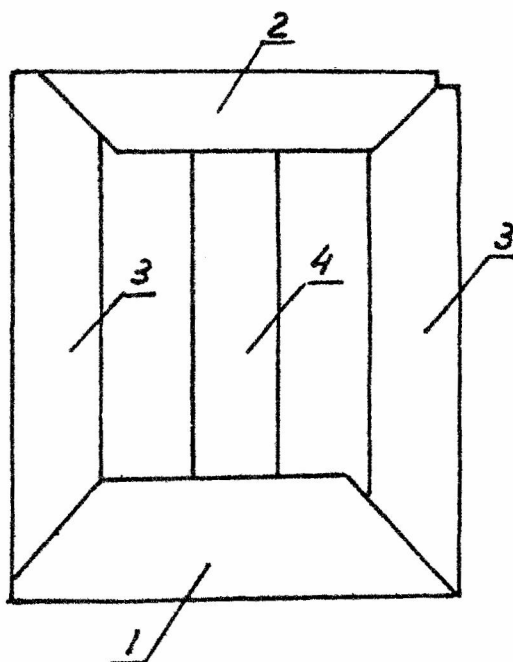
На фиг.5 наглядно показано разнесение в четыре плоскости, перпендикулярные слоям, линий стыков а углах слоев.

Цифры в углах соответственно обозначают линии стыков в 1, 2, 3 и 4 слоях группы.

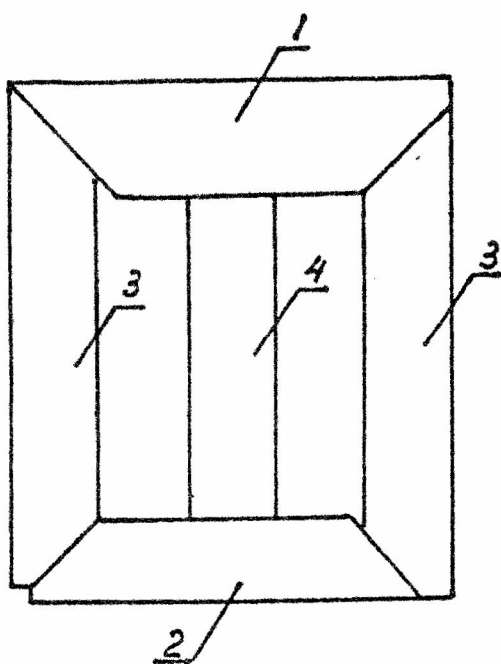
Новой по сравнению с прототипом особенностью работы заявляемой конструкции является то, что магнитный поток, который циркулирует по пластинам каждого слоя пакета магнитной системы включенного в сеть трансформатора, преодолевает в зоне Г-образных соединений меньшее магнитное сопротивление, чем у конструкции-прототипа. Через зазоры между пластинами ярем и крайних стержней магнитный поток практически не проходит, он обходит зазоры по соседним пластинам, что существенно снижает ток холостого хода, снижает потери и шум трансформатора.



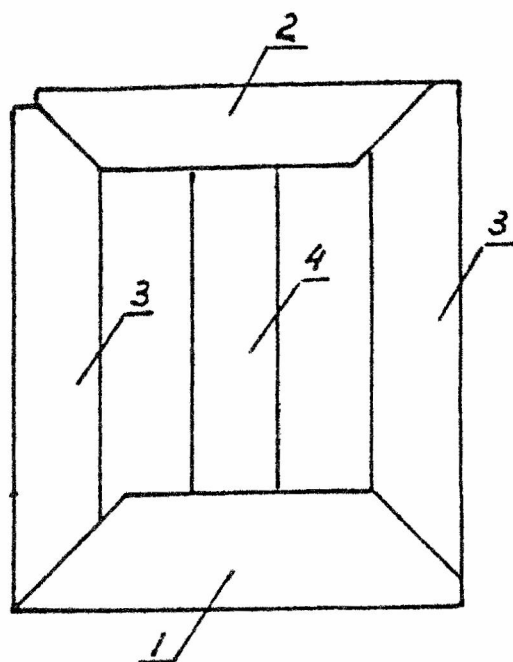
Фиг. 1



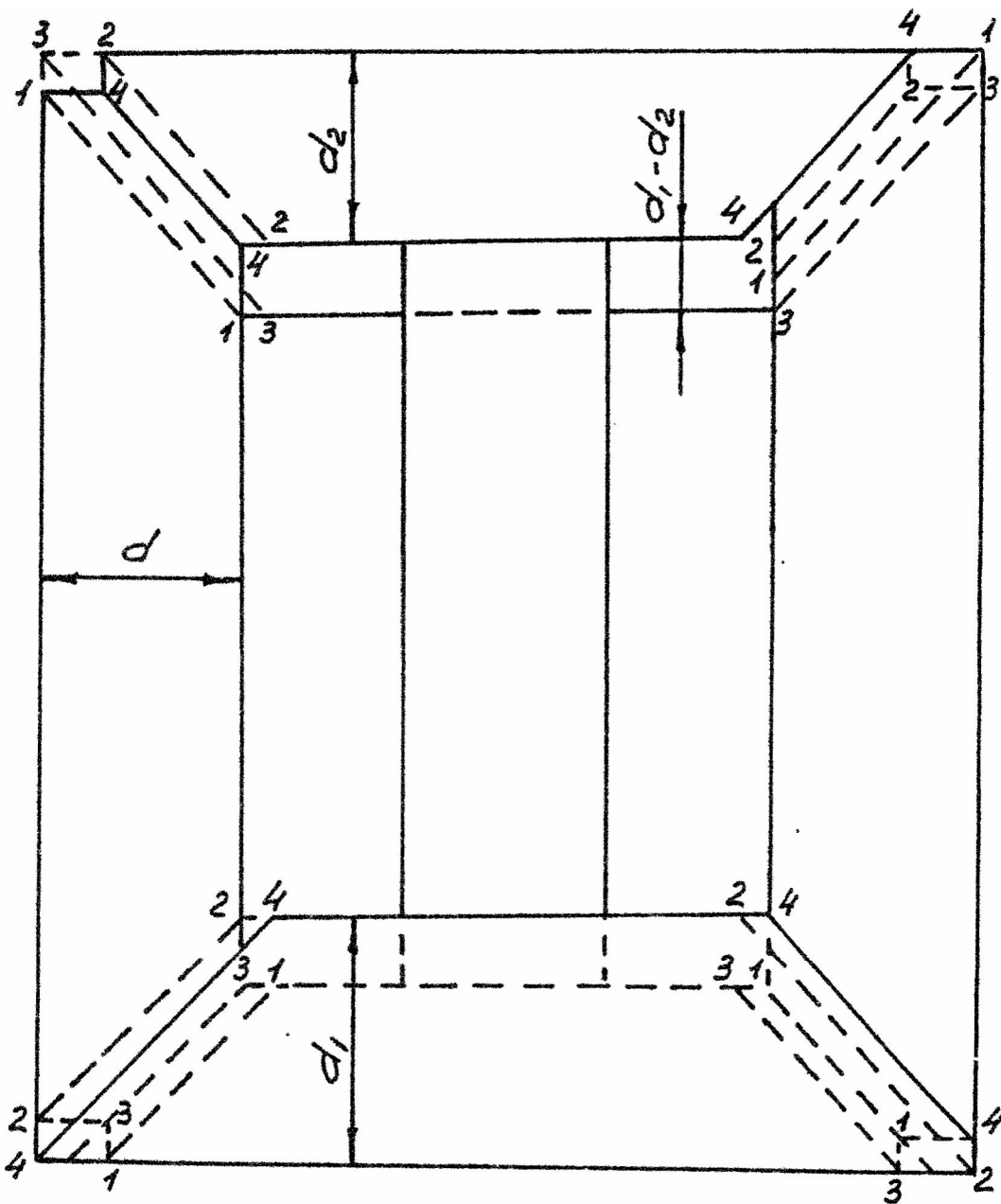
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5