



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ  
ЗНАКАМ  
(РОСПАТЕНТ)

(19) RU (11) 2201001 (13) C2

(51) 7 H01F38/06, H01F27/42

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**  
к патенту Российской Федерации

(14) Дата публикации: **2003.03.20**

(21) Регистрационный номер заявки:  
**2000109693/09**

(22) Дата подачи заявки: **2000.04.20**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**2000.04.20**

(43) Дата публикации заявки: **2002.02.27**

(45) Опубликовано: **2003.03.20**

(56) Аналоги изобретения: РСТ WO 88/01803 А,  
10.03.1988. RU 2138872 С1, 27.09.1999. RU  
94035057 А1, 27.07.1996. RU 2046490 С1,  
20.10.1995. GB 2168556 А, 18.01.1986. US  
3432679 А, 11.03.1969. DE 4125927 А,  
14.12.1993. EP 0895258 А1, 03.02.1999.

(71) Имя заявителя: Гусев Петр  
Геннадьевич; Богослов Алексей  
Владимирович; Крюковский  
Виктор Борисович; Открытое  
акционерное общество  
"Полимерсинтез"

(72) Имя изобретателя: Гусев П.Г.;  
Богослов А.В.; Крюковский В.Б.

(73) Имя патентообладателя: Гусев  
Петр Геннадьевич; Богослов  
Алексей Владимирович;  
Крюковский Виктор Борисович;  
Открытое акционерное общество  
"Полимерсинтез"

(98) Адрес для переписки: **600016,**  
г.Владимир, ул. Б.  
Нижегородская, 77, ОАО  
"Полимерсинтез", патентный  
отдел

**(54) УСИЛИТЕЛЬ МАГНИТНОГО ПОТОКА И СИЛОВЫЕ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА НА ЕГО ОСНОВЕ**

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в электротехнических устройствах, а именно в электромагнитах, электромагнитных устройствах, электронагревателях, приводных системах переменного и постоянного тока, импульсных транзисторах. Техническим результатом является создание усилителя магнитного потока, позволяющего достигнуть существенной экономии потребляемой энергии промышленного тока. Усилитель магнитного потока в электротехническом устройстве выполнен в виде силового резонансного по току колебательного контура, с собственной частотой колебаний, равной частоте колебаний тока в питающем его источнике, и включающего параллельно соединенные катушку индуктивности с трансформаторным сердечником, емкость, с образованием общего магнитопровода - приемника/преобразователя усиленного магнитного потока. Параметры катушки индуктивности, сердечника и емкости выбраны из расчета установления в общем магнитопроводе магнитной индукции, близкой к пределу его полного магнитного насыщения в диапазоне нагрузок от холостого хода до номинальной мощности электротехнического устройства. 2 табл., 10 ил.

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение относится к конструкции усилителя магнитного потока и к электротехническим устройствам на основе этого усилителя, таким как электромагниты и электромагнитные устройства, электронагреватели, приводные системы переменного и постоянного тока, импульсные трансформаторы. Указанные силовые электротехнические устройства работают на принципе преобразования электрической энергии промышленного переменного частотой 50-60 Гц и постоянного тока через генерирование электромагнитного потока, образующегося в катушке индуктивности с сердечником этих устройств и преобразования его в механическую энергию (приводные системы), в тепловую энергию (индукционные электронагреватели), в энергию усилия-притяжения/отталкивания (электромагниты), либо изменяют напряжение переменного импульсного тока (импульсные трансформаторы). Эффективность работы этих силовых электротехнических устройств во многом зависит как от их генерирующих магнитный поток элементов конструкции, так и от конструкции приемников/преобразователей магнитного потока для обеспечения полезной нагрузки на указанные электротехнические устройства. В приводных системах такими приемниками/преобразователями являются роторы/якори электродвигателей, в электромагнитных устройствах это сердечник с якорем, в индукционных нагревателях - нагреваемый элемент, в импульсных трансформаторах - вторичная обмотка с нагрузкой.

Пределы эффективности элементов конструкций, генерирующих магнитный поток и его преобразователей/приемников далеко еще не достигнуты. Поэтому совершенствование конструкции генераторов и преобразователей магнитного потока в силовых электротехнических устройствах остается актуальной задачей для промышленности. Изобретатели активно работают над этой проблемой и добиваются определенных положительных результатов (см. например, журнал "Приводная техника", 3-4, 1999 г., с.21-22).

### Уровень техники

Широко известны генераторы/усилители магнитного потока в силовых электроагрегатах, таких как электроприводы переменного и постоянного тока, которые состоят из цепей питания от источника тока, соединенных с цепью питания обмоток возбуждения электродвигателей с сердечником и приемника/преобразователя магнитного потока - ротора или якоря. В индукционном электронагревателе таким приемником служит нагреваемый элемент с достаточной магнитной проницаемостью.

Общими недостатками известных конструкций генераторов/усилителей магнитного потока в электроагрегатах переменного тока являются:

- невысокий зависимый от нагрузки коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ),
- относительно низкий КПД использования мощности источника питания,
- перегрузка источника питания реактивной ЭДС,
- свободная нереализованная мощность по магнитной индукции сердечника.

Общими недостатками известных конструкций генераторов/усилителей магнитного потока в электроагрегатах постоянного тока, которые также проявляются в их низкой экономичности, являются:

- отсутствие, либо низкая эффективность подзарядки источника постоянного тока, большой разброс по амплитуде подзарядного тока, пониженная работоспособность источника тока, искрение и подгорание контактов переключателей.

На повышение пускового момента, уменьшение пускового тока и повышение коэффициента мощности направлены изобретения по международной заявке WO 88/01803 от 10.03.88 г. и заявке на патент ФРГ 4125927. В конструкции электродвигателя по международной заявке WO 88/01803 к обмоткам статора одновременно (квази) параллельно и (квази)последовательно подключены конденсаторы с образованием колебательных контуров и (квази)параллельного и (квази)последовательного резонанса токов. Это

позволяет, по мнению авторов изобретения, увеличить коэффициент мощности до 0,96-1,0 и при всех режимах нагрузок почти полностью разгрузить сеть переменного тока от реактивных токов, образующихся в обмотках статора электродвигателя. В соответствии с заявкой на патент ФРГ 4125927 предложена конструкция компенсированного электродвигателя, практически не потребляющего из сети реактивной мощности. В таком электродвигателе в пазы статора уложены две 3-х фазные обмотки - рабочая и компенсационная. При этом в цепь компенсационной обмотки последовательно с ее фазами включены конденсаторы. На статоре обмотки расположены со взаимным сдвигом, угол которого выбирают так, чтобы компенсационная обмотка загружалась в основном реактивным током, а рабочая - активным.

Недостатками вышеуказанных конструкций компенсированных электродвигателей являются увеличенный расход материалов (меди, электротехнической стали) на единицу полезной мощности и пониженные технико-экономические показатели. Этот недостаток обусловлен тем, что размещение на статоре дополнительных обмоток, занимающих более 20% общего объема электромагнитной машины, приводит к снижению токовой нагрузки на рабочую обмотку и соответственно к снижению активной мощности машины. Кроме того, основные и дополнительные обмотки имеют различное число витков в фазах и выполнены из проводников с разной площадью поперечного сечения, что, в свою очередь, усложняет технологический процесс изготовления машины и приводит к увеличению ее стоимости.

Недостатком известных конструкций индукционных нагревателей, работающих на промышленной частоте переменного тока (они включают в себя катушку индуктивности и нагреваемый элемент, который служит здесь одновременно и сердечником катушки), является низкий КПД, высокое потребление реактивной мощности от источника питания (низкий коэффициент мощности), значительные потери на рассеяние магнитного потока, большой расход меди для изготовления катушки индуктивности, тяжелый тепловой режим ее работы.

Недостатками высокочастотных индукционных нагревателей, которые включают в себя высокочастотный преобразователь и колебательный контур радиотехнической частоты, являются чрезвычайно низкий КПД, сложность эксплуатации, электрическая и экологическая опасность.

Известен электропривод постоянного тока малой мощности изобретателя Гусева П.Г., который включает источник постоянного тока, электродвигатель постоянного тока, подключенный обмоткой возбуждения к одной из клемм источника тока, а также включенные в цепь между электродвигателем и другой клеммой источника параллельно диод и катушку индуктивности с сердечником (патент РФ 2017317 от 04.02.1993 г.). Недостатком этого электропривода является низкая эффективность подзарядки источника постоянного тока ввиду того, что импульсы тока, посылаемые через диод на подзарядку источника питания, имеют большой разброс по амплитуде. Это снижает работоспособность аккумулятора (источника тока). Малая продолжительность и низкая амплитуда подзарядных импульсов, обусловленная малой индуктивностью дросселя по отношению к индуктивности двигателя, также снижает эффективность подзарядки.

Известен электропривод постоянного тока изобретателя Гусева П.Г., включающий цепь питания от источника постоянного тока, электродвигатель постоянного тока, подключенный обмоткой возбуждения к одной из клемм цепи питания, и включенные в цепь питания между электродвигателем и другой клеммой цепи питания первичную и вторичную катушки индуктивности с общим сердечником (заявка на патент СССР 4867701 от 19.09.1990 г.). Недостаток этой конструкции - отсутствие подзарядки источника питания.

Наиболее полно эффект резонансного усиления магнитного потока в колебательном контуре используется в несильной радиотехнике, работающей на высоких частотах колебаний напряжения, тока и магнитного потока. В стандартном радиоприемнике магнитный усилитель состоит из цепи питания от источника переменного тока, генерируемого принимающей антенной, катушки индуктивности с сердечником и емкости,

которые параллельно включены в цепь питания от источника переменного тока, а также - приемника/преобразователя усиленного магнитного потока в звуковой сигнал.

Ограниченностью этого усилителя, наиболее близкого по технической сущности к заявляемому нами, является использование его только в пределах высоких частот тока и магнитного потока от 1кГц до  $3 \cdot 10^4$  МГц и неспособность работать в режиме промышленной силовой энергетики на переменном токе частотой в диапазоне 50-60 герц.

Не случайно поэтому в силовой энергетике явления как параллельного, так и последовательного резонансов считаются негативными, т.к. ведут к резким скачкам тока и напряжения, не исключая трагических случаев. Не случаен поэтому и тот факт, описанный выше, что изобретатели по WO 88/01803 остановили свое решение на КВАЗИ-резонансе и ограничились лишь увеличением коэффициента мощности, практически не затронув экономичности заявленного электродвигателя.

Недостатками известных конструкций импульсных трансформаторов являются повышенный расход материалов на единицу мощности и зависимость коэффициента мощности от нагрузки.

### **Сущность изобретения**

В основу изобретения положена актуальная задача - создать усилитель магнитного потока, позволяющий достигнуть существенной экономии потребляемой энергии промышленного тока по сравнению с существующим уровнем электротехники.

Эта задача включает в себя частные задачи по созданию высокоэкономичных, технически более совершенных промышленных конструкций силовых электротехнических устройств, которые воплощали бы найденный нами усилитель магнитного потока, таких как электронагреватели переменного тока, электроприводы постоянного тока малой, средней и большой мощности, электромагнитные устройства переменного тока, такие как собственно электромагниты, электромагнитные пускатели, насосы, клапаны, муфты, вибрационные устройства, ударные инструменты, тормоза, электрокраны, электромагнитные столы, асинхронные электродвигатели, а также - импульсные трансформаторы.

Под "переменным током" здесь понимается как переменный ток по значению напряжения и силы тока (пульсирующий, одного направления), так и переменный синусоидальный ток, который изменяется как по величине напряжения и силы тока, так и по их направлению на 180 или на "Пи радиан".

Поставленные задачи решаются тем, что предлагаемая принципиальная конструкция усилителя магнитного потока силовых промышленных и бытовых электротехнических устройств выполнена в виде силового колебательного контура, состоящего из цепи питания от источника переменного тока, параллельно подключенных в цепь катушки индуктивности с сердечником и емкости, и с образованием общего магнитопровода - приемника/преобразователя усиленного магнитного потока для обеспечения полезной нагрузки на электротехническое устройство. При этом, согласно изобретению, катушка индуктивности имеет сердечник по типу трансформаторного и они вместе с емкостью выбраны из расчета установления в общем магнитопроводе величины магнитной индукции, близкой к пределу полного магнитного насыщения в диапазоне нагрузок от холостого хода до номинальной мощности электротехнического устройства.

Требуемая величина магнитной индукции в общем магнитопроводе может устанавливаться различными способами:

- выбором числа витков и сечения провода катушки индуктивности колебательного контура и катушки индуктивности приемника, если в последнем она имеется.

- выбором материала, формы и размеров элементов общего магнитопровода, таких как сердечник катушки индуктивности, воздушные зазоры, толщина листов ферромагнетика и изоляционного материала между листами и зазора между листами.

Согласно изобретению катушка индуктивности усилителя магнитного потока содержит сердечник по типу трансформаторного. Трансформаторный сердечник отличается

тем, что он выполняется из магнитомягкого материала и является сборным. В качестве магнитомягких материалов для изготовления сердечника усилителя можно использовать электротехнические стали и магнитные сплавы, а также современные ферриты, рассчитанные на частоту промышленного переменного тока. Основными требованиями при выборе материала для сердечника усилителя являются: высокая магнитная проницаемость, узкая петля гистерезиса и высокая магнитная индукция насыщения, а также экономическая целесообразность применения данного материала. Методы изготовления и формы сердечника усилителя - обычные для изготовления силовых трансформаторов. В качестве сердечника могут быть использованы сердечники современных промышленных и бытовых электротехнических устройств: магнитопроводы электродвигателя (статор и ротор), электромагнитов (ярмо и якорь), а также обычные трансформаторные сердечники, конструктивно приспособленные к заявленным электротехническим устройствам.

Согласно изобретению принципиальным условием образования колебательного контура усилителя является выбор величины магнитной индукции магнитопровода, которая должна быть близкой к пределу его полного магнитного насыщения в диапазоне нагрузок от холостого хода до номинальной мощности электротехнического устройства.

Под "пределом магнитного насыщения магнитопровода" здесь понимается область перегиба кривой (так называемое "колени") намагничивания ферромагнитных частей магнитопровода. Выше "колени" - ферромагнетик насыщен и магнитная индукция при этом мало увеличивается при значительном увеличении напряженности магнитного поля или силы намагничивающего тока. Ниже "колени" - область пропорциональности, в которой магнитная индукция увеличивается пропорционально росту напряженности магнитного поля или силы намагничивающего тока.

Нами обнаружено, что создание силового колебательного контура согласно изобретению в условиях величины магнитной индукции, близкой к пределу полного магнитного насыщения магнитопровода, позволяет нам развить в колебательном контуре усиленный магнитный поток и реактивную мощность, которые участвуют здесь в обеспечении номинальной мощности электротехнического устройства при минимальном потреблении тока от источника питания. При этом обнаружено, что "выращивание" резонансного тока, магнитного потока и реактивной мощности согласно изобретению не вызывает пропорционального увеличения нагрева магнитопровода и катушки индуктивности выше допустимых пределов, что позволяет нам много увеличить номинальную мощность. Существенным является также тот факт, что значение коэффициента мощности при этом достигает значений 0,98-1,0 и становится независимым от нагрузки, в несколько раз увеличивается магнитное сцепление составляющих частей магнитопровода, когда они образованы с воздушными зазорами. Существенно экономятся материалы на изготовление катушки индуктивности и магнитопровода, уменьшается стоимость электротехнических устройств на единицу мощности. Выдающимся является тот факт, что КПД заявляемых устройств вырастает на 10-300% и более в зависимости от электротехнического устройства, в котором применяется усилитель магнитного потока.

Верхний предел магнитного насыщения магнитопровода определяется необходимым запасом его магнитной проницаемости для пропускания магнитного потока, обеспечивающего максимально допустимую мощность (нагрузку) электротехнического устройства, и рабочей температурой магнитопровода.

Нижний предел магнитного насыщения магнитопровода определяется экономической целесообразностью: чем меньше нижний предел - тем ниже экономическая эффективность силового колебательного контура согласно изобретению. Пределы магнитного насыщения сердечника для отдельных электротехнических устройств могут отличаться по абсолютному значению.

Выбор емкости, которой снабжен заявляемый усилитель, определяется известными условиями образования колебательного контура, такими как:

- обеспечение требуемой мощности по резонансному току,

- равенство индуктивного и емкостного сопротивлений,
- условиями использования колебательного контура в конкретном электротехническом устройстве. В этой связи величина емкости может быть постоянной, переменной и переменнo-дискретной.

Для использования усилителя магнитного потока в электронагревателе, который включает катушку индуктивности и нагреваемый элемент, имеющий магнитное сцепление с катушкой индуктивности, согласно изобретению, электронагреватель дополнительно содержит сердечник по типу трансформаторного и включенную в сеть параллельно катушке индуктивности емкость. При этом катушка индуктивности, сердечник и емкость выбраны из расчета образования ими колебательного контура в соответствии с вышеописанными условиями конструирования усилителя магнитного потока и дополнительного условия - магнитопровод имеет механический разрыв и в указанный разрыв вмонтирован, с образованием магнитной цепи, нагреваемый элемент из материала с высокой магнитной проницаемостью и высоким омическим сопротивлением, а также, преимущественно, с большой площадью петли магнитного гистерезиса.

В качестве магнитопровода для электронагревателя переменного тока, согласно изобретению, используют сердечник с механическим разрывом, который образуют известными способами сборки механически незамкнутых сердечников. Механический разрыв сердечника по размеру и форме определяется конструкцией нагреваемого элемента и назначением электронагревателя. Сердечник может быть П-образным, U-образным, Ш-образным или специальной формы в зависимости от конструкции электронагревателя и его назначения. Общее правило таково, что механический разрыв должен располагаться как можно дальше от катушки индуктивности при стремлении к минимальной длине магнитопровода. Для сокращения длины магнитопровода между катушкой индуктивности и нагреваемым элементом можно помещать различные теплоизоляционные материалы. Размер механического разрыва сердечника устанавливают в зависимости от размеров нагреваемого элемента и заданной мощности нагревателя.

Размер и форма нагреваемого элемента определяется заданной мощностью нагревателя и областями его использования. Нагреваемый элемент должен быть преимущественно монолитный с тем, чтобы обеспечить прохождение через него усиленного магнитного потока и его частичное преобразование в кольцевые токи Фуко. Он может иметь развитую внешнюю поверхность, в частности ребристую. При этом целесообразно ориентировать ребра поверхности перпендикулярно линиям магнитного потока, что приводит к формированию непосредственно в них токов Фуко, как и в основной толще нагреваемого элемента, и, соответственно, к росту КПД. Такой элемент рекомендуется использовать для нагрева путем помещения его в нагреваемую среду. Нагреваемый элемент может быть также полым, тогда нагреваемая среда может пропускаться через внутреннюю полость/полости нагреваемого элемента с развитой внутренней поверхностью, или одновременно через внутренние полости и снаружи нагреваемого элемента. При этом одним из существенных отличий заявляемого нагревателя является возможность использования его для нагрева воды в бытовых или промышленных условиях с одновременным ее омагничиванием. Каких-либо ограничений по применению электронагревателя для различных сред не обнаружено, кроме тех, которые диктуются их химической агрессивностью по отношению к контактируемой со средой поверхностью материала.

В качестве материала для изготовления нагреваемого элемента, согласно изобретению, используют ферромагнетики с высокой магнитной проницаемостью и высоким омическим сопротивлением и желательнo с большой площадью петли магнитного гистерезиса. Среди таких материалов - электротехнические стали, углеродистые стали, чугуны, ферриты. При этом выбор конкретного материала определяется также экономическими соображениями.

Согласно изобретению в качестве нагреваемого элемента могут выступать промышленные конструкции или их отдельные части, когда они изготовлены из

ферромагнитных материалов и когда необходим нагрев этих конструкций или их частей непосредственно на месте их расположения, в том числе без разборки и передвижения. К таким конструкциям можно отнести различные емкости, внешние покрытия различных сооружений, детали оборудования.

Для использования усилителя магнитного потока в электроприводе малой мощности постоянного тока, который включает источник постоянного тока, электродвигатель постоянного тока, подключенный обмоткой возбуждения к одной из клемм источника тока, включенные в цепь между электродвигателем и другой клеммой источника тока параллельно диод и катушку индуктивности с сердечником, в него введена дополнительно включенная в цепь параллельно диоду и катушке индуктивности емкость, и катушка индуктивности, сердечник и емкость выбраны из расчета образования ими колебательного контура в соответствии с вышеописанными условиями конструирования усилителя магнитного потока и дополнительного условия - индуктивность катушки индуктивности с сердечником выбрана в диапазоне от 0,1 до 2 индуктивности электродвигателя.

Отнесение заявляемого электропривода к "малой мощности" здесь чисто условное и определяется тем обстоятельством, что источник постоянного тока (как правило, это аккумулятор) и электродвигатель с усилителем магнитного потока находятся на одной платформе типа электрокар, электромобиль. При этом напряжение источника питания обычно составляет не более 110 вольт, в отличие от электроприводов средней и большой мощности, где источник постоянного тока и электродвигатель находятся на различных платформах, и напряжение источника тока обычно составляет 500-600 вольт и 1500-3000 вольт соответственно.

Согласно изобретению при использовании заявляемого усилителя магнитного потока в системе электропривода малой мощности в него введен дополнительно диод.

Выполнение усилителя магнитного потока, согласно изобретению, с параллельным подключением катушки индуктивности, емкости и диода а также подключение к катушке индуктивности образованного колебательного контура электрической нагрузки позволяет:

- выровнять импульсы подзарядки источника тока по напряжению и по силе тока,
- повысить емкость аккумулятора и, как следствие, увеличить длительность его эксплуатации не менее чем в 1,5-2 раза, увеличить пробег с одной зарядки батареи в 2-2,5 раза и более,
- увеличить мощность двигателя за счет ликвидации искрения на коллекторе и других потерь - на 15-20% и более, увеличить ресурс работы двигателя и контактных групп,
- увеличить эффективность подзарядки источника тока благодаря тому, что катушка индуктивности с сердечником выбрана в диапазоне 0,1-2,0 индуктивности двигателя, что дает увеличение подзарядных импульсов по амплитуде и продолжительности не менее чем в 1,5-2 раза.

В качестве диода заявляемого усилителя могут быть использованы стандартные силовые диоды, рассчитанные на рабочий ток и напряжение, соответствующие резонансному току и напряжению, развиваемым в колебательном контуре усилителя. Диод также должен быть рассчитан на рабочую частоту не ниже собственной частоты колебаний контура усилителя.

Согласно изобретению усилитель может содержать как постоянную, так и переменную дискретную емкость. Постоянную емкость целесообразно устанавливать, когда двигатель работает преимущественно в постоянном рабочем режиме.

Переменная - дискретную емкость целесообразно устанавливать на электропривод, который имеет дискретный переключатель скоростей вращения электродвигателя. В этом случае дискретность емкости согласуется с дискретностью переключателя скоростей.

Другим условием выбора емкости является мощность электропривода, в котором будет установлен усилитель. Емкость должна быть рассчитана на напряжение не ниже номинального резонансного напряжения на катушке индуктивности усилителя. Емкость по частоте и сопротивлению выбирают исходя из частоты колебаний контура усилителя,

сопротивления диода и индуктивного сопротивления. Собственную частоту колебательного контура усилителя устанавливают равной средней частоте импульсов тока соответствующей данному режиму работы электропривода. Для 4-х скоростного электропривода в усилителе могут быть установлены 4 постоянные емкости, соответствующие этим скоростям, либо может быть применена емкость с плавной регулировкой. Решение обуславливается областью применения электропривода и экономическими соображениями. Например, для использования электроприводов в детских игрушках целесообразно применять постоянную либо дискретную емкость, для промышленных приводов - дискретную или плавно регулируемую емкость.

Согласно изобретению соотношение индуктивности катушки колебательного контура и индуктивности двигателя выбирают исходя из нижеследующего:

- областью и условиями эксплуатации электропривода: чем меньше необходимы габариты электропривода, тем меньше соотношение индуктивностей;
- при соотношении индуктивностей меньше 0,1 резко уменьшается эффективность подзарядки, амплитуда и мощность подзарядного импульса;
- верхний предел - емкостью источника тока и экономическими соображениями - соотношением стоимости аккумулятора, электродвигателя и усилителя, а также габаритами усилителя.

Для использования усилителя магнитного потока в электроприводе средней мощности, включающем цепь питания от источника постоянного тока, электродвигатель постоянного тока, подключенный обмоткой возбуждения к одной из клемм цепи питания, включенные в цепь между электродвигателем и другой клеммой цепи питания первичную и вторичную катушки индуктивности с общим сердечником, в нем, согласно изобретению, на базе первичной катушки индуктивности образован, с дополнительным параллельным подключением к ней емкости, колебательный контур в соответствии с вышеуказанными условиями конструирования усилителя магнитного потока и дополнительными условиями:

- вторичная катушка индуктивности соединена с цепью питания через диод, подключенный между вторичной катушкой индуктивности и клеммой питающей цепи или неразветвленным участком колебательного контура,
- отношение числа витков первичной катушки индуктивности к числу витков вторичной катушки индуктивности равно  $U_k/U_n$ , где:  
 $U_k$  - напряжение в колебательном контуре, вольт,  
 $U_n$  - напряжение источника тока, вольт,
- индуктивность первичной катушки индуктивности с сердечником выбрана в диапазоне от 0,1 до 2 индуктивности электродвигателя.

В качестве диода в системе электропривода средней мощности могут быть использованы стандартные силовые диоды, рассчитанные на рабочий ток и напряжение в цепи вторичной катушки индуктивности, равное напряжению источника тока, с учетом коэффициента трансформации.

Для использования усилителя магнитного потока в электроприводе большой мощности, включающем цепь питания от источника постоянного тока, электродвигатель постоянного тока, подключенный обмоткой возбуждения к одной из клемм цепи питания, включенные в цепь между электродвигателем и другой клеммой цепи питания первичную и вторичную катушки индуктивности с общим сердечником, в нем, согласно изобретению, на базе первичной и вторичной катушек индуктивности образованы, с дополнительным параллельным подключением к ним емкостей, колебательные контуры в соответствии с вышеуказанными условиями конструирования усилителя магнитного потока и дополнительными условиями:

- параллельно вторичной катушке индуктивности и емкости в цепь включен диод,
- отношение числа витков первичной катушки индуктивности к числу витков вторичной катушки индуктивности равно  $U_m/U_p$ , где

$U_m$  - максимальное напряжение на первичной катушке индуктивности в момент разрыва цепи,

$U_p$  - рабочее напряжение диода и конденсатора, вольт,

- индуктивность первичной катушки индуктивности с сердечником выбрана в диапазоне от 0,1 до 2 индуктивности электродвигателя.

Согласно изобретению при использовании заявляемого усилителя в системе электропривода большой мощности в него параллельно вторичной катушке подключен диод. В качестве диода могут быть использованы стандартные силовые диоды, рассчитанные на рабочий ток и напряжение, соответствующие резонансному току и напряжению, развиваемым в колебательном контуре усилителя, к которому подключен диод.

Согласно изобретению при использовании усилителя в системе электропривода средней и большой мощности его колебательный контур может содержать, как и электропривод малой мощности и в тех же условиях, постоянную или переменную емкость.

При выборе граничных значений индуктивности катушки колебательного контура для электропривода средней мощности здесь исходят из тех же условий, которые были описаны выше для электропривода малой мощности за исключением того, что стоимость источника постоянного тока здесь не рассматривается.

Для электропривода большой мощности указанные выше условия выбора граничных значений индуктивности относятся к первичной катушке индуктивности.

Для использования усилителя магнитного потока в электромагнитном устройстве переменного тока, состоящего из катушки индуктивности с сердечником, в нем, согласно изобретению, на базе катушки индуктивности, с дополнительным параллельным подключением к ней емкости, образован колебательный контур в соответствии с вышеуказанными условиями конструирования усилителя магнитного потока.

Выбор элементов усилителя производится здесь как это описано в общей части по конструированию усилителя магнитного потока. Каких-либо особенностей при использовании заявляемого усилителя в электромагнитах не имеется.

Применение заявляемого усилителя в электромагнитных устройствах позволяет:

- увеличить мощность их исполнительных механизмов без увеличения потребления электроэнергии из питающей сети в 3-4 раза и более при увеличении материалоемкости всего на 5-10%, либо

- при сохранении заданной мощности действующих электромагнитных устройств снизить потребление электроэнергии в 3-4 раза и более в зависимости от качества изготовленного резонансного колебательного контура, то есть увеличить КПД в 3-4 раза и более,

- снизить материалоемкость в 2-3 раза и более на единицу мощности,

- увеличить их коэффициент мощности до 1,0 на любых нагрузках.

Для использования усилителя магнитного потока в импульсных трансформаторах, состоящих из цепи питания от источника импульсного тока, первичной и вторичной обмоток с общим сердечником, в нем дополнительно, согласно изобретению, на базе первичной катушки, с дополнительным параллельным подключением к ней емкости, образован колебательный контур в соответствии с вышеуказанными условиями конструирования усилителя магнитного потока и дополнительным условием: в выходную цепь вторичной катушки последовательно подключен диод.

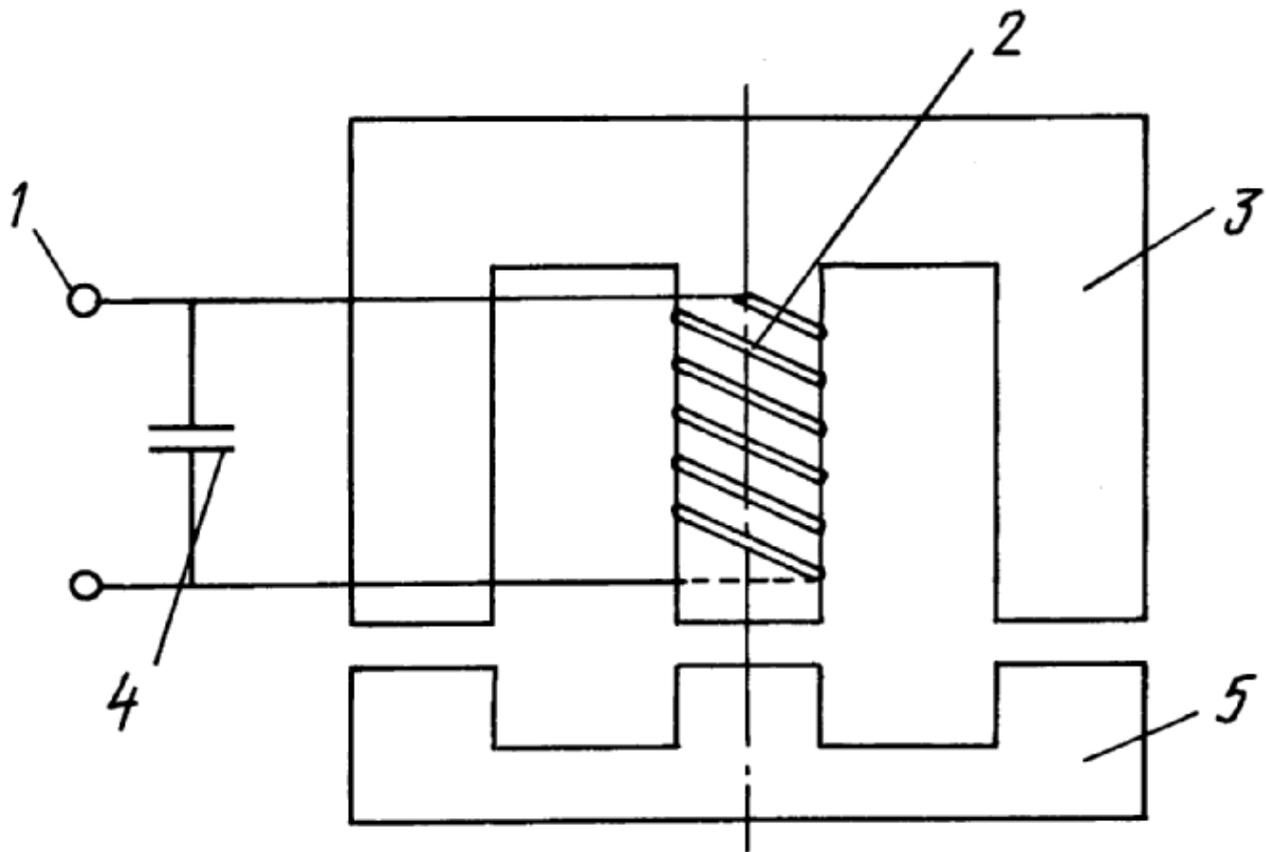
Для использования усилителя магнитного потока в системе асинхронного электродвигателя, состоящего из цепи питания от источника переменного тока, статора с рабочими обмотками, образующими параллельные колебательные контуры, и ротора, имеющего магнитное сцепление со статором, в нем, согласно изобретению, на базе его статорных обмоток образованы колебательные контуры в соответствии с вышеуказанными условиями конструирования усилителя магнитного потока. Принципиальные схемы образования колебательных контуров в системе многофазного индукционного электродвигателя приведены на фиг.6-9. Все элементы усилителя выбираются исходя из

вышеописанных общих условий образования колебательного контура усилителя. Каких-либо особенностей в выборе этих элементов не требуется, кроме тех, которые диктуются особенностями общей конструкции электродвигателя.

Для получения дополнительного прироста КПД силовых электромеханических устройств можно использовать дополнительно к усилителю фазосдвигающий прерыватель (преобразователь). Для этого, например, в системе электродвигателя, каждую фазу источника питания синусоидального тока промышленной частоты подключают к колебательным контурам электродвигателя, образованным согласно с вышеописанными условиями конструирования усилителя, через коллекторно-щеточный контакт прерывателя или прерыватель иной конструкции, рассчитанный на частоту прерываний, кратную числу полупериодов источника питания. Выбор кратности частоты прерывателя по отношению к частоте источника питания определяется исходя из величины желаемого прироста напряжения и мощности. Наиболее оптимальное время разрыва равно времени длительности пика напряжения при разрыве цепи. Каждый разрыв прерывателя обеспечивает увеличение напряжения источника питания, причем момент разрыва для каждой фазы подбирается так, чтобы пик усиленного напряжения разрыва совпадал с пиком реактивного тока в колебательном контуре, либо начало разрыва совпадало с пиком напряжения источника питания.

Для расчета параметров усилителя магнитного потока, для которого первичным источником энергии является источник питания с прерывателем-преобразователем, применяются вышеуказанные условия конструирования усилителя магнитного потока с учетом напряжения, полученного силовым колебательным контуром от прерывателя.

## Перечень фигур чертежей

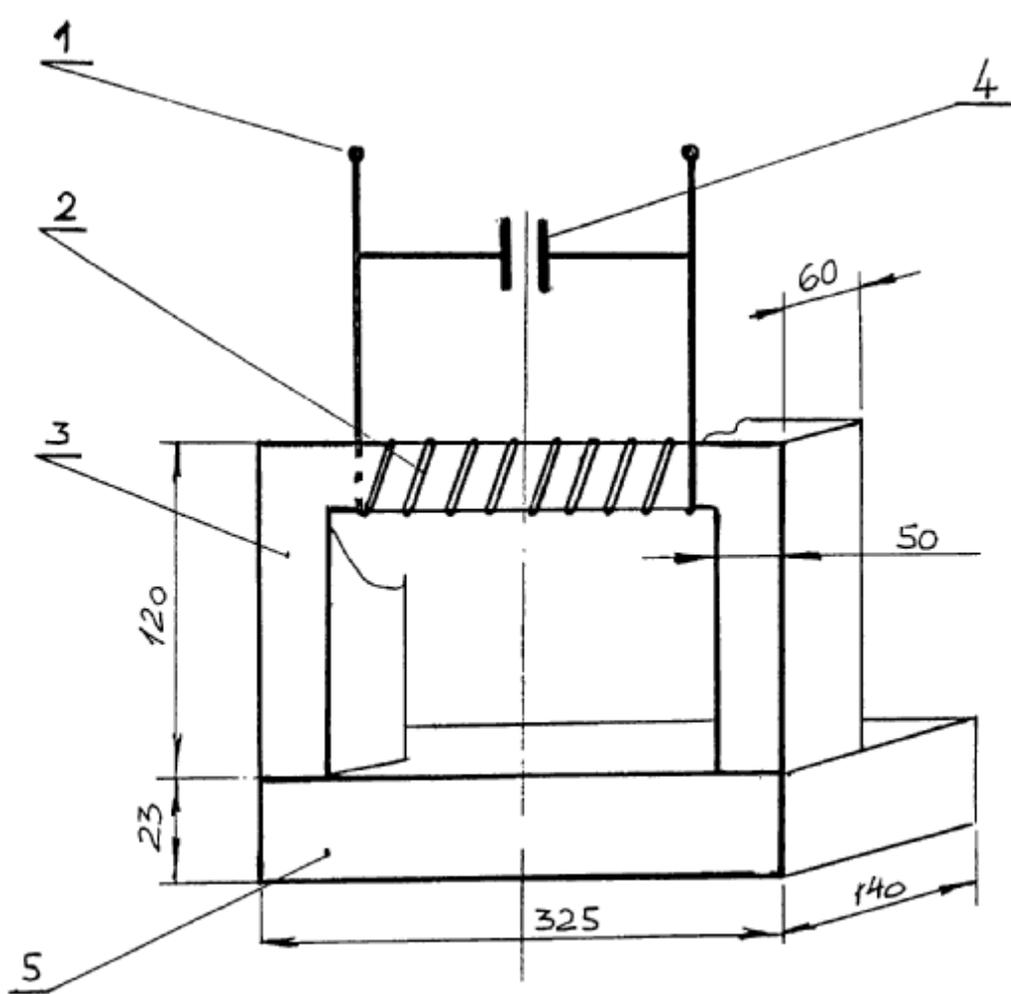


Фиг.1

На фиг. 1 приведена принципиальная схема электромагнитного пускателя с Ш-образным сердечником и снабженного заявленным усилителем магнитного потока.

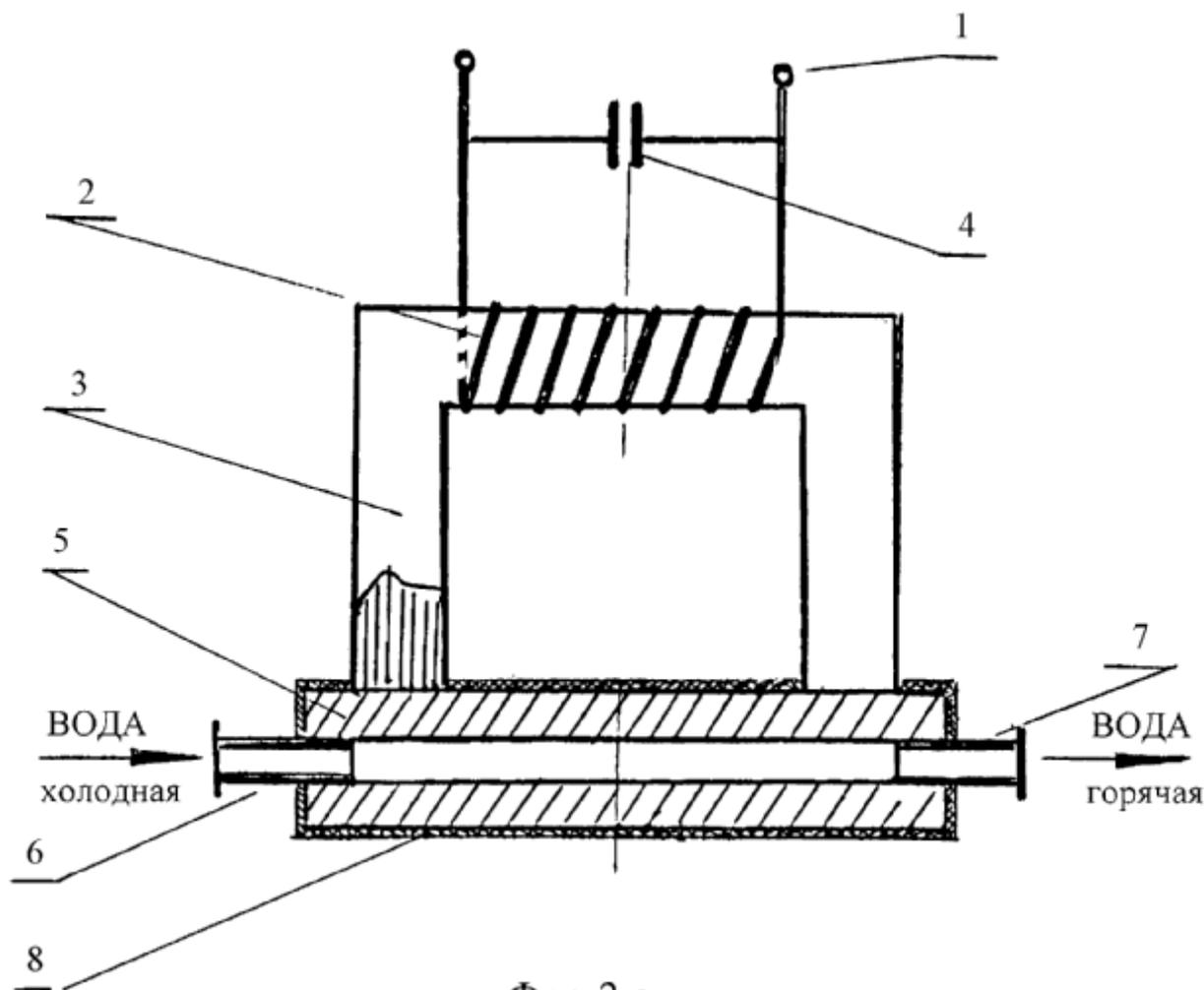
Обозначения на фиг.1.

- 1 - источник переменного тока,
- 2 - катушка индуктивности,
- 3 - сердечник Ш-образный,
- 4 - емкость,
- 5 - якорь.



Фиг. 2

На фиг.2 приведена принципиальная схема электронагревателя с П-образным сердечником и снабженного заявленным усилителем магнитного потока с монолитным нагреваемым элементом.

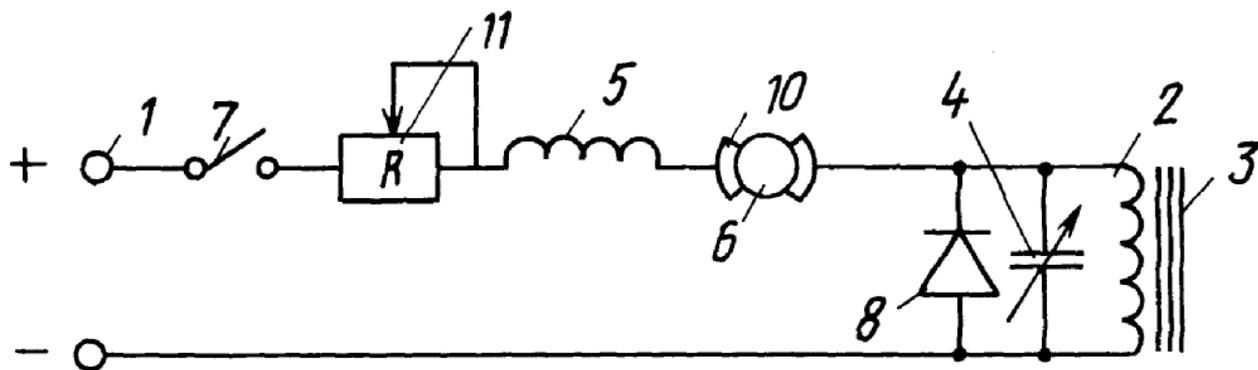


Фиг. 2-а

На фиг.2а приведена принципиальная схема электронного нагревателя с П-образным сердечником и снабженного заявленным усилителем магнитного потока с полым нагреваемым элементом.

Обозначения на фиг.2 и фиг.2а.

- 1 - источник переменного тока,
- 2 - катушка индуктивности,
- 3 - трансформаторный П-образный сердечник,
- 4 - емкость,
- 5 - монолитный (фиг.2) или полый (фиг.2а) нагреваемый элемент, в том числе промышленная конструкция (деталь) на месте ее расположения,
- 6 - штуцер для подвода холодной воды,
- 7 - штуцер для отвода горячей воды,
- 8 - теплоизоляция.

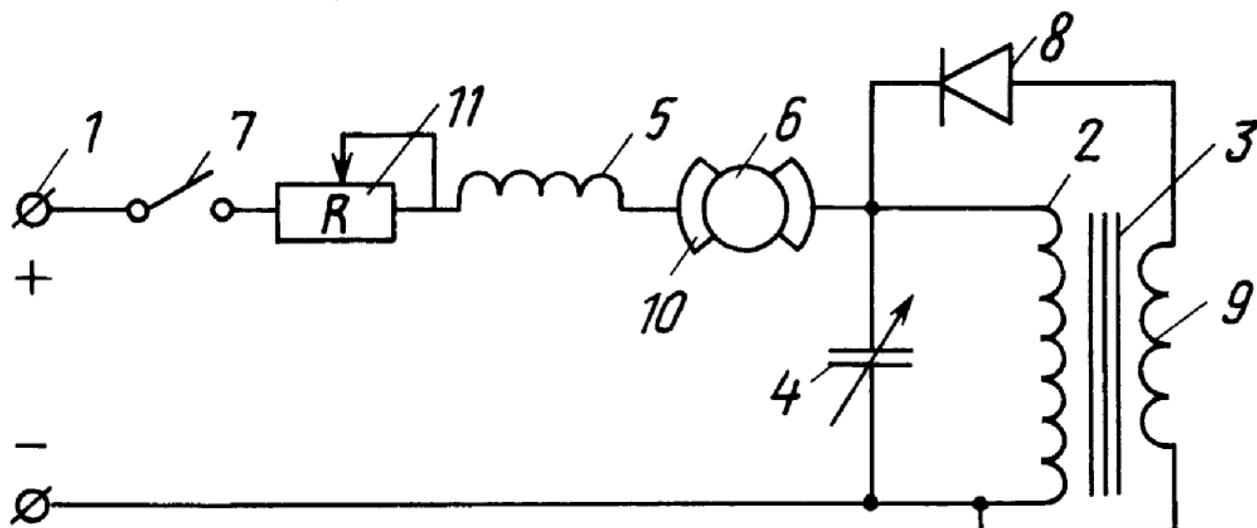


Фиг.3

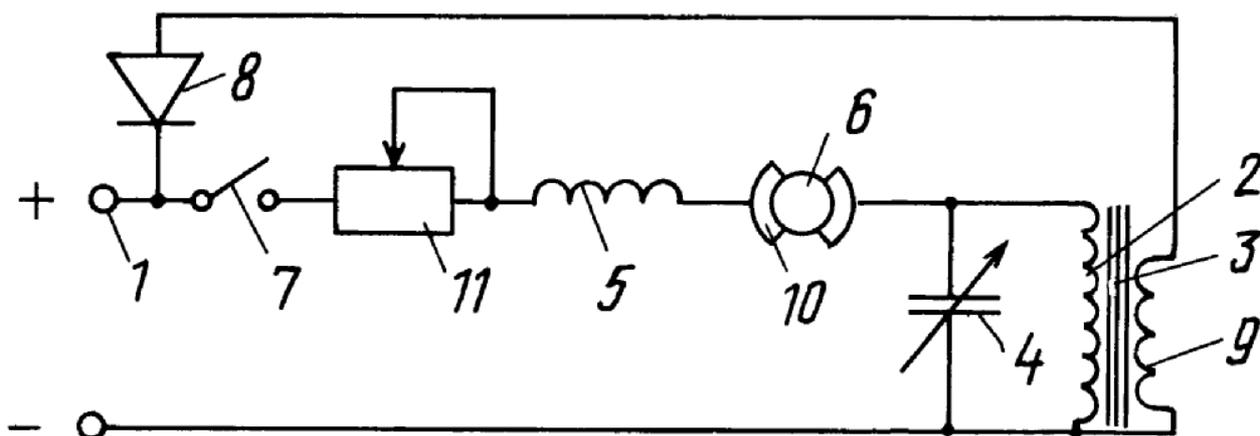
На фиг.3 приведена принципиальная электрическая схема электропривода постоянного тока малой мощности (напряжение питания до 100-120 вольт) - электрокары, электромобили, с заявленным усилителем магнитного потока.

Обозначения на фиг.3.

- 1 - источник постоянного тока,
- 2 - катушка индуктивности колебательного контура,
- 3 - сердечник (магнитопровод контура),
- 4 - емкость,
- 5 - обмотка возбуждения электродвигателя,
- 6 - ротор электродвигателя,
- 7 - выключатель (контактор),
- 8 - диод,
- 10 - щеточный контакт электродвигателя.
- 11 - сопротивление (переключатель скоростей).

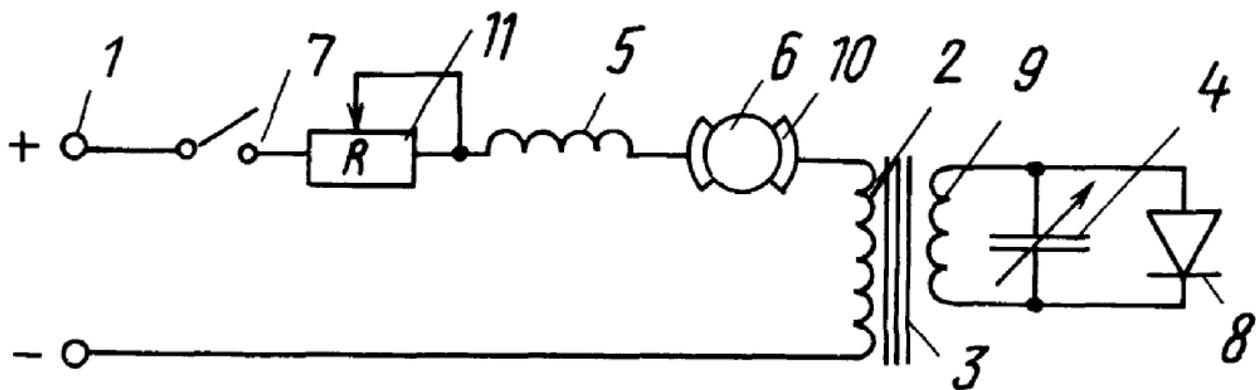


Фиг.4



Фиг. 4а

На фиг. 4 и 4а приведены принципиальные электрические схемы (варианты) электропривода постоянного тока средней мощности (для напряжения 400-600 вольт, например, для трамваев, троллейбусов) с заявленным усилителем магнитного потока.

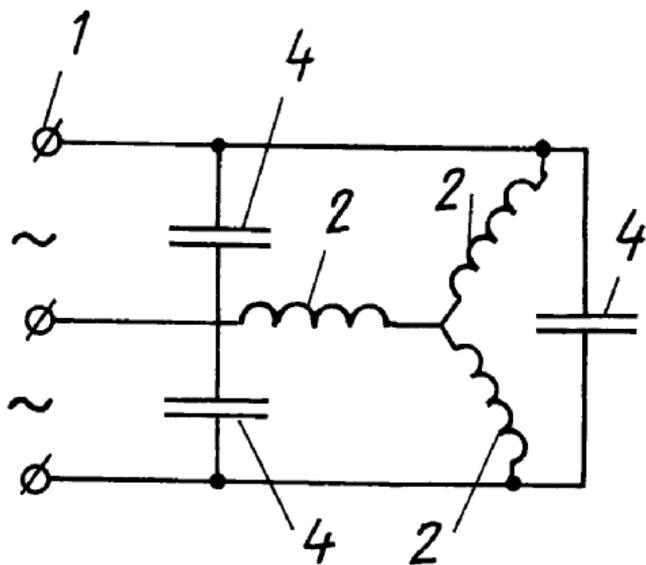


Фиг.5

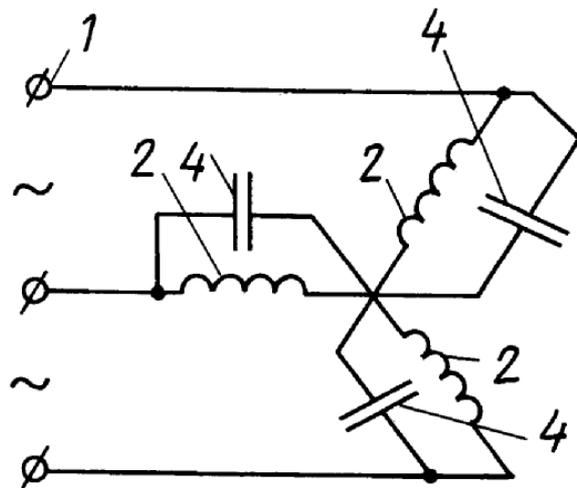
На фиг. 5 приведена принципиальная электрическая схема электропривода постоянного тока большой мощности (для напряжения 1500-3000 вольт, например, для электровозов) с заявленным усилителем магнитного потока.

Обозначения на фиг.4, 4а и 5.

- 1 - источник постоянного тока,
- 2 - катушка индуктивности колебательного контура усилителя,
- 3 - сердечник (магнитопровод контура),
- 4 - емкость,
- 5 - обмотка возбуждения электродвигателя,
- 6 - ротор электродвигателя,
- 7 - выключатель (контактор),
- 8 - диод,
- 9 - вторичная (фиг.4 и 4а) или первичная (фиг.5) катушка индуктивности,
- 10 - щеточный контакт ротора электродвигателя (6),
- 11 - сопротивление (переключатель скоростей).

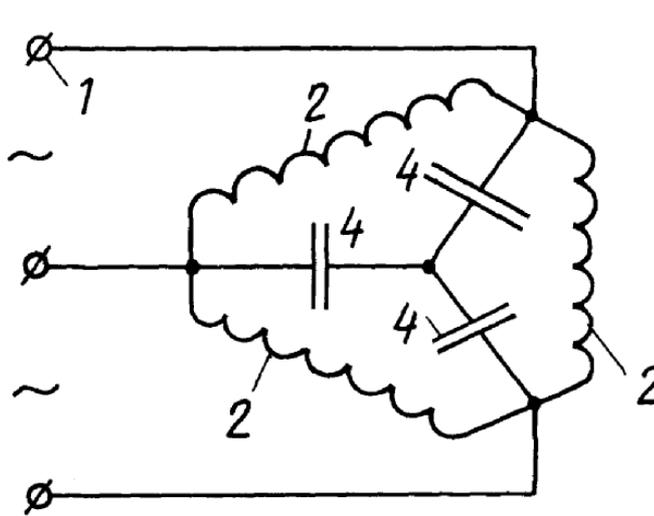


Фиг.6

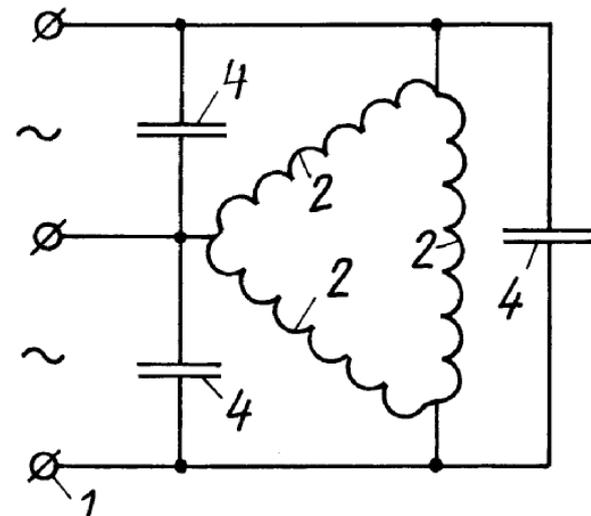


Фиг.7

На фиг.6 и 7 приведены принципиальные схемы образования заявленного усилителя магнитного потока в асинхронном 3-х фазном двигателе, обмотки возбуждения которого соединены по схеме ЗВЕЗДА для линейного номинального напряжения источника питания.



Фиг. 8

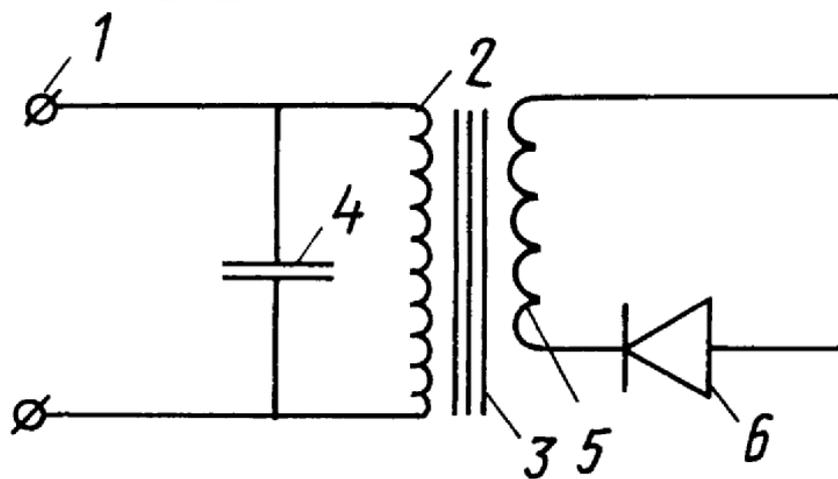


Фиг. 9

На фиг.8 и 9 приведены принципиальные схемы образования заявленного усилителя магнитного потока в асинхронном 3-х фазном двигателе, обмотки возбуждения которого соединены по схеме ТРЕУГОЛЬНИК для линейного пониженного напряжения.

Обозначения на фиг.6, 7, 8 и 9.

- 1 - источник 3-х фазного переменного тока,
- 2 - обмотки возбуждения - катушки индуктивности контуров,
- 4 - емкость.



Фиг.10

На фиг. 10 приведена принципиальная схема образования заявленного усилителя магнитного потока в системе импульсного трансформатора. Обозначения на фиг.10.

- 1 - импульсный источник питания,
- 2 - первичная катушка индуктивности,
- 3 - трансформаторный сердечник,
- 4 - емкость колебательного контура,
- 5 - вторичная катушка индуктивности,
- 6 - диод.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

В соответствии с изобретением конструкция усилителя магнитного потока, предназначенного для использования в силовых электротехнических устройствах индукционного типа, состоит из цепи питания от источника (1) переменного или постоянного тока, резонансного по току колебательного контура, включающего катушку

индуктивности с трансформаторным сердечником (3) и подключенную параллельно катушке индуктивности емкость (конденсатор) (4) и в ряде (указанных на фигурах) применений - диод, и с образованием общего магнитопровода - приемника/преобразователя усиленного за счет резонанса токов магнитного потока для выполнения полезной работы/нагрузки. При этом указанный приемник/преобразователь усиленного магнитного потока в зависимости от его использования в конкретных электротехнических устройствах имеет различную конструкцию:

Для электромагнитного устройства (фиг. 1) - это сердечник (3) и якорь (5), образующие через воздушный зазор общий замкнутый магнитопровод.

Для электронагревателя (фиг. 2 и 2а) - это сердечник (3) и нагреваемый элемент (5), образующие общий замкнутый магнитопровод.

Для электроприводов постоянного тока (фиг.3, 4, 4а и 5) - это сердечник (3), имеющий, в свою очередь, соответствующую конструкцию в зависимости от мощности электропривода.

Для электродвигателя переменного тока (фиг.6, 7, 8 и 9) - это сердечник статора и сердечник ротора (не показаны), образующие через воздушный зазор общий магнитопровод, и обмотка ротора.

Для импульсного трансформатора (фиг.10) - это трансформаторный замкнутый сердечник (3) и вторичная обмотка (5).

В составе силовых электротехнических устройств предлагаемый усилитель служит генератором дополнительной и в ряде применений (электромагнитное устройство, электропривод постоянного тока) - основной мощности этих устройств, повышая их технический уровень, конкурентоспособность и экономические показатели.

Работа усилителя магнитного потока в системе электромагнита (фиг.1) состоит в нижеследующем.

При подключении электромагнита к источнику переменного тока (1) ток проходит через катушку индуктивности (2) и емкость (4), наводя в контуре (2, 3 и 4) заданный его параметрами резонансный ток, насыщающий сердечник и рассчитанный на номинальную мощность электромагнита. Резонансный ток, в свою очередь, создает переменное магнитное поле и соответственно - изменяющийся магнитный поток в сердечнике (3), который намагничивает сердечник и якорь (5) с образованием различных магнитных полюсов в местах их сближения. Образовавшиеся разноименные магнитные полюсы сердечника (3) и якоря (5) притягиваются друг к другу с заданной силой, обусловленной величиной максимального магнитного потока и резонансного тока в колебательном контуре.

Принципиальный расчет заявленного усилителя в системе электромагнита приводится ниже на примере модернизации электромагнитного пускателя ПМЕ-211.

Исходные данные пускателя до модернизации:

$S_m=2,7 \times 10^{-4} \text{ м}^2$  - эффективная площадь сечения сердечника,

$L_m=0,15 \text{ м}$  - длина средней линии магнитопровода,

$L_3=0,048 \text{ мм}$  - длина воздушного зазора между якорем и сердечником,

$f=50 \text{ Гц}$  - частота источника питания,

$U=220 \text{ В}$  - напряжение источника питания,

$B_m=1,29 \text{ Тл}$  - исходная магнитная индукция в сердечнике,

$m_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  - магнитная постоянная.

- Выбираем магнитную индукцию в сердечнике, близкую к насыщению по кривой намагничивания для используемой марки электротехнической стали Э4 (электротехнический справочник под ред. В.Г. Герасимова, М., Энергоатомиздат, 1985 г.)  $B_m=1,53 \text{ Тл}$  и соответствующую ей напряженность магнитного поля в сердечнике  $H(B_m)=2500 \text{ А/м}$ .

- Вычислим число витков катушки индуктивности из соотношения

$$w = \frac{U}{4,44 \times f \times B_m \times S_m} = \frac{220}{4,44 \times 1,53 \times 10^{-5}} = 2400$$

- Рассчитаем напряженность магнитного поля в воздушном зазоре  $H_3(B_m) = B_m/m_0 = 1,53/12,56 \cdot 10^{-7} = 12,56 \cdot 10^5$  А/м.

- Намагничивающая сила в магнитопроводе  $U_m = H_m L_m + H_3 L_3 = 2500 \cdot 0,15 + 12,56 \cdot 10^5 \cdot 4,8 \cdot 10^{-5} = 433,5$  А

- Определим силу тока в контуре  $I_k = U_m/w = 433,5/2400 = 0,181$  А.

- Определим сечение провода в катушке индуктивности

$$\Phi = 0,8 \sqrt{I_k} = 0,8 \sqrt{0,181} = 0,34 \text{ мкФ}$$

- Экспериментально определяем  $\cos \Phi = 0,2$  и силу тока  $I_k = 0,185$  А в катушке индуктивности без емкости с сердечником при рабочем, замкнутом положении якоря.

- Выбираем емкость, необходимую для образования колебательного контура, из соотношения

$$C = \frac{I_k \times S \sin \Phi}{2 \pi f U_k} = \frac{0,185 \times 0,98}{6,28 \times 50 \times 220} = 2,6 \times 10^{-6} \text{ мкФ}$$

Результаты сравнительных испытаний приведены в табл.1.

Результаты сравнительных испытаний магнитного пускателя с использованием усилителя магнитного потока.

Таблица 1

Показатели конструктивных элементов и результатов испытаний	Стандартный образец пускателя ПМЕ-211	Образец с усилителем магнитного потока
габариты образца, мм	110x90x87	то же +40x40x20
длина средней линии сердечника, мм	150	150
площадь сечения сердечника, м <sup>2</sup>	2,7x10 <sup>-4</sup>	2,7x10 <sup>-4</sup>
число витков катушки	2840	2400
установленная емкость, мкФ	---	2,6
сечение провода катушки, мм	0,224	0,330
напряжение в питающей сети, вольт	220	220
коэффициент мощности в контуре	---	0,24
сила тока в контуре, миллиампер	---	185
сила тока, потребляемого от сети, миллиампер	65	65
мощность, развиваемая усилителем, Вт	---	40,7
мощность, потребляемая от сети, Вт	14,3	14,3
коэффициент мощности для сети	0,4	0,99
сила притяжения якоря, кг	1,9	5,7

Приведенные в табл. 1 данные сравнительных испытаний магнитного пускателя без усилителя и с усилителем показывают, что:

- коэффициент мощности демонстрируемой магнитной системы повышается до 0,99 против стандартного значения 0,4,
- потребляемая из сети мощность не изменяется,
- сила притяжения якоря (механическая мощность) при сохранении значения потребляемой из сети мощности возросла в 3 раза.

Работа усилителя магнитного потока в системе заявленного электронагревателя (фиг.2 и фиг.2а) состоит в нижеследующем.

При подключении электронагревателя к источнику переменного тока (1) ток проходит через катушку индуктивности (2) и емкость (4), наводя в контуре (2, 3 и 4) заданный его параметрами резонансный ток. Последний, в свою очередь, создает переменное магнитное поле и соответственно - изменяющийся магнитный поток в сердечнике (3). Усиленный в сердечнике (3) магнитный поток пронизывает нагреваемый элемент (5), который замыкает магнитопровод (3-5). Проходя через нагреваемый элемент (5), усиленный магнитный поток наводит в нем токи, которые вместе с усиленным магнитным потоком нагревают элемент (5) до заданной температуры. В табл. 2 приводятся результаты сравнительных испытаний заявляемого электронагревателя (образец 3) в сравнении с индукционным (образец 1) и индукционным нагревателем с сердечником без силового колебательного контура (образец 2).

Результаты сравнительных испытаний индукционного электронагревателя с усилителем магнитного потока.

Испытания проводились на частоте 50 герц в сравнении с обычным индукционным нагревателем промышленной частоты 50 герц (образец 1) и с электронагревателем, имеющим сердечник и нагревательный элемент, но не имеющим усилителя магнитного потока (образец 2). В качестве источника питания использовали источник переменного синусоидального тока. Размеры образца 3 даны на фиг.2. Размеры образца 2 идентичны размерам образца 3. Во всех трех образцах в качестве нагреваемого элемента использовалась чугунная плита размером 325x140x23 мм<sup>3</sup> и массой 7,1 кг.

Таблица 2

	индукц. нагреватель с чугунным элементом образец № 1	индукц. нагреватель с сердечником и нагреваемым элементом из чугуна образец № 2	индукц. нагреватель с усилителем и нагрев. элементом из чугуна образец № 3
Напряжение источника питания, вольт	220	220	220
Средний диаметр витков, см	13	6	6
Число витков	1050	500	300
Сечение провода, мм	1,08	1,0	1,5
Потребляемый ток от сети, А	2,2	1,8	1,8
Коэффициент мощности в питающей сети	0,3	0,63	1,0
Коэффициент мощности в контуре	—	—	0,24
Время нагрева, мин.	24,5	17,0	8,16
Разность температур нагрева, $\Delta t = t - t_0$	66,5 — 29,5=37°C	68 - 26=42°C	73,5 – 29=44,5°C
Количество выделенного тепла, КДж	141,8	161,3	170,61
КПД, %	18,4	40,0	89,0

Из табл. 2 видно, что применение усилителя магнитного потока, согласно изобретению, позволяет:

- увеличить КПД от 18,4-40,0% до 89-90%,
- снизить затраты цветных металлов (меди) в 2,5 раза и более,
- увеличить коэффициент мощности в сети от 0,3-0,6 до 1,0 и полностью разгрузить сеть от реактивных токов.

Работа усилителя магнитного потока в системе асинхронного 3-х фазного электродвигателя переменного тока состоит в нижеследующем (фиг.6-9).

При подключении электродвигателя в 3-х фазную сеть переменного тока (1), ток проходит через обмотки возбуждения (2) электродвигателя, которые являются здесь катушками индуктивности силового колебательного контура, и через емкости (3) (элементы силового колебательного контура), наводя в контурах заданный их параметрами, согласно изобретению, резонансный намагничивающий ток. Этот ток, в свою очередь, создает переменное магнитное поле и соответственно - изменяющийся усиленный результирующий магнитный поток в сердечнике статора и ротора, уже на холостом ходу имеющий величину магнитной индукции, близкую к области полного магнитного насыщения магнитопровода и обеспечивающий механическую мощность на валу электродвигателя.

Использование предлагаемой конструкции заявляемого усилителя магнитного потока в системе асинхронного электродвигателя по нашим данным позволит:

- без увеличения материалоемкости и габаритов достичь увеличения номинальной мощности на 30-50% и более, либо уменьшить в 1,3-1,5 раза материалоемкость и, соответственно, себестоимость конструкций на единицу мощности,

- получить стабильный косинус "фи" не менее 0,98-1,0 на всех режимах нагрузки (на холостом ходу - 0,94-0,97),
- уменьшить скольжение в 2,5-3,5 раза против номинального на всех режимах нагрузки до максимальной, при перегрузке в 2-2,4 раза выше номинальной получить скольжение не выше номинального до модернизации, что свидетельствует о большом магнитном сцеплении ротора и статора,
- в 1,7-2 раза и более увеличить пусковой момент,
- в 2-2,5 раза и более увеличить максимальный момент,
- увеличить КПД на 2-10%, получить максимальный КПД в диапазоне нагрузок от номинальной до максимальной,
- в 3-5 раз увеличить магнитное сцепление ротора и статора и повысить надежность конструкций, работающих в режиме предельно допустимых перегрузок.
- применение фазосдвигающего прерывателя позволит дополнительно вышеуказанным достижениям получить увеличение КПД на 30-60% и более.

Работа усилителя магнитного потока в системе электропривода малой мощности состоит в нижеследующем (фиг.3).

При подключении электропривода к источнику постоянного тока (1) ток проходит через обмотку возбуждения (5) электродвигателя постоянного тока. В процессе коммутации активное сопротивление щеточного контакта изменяется в течение периода коммутации. ЭДС самоиндукции, индуцируемая в короткозамкнутой секции магнитным потоком якоря, приводит к криволинейной коммутации, в продолжение периода которой катушка индуктивности с сердечником контура накапливает энергию магнитного поля, равную  $W_L = LI^2/2$ , а конденсатор колебательного контура заряжается, накапливая энергию электрического поля  $W_C = CU^2/2$ , где

$W_L$  - энергия магнитного поля,

$L$  - индуктивность,

$I$  - сила тока в колебательном контуре,

$W_C$  - энергия электрического поля,

$C$  - емкость,

$U$  - напряжение в колебательном контуре.

При этом ЭДС самоиндукции катушки индуктивности (2) направлена навстречу току источника питания (1) и складывается с ЭДС самоиндукции двигателя (6), что приводит к более плавному пуску электродвигателя, без рывка пускового тока. При размыкании щеток якоря (10) электродвигателя (6) усиленный напряжением разрыва цепи магнитный поток создает магнитное поле, которое пересекает витки катушки (2), наводя в ней ЭДС самоиндукции, направление которой совпадает с направлением ЭДС самоиндукции двигателя и ЭДС источника питания и превосходит их сумму по амплитуде, так как в этот момент магнитный поток, проходящий через сердечник усилителя, достигает максимума, а магнитная индукция близка к индукции насыщения. При частоте коммутаций, совпадающей с собственной частотой колебаний резонансного тока в контуре, магнитный поток получает максимальное усиление, так как колебательный контур поддерживает амплитуду колебаний резонансного тока и напряжения разрыва цепи максимальной. При этом ток, обусловленный ЭДС самоиндукции катушки усилителя, перезаряжает конденсатор, обеспечивая резонансный режим работы колебательного контура усилителя. Как обнаружено нами, энергия ЭДС самоиндукции катушки усилителя обеспечивает через диод и перезаряд конденсатора подзарядку аккумулятора коротким импульсом резонансного тока и напряжения  $U_{\text{разрыва}}$  в течение времени существования канала дуги/искры и одновременно этим же импульсом питает двигатель. Направление же вращения двигателя не зависит от полярности импульса тока. Таким образом, электроэнергия первичного источника питания в процессе работы электродвигателя за каждый период коммутации очередной секции якоря расходуется при замыкании контактов и пополняется при разрыве цепи.

Работа усилителя магнитного потока в системе электропривода постоянного тока средней мощности (фиг.4 и 4а) отличается от работы усилителя, описанного по фиг. 3 тем, что в контуре усилителя наблюдается значительный, а в некоторых случаях многократный рост напряжения. Вторичная понижающая обмотка (9) усилителя, индуктивно связанная с первичной (2), воспринимает усиленный магнитный поток, и через диод (8) импульсом тока и напряжения подпитывает двигатель (6) и/или источник питания (1), уменьшая общий расход электроэнергии.

Работа усилителя магнитного потока в системе электропривода постоянного тока большой мощности отличается от вышеописанных по фиг.3 и фиг.4 и 4а в следующем. При коммутации секции якоря (6) ток, проходящий через первичную катушку (9), наводит через индуктивную связь во вторичной катушке индуктивности (2) усилителя ток противоположного направления, обеспечивая накопление энергии магнитного поля в катушках индуктивности и энергии электрического поля в конденсаторе и возбуждение колебательного процесса в колебательном контуре усилителя. При разрыве цепи в процессе коммутаций секций обмотки якоря в первичной катушке (9) возникает ЭДС самоиндукции и импульс напряжения, многократно превышающий напряжение источника питания, как это описано для электроприводов малой и средней мощности. Многократно усиленный магнитный поток возбуждает во вторичной катушке ток противоположного направления, который обеспечивает максимальную амплитуду колебаний в контуре и разряд катушки индуктивности через диод. Таким образом, в цепи вторичной катушки (2) усилителя происходят все те же процессы, что и описанные для фиг.3, с той лишь разницей, что импульсы подзаряжающего тока и напряжения посылаются в источник питания и/или подпитывают электродвигатель через индуктивную (магнитную) связь между первичной и вторичной катушками индуктивности.

Применение усилителя магнитного потока, согласно изобретению, в системах электроприводов постоянного тока позволяет:

- уменьшить пусковые токи при всех видах переключения режимов работы двигателя не менее чем в 2 раза,
- ликвидировать дугу и уменьшить искрение на пантографе, на коллекторе двигателя, на контактных группах и уменьшить тепловые потери в 1,5 раза и более,
- увеличить мощность электродвигателя без дополнительного расхода энергии за счет ликвидации тепловых и других потерь на 15-20% и более,
- увеличить ресурс работы электродвигателя и контактных групп не менее чем в 1,5-2 раза,
- увеличить КПД использования электроэнергии источника питания на 30-50% и более.

Работа усилителя магнитного потока в системе импульсного трансформатора состоит в нижеследующем (фиг.10).

При подключении к источнику питания импульсного трансформатора, модернизированного в соответствии с вышеописанными условиями конструирования усилителя магнитного потока, через его первичную катушку проходят импульсы напряжения, возбуждающие колебательный процесс в контуре усилителя, причем за счет ЭДС самоиндукции разрыва цепи энергия колебательного контура многократно усиливается, и в цепи первичной катушки, и в цепи вторичной катушки происходят все вышеописанные для систем электроприводов постоянного тока процессы, с той лишь разницей, что часть накопленной колебательным контуром энергии расходуется на питание подключаемой во вторичную цепь нагрузки, а часть обратным импульсом возвращается в источник питания, что дает повышение КПД, как это описано для электроприводов постоянного тока.

## **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

Усилитель магнитного потока в электротехническом устройстве, выполненный в виде колебательного контура, состоящего из цепи питания от источника переменного тока, параллельно подключенных в цепь катушки индуктивности с сердечником и емкости, и с образованием общего магнитопровода - приемника/преобразователя усиленного магнитного потока для обеспечения полезной нагрузки на электротехническое устройство, отличающийся тем, что катушка индуктивности имеет сердечник по типу трансформаторного и они вместе с емкостью выбраны из расчета установления в общем магнитопроводе величины магнитной индукции, близкой к пределу его полного магнитного насыщения в диапазоне нагрузок от холостого хода до номинальной мощности электротехнического устройства.