

импульсный резонансный преобразователь напряжения (№ 125415)

Классы МПК:	<i>H02M3/00</i>	
Патентообладатель(и):	Менакер Константин Владимирович (RU), Цветаева Анна Сергеевна (RU)	
Приоритеты:	начало действия патента: 21.08.2012	публикация патента: 27.02.2013

Полезная модель относится к силовой электронике, а именно к вторичным источникам электрического питания от выпрямленной сети или от автономных источников постоянного напряжения, использующим преобразование постоянного напряжения в постоянное и может быть использована для создания высокоэффективных источников питания с постоянным напряжением. Задачей полезной модели является повышение эффективности преобразователя напряжения за счет более эффективного использования энергии индуктивного выброса напряжения в результате ее преобразования в свободные электрические колебания параллельного колебательного контура, резонансного увеличения тока на нагрузке, совпадения по фазе мгновенных значений тока и напряжения, уменьшения частоты управляющих импульсов, а также уменьшения электрических потерь на трансформаторе.

1 н.п. ф-лы, 1 з.п. ф-лы, 1 ил.



Полезная модель относится к силовой электронике, а именно к вторичным источникам электрического питания, использующим преобразование постоянного напряжения автономных источников в постоянное, и может быть использована для создания высокоэффективных источников питания с постоянным напряжением.

Наиболее близким по технической сущности и решаемой задаче является преобразователь напряжения, приведенный в [1]. Данное устройство содержит трансформатор как минимум с двумя обмотками $W1$ и $W2$, транзисторный ключ, реализованный на полевом транзисторе, схему управления, выход которой соединен с управляющим выводом ключа, диод в цепи вторых выводов обмоток трансформатора, два накопительных конденсатора и выпрямительный диод в выходной цепи. В момент закрывания ключа на втором выводе первой обмотки $W1$ возникает индуктивный положительный выброс напряжения, связанный в первую очередь с индуктивностью обмотки. Энергия данного выброса через первый диод передается сначала в первый конденсатор и далее через вторую обмотку $W2$ трансформатора и второй диод во второй конденсатор, а через него в нагрузку. За счет этого и повышается эффективность рассматриваемого преобразователя напряжения.

Общими признаками предлагаемого технического решения и прототипа являются первичный источник постоянного напряжения, транзисторный ключ с одним управляющим выводом, подключенный к выходу схемы управления, а также использование энергии индуктивного выброса напряжения с целью повышения эффективности устройства.

Недостатком рассматриваемого прототипа является относительно низкая эффективность его работы, связанная с неэффективным и кратковременным использованием энергии индуктивного выброса напряжения на первой обмотке $W1$ трансформатора, относительно высокой частотой управляющих импульсов 20-30 кГц, а также электрическими потерями в самом трансформаторе.

Задачей полезной модели является повышение эффективности преобразователя напряжения за счет более эффективного использования энергии индуктивного выброса напряжения в результате ее преобразования в свободные электрические колебания параллельного колебательного контура, резонансного

увеличения тока на нагрузке, совпадения по фазе мгновенных значений тока и напряжения, уменьшения частоты управляющих импульсов, а также уменьшения электрических потерь на трансформаторе.

Сущность полезной модели заключается в том, что в импульсном резонансном преобразователе напряжения, включающем катушку индуктивности как минимум с одной обмоткой, образующую с высокочастотным высоковольтным конденсатором параллельный колебательный контур, транзисторный ключ между первичным источником энергии и колебательным контуром, схему управления, выход которой соединен с управляющим выводом ключа, выпрямительный диод между колебательным контуром и накопительной емкостью, энергия индуктивного выброса напряжения катушки, образующаяся в момент закрытия ключа, преобразуется в энергию свободных затухающих колебаний колебательного контура, передающаяся через выпрямительный диод в накопительную емкость и далее в нагрузку.

Использование катушки индуктивности в составе параллельного колебательного контура позволяет перевести мгновенную энергию индуктивного выброса напряжения в энергию относительно длительных свободных колебаний, в результате существенно продлить время действия этой энергии на нагрузке и тем самым увеличить эффективность преобразователя напряжения. Кратность частоты действия ключа частоте свободных колебаний параллельного контура позволяет достичь режима резонанса токов, увеличения тока на нагрузке и совпадение по фазе мгновенных значений тока и напряжения. Чем достигается дополнительное увеличение эффективности устройства. Использование катушки индуктивности вместо трансформатора позволяет исключить трансформацию энергии из обмотки в обмотку и тем самым уменьшить электрические потери.

Полезная модель поясняется чертежом.

На фигуре представлена электрическая схема импульсного резонансного преобразователя напряжения.

Устройство содержит первичный источник постоянного напряжения 1 в виде аккумуляторной батареи номинальным напряжением 12 В, ограничитель пусковых токов - терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом 2, силовоточный быстродействующий варистор 3, электронный ключ 4, параллельный колебательный контур 5, выпрямительный диод 6, накопительную емкость 7, схему управления 8. В преобразователе выход первичного источника 1 соединен через терморезистор 2 и электронный ключ 4 с колебательным контуром 5. Варистор 3 подключен между терморезистором 2 и электронным ключом параллельно источнику. Электронный ключ 4 управляющим выводом соединен со схемой управления 8. Колебательный контур 5 соединен через диод 6 с накопительной емкостью 7, параллельно которой подключается нагрузка.

Колебательный контур 5 образован параллельным соединением катушки индуктивности и высокочастотным высоковольтным керамическим конденсатором. В качестве силового электронного ключа 4 используется мощный, высоковольтный MOSFET-транзистор, рассчитанный на токи 20-60 А и напряжение 1000 В, имеющий низкое сопротивление открытого канала 0,05-0,3 Ом и высокое быстродействие. В качестве ключа может быть также использован быстродействующий IGBT-транзистор. В качестве диода 6 используется диод Шоттки из карбида кремния, рассчитанный на обратное напряжение не ниже 1000 В с временем восстановления обратного сопротивления менее 10 наносекунд. Накопительная емкость 7 представляет собой электролитический конденсатор емкостью сотни микрофарад, рассчитанный на напряжение не менее 1000 В. Выполнение схемы управления 8 может быть различным.

Преобразователь напряжения работает следующим образом.

В момент открытия электронного ключа 4 происходит насыщение катушки индуктивности от первичного источника постоянного напряжения 1, сопровождающееся увеличением тока до установившегося значения. Время открытого состояния ключа определяется постоянной времени катушки. Далее электронный ключ закрывается и на катушке наводится напряжение прямо пропорциональное ее индуктивности и скорости изменения тока [2], и достигает значения 300 В. При этом ток на катушке, по закону коммутации, непосредственно после закрытия ключа 4 сохраняет свое значение на уровне установившегося значения, предшествующем моменту закрытия ключа. Далее в колебательном контуре 5 возникают свободные, затухающие колебания на резонансной частоте с начальной амплитудой по напряжению около 300 В. Частота свободных колебаний контура при условии остаточного влияния нагрузки составляет несколько десятков кГц. При этом в течение каждого положительного полупериода колебаний электрическая энергия через выпрямительный диод 6 поступает на накопительную емкость 7 и нагрузку. Накопительная емкость 7

выполняет функцию сглаживания сигнала. Выпрямительный диод 6, представляющий собой высоковольтный диод Шоттки с малым временем восстановления обратного сопротивления выполняет важнейшую функцию односторонней передачи энергии из колебательного контура 5 в нагрузку, обеспечивая процесс свободных колебаний электрической энергии в колебательном контуре. Терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом 2 ограничивает пусковые токи. Для ограничения импульсных перенапряжений, амплитуда которых может достигать 2 кВ, применен высоковольтный быстродействующий варистор 3.

Далее процесс повторяется, происходит повторное замыкание электронного ключа 4, насыщение катушки и т.д. Частота работы электронного ключа 4 составляет несколько сот герц и должна быть строго кратна частоте свободных колебаний колебательного контура 5. Это необходимое условие синхронизации в работе колебательного контура и всего устройства, позволяющее, кроме того, достичь режима резонанса токов, увеличения тока на катушке и совпадение по фазе мгновенных значений тока и напряжения. Увеличение тока на катушке приводит к существенному увеличению выходной мощности устройства, вследствие ее квадратичной зависимости от тока [3]:

$$P_2 = (L_1 \times I^2 \times f_1) / 2,$$

где L_1 - индуктивность катушки колебательного контура L_1C_1 ;

I - действующее значение тока индуктивности L_1 на частоте собственных колебаний контура L_1C_1 ;

f_1 - частота собственных колебаний контура L_1C_1 при остаточном действии нагрузки.

Уменьшение частоты управляющих импульсов с 20-30 кГц до нескольких сот герц возможно за счет действия свободных колебаний энергии в параллельном колебательном контуре 5 с частотой несколько десятков килогерц, что эквивалентно действию ключа на этой же частоте в прототипе.

Уменьшение частоты управляющих импульсов позволяет уменьшить тепловые потери на ключе.

Таким образом, повышение эффективности устройства достигается за счет увеличения длительности действия энергии индуктивного выброса напряжения на нагрузку в результате достижения свободных колебаний в параллельном колебательном контуре, резонансного увеличения тока на нагрузке и совпадения по фазе мгновенных значений тока и напряжения в режиме резонанса токов, уменьшения частоты управляющих импульсов, а также уменьшения электрических потерь на трансформаторе.

Источники, используемые при написании заявки.

1. Патент № 77516 на полезную модель «Преобразователь напряжения», 2008 г., авторы В.В.Борисов, О.Н.Жуков, С.Б.Литвяков, Ю.Т.Михайлов, В.В.Руховец, И.В.Сычев.

2. Менакер К.В., Цветаева А.С. Импульсный редуцирующий преобразователь мощности, как основной источник питания электротранспортных средств//Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2012. - № 1. - С.408-411.

3. Менакер К.В., Цветаева А.С. Импульсный преобразователь мощности//Автоматика, связь, информатика. - 2012. - № 6. - С.21-23.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

1. Импульсный резонансный преобразователь напряжения, включающий катушку индуктивности как минимум с одной обмоткой, образующую с высокочастотным высоковольтным конденсатором параллельный колебательный контур, ключ между первичным источником энергии и колебательным контуром, схему управления, выход которой соединен с управляющим выводом ключа, выпрямительный диод между колебательным контуром и накопительной емкостью, отличающийся наличием параллельного колебательного контура, в котором энергия мгновенного индуктивного выброса напряжения катушки в момент закрытия ключа преобразуется в энергию относительно длительных свободных затухающих колебаний колебательного контура.

2. Импульсный резонансный преобразователь напряжения по п.1, отличающийся тем, что частота работы ключа не превышает 1000 Гц и кратна частоте свободных колебаний параллельного колебательного контура, значение которой не менее нескольких десятков килогерц.

