



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013130102/07, 01.07.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
01.07.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.07.2013

(43) Дата публикации заявки: 27.10.2013 Бюл. № 30

(45) Опубликовано: 10.01.2015 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU1755353A1,15.08.1992.  
JP20020426A,26.04.2002.  
US5689409A,18.11.1997

Адрес для переписки:

394026, г.Воронеж, Дружинников, 1, Общество  
с ограниченной ответственностью  
"АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК Дон"

(72) Автор(ы):

Гончаров Александр Юрьевич (CZ)

(73) Патентообладатель(и):

Гончаров Александр Юрьевич (CZ),

Гончаров Михаил Юрьевич (RU)

**(54) ОБРАТНОХОДОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ**

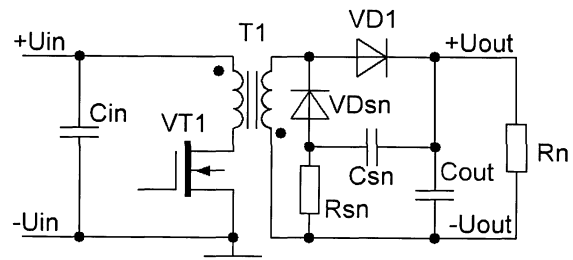
(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в импульсных источниках вторичного электропитания, а именно в обратноходовых преобразователях напряжения, в качестве схемы ограничения перенапряжения на силовом диоде, возникающего в процессе коммутации. Технический результат - повышение КПД преобразователя за счет уменьшения потерь в демпфирующих цепях и регенерации энергии, запасенной в демпфере, в нагрузку. Обратный преобразователь напряжения, содержит: разделительный трансформатор, образующий первичную цепь, содержащую первичную обмотку трансформатора (Т1) и ключевой элемент (VT1) и вторичную цепь,

содержащую вторичную обмотку трансформатора силовой диод (VD1), выходной конденсатор (Cout), нагрузку (Rn), демпфирующую цепь, состоящую из диода (VDsn), катодом подключенного к аноду силового диода (VD1), а анодом - к одному выводу резистора (Rsn), другим выводом резистор подключен к минусовой шине, конденсатор (Csn), одной обкладкой подключенный к катоду силового диода (VD1), а другой - между диодом (VDsn) и резистором (Rsn). Введение демпферной цепи, состоящей из незначительного количества пассивных компонентов, позволяет увеличить КПД преобразователя и уменьшить габариты. 3 ил.

RU 2 537 373 C2

RU 2 537 373 C2



Обратноходовый преобразователь напряжения с демфирующей цепью

Фиг. 2

RU 2537373 C2

RU 2537373 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013130102/07, 01.07.2013

(24) Effective date for property rights:  
01.07.2013

Priority:

(22) Date of filing: 01.07.2013

(43) Application published: 27.10.2013 Bull. № 30

(45) Date of publication: 10.01.2015 Bull. № 1

Mail address:

394026, g.Voronezh, Druzhinnikov, 1, Obshchestvo  
s ogranichennoj otvetstvennost'ju "ALEKSANDER  
EhLEKTRIK Don"

(72) Inventor(s):

Goncharov Aleksandr Jur'evich (CZ)

(73) Proprietor(s):

Goncharov Aleksandr Jur'evich (CZ),

Goncharov Mikhail Jur'evich (RU)

(54) **FLYBACK VOLTAGE CONVERTER**

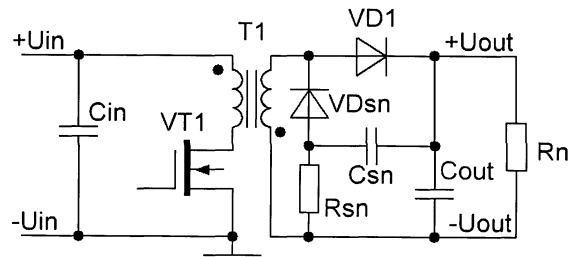
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: flyback voltage converter consists of an isolation transformer forming the primary circuit that comprises the primary winding of the transformer (T1) and a key element (VT1) and the secondary circuit that comprises the secondary winding of the transformer, a high-power diode (VD1), an output capacitor (Cout), load (Rn), a damping circuit consisting of a diode (VDsn) connected by its cathode to anode of the high-power diode (VD1) and by its anode to one output of the resistor (Rsn), by its other output the resistor is coupled to negative bus, a capacitor (Csn) coupled by its one armature to cathode of the high-power diode (VD1) while by its other armature it is coupled between the diode (VDsn) and resistor (Rsn).

EFFECT: improving efficiency factor of the converter and reducing its dimensions.

3 dwg



Обратноходовый преобразователь напряжения с  
демпфирующей цепью  
Фиг. 2

RU 2 537 373 C2

RU 2 537 373 C2

### Область техники

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в импульсных источниках вторичного электропитания, а именно в обратных преобразователях напряжения, в качестве схемы ограничения перенапряжения на силовом диоде во вторичной цепи, возникающего в процессе коммутации.

### Уровень техники

В преобразователях напряжения силовым диодам на вторичной стороне, также как и ключевым элементам на первичной стороне, требуется демпфирующая цепь. Связано это с тем, что, как правило, причинами электрического повреждения силового диода являются:

- высокая скорость нарастания прямого тока  $du/dt$  при его включении;
- превышение максимального значения прямого тока;
- пробой структуры недопустимо большим обратным напряжением.

При высоких значениях  $du/dt$  возникает неравномерная концентрация носителей заряда в структуре силового диода и, как следствие этого, локальные перегревы с последующим повреждением структуры. Основной причиной высоких значений  $du/dt$  является малая индуктивность в контуре, содержащем источник прямого напряжения и включенный силовой диод. Для снижения значений  $du/dt$  последовательно с силовым диодом обычно включается индуктивность, которая ограничивает скорость нарастания тока.

Для уменьшения амплитудных значений напряжений, прикладываемых к силовому диоду при отключении цепи, используются соединенные последовательно резистор  $R$  и конденсатор  $C$  - так называемая  $RC$ -цепь, подключаемая параллельно силовому диоду.

Скорость нарастания обратного напряжения  $du/dt$ . Если фронт нарастания обратного напряжения на силовом диоде будет очень крутой (это характерно для цепей с индуктивным характером), то импульс обратного тока силового диода с учетом собственной емкости  $p$ - $n$ -перехода  $C_{бар}$  будет равен

$$i = C_{бар} \times \frac{dU_c}{dt}, \quad (1)$$

где  $\frac{dU_c}{dt}$  - скорость нарастания обратного напряжения.

Даже при сравнительно небольшой величине емкости  $p$ - $n$ -перехода  $C_{бар}$  импульс тока может представлять собой опасность для полупроводниковой структуры, если второй сомножитель в выражении (1) будет достаточно большим.

Как правило, для защиты силовых диодов их шунтируют защитной  $RC$ -цепочкой (фиг.1), причем емкость  $C$  выбирают больше величины собственной емкости  $p$ - $n$ -перехода. Тогда импульс обратного тока, в основном, будет проходить по защитной цепочке, не принося вреда самому силовому диоду.

Энергия, запасенная в конденсаторе демпфирующей цепи  $C$ , переводится в тепло, выделяемое на резисторе демпфирующей цепи  $R$ , причем мощность резистора  $R$  должна рассчитываться из условия, что через него текут токи заряда и разряда конденсатора демпфирующей цепи  $C$ .

Основная проблема данного решения состоит в том, что запасенная в конденсаторе демпфера энергия рассеивается на резисторе демпфера, приводя к его нагреву, снижает общий КПД импульсного преобразователя. Кроме того, при больших бросках тока мощность, рассеиваемая на резисторе, может достигать 2-3% от выходной мощности преобразователя (например, при выходной мощности 100 Вт мощность, рассеиваемая

на резисторе демпфера, будет равна 2-3 Вт), что приводит к использованию мощного и соответственно более габаритного резистора.

Известно устройство (патент US5689409 «Switching power supply with snubber circuit», дата приоритета 27 июля 1994 г., МПК H02M 1/34; H02M 3/335), выбранное в качестве прототипа, в котором во время отключения транзистора T1 конденсатор C2 заряжается через диод D3 и индуктивность L1, уменьшая выброс на диоде D1. В течение этого времени энергия выброса накапливается в конденсаторе C2. Индуктивность L1 ограничивает скорость нарастания тока. Для уменьшения высокочастотных колебаний параллельно индуктивности L1 добавлен резистор R3. В момент включения транзистора T1 энергия выброса, накопленная в конденсаторе C2, через диод D2 передается в нагрузку.

Основным недостатком данного устройства является то, что в нем существуют паразитные токовые контуры, ухудшающие КПД преобразователя. Первый, образованный при разряде конденсатора демпфирующей цепи C2, через еще не закрывшийся диод D3 и индуктивность L1 во вторичную обмотку трансформатора W2. И второй при разряде выходного конденсатора C1 через еще не закрывшийся диод D2 и конденсатор C2 во вторичную обмотку трансформатора W2 в момент времени, когда конденсатор C2 еще не начал заряжаться через диод D3 и индуктивность L1 вследствие медленного нарастания тока через дроссель.

Известно устройство (заявка JP2002125370 «Snubber circuit», дата приоритета 17 октября 2000 г., МПК H02M 3/28), в котором демпферная цепь работает следующим образом. Когда силовой ключ 8 замкнут, энергия, передаваемая во вторичную цепь, накапливается в конденсаторе 4 через индуктивность 3 и диод 6 и в конденсаторе 10 через индуктивность 3 и диоды 6 и 5. Когда же силовой ключ 8 выключен, энергия, запасенная в конденсаторе 4, через диод 5 передается в нагрузку.

Основным недостатком данного устройства является то, что в нем существуют паразитные токовые контуры, ухудшающие КПД преобразователя. Первый, образованный при разряде конденсатора демпфирующей цепи 1, через еще не закрывшийся диод 6 и индуктивность 3 во вторичную обмотку трансформатора 7. И второй при разряде выходного конденсатора 10 через еще не закрывшийся диод 5 и конденсатор 1 во вторичную обмотку трансформатора 7 в момент времени, когда конденсатор 1 еще не начал заряжаться через диод 6 и индуктивность 3, вследствие медленного нарастания тока через дроссель.

Кроме наличия паразитных токовых контуров, еще одним общим недостатком, присущим описанным выше устройствам, является наличие достаточно габаритного элемента - дросселя, у которого габариты, складывающиеся из величины сердечника и диаметра провода, напрямую зависят от максимального значения протекающего через него тока. Соответственно, при больших значениях тока увеличатся габариты дросселя и, как следствие, могут увеличиться габариты преобразователя напряжения.

Краткое описание чертежей

На фиг.1 изображен известный способ уменьшения скорости нарастания обратного напряжения на силовом диоде.

На фиг.2 изображен обратноходовый преобразователь напряжения с демпфирующей цепью.

На фиг.3 изображены осциллограммы обратноходового преобразователя напряжения:  
луч 1 - напряжение на вторичной обмотке трансформатора T1;  
луч 2 - ток, протекающий через конденсатор Csn;  
луч 3 - напряжение на резисторе Rsn.

### Сущность изобретения

Цель - повышение КПД обратноходового преобразователя на 1-2% за счет регенерации в нагрузку энергии выброса индуктивности рассеяния вторичной обмотки, запасенной в конденсаторе демпфера силового диода с одновременным упрощением конструкции демпферной цепи и уменьшением ее габаритов.

Поставленная цель достигается за счет того, что обратноходовый преобразователь напряжения (фиг.2) содержит: разделительный трансформатор, образующий первичную цепь, содержащую первичную обмотку трансформатора Т1 и ключевой элемент VT1, и вторичную цепь, содержащую вторичную обмотку трансформатора Т1 силовой диод VD1, выходной конденсатор Cout, нагрузку Rn, демпфирующую цепь, состоящую из диода VDsn, катодом подключенного к аноду силового диода VD1, а анодом - к одному выводу резистора Rsn, другим выводом резистор подключен к минусовой шине, конденсатор Csn, одной обкладкой подключенный к катоду силового диода VD1, а другой - между диодом VDsn и резистором Rsn.

В отличие от схемы демпфера на фиг.1 в заявляемой схеме (фиг.2) токи разряда и заряда конденсатора демпфера Csn разделены, что приводит к уменьшению выделяемой мощности на резисторе демпфера Rsn.

Заявляемое устройство работает следующим образом:

В момент времени t0 (фиг.3) транзистор VT1 открывается. ЭДС самоиндукции индуктивности рассеяния вторичной обмотки трансформатора Т1 приводит к броску отрицательного напряжения на вторичной обмотке трансформатора Т1 (фиг.3, луч 1), который в течение времени t0-t1 заряжает конденсатор демпфера Csn по цепи Rn, Csn, VDsn. Форма тока, протекающая через Csn, приведена на фиг.3, луч 2, форма напряжения на резисторе Rsn приведена на фиг.3, луч 3. В момент времени t1-t2 силовой диод VD1 закрыт и конденсатор Csn сохраняет запасенную энергию.

В момент времени t2 транзистор VT1 закрывается. На выходе вторичной обмотки трансформатора Т1 напряжение меняет свою полярность, что приводит к открыванию силового диода VD 1, закрыванию диода VDsn и разряду конденсатора Csn по цепи Rn, Rsn. Энергия, запасенная в Csn, передается в нагрузку, что приводит к увеличению КПД преобразователя на 1-2%.

Бросок тока через конденсатор Csn в момент времени t2-t3 обусловлен временем обратного восстановления диода VDsn, что приводит к протеканию тока с вторичной обмотки трансформатора Т1 через обратно включенный диод VDsn, конденсатор Csn в нагрузку.

Цикл повторяется.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что использование предлагаемой демпфирующей цепи позволяет повысить КПД преобразователя на 1-2%.

Преимуществом данного устройства является то, что энергия индуктивности рассеяния рекуперирована в энергию, запасенную в конденсаторе Csn, большая часть которой возвращается в нагрузку и незначительно выделяется в виде тепла на резисторе Rsn. Причем мощность резистора Rsn можно выбирать на порядок меньше, чем в обычной демпфирующей RC-цепи (фиг.1). Кроме того, введение данной демпферной цепи, состоящей из незначительного количества пассивных компонентов, позволяет не только увеличить КПД преобразователя, но и уменьшить габариты по сравнению с прототипом.

### Формула изобретения

Обратноходовый преобразователь напряжения, содержащий первичную цепь, включающую первичную обмотку трансформатора и силовой ключ, и вторичную цепь, включающую вторичную обмотку трансформатора, силовой диод, выходной конденсатор и нагрузку, отличающийся тем, что вторичная цепь содержит  
5 демпфирующую цепь, состоящую из последовательно соединенных диода и резистора, включенных между концами вторичной обмотки трансформатора и конденсатора, включенного одним выводом между силовым диодом и выходным конденсатором, а другим - между диодом и резистором демпфирующей цепи.

10

15

20

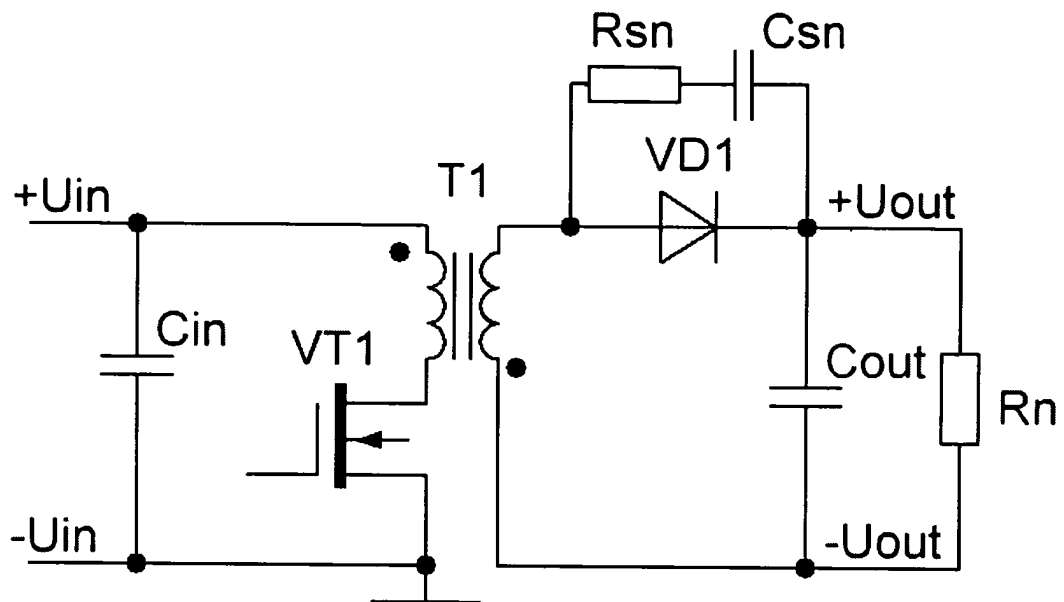
25

30

35

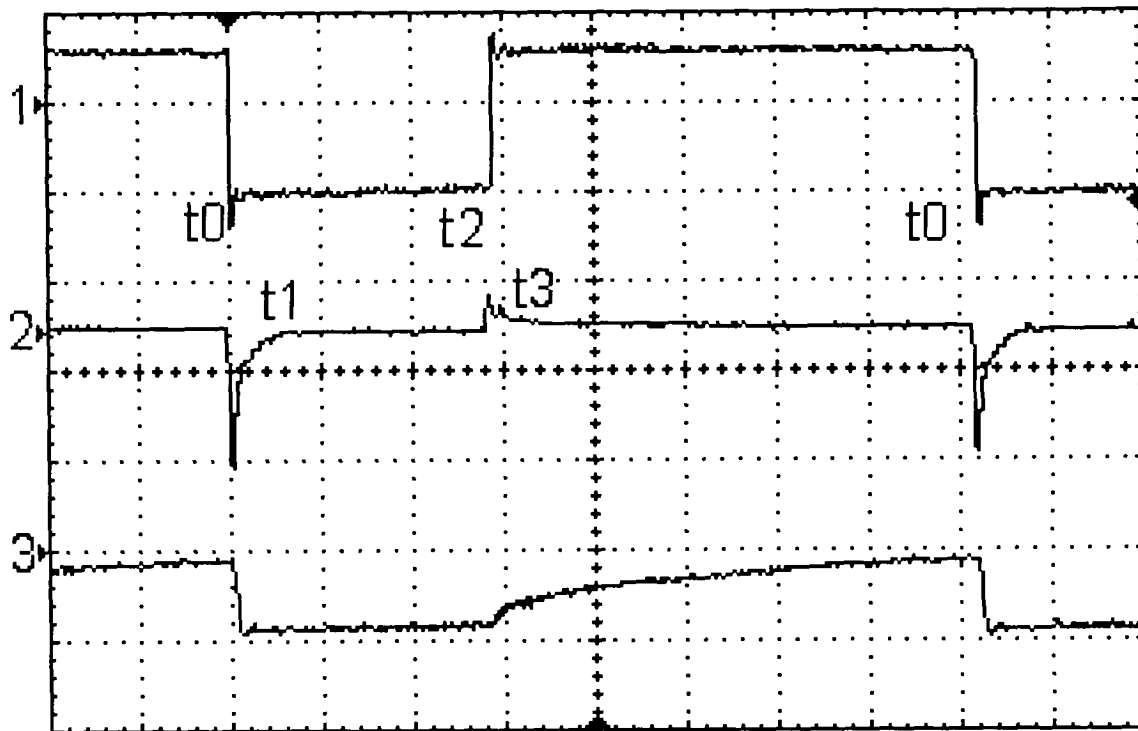
40

45



**Известный способ уменьшения скорости нарастания  
обратного напряжения на силовом диоде**

**Фиг. 1**



**Осциллограммы обратноходового преобразователя  
напряжения:**

луч 1 – напряжение на вторичной обмотке трансформатора Т1;

луч 2 – ток протекающий через конденсатор  $C_{sn}$ ;

луч 3 – напряжение на резисторе  $R_{sn}$ .

**Фиг. 3**