



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 420 853** (13) **C1**

(51) МПК
H02M 3/335 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010119809/07, 17.05.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.05.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.05.2010

(45) Опубликовано: 10.06.2011 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2366067 C1, 27.08.2009. RU 2194352 C1,
10.12.2002. US 4763236 A, 09.08.1988.

Адрес для переписки:

656049, г.Барнаул, пр-кт Ленина, 61,
комн.801, Алтайский государственный
университет, отдел информации, Н.А.
Богатыревой

(72) Автор(ы):

Соловьев Андрей Александрович (RU),
Иордан Владимир Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Алтайский государственный
университет" (RU)

(54) **ВЫСОКОТОЧНЫЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ СТАБИЛИЗАТОРОМ ТОКА**

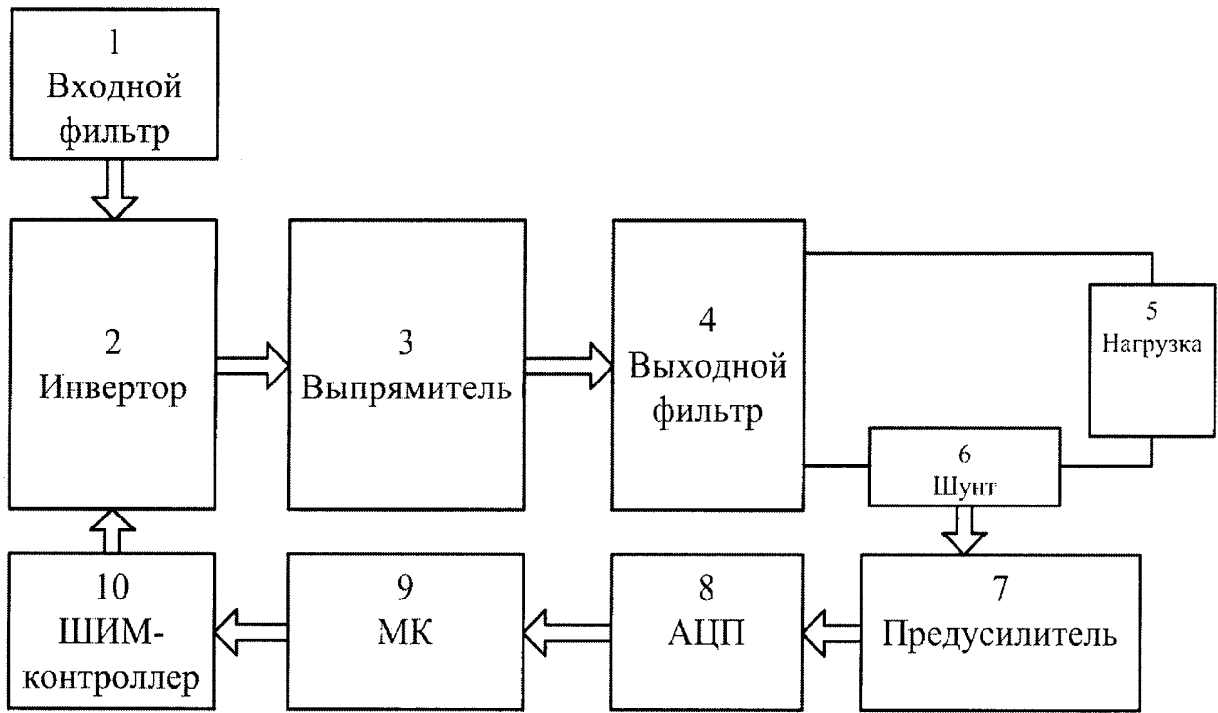
(57) Реферат:

Способ относится к области электротехники и может быть использован для построения мощных лабораторных импульсных источников стабилизированного постоянного тока. Способ заключается в том, что измеряют текущее значение тока непосредственно в цепи нагрузки, оцифровывают его и сохраняют в памяти микроконтроллера, вычисляют программным способом скважность ШИМ-сигнала

одновременно по последовательности сохраненных значений и заданному значению тока и только после этого формируют ШИМ-сигнал управления инвертором, а затем выпрямляют и сглаживают выходной ток инвертора. Технический результат заключается в повышенной стабилизации тока не менее 99,98%, протекающего через нагрузку без предварительной трансформации, и возможности регулирования тока в широком диапазоне значений от 1 до 25 А. 3 табл., 1 ил.

RU 2 4 2 0 8 5 3 C 1

RU 2 4 2 0 8 5 3 C 1



Структурная схема устройства для высокоточного способа управления импульсным стабилизатором тока.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
H02M 3/335 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010119809/07, 17.05.2010**

(24) Effective date for property rights:
17.05.2010

Priority:

(22) Date of filing: **17.05.2010**

(45) Date of publication: **10.06.2011 Bull. 16**

Mail address:

**656049, g.Barnaul, pr-kt Lenina, 61, komn.801,
Altajskij gosudarstvennyj universitet, otdel
informatsii, N.A. Bogatyrevoj**

(72) Inventor(s):

**Solov'ev Andrej Aleksandrovich (RU),
Iordan Vladimir Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovanija
"Altajskij gosudarstvennyj universitet" (RU)**

(54) HIGH-PRECISION METHOD TO CONTROL PULSE CURRENT STABILISER

(57) Abstract:

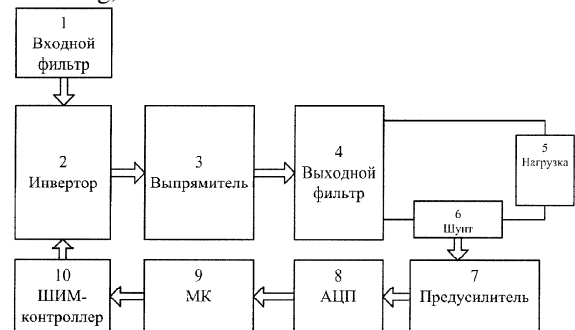
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: current value of current is measured directly in a load circuit, it is digitised and saved in the memory of a microcontroller, off-duty ratio of a PDM-signal is calculated in a software-based manner simultaneously using the sequence of saved values and the specified current value, and only afterwards the PDM-signal is formed to control an inverter, and then the output current of the inverter is rectified and smoothed.

EFFECT: high stabilisation of current passing through a load without previous transformation and possibility to adjust the current in the wide range

of values from 1 to 25 A.

1 dwg, 3 tbl



Структурная схема устройства для высокоточного способа управления импульсным стабилизатором тока.

RU 2 4 2 0 8 5 3 C 1

RU 2 4 2 0 8 5 3 C 1

Высокоточный способ управления импульсным стабилизатором тока относится к области электротехники, а именно к способам управления постоянным током, и может быть использован для построения мощных лабораторных импульсных источников стабилизированного постоянного тока.

Известен способ широтно-импульсного управления стабилизатором тока в нагрузке [1], обеспечивающий стабильность среднего значения тока, при этом через нагрузку течет импульсный ток постоянной частоты и амплитуды с изменяющейся скважностью.

Недостатком способа является тот факт, что для стабилизации тока выходной цепи осуществляется контроль с помощью резистивного датчика тока во входной цепи стабилизатора, тем самым не учитывается влияние саморазогрева ключа управления. Это приводит к ухудшению стабилизации среднего значения выходного тока, что предъявляет повышенные требования к подбору ключа управления на этапе наладки устройства.

Известен принятый в качестве прототипа способ управления импульсным стабилизатором тока [2], основанный на широтно-импульсной модуляции (ШИМ) сигнала управления инвертором. Способ заключается в том, что измеряют текущее значение стабилизируемого тока, сравнивают его с заданным значением, формируют ШИМ-сигнал управления инвертором, трансформируют переменное напряжение с выхода инвертора, выпрямляют и сглаживают выходной ток.

Недостатком прототипа является то, что стабилизация выходного тока производится в результате сравнения заданного значения тока с выделяемой при помощи пикового детектора в выходной цепи инвертора амплитудой переменного тока, которая отождествляется с текущим значением стабилизируемого постоянного тока цепи нагрузки. На самом деле существенное различие между значением выделяемой детектором амплитуды переменного тока в выходной цепи инвертора и значением стабилизированного постоянного тока в цепи нагрузки обусловлено тепловыми потерями в цепи трансформатора, выпрямителя и сглаживающего фильтра. Способ не обеспечивает заданную высокую точность стабилизации для использования в прецизионных стабилизаторах постоянного тока. Еще один недостаток - прототип не позволяет динамически корректировать параметр скважности управляющего ШИМ-сигнала в условиях изменения режима нагрузки, что ограничивает возможности по улучшению и достижению высокой точности управления стабилизатором постоянного тока.

Заявляемый способ управления импульсным стабилизатором тока обеспечивает высокую точность стабилизации выходного тока не менее 99,98% (нестабильность не более 0,02%) и позволяет установить заданное значение тока в широком диапазоне от 1 и до 25 А.

Сущность изобретения

Высокоточный способ управления импульсным стабилизатором тока, основанный на широтно-импульсной модуляции сигнала управления инвертором, заключающийся в том, что измеряют текущее значение тока непосредственно в цепи нагрузки, оцифровывают его и сохраняют в памяти микроконтроллера, вычисляют программным способом скважность ШИМ-сигнала одновременно по последовательности сохраненных значений и заданному значению тока и только после этого формируют ШИМ-сигнал управления инвертором, а затем выпрямляют и сглаживают выходной ток инвертора без предварительной трансформации.

В заявляемом способе в определенные тактовые моменты времени измеряют ток,

протекающий через нагрузку, затем его оцифровывают с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и сохраняют в памяти микроконтроллера (МК). При этом перед записью текущего значения тока в памяти МК всегда хранится m соответствующих предыдущим тактовым моментам времени значений тока, из которых первое значение, предшествующее остальным значениям, удаляют со сдвигом всей последовательности на одну позицию, а текущее значение сохраняют в конце последовательности. Параметр m определяют в соответствии с требуемым качеством стабилизации выходного тока.

Заданное пользователем значение тока, а также последовательность из m значений выходного тока стабилизатора, хранимых в оперативной памяти МК и включающих в себя текущее измеренное значение, используют для вычисления «прогнозного» значения параметра скважности ШИМ-сигнала управления инвертором с помощью соответствующей программы МК. Определенное таким способом значение скважности ШИМ-сигнала позволяет с достаточно высокой вероятностью прогнозировать дальнейшее изменение величины выходного тока и тем самым компенсировать это изменение соответствующим изменением скважности ШИМ-сигнала управления инвертором.

Точность стабилизации напрямую зависит от разрядности АЦП и оценивается известным выражением:

$$q=1-\varepsilon,$$

где q - оцениваемая точность стабилизации, $\varepsilon=1/2^n$ - погрешность стабилизации; n - разрядность аналого-цифрового преобразования.

Для предотвращения «модуляции» выходного тока в цепи нагрузки, связанной с ошибками в квантовании скважности управляющего ШИМ-сигнала, и обеспечения устойчивой стабилизации разрядность ШИМ-контроллера выбирают исходя из условия превышения его разрядности над разрядностью АЦП, что не может быть обеспечено стандартными модулями ШИМ-контроллеров, входящих в состав МК. Поэтому цифровой ШИМ-контроллер в данном случае реализуют на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС), в программной конфигурации которой формируют функциональные блоки: счетчик импульсов, генератор прямоугольного напряжения и регистр скважности. Работа ШИМ-контроллера заключается в том, что счетчик считает импульсы от генератора прямоугольного напряжения, при совпадении значения счетчика со значением в регистре скважности схема формирования выходного сигнала формирует фронт управляющего сигнала. При переполнении счетчика происходит сброс и генерация спада управляющего сигнала.

На чертеже представлена структурная схема устройства, реализующего данный способ.

Устройство содержит инвертор 2, вход которого через входной фильтр 1 соединен с источником электрической энергии. Выход инвертора 1 подключен к входу выпрямителя 3, выход которого через выходной фильтр 4 подключен к нагрузке 5, последовательно с которой включен прецизионный низкоомный шунт 6. Сигнал с шунта 6 подается на АЦП 8 через предусилитель 7. Дискретная величина с выхода АЦП 8 поступает в МК 9, который вычисляет оценку параметра скважности ШИМ-сигнала и передает ее в цифровой ШИМ-контроллер 10, который непосредственно управляет работой инвертора 1. Устройство работает следующим образом.

Входной фильтр 1 сглаживает пульсации от нестабилизированного источника напряжения, например от низкочастотного трансформатора с выпрямителем,

подключенного к сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц. Инвертор 2 пропорционально скважности управляющего сигнала формирует на выходе импульсный ток, который (без какой-либо трансформации) поступает непосредственно на выпрямитель 3. Выпрямитель 3 преобразует импульсный ток с выхода инвертора в постоянный, который затем сглаживается с помощью выходного фильтра 4 и подается в нагрузку 5, в цепи которой последовательно включен прецизионный низкоомный шунт 6. Напряжение с шунта 6, которое, согласно закону Ома, пропорционально току, поступает на АЦП 8 через предусилитель 7, который преобразует напряжение, снимаемое с шунта 6, до необходимого уровня в соответствии с динамическим диапазоном входного напряжения на АЦП 8. Дискретное значение выходного напряжения АЦП 8 передается в МК 9, где пересчитывается в цифровые значения тока. МК 9 определяет «прогнозирующую» численную оценку значения скважности и передает ее в цифровой ШИМ-контроллер 10, который формирует сигнал прямоугольной формы для управления инвертором 1.

Тестирование способа

Изготовленный импульсный стабилизатор тока, применяемый для питания «температурной эталонной» лампы накаливания ТРУ 1100-2350 в качестве модели «абсолютно черного тела», используют для тестирования способа в отношении заявленной точности стабилизации тока.

Для гарантирования минимальной погрешности на температуру эталона, указанной в паспорте лампы, требуется точность стабилизации не менее 99,95% (нестабильность не более 0,05%). Выбирают микроконтроллер с разрядностью 32 бита, АЦП с разрядностью 14 бит и ШИМ-контроллер с разрядностью 16 бит. Инвертор и выпрямитель реализуют по стандартной понижающей схеме на основе двух полевых транзисторов, катушки индуктивности и конденсатора.

Для тестирования способа выбирают значения в начале, середине и в конце диапазона выходного тока: 1,0199 А, 15,889 А, 24,949 А. Изменения выходного тока стабилизатора в установившихся режимах для указанных значений тока представлены в таблицах 1-3. Промежуток времени между соседними отсчетами соответствует 0,1 с. Время выхода на номинальный режим работы занимает 0,7 с. Технический результат заключается в повышенной стабилизации тока, протекающего через нагрузку без предварительной трансформации, и возможности регулирования тока в широких пределах с заданной точностью, а также улучшением технологичности стабилизатора тока.

Таким образом, заявляемый способ, основанный на адаптации параметра скважности ШИМ-сигнала управления инвертором к динамике изменения режимов нагрузки, позволяет обеспечить высокую точность стабилизации выходного тока стабилизатора не менее 99,98% в широком диапазоне значений от 1 до 25 А.

| Таблица 1 | | | |
|--|--------|----|--------|
| Изменение выходного тока стабилизатора для значения 1,0199 А | | | |
| № | Ток, А | № | Ток, А |
| 1 | 1,0200 | 26 | 1,0199 |
| 2 | 1,0201 | 27 | 1,0199 |
| 3 | 1,0201 | 28 | 1,0197 |
| 4 | 1,0200 | 29 | 1,0198 |
| 5 | 1,0199 | 30 | 1,0199 |
| 6 | 1,0198 | 31 | 1,0201 |
| 7 | 1,0197 | 32 | 1,0199 |

| | | | |
|----|--------|----|--------|
| 8 | 1,0199 | 33 | 1,0200 |
| 9 | 1,0201 | 34 | 1,0198 |
| 10 | 1,0198 | 35 | 1,0198 |
| 11 | 1,0200 | 36 | 1,0200 |
| 12 | 1,0198 | 37 | 1,0201 |
| 13 | 1,0199 | 38 | 1,0199 |
| 14 | 1,0200 | 39 | 1,0200 |
| 15 | 1,0199 | 40 | 1,0198 |
| 16 | 1,0199 | 41 | 1,0200 |
| 17 | 1,0200 | 42 | 1,0200 |
| 18 | 1,0200 | 43 | 1,0199 |
| 19 | 1,0199 | 44 | 1,0200 |
| 20 | 1,0199 | 45 | 1,0201 |
| 21 | 1,0201 | 46 | 1,0199 |
| 22 | 1,0198 | 47 | 1,0199 |
| 23 | 1,0198 | 48 | 1,0200 |
| 24 | 1,0201 | 49 | 1,0201 |
| 25 | 1,0201 | 50 | 1,0197 |

Данные приведены в промежутке времени 5 с (интервал между соседними точками отсчета - 0,1 с).

| Таблица 2 | | | |
|--|--------|----|--------|
| Изменение выходного тока стабилизатора для значения 15,889 А | | | |
| № | Ток, А | № | Ток, А |
| 1 | 15,890 | 26 | 15,888 |
| 2 | 15,887 | 27 | 15,892 |
| 3 | 15,892 | 28 | 15,888 |
| 4 | 15,892 | 29 | 15,890 |
| 5 | 15,887 | 30 | 15,890 |
| 6 | 15,891 | 31 | 15,888 |
| 7 | 15,890 | 32 | 15,888 |
| 8 | 15,892 | 33 | 15,891 |
| 9 | 15,888 | 34 | 15,890 |
| 10 | 15,891 | 35 | 15,891 |
| 11 | 15,890 | 36 | 15,890 |
| 12 | 15,889 | 37 | 15,889 |
| 13 | 15,891 | 38 | 15,888 |
| 14 | 15,887 | 39 | 15,890 |
| 15 | 15,890 | 40 | 15,891 |
| 16 | 15,888 | 41 | 15,891 |
| 17 | 15,888 | 42 | 15,887 |
| 18 | 15,891 | 43 | 15,890 |
| 19 | 15,888 | 44 | 15,888 |
| 20 | 15,888 | 45 | 15,890 |
| 21 | 15,889 | 46 | 15,887 |
| 22 | 15,891 | 47 | 15,890 |
| 23 | 15,888 | 48 | 15,891 |
| 24 | 15,891 | 49 | 15,890 |
| 25 | 15,891 | 50 | 15,887 |

Данные приведены в промежутке времени 5 с (интервал между соседними точками отсчета - 0,1 с).

| Таблица 3 | | | |
|--|--------|---|--------|
| Изменение выходного тока стабилизатора для значения 24,949 А | | | |
| № | Ток, А | № | Ток, А |

| | | | |
|----|--------|----|--------|
| 1 | 24,951 | 26 | 24,952 |
| 2 | 24,951 | 27 | 24,945 |
| 3 | 24,952 | 28 | 24,953 |
| 4 | 24,947 | 29 | 24,952 |
| 5 | 24,945 | 30 | 24,949 |
| 6 | 24,950 | 31 | 24,946 |
| 7 | 24,946 | 32 | 24,953 |
| 8 | 24,946 | 33 | 24,949 |
| 9 | 24,947 | 34 | 24,950 |
| 10 | 24,947 | 35 | 24,951 |
| 11 | 24,950 | 36 | 24,951 |
| 12 | 24,948 | 37 | 24,952 |
| 13 | 24,948 | 38 | 24,950 |
| 14 | 24,952 | 39 | 24,952 |
| 15 | 24,948 | 40 | 24,948 |
| 16 | 24,953 | 41 | 24,952 |
| 17 | 24,950 | 42 | 24,953 |
| 18 | 24,949 | 43 | 24,952 |
| 19 | 24,948 | 44 | 24,948 |
| 20 | 24,953 | 45 | 24,953 |
| 21 | 24,953 | 46 | 24,946 |
| 22 | 24,950 | 47 | 24,949 |
| 23 | 24,950 | 48 | 24,953 |
| 24 | 24,953 | 49 | 24,949 |
| 25 | 24,951 | 50 | 24,951 |

25 Данные приведены в промежутке времени 5 с (интервал между соседними точками отсчета - 0,1 с).

Источники информации

1. Жуков В., Косенко В., Косенко С. ШИМ-Стабилизатор тока. - Радио, 1999, №5, с.34-35.

30 2. Патент РФ №2366067, МПК H02M 3/335.

Формула изобретения

35 Высокоточный способ управления импульсным стабилизатором тока, основанный на широтно-импульсной модуляции сигнала управления инвертором, заключающийся в том, что измеряют текущее значение стабилизируемого тока, формируют ШИМ-сигнал управления инвертором, выпрямляют и сглаживают выходной ток, отличающийся тем, что измеряют текущее значение тока непосредственно в цепи нагрузки, оцифровывают и сохраняют в памяти микроконтроллера, вычисляют
40 программным способом скважность ШИМ-сигнала одновременно по последовательности сохраненных значений и заданному значению тока и только после этого формируют ШИМ-сигнал управления инвертором, а затем выпрямляют и сглаживают выходной ток инвертора без предварительной трансформации.

45

50