

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 13119

(13) U

(46) 2023.02.28

(51) МПК

H 05H 1/46 (2006.01)

(54)

## РЕГУЛИРУЕМЫЙ ТРЕХФАЗНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ РАБОТАЮЩЕГО НА ПЛАЗМЕННУЮ НАГРУЗКУ СВЧ МАГНЕТРОНА

(21) Номер заявки: u 20220142

(22) 2022.06.10

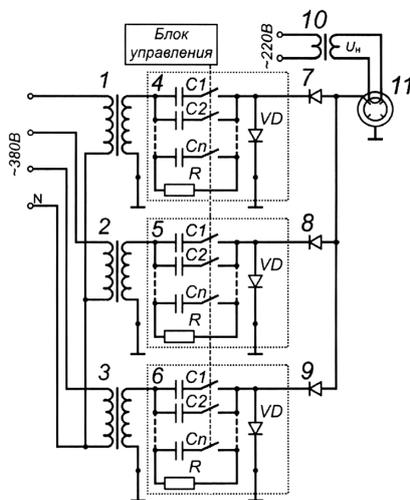
(71) Заявитель: Учреждение образования  
"Белорусский государственный уни-  
верситет информатики и радиоэлек-  
троники" (ВУ)

(72) Авторы: Тихон Олег Игоревич; Мад-  
вейко Сергей Игоревич; Бордусов  
Сергей Валентинович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-  
зования "Белорусский государственный  
университет информатики и  
радиоэлектроники" (ВУ)

(57)

Регулируемый трехфазный источник питания работающего на плазменную нагрузку СВЧ магнетрона, содержащий три работающих в режиме насыщения высоковольтных повышающих трансформатора, три схемы однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения, содержащие конденсаторы, ключи, резисторы, выпрямительные и изолирующие диоды и питаемые от трехфазной сети переменного тока с одним нулем, трансформатор накала, отличающийся тем, что в каждую из трех схем однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения введены  $n$  конденсаторов и  $n$  ключей, при этом первый вывод каждого  $n$ -го конденсатора подключен к первому выводу вторичной обмотки соответствующего высоковольтного повышающего трансформатора, второй вывод каждого  $n$ -го конденсатора подключен к первому выводу каждого  $n$ -го ключа, а второй вывод каждого  $n$ -го ключа соединен с анодом соответствующего выпрямительного диода.



ВУ 13119 U 2023.02.28

(56)

1. CN 109882891 A, 2019.
2. RU 2480890 C1, 2013.
3. US 2017303347 A1, 2017 (прототип).

---

Полезная модель относится к оборудованию СВЧ плазмохимической обработки материалов, в частности к источникам питания СВЧ магнетронов.

Известна конструкция СВЧ-генератора [1], в состав которой входит несколько СВЧ магнетронов, формирующих микроволновое излучение; устройство питания, обеспечивающее напряжение анода и катода для каждого СВЧ магнетрона; ряд переключающих устройств, каждое из которых соответствует схеме источника питания катода магнетронов. Схема управления генератора контролирует подачу анодного напряжения на каждый из СВЧ магнетронов, обеспечивая одновременную подачу напряжения накала на все устройства. Использование переключающего устройства позволяет управлять несколькими СВЧ магнетронами одним источником питания, что не только упрощает внутреннюю структуру СВЧ-генератора, но и снижает производственные затраты на изготовление СВЧ-печи.

Недостатком такого устройства является необходимость увеличения массогабаритных показателей источника питания для обеспечения бесперебойной одновременной работы нескольких СВЧ магнетронов в составе СВЧ-генератора и невозможность увеличения общей величины генерируемой мощности при сохранении базового варианта конструкции устройства.

Известна конструкция микроволнового генератора [2], включающая в себя СВЧ магнетрон, три повышающих трансформатора, три высоковольтных конденсатора и шесть высоковольтных диодов. Первичные обмотки трансформаторов подключены к трехфазной сети переменного тока, односторонне расположенные выводы вторичных обмоток соединены "звездой", общая точка которой подключена на "землю". Противоположно расположенные выводы вторичных обмоток через высоковольтные конденсаторы и высоковольтные диоды второй группы подключены к СВЧ магнетрону. Изобретение должно позволить увеличить величину выходной мощности генератора, обеспечивая при этом непрерывный режим генерации СВЧ-излучения.

Недостатком такой заявленной конструкции является отсутствие схемы питания, обеспечивающей напряжение накала СВЧ магнетрона, что является обязательным условием для функционирования микроволнового генератора. В такой конструкции не предусмотрены элементы и системы, обеспечивающие регулирование выходной мощности генератора.

Известна конструкция модульного микроволнового блока питания [3], выбранная в качестве прототипа, содержащая несколько модулей источника питания СВЧ магнетрона и ряд изолирующих диодов. Каждый из модулей содержит феррорезонансный трансформатор, резонансный конденсатор, подключенный последовательно к феррорезонансному трансформатору, и выпрямительный диод, подключенный параллельно резонансному конденсатору. Модули источника питания СВЧ магнетрона подключаются к катодам соответствующих изолирующих диодов, аноды которых совместно подключены к СВЧ магнетронной нагрузке, включающей в себя СВЧ магнетрон и источник питания для формирования напряжения накала СВЧ магнетрона. Таким образом, множество отдельных модулей микроволнового источника питания совместно соединены с магнетронной нагрузкой, формируя модульный источник микроволнового питания с комбинированной выходной мощностью.

Недостатком данного устройства является невозможность в рамках заявленной базовой конструкции модуля источника питания СВЧ магнетрона изменения величины мощ-

ности, потребляемой генераторной системой, поскольку увеличение мощности достигается за счет подключения отдельных дополнительных модулей.

Задачей полезной модели является обеспечение непрерывного режима генерации работающего на плазменную нагрузку СВЧ магнетрона с возможностью эффективного регулирования величины его мгновенной мощности.

Сущность предлагаемой полезной модели заключается в создании трехфазного источника питания СВЧ магнетрона с системой регулирования величины мощности в трех высоковольтных цепях, собранных по схеме однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения, обеспечивающего одновременную генерацию высоковольтного напряжения с постоянным уровнем сигнала анодного тока и напряжения накала.

Вышеуказанный технический результат достигается за счет того, что регулируемый трехфазный источник питания работающего на плазменную нагрузку СВЧ магнетрона содержит три схемы однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения, каждая из которых включает набор высоковольтных конденсаторов, изменение общей емкости которых обеспечивает регулировку мгновенной мощности СВЧ магнетрона. Емкость регулируется путем установления блоком управления необходимого значения емкости в каждом из трех удвоителей напряжения в пределах 0,5-2,0 мкФ, определяющего величину вкладываемой в СВЧ-разряд мгновенной мощности.

Поставленная задача решается тем, что регулируемый трехфазный источник питания работающего на плазменную нагрузку СВЧ магнетрона, содержащий трансформатор накала СВЧ магнетрона, три работающих в режиме насыщения высоковольтных повышающих трансформатора, три схемы однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения, содержащие конденсаторы, ключи, резисторы, выпрямительные и изолирующие диоды, причем выводы вторичной обмотки трансформатора накала следует соединять с выводами накала СВЧ магнетрона, первые выводы вторичных обмоток высоковольтных повышающих трансформаторов через последовательно соединенные конденсатор и ключ подключены к анодам выпрямительных диодов, резисторы подключены параллельно конденсаторам и ключам, вторые выводы вторичных обмоток высоковольтных повышающих трансформаторов и катоды выпрямительных диодов соединены с общей точкой схемы, аноды выпрямительных диодов соединены с катодами изолирующих диодов, аноды которых совместно следует подключать к катоду СВЧ магнетрона, отличается введением в каждую из трех схем однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения  $n$  конденсаторов и  $n$  ключей, первый вывод каждого  $n$ -го конденсатора подключен к первому выводу вторичной обмотки соответствующего высоковольтного повышающего трансформатора, второй вывод каждого  $n$ -го конденсатора подключен к первому выводу каждого  $n$ -го ключа, а второй вывод каждого  $n$ -го ключа соединен с анодом соответствующего выпрямительного диода.

На фигуре представлена схема предлагаемого регулируемого трехфазного источника питания работающего на плазменную нагрузку СВЧ магнетрона.

Регулируемый трехфазный источник питания работающего на плазменную нагрузку СВЧ магнетрона согласно фигуре содержит три работающих в режиме насыщения высоковольтных трансформатора 1, 2, 3, три схемы однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения 4, 5, 6, изолирующие высоковольтные диоды 7, 8, 9, трансформатор накала 10. Каждая из трех схем однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения сформирована конденсаторами  $C_1, \dots, C_n$ , ключом, выпрямительным диодом  $VD$ , резистором  $R$ . Первичные обмотки высоковольтных повышающих трансформаторов 1, 2, 3 подключены к разным фазам трехфазной сети питания  $\sim 380$  В переменного тока с одним нулем  $N$ . Первый вывод вторичной обмотки каждого из высоковольтных повышающих трансформаторов 1, 2, 3 соединен с первым выводом конденсаторов  $C_1, \dots, C_n$  каждой из трех схем однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения 4, 5, 6; второй вывод вторичной обмотки каждого из высоковольтных повышающих трансформаторов 1, 2,

## BY 13119 U 2023.02.28

3 соединен с катодом выпрямительного диода VD каждой из трех схем однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения 4, 5, 6 и общей точкой схемы. В трех схемах однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения 4, 5, 6 второй вывод  $n$ -го конденсатора  $C_1, \dots, C_n$  подключен к первому выводу  $n$ -го ключа, второй вывод каждого ключа соединен с анодом выпрямительного диода VD, резистор R подключен параллельно конденсаторам и ключам. Анод выпрямительного диода VD каждой из трех схем однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения 4, 5, 6 подключен к катоду соответствующего изолирующего высоковольтного диода 7, 8, 9. Аноды изолирующих высоковольтных диодов 7, 8, 9 следует соединять с катодом питаемого СВЧ магнетрона. Первичная обмотка трансформатора накала 10 подключена к сети  $\sim 220$  В. Напряжение накала  $U_n$  формируется вторичной обмоткой трансформатора накала 10, выводы которой следует подключать к накалу питаемого СВЧ магнетрона 11.

Принцип работы регулируемого трехфазного источника питания работающего на плазменную нагрузку СВЧ магнетрона следующий. Замыкание  $n$ -го ключа обеспечивает коммутацию конденсаторов  $C_n$  в каждой из трех схем однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения в цепь высоковольтного электропитания подключаемого СВЧ магнетрона, и если полярность напряжения на вторичной обмотке высоковольтных повышающих трансформаторов 1, 2, 3 такова, что выпрямительный диод VD в каждой из трех схем однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения открыт, то происходит зарядка конденсаторов  $C_n$ . В следующий полупериод сетевого напряжения полярность напряжения на вторичной обмотке высоковольтных повышающих трансформаторов 1, 2, 3 меняет знак. Это напряжение суммируется с напряжением на заряженных конденсаторах  $C_n$  и поступает на СВЧ магнетрон в прямой полярности. За счет использования трехфазной сети питания переменного тока с углом сдвига фаз в  $120^\circ$  обеспечивается наложение периодов генерации СВЧ-колебаний каждой из схем однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения, что обеспечивает постоянный уровень сигнала анодного тока и соответствующий режим генерации плазмы СВЧ-разряда. Изолирующие диоды ограничивают взаимное влияние цепей высоковольтных повышающих трансформаторов. Изменение емкости конденсатора в каждой из трех схем однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения дает возможность регулировать величину вкладываемой в разряд мгновенной СВЧ-мощности при проведении процессов плазменной обработки. Для установки необходимой величины емкости конденсаторов используется блок управления переключением соответствующих ключей.