ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **BY** (11) **13657**

(13) **U**

(45) **2025.02.05**

(51) МПК

H 05H 1/46 (2006.01)

(54) ТРЕХФАЗНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ СВЧ-ГЕНЕРАТОР

(21) Номер заявки: u 20240236

(22) 2024.10.14

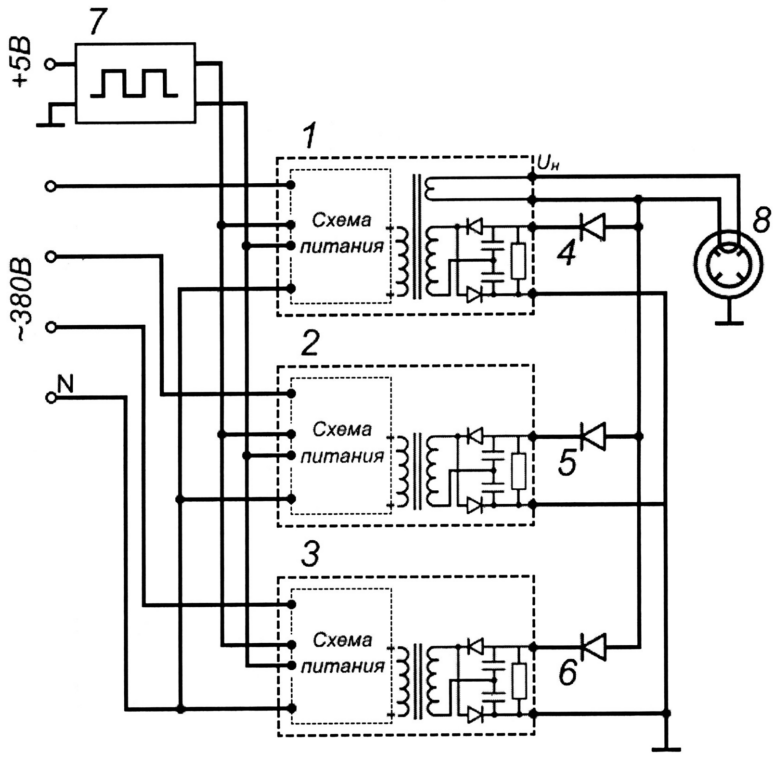
(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (BY)

(72) Авторы: Тихон Олег Игоревич; Мадвейко Сергей Игоревич; Лушакова Мария Сергеевна (BY)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (BY)

(57)

Трехфазный импульсный СВЧ-генератор, содержащий СВЧ-магнетрон, модульный источник питания, состоящий из трех инверторных модулей питания СВЧ-магнетрона, трех изолирующих высоковольтных диодов и модуля управления генератором, **отличающийся** тем, что к каждому из трех инверторных модулей питания СВЧ-магнетрона подведена отдельная фаза трехфазной сети переменного тока с одним нулем, при этом высоковольтный вывод каждого из трех инверторных модулей питания СВЧ-магнетрона подключен к катодам изолирующих высоковольтных диодов, а аноды каждого изолирующего высоковольтного диода одновременно соединены с катодом единственного питаемого СВЧ-магнетрона.



BY 13657 U 2025.02.05

(56)
1. US 2017303347 A1, 2017.
2. EP 0493604 A1, 1992.
3. JP 2004200119 A, 2004 (прототип).

Полезная модель относится к оборудованию СВЧ плазмохимической обработки материалов, в частности к источникам СВЧ-энергии в составе СВЧ-плазмотронов, и может быть использована для обеспечения непрерывного режима плазмообразования.

Известна конструкция модульного микроволнового блока питания [1], содержащая n-е количество 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 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 одной магнетронной нагрузкой, формируя модульный источник микроволнового питания с комбинированной выходной мощностью.

Недостатком данного устройства является отсутствие возможности, в рамках заявленной базовой конструкции модуля источника питания СВЧ-магнетрона, быстрого изменения величины мощности, потребляемой генераторной системой, поскольку увеличение мощности достигается за счет подключения отдельных дополнительных модулей, состоящих из набора конденсаторов и трансформаторов.

Известна конструкция аппарата высокочастотного нагрева с использованием источника питания магнетрона импульсного типа [2], содержащая преобразователь электроэнергии, повышающий трансформатор, магнетрон, резонансный контур и схему управления. Использование источника питания импульсного типа обеспечивает непрерывное пропорциональное регулирование выходной мощности микроволн, а также обеспечивает компактную и легкую конструкцию высоковольтного трансформатора, что также приводит к достижению высокопроизводительного нагрева с качественным управлением.

Недостатком данного устройства является формирование импульсного режима генерации, что при использовании его в качестве источника СВЧ-энергии в плазмотроне накладывает ограничение на условия формирования плазмы СВЧ-разряда.

Известна конструкция высокочастотного нагревательного устройства [3], выбранная в качестве прототипа, представляющая собой нагревательную камеру, трехфазное выпрямительное инверторное устройство, которое принимает и выпрямляет трехфазный переменный ток, и ряд СВЧ-магнетронов, которые преобразуют выходную мощность трехфазного выпрямителя в частоты СВЧ-диапазона. Схемы инверторов приводят в действие несколько магнетронов, которые излучают радиоволны в камеру нагрева и управляются полупроводниковым переключающим элементом, предусмотренным в каждой из схем инвертора. Представленная конфигурация устройства обеспечивает возможность оператору произвольно управлять облучением камеры нагрева радиоволнами, генерируемыми множеством магнетронов, через средства управления.

Недостатками данного устройства являются наличие n-го количества магнетронов и невозможность организации режима питания одного СВЧ-магнетрона в составе конструкции высокочастотного нагревательного устройства с обеспечением управления режимом генерации электромагнитного излучения.

Задачей полезной модели является обеспечение возможности работы СВЧ-магнетрона на непрерывно формируемую плазменную нагрузку в составе СВЧ-плазмотрона путем ре-

ализации устройства импульсного СВЧ-генератора с возможностью эффективного регулирования величины его мгновенной выходной мощности при использовании в конструкции унифицированных компонентов.

Поставленная задача решается тем, что трехфазный импульсный СВЧ-генератор, содержащий СВЧ-магнетрон, модульный источник питания, состоящий из трех инверторных модулей питания СВЧ-магнетрона, трех изолирующих высоковольтных диодов и модуля управления генератором, отличается тем, что к каждому из трех инверторных модулей питания СВЧ-магнетрона подведена отдельная фаза трехфазной сети переменного тока с одним нулем, при этом высоковольтный вывод каждого из трех инверторных модулей питания СВЧ-магнетрона подключен к катодам изолирующих высоковольтных диодов, а аноды каждого изолирующего высоковольтного диода одновременно соединены с катодом единственного питаемого СВЧ-магнетрона.

На фигуре схематично изображен модульный источник питания, входящий в состав трехфазного импульсного СВЧ-генератора.

Вышеуказанный технический результат достигается за счет того, что трехфазный импульсный СВЧ-генератор включает в себя модульный источник питания, состоящий из трех инверторных модулей питания 1, 2, 3 СВЧ-магнетрона; трех изолирующих высоковольтных диодов 4, 5, 6; модуля управления генератором 7; СВЧ-магнетрона 8. Использование трех инверторных модулей питания 1, 2, 3 СВЧ-магнетрона 8, за счет питания каждого из них от отдельной фазы трехфазной сети переменного тока с одним нулем, позволяет получить непрерывный режим генерации СВЧ-энергии магнетроном, характеризующийся равномерным разнесением потребляемой генератором мощности по инверторным модулям питания. Каждый из инверторных модулей питания 1, 2, 3 СВЧ-магнетрона 8 обеспечивает генерацию пачек импульсов энергии с частотой, определяемой используемой в инверторном модуле схемой выпрямления, и обладает возможностью задания величины выходной мощности путем изменения скважности управляющего ШИМ-сигнала, значение которого устанавливается одновременно для всех инверторных модулей с помощью модуля управления.

Накальная обмотка высоковольтного трансформатора, входящего в состав инверторного модуля питания 1 СВЧ-магнетрона 8, с помощью высоковольтных выводов соединена с выводами СВЧ-магнетрона 8. Высоковольтные выводы инверторных модулей питания 1, 2, 3 СВЧ-магнетрона 8 подключены к катодам соответствующих изолирующих высоковольтных диодов 4, 5, 6. Аноды изолирующих высоковольтных диодов 4, 5, 6 подключены к СВЧ-магнетрону 8. Модуль управления генератором 7, задающий параметры управляющего сигнала инверторных модулей в составе модульного источника питания, подключен к инверторным высоковольтным модулям питания 1, 2, 3 СВЧ-магнетрона 8. Инверторные высоковольтные модули питания 1, 2, 3 СВЧ-магнетрона 8 и СВЧ-магнетрон 8 соединены с общей точкой схемы.

Трехфазный импульсный СВЧ-генератор имеет следующий принцип работы. Модуль управления генератором 7 задает скважность управляющего ШИМ-сигнала, генерируемого микропроцессором в схеме цифрового программатора, который приводит в действие высоковольтные трансформаторы в схеме включенных в цепь питания СВЧ-магнетрона трех инверторных модулей питания 1, 2, 3 СВЧ-магнетрона 8, входящих в состав модульного источника питания. Использование трехфазной сети переменного тока с углом сдвига фаз в 120 градусов для питания трехфазного импульсного СВЧ-генератора обеспечивает возможность генерации энергии СВЧ-магнетроном в непрерывном режиме за счет наложения периодов генерации СВЧ-колебаний каждого из инверторных модулей. Запуск модульного источника питания обеспечивает подачу напряжения накала, формируемого на вторичной обмотке переменного тока в цепи накала инверторного модуля питания 1 СВЧ-магнетрона 8, на катод СВЧ-магнетрона 8; необходимое для работы СВЧ-магнетрона 8 анодное напряжение формируется выпрямителями на выходе высоковольт-

ных трансформаторов в составе инверторных модулей питания 1, 2, 3 СВЧ-магнетрона 8, что вызывает генерацию СВЧ-колебаний, и при использовании в СВЧ-плазмотроне в качестве источника СВЧ-энергии позволяет сформировать плазму СВЧ-разряда в непрерывном режиме генерации. Изолирующие высоковольтные диоды 4, 5, 6 ограничивают взаимное влияние высоковольтных цепей при включении инверторных модулей питания 1, 2, 3 СВЧ-магнетрона 8. Величина скважности управляющего ШИМ-сигнала модуля управления генератором 7 определяет величину подводимой к газовому разряду мгновенной СВЧ-мощности, генерируемой СВЧ-магнетроном 8, питаемым модульным источником питания.

Трехфазный импульсный СВЧ-генератор на базе бытовых унифицированных инверторных модулей обеспечивает формирование электромагнитных волн в отличающемся от импульсного режиме не путем использования ряда СВЧ-магнетронов с отдельными схемами инверторов, а за счет задания величины амплитуды сигнала анодного тока входящего в состав генератора СВЧ-магнетрона модулем управления в режиме непрерывной генерации электромагнитной энергии и способен обеспечивать непрерывный режим его работы и управлять величиной вкладываемой в СВЧ-разряд мгновенной мощности с малым шагом в широком диапазоне.

Национальный центр интеллектуальной собственности.
220034, г. Минск, ул. Козлова, 20.