

СЛОЖЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ ДВУХ МАГНЕТРОНОВ НА СТАНДАРТНОМ ВОЛНОВОДЕ

Ю.М. Егоров
МКБ «Горизонт»
egor2707@mail.ru

Целью работы является решение задачи по созданию устройства, позволяющего осуществить сложение мощностей 2-х магнетронов, применяемых в бытовых СВЧ печах. Для некоторых экспериментальных исследований и технологических процессов СВЧ мощность в 1 кВт оказывается недостаточной. А приобретение генераторов с более высокой выходной мощностью (2-5 кВт) в наше время часто проблематично из-за их высокой стоимости. Вообще, высокая стоимость СВЧ генераторов является одной из основных причин, сдерживающих их применение в различных областях исследований, а так же в промышленных технологических процессах.

Ранее предпринимались попытки сложения мощностей 2-х магнетронов в стандартном волноводе, но они не увенчались успехом из-за «конфликта» между ними и, в результате, быстрого выхода их из строя. Из литературы известно [1,2], о сложении мощностей двух, трех и более магнетронов с применением развязывающих элементов: двойных волноводных тройников, вентилях и циркуляторов. Но этот путь приводит к значительному увеличению массы, габаритов и стоимости такого устройства. На XII Всероссийской школе-семинаре «Физика и применение микроволн» автором был сделан доклад, в котором рассматривались основные физические принципы сложения мощностей магнетронов на прямоугольном резонаторе при когерентном излучении, на примере систем четырёх и шести магнетронов [3], которые защищены патентом [4]. Это условия возникновения взаимной синхронизации между связанными автогенераторами, когда частоты автогенераторов близки, а связь между автогенераторами слабая. Реализуя эти принципы, удалось сложить мощности 2-х магнетронов на стандартном волноводе.

В предлагаемом устройстве осуществляется сложение мощностей 2-х СВЧ генераторов на магнетронах с применением стандартного прямоугольного волновода. Классический вариант устройства для передачи СВЧ мощности от одного магнетрона в волновод осуществляется введением антенны магнетрона через середину широкой стенки волновода на некотором расстоянии от короткозамкнутого конца. Предлагаемое устройство (рис.1) так же состоит из волновода 3, в одном из торцов которого размещен короткозамкнутый поршень 5, другой торец соединен с нагрузкой через фланец 4, а второй магнетрон 6 устанавливается на противоположной стенке волновода. В предлагаемом устройстве второй магнетрон 6 устанавливается на волновод таким образом, что вывод энергии 7 этого магнетрона вво-

дится в волновод 3 через противоположную широкую стенку на расстоянии A от оси вывода энергии 2 первого магнетрона. Оба магнетрона имеют возможность перемещаться вдоль оси волновода для изменения величины A . Величина расстояния A между выводами энергий магнетронов и расстояния L между поршнем 5 и выводом энергии 2 первого магнетрона выбираются из условий максимальной отдачи суммарной СВЧ мощности обоих магнетронов в волноводный тракт и оптимальных температурных режимов их работы. Поскольку в предлагаемом устройстве для обеспечения работы каждого СВЧ генератора применяется блок питания с использованием схемы удвоения напряжения, можно обеспечить работу устройства на двух магнетронах при их синфазном и противофазном питании по сети.

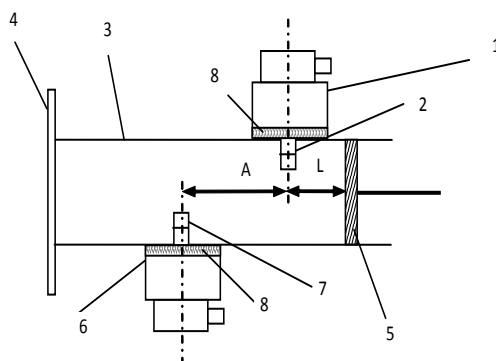


Рис. 1. 1 – магнетрон №1, 2 – вывод энергии магнетрона №1, 3- отрезок волновода 90x45, 4 – фланец, 5 – короткозамкнутый поршень, 6 – магнетрон №2, 7 – вывод энергии магнетрона №2, 8 - проставки под магнетроны

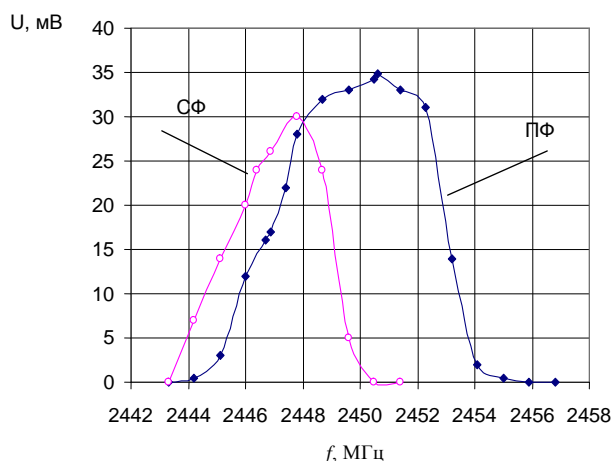


Рис.2. Амплитудно-частотная характеристика 2-х магнетронного устройства при синфазном питании (СФ) и противофазном питании (ПФ) генераторов от сети.

При синфазном включении магнетронов по сети, когда они работают в одни и те же промежутки времени, каждый из них воздействует друг на друга. Величина A определяется не только рабочими частотами магнетронов и их близостью друг к другу, но и поперечными размерами волновода. Для ослабления связи между магнетронами уменьшается глубина погружения выводов энергии в волновод. Это обеспечивается установкой про-

ставок δ между магнетронами и волноводом. Два этих условия позволяют обеспечить взаимную синхронизацию работы магнетронов при синфазном включении питания по сети. На рис. 2 приведена амплитудно-частотная характеристика устройства при синфазном и противофазном питании генераторов от сети.

Работоспособность устройства при различных режимах питания генераторов (синфазное и противофазное) проверялась с нагрузкой в виде щелевого излучателя, а также с водяной нагрузкой ваттметра МЗ-46. Во всех случаях контролировался температурный режим магнетронов и проводилась наработка по времени. В таблице 1 приведены данные по измерению СВЧ мощности и температурные режимы магнетронов устройства при различных режимах питания генераторов.

Табл.1.

Режим питания магнетронов и вид нагрузки	Измеренная СВЧ мощность, Вт	Температурный режим магнетронов, °С
Синфазный - на излучатель	1350	157
Противофазный - на излучатель	1500	125
Синфазный - на МЗ-46	1100	168
Противофазный - на МЗ-46	1500	120

Измеренные мощности используемых магнетронов фирмы Daewoo составляют 756 Вт и 764 Вт. Арифметическая суммарная мощность – 1520 Вт. Проверка работы устройства показала, что в режиме противофазного питания выходная СВЧ мощность составляет 98% от суммы номинальных мощностей каждого магнетрона, а в режиме синфазного питания (режим взаимной синхронизации) - 75÷82%. Температурный режим магнетронов в случае синфазного питания примерно на 50 °С выше температурного режима противофазного питания, но магнетроны работают в устойчивом режиме длительное время (более 5-ти часов в каждом режиме). На рассмотренное выше устройство получен патент [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин С.Н., Ильин В.С., Лобанов В.Г., Хоркина А.А. // Всесоюзная VI научно-практическая конференция «Применение СВЧ энергии в технологических процессах и научных исследованиях». Саратов, 11-13 июня 1991 г. Тезисы докладов, стр.113-114.
2. Дейвид «Анализ характеристик генерирующих систем». «Электронные сверхвысокочастотные приборы со скрещенными полями». М.: Изд-во «Иностранной литературы», 1961, с.338-342.
3. Егоров Ю.М. Физические принципы сложения мощностей генераторов на магнетронах. Тезисы докладов. XII Всероссийская школа-семинар «Физика и применение микроволн», 23-28 мая 2011 г, с.11-14.

4. Егоров Ю.М., и др. «Устройство сложения мощностей генераторов на магнетронах». Патент № 2394357 от 10.07.2010г.

5. Егоров Ю.М. и др. «Устройство для сложения мощностей двух СВЧ генераторов на магнетронах». Патент № 2392733 от 20.06.2010 г.