

Технологии ЭМС

В номере:

- Особенности мониторинга электромагнитной среды на технически сложном энергетическом объекте
- Исследование паразитного излучения кромок многослойных печатных плат СВЧ диапазона
- Методы снижения уровня побочных излучений от СВЧ установок лучевого типа для термообработки материалов
- Научно-методическое и программное обеспечение оценки безопасности относительно электромагнитных излучений радиочастот на объектах морской инфраструктуры
- Определение условий распределения тягового тока в среде передачи данных телекоммуникационных систем автоматики и телемеханики
- Защита бортовой спутниковой навигационной системы от кратковременного пропадания электропитания и электромагнитных помех
- Выбор методов обеспечения внутриаппаратной ЭМС при массогабаритных ограничениях
- Обеспечение качества характеристик источников бесперебойного питания в условиях помех, вызванных нелинейной нагрузкой
- Определение расположения сварных швов на магистральных трубопроводах в условиях помех
Методы снижения паразитной связи между проводниками

Всероссийская научно-техническая конференция ТехноЭМС 2013

Москва, ноябрь 2013 г.

Технологии электромагнитной совместимости *Technologies of electromagnetic compatibility* 2013. № 3(46).

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ».

Зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Регистрационное свидетельство ПИ № 77-9669 от 24 августа 2001 года

Оформить подписку можно

по объединенному каталогу «Пресса России»:

10362 — полугодовой индекс;

в издательстве (предпочтительно) (8-985-134-4367).

Главный редактор журнала,

председатель редакционного совета

КЕЧИЕВ ЛЕОНИД НИКОЛАЕВИЧ, д.т.н., проф.

Зам. главного редактора журнала

ФАЙЗРАХМАНОВ НИКОЛАЙ ИСХАКОВИЧ,

АЛЕШИН АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, к.т.н.

Редакционный совет:

АКБАШЕВ БЕСЛАН БОРИСОВИЧ, д.т.н.

БАЛЮК НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, д.т.н., проф.

ВОРШЕВСКИЙ АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ, д.т.н., проф.

КИРИЛЛОВ ВЛАДИМИР ЮРЬЕВИЧ, д.т.н., проф.

КОСТРОМИНОВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ,

д.т.н., проф.

КРИВОВ АНАТОЛИЙ СЕРГЕЕВИЧ, д.т.н., проф.

МЫРОВА ЛЮДМИЛА ОШЕРОВНА, д.т.н., проф.

НЕФЕДОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, д.т.н., проф.

НИКИТИНА ВАЛЕНТИНА НИКОЛАЕВНА, д.мед.н., проф.

НИКИФОРОВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ, к.т.н.

ОЛЬШЕВСКИЙ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, к.т.н.

ПОЖИДАЕВ ЕВГЕНИЙ ДМИТРИЕВИЧ, д.т.н., проф.

ПУГАЧЕВ СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

САРЫЛОВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ

САХАРОВ КОНСТАНТИН ЮРЬЕВИЧ, д.т.н., с.н.с.

СТЕПАНОВ ПАВЕЛ ВЛАДИМИРОВИЧ, д.т.н., проф.

СУХОРУКОВ СЕРГЕЙ АРСЕНЬЕВИЧ, к.т.н., доцент

ТУХАС ВЯЧЕСЛАВ АНАТОЛЬЕВИЧ, д.т.н., проф.

ФОМИНИЧ ЭДУАРД НИКОЛАЕВИЧ, д.т.н., проф.

ЧЕРМОШЕНЦЕВ СЕРГЕЙ ФЕДОРОВИЧ, д.т.н., проф.

ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ».

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА:

НОЧУ «Новая Инженерная Школа»

Издается при содействии кафедры РЭТ

МИЭМ-НИУ ВШЭ.

Главный редактор СТАСЬ Константин Николаевич

Исполнительный директор

Лебедев Петр Сергеевич

Адрес: 105005, Москва, Наб. академика Туполева, 15,

стр. 29, оф. 117.

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ»

Редакция: тел./факс 8 (495) 916-89-64,

e-mail: kln1940@gmail.com.

Статьи рецензируются. Статьи опубликованы в авторской редакции. Мнение членов редакционного совета может не совпадать с точкой зрения авторов публикаций. Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции. Рукописи не возвращаются.

ISSN 1729-2670

Журнал включен в перечень ведущих журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии (ВАК).

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИННИТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory».

Содержание

Головин Д.Л., Сарылов О.В., Сарылов В.Н. Особенности мониторинга электромагнитной среды на технически сложном энергетическом объекте	3
Елизаров А.А., Закирова Э.А. Исследование паразитного излучения кромок многослойных печатных плат СВЧ диапазона	16
Мамонтов А.В., Резник С.В., Нефедов В.Н., Гузева Т.А. Методы снижения уровня побочных излучений от СВЧ установок лучевого типа для термообработки материалов	24
Лазарев Д.В., Грачёв Н.Н. Научно-методическое и программное обеспечение оценки безопасности относительно электромагнитных излучений радиочастот на объектах морской инфраструктуры	29
Глотов А.С. Определение условий распределения тягового тока в среде передачи данных телекоммуникационных систем автоматики и телемеханики	39
Аминев Д.А., Лисицын И.Ю., Увайсов С.У. Защита бортовой спутниковой навигационной системы от кратковременного пропадания электропитания и электромагнитных помех	45
Гультяев А.В. Выбор методов обеспечения внутриаппаратной ЭМС при массогабаритных ограничениях	50
Гольдберг О.Д., Увайсов С.У., Иванов И.А., Иванов О.А. Обеспечение качества характеристик источников бесперебойного питания в условиях помех, вызванных нелинейной нагрузкой	55
Андреев М.А. Определение расположения сварных швов на магистральных трубопроводах в условиях помех	65
Карабан В.М., Зырин И.Д. Методы снижения паразитной связи между проводниками	68

Всероссийская НТК ТехноЭМС-2013 79

УДК 621.385.6.6

А.В.Мамонтов, С.В.Резник, В.Н.Нефедов, Т.А. Гузева

Методы снижения уровня побочных излучений от СВЧ установок лучевого типа для термообработки материалов

Рассмотрены методы снижения уровня побочных излучений от СВЧ установок лучевого типа, предназначенных для термообработки диэлектрических материалов в конвейерном режиме. СВЧ установка состоит из рабочей камеры, на которой расположены источники СВЧ энергии, и шлюзовых камер, предназначенных для снижения уровня побочных излучений. Показано, что уровень плотности мощности побочного излучения от работающего СВЧ устройства лучевого типа благодаря применению шлюзовых камер не превышает допустимых норм.

СВЧ устройство, распределение температуры, диэлектрический материал, источник СВЧ энергии, СВЧ камера лучевого типа

Создание равномерного распределения температуры по объему диэлектрических материалов является актуальной задачей в различных отраслях обрабатывающей промышленности. Для равномерного нагрева материалов различных поперечных сечений используются электродинамические системы, состоящие из одной или нескольких камер лучевого типа, через которые проходит обрабатываемый материал. В настоящее время для целей термообработки различных диэлектриков используются источники СВЧ энергии с частотой колебаний электромагнитного поля 2450 МГц. СВЧ устройства, в частности, конвейерного типа, являются источниками побочных и внеполосных излучений, которые могут оказывать негативное воздействие на работу окружающего оборудования и здоровье обслуживающего персонала. В связи с этим необходимо при разработке СВЧ устройств конвейерного типа, предназначенных для термообработки материалов, предусмотреть специальные методы снижения уровня побочных излучений.

Функциональная схема конвейерной СВЧ установки лучевого типа показана на рис. 1.

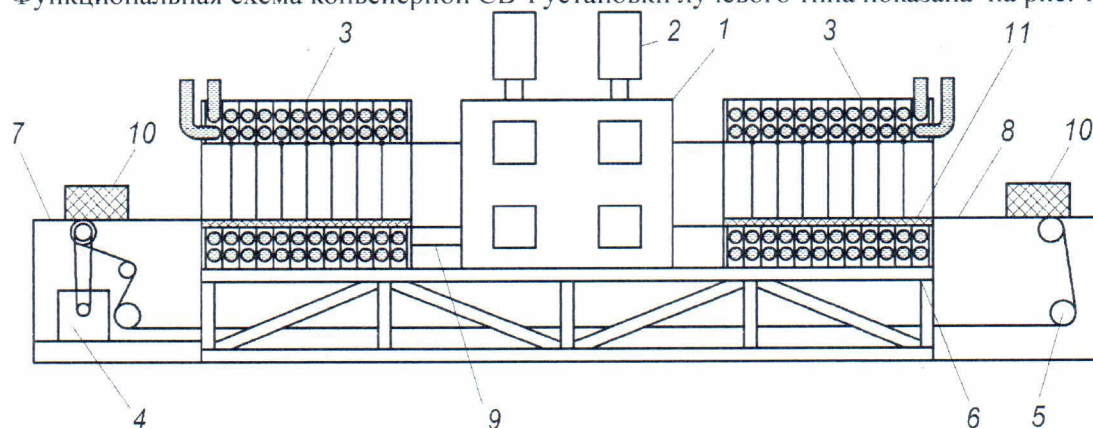


Рис. 1. Функциональная схема конвейерной СВЧ установки лучевого типа: 1 - камера лучевого типа; 2 - источник СВЧ энергии; 3 - шлюзовая камера; 4 - приводная станция; 5 - натяжная станция; 6 - металлический каркас; 7 - загрузочный столик; 8 - разгрузочный столик; 9 - пульт управления источниками СВЧ энергии; 10 - обрабатываемый объект; 11 - конвейерная лента

Диэлектрический материал помещается на загрузочный стол. Конвейерная лента, выполненная из радиопрозрачного материала, приводится в движение и обрабатываемый объект через вход-

ную шлюзовую камеру, предотвращающую утечку СВЧ энергии в окружающее пространство, вводится в камеру лучевого типа, где нагревается до заданной температуры с помощью источников СВЧ, расположенных на камере. Далее объект из камеры нагрева попадает в выходную шлюзовую камеру, и на разгрузочный стол. Загрузочный и разгрузочный столы, шлюзовые камеры и камера нагрева с источниками СВЧ энергии расположены на едином металлическом каркасе.

На стенках прямоугольной камеры нагрева, которая имеет следующие габаритные размеры: длина с фланцами – 1200 мм; высота – 800 мм; ширина – 1000 мм, расположены источники СВЧ энергии.

На рис. 2 показана фотография рабочей камеры лучевого типа с расположенными на ней источниками СВЧ энергии.



Рис. 2. Фотография камеры лучевого типа с источниками СВЧ энергии для термообработки различных диэлектрических материалов в конвейерном режиме

Источники СВЧ энергии собраны на элементной базе бытовых СВЧ печей. Уровень побочных излучений из такого источника определяется в основном степенью уплотнения посадки магнетрона в излучающий волновод, и, как правило, существенно меньше, чем в бытовых микроволновых печах.

На верхней крышке камеры и по боковым её стенкам размещены по четыре источника СВЧ энергии, расположенные определённым образом для обеспечения равномерного нагрева обрабатываемого материала, проходящего через камеру. Поперечные размеры канала (окна) конвейера составляют: ширина – 620 мм; высота – 350 мм. Источники СВЧ энергии имеют волноводный вывод энергии: размер широкой стенки волновода – 72 мм; размер узкой стенки волновода – 34 мм. Источники СВЧ энергии крепятся к камере с помощью фланцев. Для предотвращения излучения в окружающее пространство между фланцами источника СВЧ энергии и камерой расположены тонкие уплотняющие контактные пружинные прокладки.

В рассматриваемой конвейерной СВЧ установке используются камеры лучевого типа с раскрывами прямоугольных волноводов в качестве излучающих антенн [1], работающих на основном типе волны H_{10} и расположенных на определенном расстоянии от поверхности нагреваемого материала.

На рис. 3 представлено схематическое изображение излучения СВЧ энергии из раскрыва прямоугольного волновода.

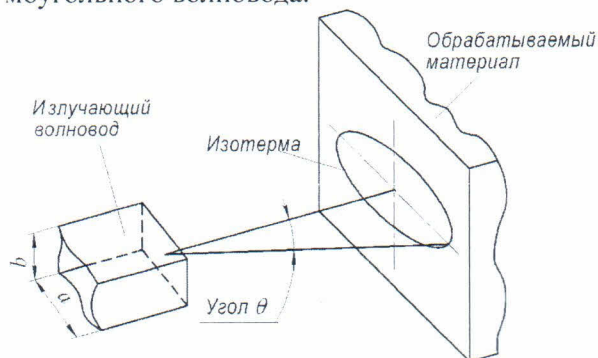


Рис. 3. Схематическое изображение излучения СВЧ энергии из раскрыва прямоугольного волновода: a – размер широкой стенки волновода, b – размер узкой стенки волновода, θ – угол между рассматриваемым направлением и направлением излучения в волноводе

Задача об излучении СВЧ энергии из раскрыва прямоугольного волновода не имеет строгого решения [2]. Результаты решения для аналогичных более простых задач дают основание утверждать, что хорошую точность можно получить при решении этой задачи методом Гюйгенса – Кирхгофа, который основан на следующих предположениях [2]:

