

МЕТОД И СТЕНДЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМОТРЕНИРОВКИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СВЧ МОДУЛЕЙ

© А. В. Телец, С. А. Фурсов

ОАО «НПП «Пульсар», 105187, г. Москва, Окружной пр., 27

В работе рассматривается метод электротермотренировки в составе отбраковочных испытаний твердотельных СВЧ модулей. Данный метод позволяет выявить скрытые дефекты при производстве СВЧ модулей. Для реализации этого метода был разработан испытательный стенд надёжности, который описывается в данной работе.

Ключевые слова: твердотельные СВЧ модули, метод отбраковочных испытаний, испытательный стенд

Сведения об авторах: Телец Андрей Витальевич, telets@pulsarnpp.ru; Фурсов Сергей Андреевич, serfurs@gmail.com

METHOD AND TEST BENCH FOR BURN-IN TESTING OF SOLID-STATE MICROWAVE MODULES

A. V. Telets, S. A. Fursov

JSC «S&PE «Pulsar», 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 27

Burn-in testing as method of solid-state microwave modules screening tests is analyzed in this research. This method allows finding the latent production induced defects in the process of microwave modules fabrication. Reliability test bench, developed in order to implement the proposed method is described in the given research.

Keywords: solid-state microwave modules, a method of screening tests, test facility

Data of authors: Telets Andrey Vitalevich, telets@pulsarnpp.ru; Fursov Sergey Andreevich, serfurs@gmail.com

Введение

Контроль воздушного пространства и обеспечение безопасного воздушного движения является актуальной задачей современной радиолокации.

Для решения этой задачи разрабатываются радиолокационные станции (РЛС) на основе СВЧ твердотельных модулей. Живучесть РЛС обеспечивается применением в одной станции от нескольких десятков до тысячи твердотельных СВЧ модулей [1].

Главной проблемой при разработке и производстве такого количества модулей является обеспечение требуемых показателей надёжности. Основным показателем надёжности СВЧ модулей является средняя

наработка на отказ – $t_{нср}$, которая оценивается на этапе разработки расчётным методом с использованием накопленных экспериментальных данных по интенсивности отказов комплектующих элементов. В процессе эксплуатации $t_{нср}$ модулей оценивается по их наработке до отказа в составе РЛС [2].

Отбраковочные испытания

В качестве составной части технологического процесса изготовления аппаратуры, используются методы 100 % отбраковочных (технологических) испытаний модулей [3]. Эти методы предусматривают воздействия на изделие различных внешних факторов (ВФ), в том числе, превышающих установ-

ленные в ТУ эксплуатационные нормы. Это позволяет эффективно выявлять и отбраковывать скрытые производственные дефекты, которые проявляются в начальный период эксплуатации СВЧ модулей.

При выборе контролируемых параметров критериев годности следует выбирать параметр (один или совокупность) наиболее критичный к воздействию конкретного фактора, который наиболее информативен для выявления отказов модулей при проведении отбраковочных испытаний.

Выбор видов воздействий при отбраковочных испытаниях основывается на том, что каждый фактор инициирует проявление определённых типов дефектов, которые характерны для данного технологического процесса изготовления модулей [4].

Метод электротермотренировки

Эффективными факторами воздействия на изделия при проведении отбраковочных испытаний являются: воздействия циклических температур, случайная вибрация, длительная повышенная температура, повышенное напряжение питания и т.д.

Анализ накопленных данных о причинах и видах дефектов и механизмах отказов модулей позволил определить наиболее эффективные виды воздействий применительно к конкретным типам изделий и внести эти методы отбраковки в технологический процесс изготовления СВЧ модулей.

Применительно к твердотельным СВЧ модулям был выбран метод электротермотренировки (ЭТТ), в предельно допустимом СВЧ импульсном режиме, эквивалентном режиму их эксплуатации.

В процессе ЭТТ происходит воздействие на модуль повышенной температуры в течение продолжительного времени (72-100 часов) с одновременным энергоциклированием (в течение каждого часа осуществляется временное отключение $P_{вх}$ и напряжения питания U_n). Воздействие циклически изменяющейся температуры повышает эффективность выявления модулей со скрытыми дефектами.

Основными параметрами, характеризующими режим ЭТТ, являются:

- значение входной и выходной СВЧ мощности, длительность импульса t и скважность Q ;
- значение температуры T , скорость нагретого воздуха, поступающего в радиатор, при которой проводится ЭТТ;
- продолжительность воздействия или время ЭТТ;
- параметры цикла «включено-выключено», подвергаемых ЭТТ;
- величина напряжений питания общей цепи и цепи управления;
- объём проверок работоспособности и параметров критериев годности модулей до, после и в процессе ЭТТ.

ЭТТ составных частей аппаратуры (модулей) проводят, как правило, при температуре 50-60 °С воздуха, поступающего в канал радиатора воздушного охлаждения корпуса модуля. Эта температура определяется предельной температурой окружающей среды, заданной в ТУ. Скорость воздуха в радиаторе корпуса модуля устанавливается на уровне $V_b = 5 \div 6$ м/с, при этом тепловое сопротивление корпуса модуля достигает минимума. Измерение скорости V_b осуществляется сигнальным датчиком. В процессе ЭТТ модулей осуществляется контроль их работоспособности через каждые два часа (рис. 1а).

Испытательные стенды твердотельных СВЧ модулей

Для реализации метода ЭТТ с учётом вышеизложенных требований были разработаны и изготовлены стенды для испытаний СВЧ модулей при воздействии электрической и тепловой нагрузок в динамическом СВЧ режиме (рис. 1).

Стенды обеспечивают проведение испытаний в соответствии с РД В 319.02.24 в диапазоне температур от +30 до +65 °С воздуха, поступающего в радиатор.

Основные погрешности средств контроля режима испытаний:

- по постоянному напряжению питания: ± 2 %;
- по постоянному току потребления: ± 3 %;

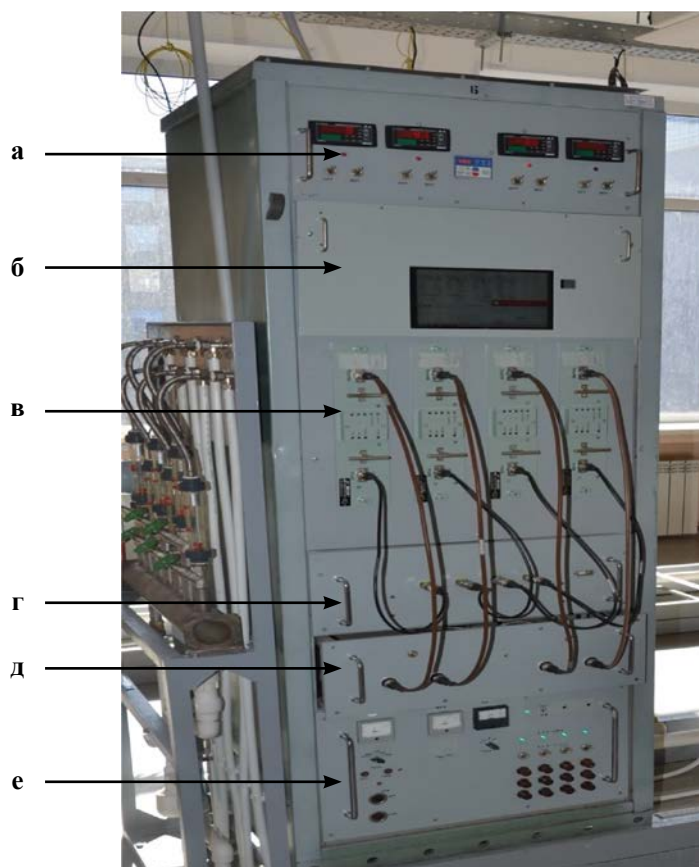


Рис. 1

Внешний вид испытательных стендов:

**а – блок контроля температур воздуха; б – промышленный компьютер;
в – испытуемые модули; г – блок генератора; д – блок нагрузок; е – блок питания**

- по температуре воздуха в каналах: ± 3 %.

Стенды позволяют испытывать одновременно до четырёх модулей СВЧ при мощности рассеяния на каждом модуле не более 500 Вт с временем непрерывной работы в номинальном режиме не менее 1 000 часов. Основные параметры режима непрерывно контролируются с помощью промышленного компьютера (рис. 1б).

Питание модулей производится двумя источниками:

- источником питания общей цепи с нестабилизированным напряжением;
- источником питания цепей управления модулей, автогенератора и усилителя СВЧ. Напряжения стабилизированные (рис. 1е).

Генератор импульсов задаёт входную СВЧ мощность, длительность и скважность

импульсов для работы автогенератора и обеспечивает циклический режим испытаний в течение каждого часа отключения $P_{вх}$ и U_n .

Динамический режим испытания модуля обеспечивается подачей импульсов мощности с выхода усилителя СВЧ на вход каждого модуля. На выход каждого модуля подключается охлаждаемая водой нагрузка.

Приборный блок (рис. 1в) разделён на четыре секции, в которых размещаются испытываемые модули. Каждая секция имеет замкнутый контур воздушного охлаждения (подогрева). Для подогрева воздушного потока используются каналные нагреватели, а для прогона воздуха осевые каналные электровентиляторы с контролируемой скоростью не более 6 м/с, так как данная скорость обеспечивает необходимый КПД охлаждения. Работа системы охлаждения и нагрева воз-

духа, поступающего в радиатор модуля, регулируется блоком задания температур.

В блоке генератора размещены: генератор СВЧ, усилитель СВЧ мощности и делитель мощности. Делитель мощности имеет четыре выхода, с которых подаётся мощность на входы усилителей испытуемых модулей (рис. 1г).

Основные результаты и выводы

Накопленные статистические данные и результаты анализа отказов модулей при ЭТТ показывают, что основной причиной ранних отказов являются: дефекты монтажа, отказ ЭКБ. Доля отказов в процессе ЭТТ для различных партий и типов СВЧ модулей колеблется в пределах от 1 до 10 %. Основное число отказов модулей со скрытыми дефектами происходит в течение первых 2-3 суток ЭТТ.

Применение метода ЭТТ с энергоциклированием в предельном СВЧ режиме твердотельных СВЧ модулей позволяет эффективно выявлять и отбраковывать изделия со скрытыми дефектами.

Анализ причин ранних отказов модулей при ЭТТ и внедрение мероприятий по их устранению позволяет существенно повысить надёжность ($t_{нсп}$) модулей в условиях эксплуатации у потребителя.

Литература

1. Аронов В. Л., Евстигнеев А. С. Передающие блоки и модули L- и S-диапазонов для радиолокации // Электронная промышленность. – 2003. – С. 42-49.
2. Синкевич В. Ф., Телец А. В. Оценка зависимости числа отказов от времени наработки твердотельных СВЧ модулей // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. – 2015. – № 1 (235). – С. 41-44.
3. РД В 319.02.24-Методы проведения отбраковочных испытаний.
4. Vashchenko V. A., Sinkevich V. F. Physical limitations of semiconductor devices // Springer Science Business Media, 2008, 330 p.

References

1. Aronov V. L., Evstigneev A. S. L and S-band transmitting block and modules for radars. *Elektronnaya promyshlennost* [Electronic industry], 2003, pp. 42-49.
2. Sinkevich V. F., Telets A. V. Estimated dependence of number of failures on operation time for solid-state microwave modules. *Elektronnaya tekhnika. Ser. 2. Poluprovodnikovye pribory* [Electronic engineering. Ser. 2. Semiconductor devices], 2015, № 1 (235), pp. 41-44.
3. Guidance document В 319.02.24- Screening test methods.
4. Vashchenko V. A., Sinkevich V. F. Physical limitations of semiconductor devices // Springer Science Business Media, 2008, 330 p.