

УДК 62.713.1

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА МОЩНЫХ РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ СИСТЕМ

К. т. н. Ю. Н. Лаврич

Институт транспортных систем и технологий НАНУ
Украина, г. Днепропетровск
lavrich@westa-inter.com

Рассмотрен ряд специфических особенностей, возникающих при разработке мощных радиопередающих систем (РПС) и обусловленных возникновением значительных тепловых потоков, которые воздействуют как на конструкцию, так и на активные элементы схемы РПС. Приведен ряд конструктивно-схемных решений для обеспечения оптимального теплового режима.

Ключевые слова: радиопередающие системы, тепловой режим, системы охлаждения.

Любой генератор как преобразователь электрической энергии в энергию СВЧ в большинстве случаев обладает низким коэффициентом полезного действия, и поэтому в процессе работы большая часть подводимой электрической энергии преобразуется в тепло. Отвод тепла от элементов радиопередающих систем (РПС) – одна из самых насущных и не всегда просто решаемых задач, где многое зависит от конструкции, особенностей применяемой элементной базы, выбора способа охлаждения, определения элементов, требующих охлаждения, уровня мощности и значения КПД преобразования СВЧ-энергии. В процессе проектирования мощных РПС приходится одновременно решать задачи обеспечения необходимого энергетического потенциала и требуемого теплового режима.

Необходимый энергетический потенциал обеспечивается выбором соответствующего активного элемента. Так, для больших мощностей применяют, как правило, мощные генераторные лампы. Обеспечению теплового режима мощных РПС присущ ряд специфических особенностей, которые делают невозможным типовые подходы к тепловому проектированию. Проектирование начинается в условиях отсутствия информационной базы, и расчет ведется для охлаждения виртуальных возможных элементов схемы. Разработка РПС практически всегда ведется параллельно с разработкой активного элемента, когда единственными исходными данными для разработчика системы охлаждения РПС являются его тип и мощность. Кроме активных в схеме РПС применяется большое количество пассивных элементов, которые приходится разрабатывать самому разработчику ввиду отсутствия необходимых электрорадиоэлементов, изготавливаемых промышленно.

Обеспечение заданного теплового режима пассивных элементов требует собственной разработки и конструкции водоохлаждаемых резисторов, и технологии изготовления.

Как показали предварительные расчеты, для обеспечения требуемого теплового режима резисторов, рассчитанных на большие мощности рассеивания ((10 – 300 кВт)±5; 10; 20%), необходимо, чтобы разность температур на входе и выходе не превышала 15°C, а расход воды составлял более 1 л/мин на 1 кВт мощности. В РПС большой мощности заданный температурный режим не удается обеспечить применением системы только воздушного (ВО) или только жидкостного (ЖО) охлаждения. Применение и жидкостного, и воздушного охлаждения позволяет обеспечить отвод тепла, но при этом следует иметь в виду, что использование систем ВО ведет к увеличению размеров пассивных элементов и к значительным энергозатратам. Эффективность отвода тепла системами ВО составляет 0,8–1,0 Вт/см², а для системами ЖО — 20 Вт/см² [1].

Специфика конструктивно-схемного построения мощных РПС приводит к тому, что плотность тепловых потоков в блоках на микросхемах также велика. Проведенный сравнительный анализ эффективности ВО и ЖО показал, что обеспечение тепловых режимов микросборок возможно при применении водоохлаждаемых несущих конструкций. В РПС наиболее теплонагруженными элементами являются генераторные лампы, водоохлаждаемые резисторы и несущие конструкции микросборок

высокой плотности. В качестве хладоносителя для таких элементов охлаждения необходимо использовать деионизованную дистиллированную воду [2, 3], вследствие агрессивности дистиллированной воды при высоких мощностях. Применение системы ЖО РПС требует создания системы водоподготовки, канализации и водообмена, т. е. системы гидрокommunikации.

Особой задачей при организации системы ЖО элементов, работающих под высоким напряжением, является обеспечение требования развязки по охлаждению и созданию необходимого сопротивления в таких цепях. Это достигается созданием специальной конструкции витого шланга, в котором электрическое сопротивление охлаждающей жидкости будет значительно больше, чем воды в традиционном прямом шланге. Важным также является то, что такие витые шланги выполняются из диэлектрических материалов и после искусственного старения становятся очень гибкими.

Требования к хладоносителю приводят к появлению проблемы, связанной с типовыми средствами канализации. Применение системы жидкостного охлаждения с использованием дистиллированной деионизованной воды и нержавеющей труб создает проблему развязки анода генераторной лампы, которая устраняется при применении полиэтиленовых труб, армированных слоями лавсана, облученных в мощном электростатическом поле (150 кВ). Шланги позволяют канализацию воды под давлением 8 и 16 атмосфер для всех элементов охлаждения, работающих при напряжениях более 35 кВ.

Для охлаждения катодной ножки генераторной лампы (ток накала 3000 А) необходимо применять устройство автономного воздушного охлаждения собственной разработки со скоростью вращения рабочего колеса вентилятора 20000 об/мин. Одним из самых сложных вопросов обеспечения теплового режима является применение неразъемных соединений (линии формирования модулирующего импульса и др.), через которые проходят все виды напряжений, СВЧ-сигналы, хладоносители и др. Для обеспечения теплового режима необходимо применение устройства автоматического контроля системы охлаждения, которое может быть реализовано на гидроконтактах для различных расходов носителя и может отключать РПС в случае отсутствия хотя бы одного из видов охлаждения.

Специфические особенности мощных РПС требуют разработки нестандартных систем охлаждения, базирующихся на собственных разработках как конструкции и элементов электрической схемы, так и собственно системы охлаждения. Применение технологии виртуальных элементов создает возможности для сокращения сроков разработки и проектирования эффективной системы охлаждения мощной реальной схемы РПС.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Назаров А. С. Конструирование радиоэлектронных средств.– Москва: Изд-во МАИ, 1996.
2. ОСТ11.029.003-80. Лампы генераторные мощные. Руководство по применению, 1980.
3. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия.

Yu. N. Lavrich

Features of thermal control of powerful radio transmission systems.

The author considers a number of specific features that arise during the development of high-power radio transmission systems (RTS) and caused by the emergence of significant heat flows which affect both the structure and the active circuit elements of RTS. The paper presents a number of structural and circuit design solutions ensuring optimum thermal conditions.

Keywords: *radio transmission systems, thermal mode, cooling systems.*
