

К. т. н. В. А. БЕРЕЖНОЙ, В. И. КУЖЕЛЬ, А. Ю. ОСТАПЧУК

Украина, г. Киев, Научно-производственное предприятие "Сатурн"
E-mail: chmil@jssaturn.kiev.ua

Дата поступления в редакцию
21.04 2003 г.

Оппонент к. ф.-м. н. В. Н. РАДЗИХОВСКИЙ
(ГП "Айсберг", г. Киев)

МНОГОКАНАЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ШУМА

Рассмотрен принцип построения и приведены результаты разработки и исследований многоканальной измерительной системы миллиметрового диапазона длин волн.

Высокотемпературные (газоразрядные, твердотельные) генераторы шума (ВГШ) с известным уровнем спектральной плотности мощности шума или эквивалентной температурой шума (ЭТШ) используются для измерения коэффициента шума приемных устройств и флуктуационной чувствительности радиометров [1, 2].

Для калибровки ВГШ применяются методы измерения, в которых измеряемая величина ЭТШ генератора сравнивается с калиброванной величиной ЭТШ, воспроизводимой мерой. В миллиметровом диапазоне волн в качестве мер могут быть использованы высокоточные криогенные тепловые генераторы шума [3], а в качестве приемников СВЧ — высокочувствительные радиометры [4]. С помощью одноканальных радиометров можно выполнять калибровку ВГШ в узком диапазоне частот. Для расширения частотного диапазона калибровки ВГШ необходимо использовать многоканальные радиометры (МКР), у которых частотные полосы каналов не имеют разрывов как внутри канала, так и между смежными каналами.

На базе МКР можно проектировать широкополосные измерительные системы для калибровки ВГШ в мм-диапазоне волн и тем самым исключить применение дорогостоящих высокочувствительных анализаторов или приемников с перестройкой частоты. Структурно многоканальная измерительная система (МКИС) должна включать: меры с калиброванными уровнями ЭТШ, согласованные линии передачи СВЧ, МКР и индикатор. Количество калиброванных уровней ЭТШ должно быть не менее 2. МКР должен иметь широкую полосу частот по входу и как можно больше (16, 32, 64, ...) частотных каналов по выходу. Причем полосы частот каналов должны быть непрерывными и иметь перекрытия между смежными каналами. В качестве индикатора могут использоваться аналоговые вольтметры, осциллографы, самописцы или цифровые приборы как без обработки конечных результатов, так и с обработкой на персональном компьютере (ПК).

Разработанная конструкция многоканальной измерительной системы позволяет выполнять ее сборку в двух вариантах (рис. 1). Варианты схем отличаются местом установки переменного аттенуатора.

Конструктивно МКИС состоит из двухуровневого теплового генератора шума (ТГШ) 1, согласующих ферритовых вентилях 2, 4, 5, 7, двухпозиционного СВЧ-переключателя 3, переменного аттенуатора

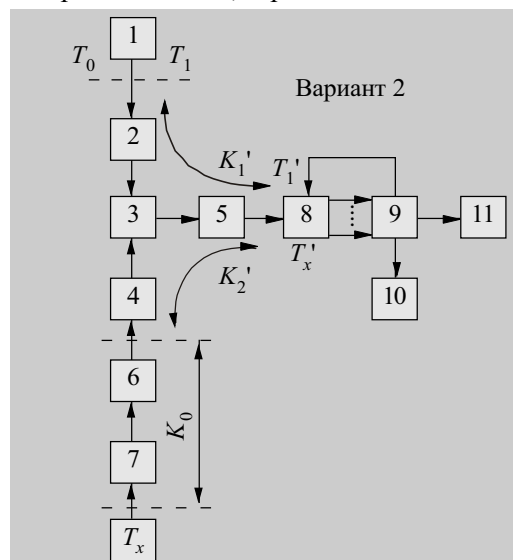
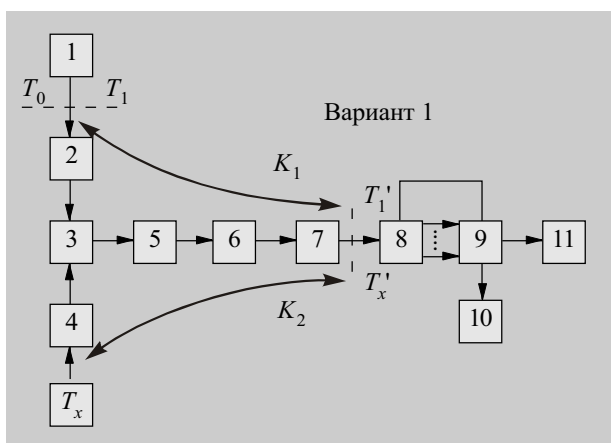


Рис. 1. Структурная схема МКИС

ра 6, МКР 8, низкочастотного коммутатора 9, вольтметра 10 и персонального компьютера 11. Двухуровневый ТГШ имеет два калиброванных уровня ЭТШ: $T_1=115$ К и $T_2=T_0=293$ К. Калиброванный переменный аттенуатор имеет предел вносимого ослабления 50 дБ. Высокочувствительный МКР имеет диапазон рабочих частот 86...100 ГГц и 32 измерительных канала с полосой пропускания каждого 800 МГц [5]. Низкочастотный коммутатор управляет работой МКР (переключает первые гетеродины и регулирует коэффициенты передачи каналов) и подключает к ПК или к вольтметру выходные напряжения каналов радиометра. Вольтметр служит для контроля выходных напряжений. Персональный компьютер (Pentium-4) дополнен платой аналого-цифрового преобразователя ADC-1280, предназначенной для преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму.

Перед измерениями при нулевом показании аттенуатора ($N=0$) необходимо выровнять начальные коэффициенты передачи $K_1=K_2$ (вариант 1) и $K'_1=K'_2$ (вариант 2). Эти условия легко выполняются путем установки волноводных вставок.

В системе реализован метод калибровки, основанный на сравнении приращения напряжений ("ступенек"), получаемых при подаче на вход радиометра трех уровней ЭТШ: T_1 , T_0 и T_x [4]. Калиброванная "ступенька" напряжений $\Delta U_k \sim \alpha(T_0 - T_1)$ получается при поочередной подаче калиброванных ЭТШ T_0 и T_1 . Измеряемая "ступенька" $\Delta U_x \sim \alpha(T_x - T_0)$ получается при поочередной подаче ЭТШ калибруемого ВГШ T_x и калиброванной ЭТШ T_0 .

Из условия равенства $|\Delta U_x| = N|\Delta U_k|$ определяется искомая ЭТШ ВГШ:

для варианта 1

$$T_x = N(T_0 - T_1) + T_0; \quad (1)$$

для варианта 2

$$T_x = K_0 N(T_0 - T_1) + T_0, \quad (2)$$

где N — ослабление, вносимое переменным аттенуатором;
 K_0 — начальные потери аттенуатора с вентилем (см. рис. 1, вариант 2).

С целью уменьшения случайных погрешностей калибровка и измерения выполняются в каждом частотном канале многократно ($n \geq 10$). Разработанная программа для ПК выполняет следующие действия [4]:

- вычисление и сравнение "ступенек" ΔU_k и ΔU_x ;
- расчет ЭТШ ВГШ T_{xp} , $i=1, \dots, 10$;
- расчет среднего значения \bar{T}_x ;
- расчет среднеквадратичного отклонения $\sigma(\bar{T}_x)$;
- расчет неисключенного остатка систематической погрешности δ_c ;



Рис. 2. Многоканальная измерительная система для калибровки высокотемпературных генераторов шума

— расчет погрешности из-за рассогласования элементов δ_p ;

— расчет суммарной погрешности измерения $\bar{T}_x \delta$.

Разработанная многоканальная измерительная система для калибровки высокотемпературных генераторов шума (рис. 2) обеспечивает следующие технические характеристики:

диапазон рабочих частот, ГГц	86...100
количество измерительных частотных каналов	32
диапазон измеряемых уровней спектральной плотности мощности шума ВГШ, дБ/кТо	2,1...47,8
погрешность калибровки СПМШ ВГШ, дБ	0,6...1,2

Верхний уровень измеряемых СПМШ ограничен диапазоном ослабления переменного аттенуатора.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Крейнгель Н. С. Шумовые параметры радиоприемных устройств.— Л.: Энергия, 1969.
2. Есепкина Н. А., Корольков Д. В., Парийский Ю. Н. Радиотелескопы и радиометры.— М.: Наука, 1973.
3. Бережной В. А. Криогенный тепловой генератор шума миллиметрового диапазона длин волн // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ.— 1983.— Вып. 8.— С. 49—51.
4. Бережной В. А., Кузьмин С. Е. Радиометрическая установка для калибровки генераторов шума мм диапазона длин волн // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ.— 1984.— Вып. 1.— С. 53—55.
5. Бережной В. А., Кужель В. И., Тузенко А. П. и др. Многоканальный радиометр для систем радиовидения // См. настоящий номер.— С. 14 — 15.



ШИРОКОПОЛОСНЫЕ СМЕСИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

ДИАПАЗОНА МИЛЛИМЕТРОВЫХ ДЛИН ВОЛН

Область применения — высокочувствительные приемные устройства связи, радиометрические и радиоастрономические системы и радиоизмерительная аппаратура диапазона миллиметровых длин волн.

