

СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ РЕЗОНАТОРЫ В СХЕМАХ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОШУМЯЩИХ СВЧ ГЕНЕРАТОРОВ

И.Н.Бондаренко

Применение криогенных резонаторов для стабилизации частоты СВЧ генераторов позволяет не только повысить долговременную стабильность частоты, но и значительно снизить интенсивность шумовых составляющих в спектре СВЧ сигнала. В ряде случаев улучшение этих характеристик таково, что возникает необходимость в совершенствовании методов их измерений, поскольку существующие методики и аппаратура уже не могут обеспечить необходимую чувствительность. Особенно это касается ЧМ спектральных составляющих, расположенных вблизи несущей частоты.

Использование криогенных, в частности сверхпроводящих, резонаторов (СПР) в схемах измерения ЧМ шумов предоставляет возможность проведения таких измерений. Включение СПР в схемы измерения ЧМ шумов СВЧ генераторов в качестве частотного дискриминатора (ЧД) обеспечивает измерение ЧМ шумов, ослабленных до величин ~ 150 дБ/Гц, на частотах до 10^3 Гц [1]. В работе [2] с помощью такого дискриминатора проведено исследование ЧМ шумов СВЧ генераторов с различными системами стабилизации на основе СПР. Однако метод, основанный на использовании СПР в качестве ЧД, наряду с достоинствами имеет и недостатки, связанные с тем, что расширение полосы анализируемых частот может быть осуществлено только при снижении добротности резонатора, а это, в свою очередь, ведёт к уменьшению в ЧД на СПР коэффициента преобразования ЧМ в АМ и, соответственно, к снижению чувствительности измерений.

В связи с этим предлагается использовать для исследования спектральных характеристик СВЧ генераторов, стабилизированных СПР, традиционную мостовую схему, типа описанной в работе [3], но с включением в канал сигнала для подавления несущей частоты режекторного фильтра (РФ) на основе СПР. Такой РФ при добротности СПР порядка $3 \cdot 10^6$ обеспечивает подавление сигнала несущей частоты на ≥ 90 дБ и имеет полосы режекции $2 \cdot 10^3$; $1,5 \cdot 10^2$; 16 и 8 Гц при значениях режекции 3, 30, 50 и 60 дБ соответственно [4]. Мостовая схема, в которой используется РФ на основе СПР, балансный смеситель на двойном волноводном тройнике и малошумящий низкочастотный усилитель, позволяет произвести измерения шумов в полосе частот от 1 кГц и выше с чувствительностью $\sim 150-160$ дБ/Гц и в

сочетании с методом ЧД на СПР дает возможность исследовать спектральные характеристики маломощных СВЧ генераторов в диапазоне модулирующих частот от 10 - 20 Гц до нескольких десятков кГц.

Использование СПР в мостовой схеме позволяет расширить диапазон исследуемых ЧМ составляющих спектра в сторону несущей частоты, а чувствительность будет определяться шумовыми характеристиками смесительных диодов, симметрией двойного волноводного тройника, коэффициентом усиления и шумами низкочастотного усилителя. Существенным преимуществом схем измерения спектральных характеристик с СПР является то, что они не требуют использования дополнительного источника колебаний с улучшенными спектральными характеристиками сигнала или источника, идентичного исследуемому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д е д и к Ю.В., И в а н и ц к и й К.П., К а п л у н З.Ф. Частотный дискриминатор на сверхпроводящем резонаторе. - Электронная техника, сер. I, Электроника СВЧ, 1969, вып. 10, с. 88 - 90.
2. Б о н д а р е н к о И.Н., Г н е с ь А.С., М е н д е Ф.Ф. Исследование спектральных характеристик сигналов СВЧ генераторов, стабилизированных сверхпроводящими резонаторами. - Электронная техника, сер. I, Электроника СВЧ, 1982, вып. I, с. 13 - 16.
3. O n d z i a J. C. *A microwave system for measurements of AM and FM noise spectra.* - *IEEE Trans.*, 1968, MTT-15, N 9, p. 767-781.
4. Б о н д а р е н к о И.Н., Г н е с ь А.С. Сверхпроводящий режекторный фильтр СВЧ диапазона. - Радиотехника, Харьков, 1987, вып. 82, с. 124 - 130.

СКТБ по КТ с ОП ФТИИТ АН УССР