

ИЗМЕРЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ШИРИНЫ ЛИНИИ ИЗЛУЧЕНИЯ ГАЗОВОГО ОКГ СО СВЯЗАННЫМИ ТИПАМИ КОЛЕБАНИЙ

И.П.Егоров

В последнее время большое количество работ посвящено теоретическому и экспериментальному изучению флуктуаций в газовых ОКГ. Исследование частотных флуктуаций позволяет определить естественную ширину линии ОКГ, обусловленную спонтанным излучением.

Обычно для измерения естественной ширины линии излучения получают биения от двух независимых ОКГ, а затем измеряют величину спектральной плотности флуктуаций частоты биений — S_{ν} . Типичный вид зависимости $S_{\nu}(f)$ для этого случая показан на рис. 1 (кривая 1).

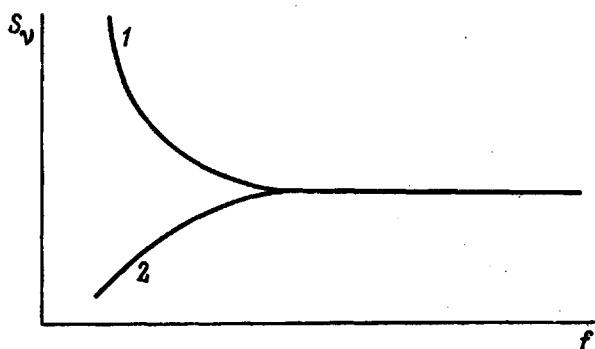


Рис. 1

Значение S_{ν} , связанное с естественной шириной линии излучения от частоты наблюдения не зависит [1], а подъем на низких частотах обусловлен уширением линии из-за технических причин: нестабильности размеров резонатора, флуктуаций давления и температуры воздуха и т.д. Измерив величину S_{ν} там, где она уже не зависит от частоты, можно определить естественную ширину линии излучения ОКГ, которая в π раз больше S_{ν} . Этот метод, примененный в работе [2], позволил измерить естественную ширину линии излучения, минимальная величина которой оказалась в этом эксперименте равной 0,06 μ . При измерении ширины линии таким методом встречаются трудности, связанные с необходимостью получения одночастотного режима, точного совмещения волновых фронтов излучения обоих ОКГ на фотодетекторе и стабилизации разности частот между двумя ОКГ, что требует применения сложной системы автоподстройки.

От указанных недостатков свободен способ, основанный на измерении ширины линии межмодовых биений одного ОКГ. Однако использование его в [3] не привело к измерению естественной ширины линии излучения из-за нестабильности биений, вызванной различными внешними и внутренними причинами. Для устранения этого недостатка в данной работе была применена синхронизация между продольными типами колебаний, полученная в результате модуляции фазы в электрооптическом кристалле. Кристалл размещался в резонаторе ОКГ и находился под воздействием электрического поля, частота которого равна частоте биений [4, 5]. Зависимость спектральной плотности флуктуаций частоты биений от частоты показана для этого случая на рис. 1 (кривая 2). При синхронизации низкочастотные флуктуации частот типов колебаний ОКГ коррелированы между собой, поэтому в линии биений они отсутствуют. Это и приводит на низких частотах к завалу S_{ν} . Однако, синхронизация является "инерционной" для высокочастотных флуктуаций. Частота, на которой кончается завал спектральной плотности флуктуаций частоты биений характеризует время установления синхронизации и определяется шириной ее полосы. В данном эксперименте лазер генерировал 3 типа колебаний. Можно показать, что S_{ν} биений в этом случае равна половине спектральной плотности флуктуаций частоты каждого из крайних типов колебаний (при равной мощности в них). Поэтому, измерив S_{ν} биений на высоких частотах, где она уже не зависит от частоты, можно найти спектральную плотность флуктуаций частоты крайних типов колебаний и определить их естественную ширину.

Как показано в [6] естественная ширина Δf линии излучения газового ОКГ связана с мощностью генерации в типе колебаний P и полосой пропускания резонатора $\Delta\nu$ следующим выражением:

$$\Delta f = \alpha \frac{(\Delta\nu)^2}{P},$$

где α — постоянная для данного типа лазера. В данном эксперименте P и $\Delta\nu$ выбирались таким образом, чтобы Δf было не менее 0,05 мк. Согласно теоретическим и экспериментальным работам [1, 7] естественная ширина линии генерации ламповых автогенераторов имеет величину меньше 10^{-5} мк. Следовательно, естественная ширина типов колебаний ОКГ используемого в данной работе на несколько порядков больше естественной ширины линии синхронизирующего генератора (который ра-

ботал на лампах 12С3С). Поэтому можно считать, что ошибка измерений, обусловленная естественной шириной линии синхронизирующего генератора пренебрежимо мала.

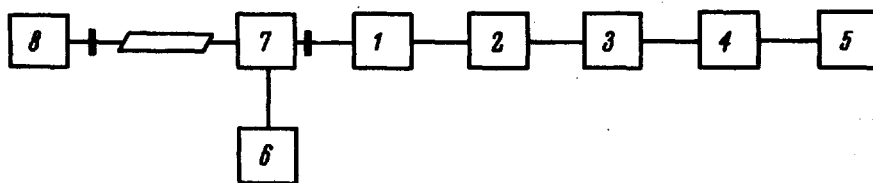


Рис. 2

Блок-схема установки показана на рис. 2. Излучение ОКГ, в котором была осуществлена синхронизация, поступало на фотодиод. Для увеличения отношения сигнала к шуму биения предварительно усиливались маломушмящим параметрическим усилителем 1, имеющим высокое входное сопротивление. С выхода параметрического усилителя сигнал подавался затем на основной усилитель 2, амплитудный ограничитель 3, частотный детектор 4 и низкочастотный селективный вольтметр 5, с помощью которого измерялась спектральная плотность флуктуаций частоты биений. Модулирующее напряжение от генератора 6 подавалось на модулятор 7. Количество типов колебаний контролировалось сканирующим интерферометром 8.

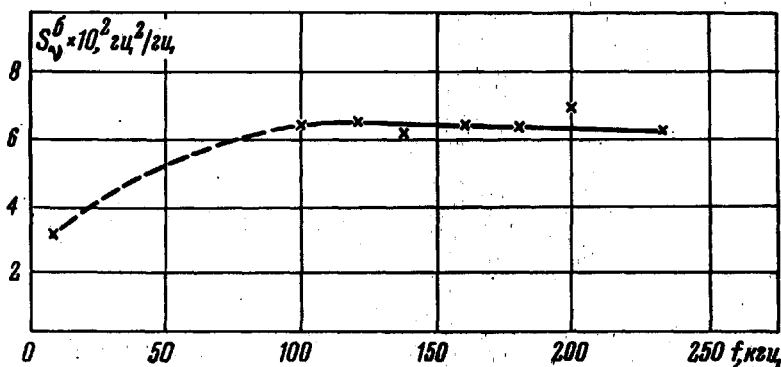


Рис. 3

В работе использовался стандартный лазер ЛГ-35, в котором одно из зеркал имело коэффициент отражения 95%, ОКГ генерировал на длине волны 0,63 мкм мощность в одном типе колебаний порядка нескольких десятков микроватт. Расстояние между продольными типами колебаний составляло 112 мкм.

Эксперимент проводился по следующей методике. В начале вольтметром 5 измерялось напряжение U_{ϕ} , которое было обусловлено сигналом с фотодиода. Затем ко входу параметрического усилителя 1 вместо фотодиода подключался генератор 6, причем амплитуда устанавливалась такая же, как с фотодиода в предыдущем измерении. В этом случае селективным вольтметром 5 измерялось шумовое напряжение $U_{ш}$, обусловленное шириной линии генератора 6 и собственными шумами параметрического усилителя. Это напряжение на частоте 200 кГц было в 4 – 5 раз меньше, чем напряжение U_{ϕ} . Значение напряжения $U_{окг}$, соответствующее естественной ширине линии ОКГ, определялось по формуле:

$$\overline{U_{окг}^2} = \overline{U_{\phi}^2} - \overline{U_{ш}^2}.$$

Одна из экспериментальных кривых приведена на рис. 3. Пунктиром изображена часть кривой снять которую не удалось из-за большой модуляции интенсивности излучения, связанной с шумами газового разряда и механическими вибрациями. Из этой кривой следует, что естественная ширина крайних типов колебаний равна 0,4 кГц.

Предложенный метод может использоваться при исследовании частотных флуктуаций газовых ОКГ.

Сибирский физико-технический
научно-исследовательский институт
г.Томск

Поступило в редакцию
7 августа 1968 г.
После переработки
9 сентября 1968 г.

Литература

- [1] И.Л.Бернштейн. Изв. АН СССР. Сер. физ., 14, 145, 1950.
- [2] Ю.И.Зайцев, Д.П.Степанов. Письма ЖЭТФ, 6, 733, 1967.
- [3] A. Javan, E. Ballic, W. Bond. JOSA, 52, 1, 96, 1962.
- [4] S. E. Harris, O. P. McDuff. JEEE J. of Quantum Electr, QE-1, 6, 245, 1965.
- [5] Ю.П.Егоров, А.С.Петров. Радиотехника и электроника, 12, 1469, 1967.
- [6] И.Л.Бернштейн, И.А.Андропова, Ю.И.Зайцев. Изв. высш.уч.зав., Радиофизика, 10, 59, 1967.
- [7] А.Н.Малахов. Флуктуации в автоколебательных системах, Изд. Наука, М., 1968.