

- [1] *Zeidler G.* Arch. Elek Übertrag., 1972, Bd 26, H. 12, S. 533—536.
 [2] *Борисов В. И., Карпенко В. А., Лебедев В. И.* ЖПС, 1979, т. 31, № 6, с. 972—976.
 [3] *Бойко Ю. Б., Забелло Е. И., Тихонов Е. А.* УФЖ, 1980, т. 25, № 6, с. 982—988.
 [4] *Арутюнян В. М., Джотян Г. П., Карменян А. В.* Изв. АН АрмССР. Физика. 1980, т. 15, № 5, с. 379—401.
 [5] *Arutunyan V. M., Djotyan G. P., Karmenyan A. V.* et al. Opt. Commun., 1981, v. 36, N 3, p. 227—228.
 [6] *Арутюнян В. М., Джотян Г. П., Карменян А. В., Меликсетян Т. Э.* Изв. АН СССР. Сер. физ., 1983, т. 47, № 12, с. 2415—2419.
 [7] *Арутюнян В. М., Джотян Г. П., Карменян А. В., Меликсетян Т. Э.* ЖТФ, 1983, т. 53, № 12, с. 2394—2396.
 [8] *Arutunyan V. M., Karmenyan A. V., Meliksetyan T. E.* Opt. Commun., 1984, v. 49, N 3, p. 195—197.
 [9] *Арутюнян В. М., Джотян Г. П., Карменян А. В.* и др. Изв. АН СССР. Сер. физ., 1986, т. 50, № 4, с. 633—639.

Ереванский государственный университет
 НИИ физики конденсированных сред

Поступило в Редакцию
 11 мая 1987 г.

Журнал технической физики, т. 58, в. 12, 1988

О ТРАНСФОРМАЦИИ СПЕКТРА СТОХАТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ АВТОГЕНЕРАТОРА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОТРАЖЕНИЙ

Б. П. Ефимов, К. А. Лукин, В. А. Ракитянский

Генератор стохастических колебаний (ГСК), как и любой другой источник, может работать в условиях неидеального согласования с нагрузкой. При этом на него действует отраженный сигнал, интенсивность которого определяется величиной коэффициента отражения от нагрузки и степени его затухания в передающей линии. Оказывается, что спектр излучаемого сигнала может претерпевать качественные изменения под действием даже весьма малых отраженных сигналов. В настоящей работе приведены результаты экспериментального исследования трансформации спектра, вызванной отраженным сигналом, и дана физическая трактовка наблюдаемых явлений.

Исследуемый ГСК представляет собой слабрезонансную ЛОВО с плавным управлением параметрами спектра излучаемого сигнала [1]. Генератор имеет два вывода энергии, к одному из которых на расстоянии L подключалась нагрузка с регулируемым коэффициентом отражения, а ко второму — измерительный тракт. Для регистрации спектров колебаний использовался панорамный анализатор спектра С4-60.

Поскольку выходной сигнал ГСК представляет собой электромагнитную волну со случайной амплитудой, фазой и непрерывным спектром частот, локализованном вблизи несущей, то исследуемые процессы удобно интерпретировать в рамках теории частично когерентных сигналов [2, 3]. Регулировка ширины спектра колебаний ГСК позволяет обеспечивать необходимое соотношение между длиной когерентности сигнала $l_c = V_g / \Delta f$ (V_g — групповая скорость) и фиксированным расстоянием L до нагрузки. Будем различать узкополосные ($\Delta f = V_g / L$) и широкополосные ($\Delta f \gg V_g / L$) стохастические сигналы. Для узкополосного сигнала $l_c \gg L$, а для широкополосного — $l_c \ll L$.

Исследования показали, что реакция ГСК на отраженный узкополосный стохастический сигнал полностью аналогична реакции генератора монохроматических колебаний. Отраженный сигнал изменяет комплексное сопротивление нагрузки, что приводит к небольшому изменению мощности и частоты генерируемых колебаний. Величины смещения частоты и мощности зависят от амплитуды и фазы отраженного сигнала на входе генератора. При этом спектр выходного сигнала остается неизменным.

Увеличение ширины спектра выходного сигнала до таких значений, при которых его длина когерентности становилась намного меньше L (широкополосный сигнал), приводит к качественно новой реакции ГСК на отраженный сигнал — спектр излучения приобретает периодическую модуляцию, причем период этой модуляции обратно пропорционален L .

Этот эффект представлен на рис. 1. Спектр широкополосного сигнала хорошо согласуется с нагрузкой (рис. 1, а). Введение достаточно большого отражения приводит к глубокой регулярной модуляции спектра (рис. 1, б). Уменьшение коэффициента отражения вызывает уменьшение глубины модуляции спектра, однако обнаруженный эффект наблюдался и при довольно слабом отраженном сигнале. В проведенном эксперименте модуляция спектра регистрировалась даже в том случае, когда общие потери отраженного сигнала составляли величину порядка 30 дБ. При этом изменения интегральной мощности генерации не происходит.

Для выяснения физической сущности обнаруженного эффекта следовало бы решить задачу о возмущении стационарного (в статистическом смысле) состояния ГСК слабым стохастическим сигналом. Однако соответствующая теория находится в стадии развития, и результаты о трансформации статистических характеристик колебаний ГСК под действием внешних хаотических сил отсутствуют.

Для объяснения причин появления периодической модуляции спектра можно предложить две физические модели.

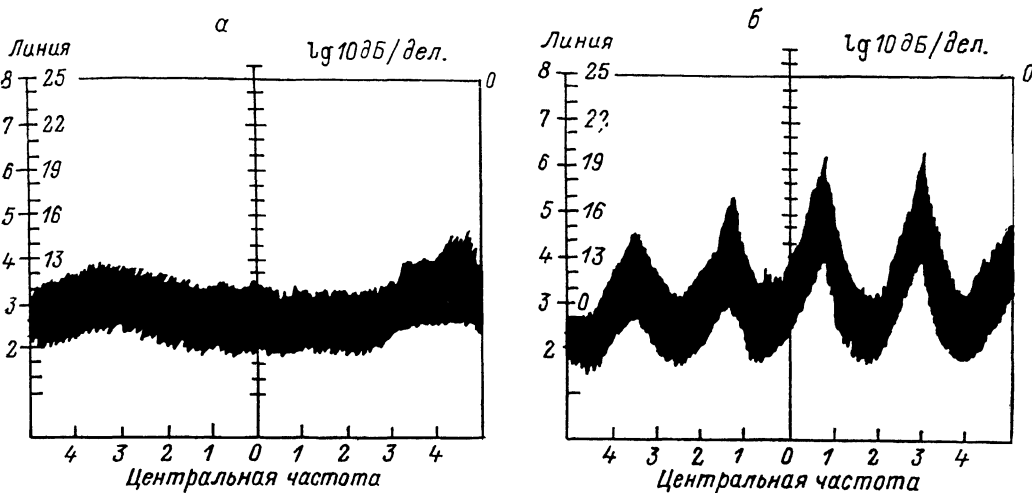


Рис. 1.

Отрезок линии передачи между выходом ГСК и нагрузкой представляет собой одномерный многомодовый резонатор с эквидистантным спектром собственных частот, расстояние между которыми равно

$$\Delta F = \frac{v}{2L}, \quad (1)$$

где v — фазовая скорость волны в линии.

Из-за слабых отражений и больших потерь в линии такой резонатор практически не проявляет резонансных свойств. Однако в рассматриваемом случае к одному из концов резонатора подключен активный элемент — ГСК, поэтому отражение происходит с усилением, что можно трактовать как внесение в систему отрицательных потерь, приводящих к повышению добротности резонансов. Для широкополосного сигнала из условия $l_c \ll 2L$ и выражения (1) можно получить соотношение $\Delta f \gg \Delta F$, которое означает, что ширина спектра в данном случае намного превышает расстояние между резонансными модами. Это позволяет трактовать наблюдаемый эффект модуляции спектра как своеобразную активную фильтрацию широкополосного сигнала ГСК описанной резонансной системой с гребенчатой амплитудно-частотной характеристикой.¹

Другая интерпретация использует представление об интерференции частично когерентных сигналов. Принимая во внимание малую величину отраженного сигнала, процесс его воздействия на ГСК можно разделить на две стадии: линейное усиление в ГСК отраженного сигнала независимо от генерируемого и их последующая интерференция в измерительном тракте. В случае узкополосного сигнала происходит когерентное сложение их интенсивностей,

¹ В отличие от пассивной фильтрации здесь происходит перераспределение энергии по спектру излучения.

то проявляется в виде модуляции выходной мощности с изменением расстояния L . Для широкополосного сигнала будет наблюдаться обратный эффект: интегральная мощность колебаний остается постоянной, но спектр результирующего сигнала, согласно [4], оказывается периодически промодулированным, причем период модуляции совпадает с (1).

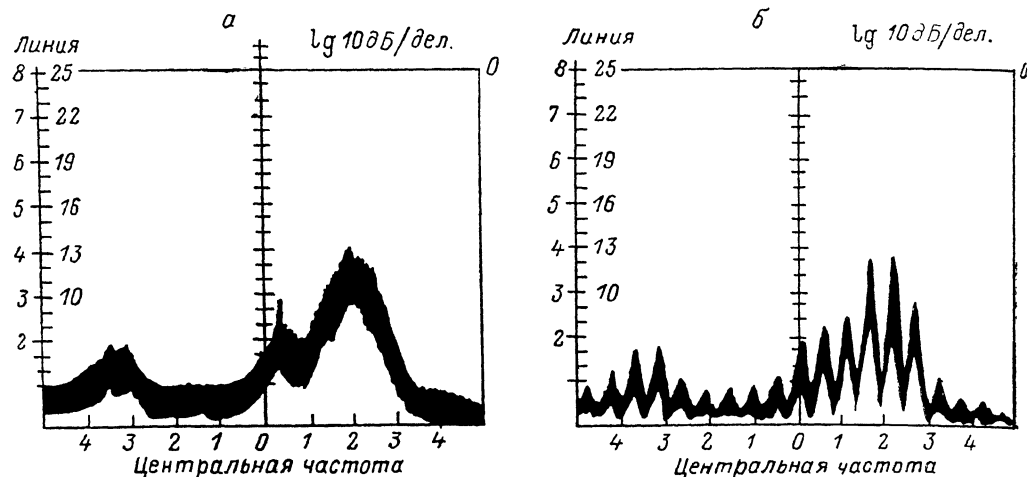


Рис. 2.

Результаты проведенного эксперимента по интерференции широкополосных некогерентных сигналов показаны на рис. 2 (*а* — спектр излучаемого, *б* — спектр суммарного сигнала). Расстояние между нулями в результирующем спектре обратно пропорционально L .

Отметим, что обе трактовки дают качественно одинаковый результат, что вполне естественно, так как резонансность является следствием интерференции.

Литература

- [1] Безручко Б. П., Булгакова Л. В., Кузнецов С. П., Трубецков Д. И. РиЭ, 1983, т. 28, № 6, с. 1136—1139.
- [2] Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973. 720 с.
- [3] Азманов С. А., Дьяков Ю. Е., Чиркин А. С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: Наука, 1981. 640 с.
- [4] Троицкий В. С. ЖТФ, 1955, т. 25, № 8, с. 1426—1435.

Институт радиофизики
и электроники АН УССР
Харьков

Поступило в Редакцию
16 июня 1987 г.

УЗКОПОЛОСНЫЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР НА ОДНОМОДОВОМ ВОЛОКОННОМ СВЕТОВОДЕ

С. Б. Коровин, В. Л. Смирнов, А. В. Шмалько

Частотное уплотнение каналов в волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС) позволяет существенно увеличить объем информации, передаваемой по одномодовому волоконному световоду (ОВС). Для этого применяют фильтры и демультиплексоры с высоким разрешением, малыми вносимыми потерями и перекрестными помехами, которые выполнены на основе оптических волноводов с периодически изменяющимися параметрами [1]. Оптимальными являются фильтры, выполненные на самом ОВС. Возможность реализации фильтров такого типа рассматривалась в работах [2–4]. Однако в волноводных фильтрах, полученных за счет