

УДК 538.563:621.373.7

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ  
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КВАНТОВАТЕЛЯ ФАЗЫ****С. И. Гасанов, В. П. Комолов, И. Т. Трофименко***(кафедра радиофизики СВЧ)*

Известно, что параметрический квантователь фазы (ПКФ) может применяться в качестве входного устройства высокочувствительного узкополосного приемника слабых радиосигналов с цифровой обработкой. Принцип его действия подробно описан в [1]. Основным источником внутренних помех «идеального» ПКФ является тепловой шум последовательного сопротивления варикапа, среднеквадратичное напряжение которого, измеренное в контуре квантователя в предосцилляционный период, равно  $\sigma = \sqrt{kT/C}$  ( $k$  — постоянная Больцмана,  $T$  — абсолютная температура перехода,  $C$  — средняя емкость варикапа). Здесь предполагается, что периодический запуск ПКФ осуществляется путем полного отключения источника накачки, при этом можно считать, что до регенерации колебательный контур ПКФ находится в тепловом равновесии с окружающей средой. Чувствительность ПКФ к входному гармоническому синхронному сигналу в этом случае определяется так:

$$\Delta h \simeq \Delta P = \Phi [A_c / (\sigma \sqrt{2})], \quad (1)$$

где  $\Delta P$  — разность вероятностей, а  $\Delta h$  — экспериментально измеряемая разность относительных частот фаз «0» и «л» ПКФ,  $A_c$  — амплитуда входного сигнала в контуре ПКФ,  $\Phi$  — интеграл вероятностей.

Однако практически реализация потенциально высокой чувствительности ПКФ требует принятия ряда специальных мер схемного характера и выбора определенного режима работы.

Снижение реальной чувствительности ПКФ обусловлено в первую очередь возбуждением в контуре «ударных» колебаний радиоимпульсом накачки и наличием в контуре электрического сигнала накачки. Помехи этого рода можно снизить при использовании балансных схем ПКФ и колоколообразных радиоимпульсов накачки с дополнительной режекцией спектральных компонент, близких по частоте к субгармонике [1].

Другой причиной аппаратурного характера является проникновение в контур вспомогательного опорного сигнала фазового детектора, являющегося необходимой частью системы регистрации выходного сигнала ПКФ. В данной работе в схеме фазового детектора использовалось импульсное стробирование, позволившее полностью устранить эту помеху.

Наконец, еще одним фактором, ограничивающим реальную чувствительность ПКФ (его помехоустойчивость), является сравнительно низкое быстродействие ПКФ с радиоимпульсной накачкой, что, в свою очередь, обусловлено наличием так называемой переходной помехи — влиянием остаточных затухающих колебаний субгармоники после окончания радиоимпульса накачки. Согласно теореме Котельникова, потери информации при квантовании слабого узкополосного сигнала отсутствуют, если дискретные выборки следуют с частотой модуляции  $f_m = \Delta f = f/Q$  ( $Q$  — добротность нерегенерированного контура,  $\Delta f$  — его

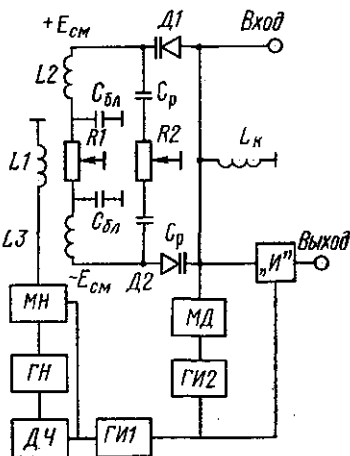
полоса пропускания,  $f$  — средняя частота). На практике реализовать такую частоту выборок для слабых сигналов не удастся именно из-за переходной помехи, упомянутой выше.

Для оценки максимального быстродействия реального ПКФ с П-образной модуляцией накачки предположим, что нарастание параметрических колебаний в контуре происходит по экспоненте с показателем  $(-1/(2Q) + m)\omega t$  ( $m$  — коэффициент модуляции емкости контура), а затухание переходной помехи — по экспоненте с показателем вида  $-\omega t / (2Q)$ . Период следования выборок  $T_m = 1/f_m$  определяется суммой времен достижения некоторого уровня параметрических колебаний  $A$ , близкого к стационарному, и спада переходной помехи до уровня  $A_0$ , лежащего ниже уровня шумов. Минимум  $T_m$  достигается при  $Q = 2/m$ . Конкретные условия, характерные для эксперимента, приводят к следующей оценке:  $m \approx 0,15$ , соответственно  $Q \approx 15$ ,  $a = A/A_0 \approx 10^8$ . Отсюда  $f_m = \pi f / (2Q \ln a) \approx 0,06 \Delta f$ , т. е. по крайней мере на порядок меньше потенциально необходимой частоты выборок.

Применение «параметрического гашения» с помощью небольшого дополнительного непрерывного сигнала накачки, противофазного основному (радиоимпульсному) сигналу накачки, позволяло довести частоту выборок до величины порядка  $(0,25 \div 0,3) \Delta f$ .

Значительно ускорить затухание переходной помехи и увеличить частоту выборок удастся путем дополнительной модуляции добротности контура — значительного ее снижения на короткое время в паузе. Этот способ был экспериментально проверен в данной работе на модели ПКФ радиочастотного диапазона, схема которого изображена на рисунке. Балансный контур содержит два идентичных варикапа  $D1$  и  $D2$  и катушку индуктивности  $L_k$ . Источники смещения  $E_{см}$  обеспечивают выбор рабочей точки варикапов. Радиоимпульсы накачки с П-образной огибающей поступают от опорного источника непрерывных колебаний  $ГН$  через амплитудный манипулятор  $МН$ . Противофазный режим питания варикапов обеспечивается соответствующим включением катушек  $L1$ ,  $L2$  и  $L3$ , намотанных на кольцевом сердечнике. Блокировочные ( $C_{бл}$ ) и разделительные ( $C_p$ ) конденсаторы разделяют цепи балансировки постоянного и переменного тока в контуре. Сигнал опорного генератора  $ГН$  после деления частоты в четное число раз (делитель  $ДЧ$ ) используется для модуляции накачки и запуска двух генераторов импульсов  $ГИ1$  и  $ГИ2$ . Короткие импульсы с выхода  $ГИ1$  длительностью несколько меньшей полупериода субгармоники поступают на схему совпадений («И»), которая используется в качестве селектора квантованных фаз ПКФ. Модулятор добротности  $МД$  выполнен на полевом транзисторе с изолированным затвором, канал которого подключен параллельно контуру ПКФ; управляющий сигнал с выхода генератора  $ГИ2$  подается между затвором и подложкой транзистора.

Симметричный монтаж схемы квантователя, тщательная экранировка и наличие двух регулировок баланса (по напряжению смещения — потенциометр  $R1$ , по сигналу накачки —  $R2$ ) позволили снизить уровень аппаратурных помех до величины порядка одной десятой доли



микровольта. Кривая обнаружения при этом практически совпадает с теоретической (1).

Применение модулятора добротности позволило уменьшить период квантования больше чем на порядок (с величины  $\sim 10^3$  до  $40\div 60$  периодов субгармоники).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Комолов В. П., Трофименко И. Т. Квантование фазы при обнаружении радиосигналов. М.: Сов. радио, 1976.

Поступила в редакцию  
15.07.83

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1984, т. 25, № 3

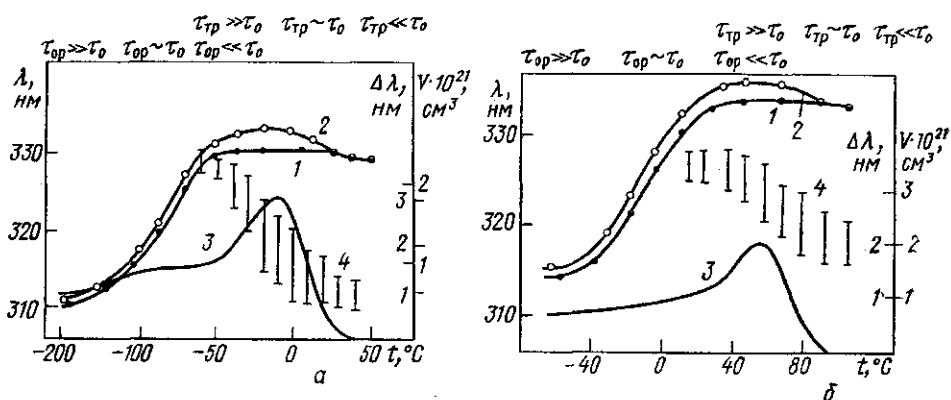
УДК 535.37:539.283

## ЗАВИСИМОСТЬ ДЛИННОВОЛНОВОГО КОНЦЕНТРАЦИОННОГО СМЕЩЕНИЯ СПЕКТРОВ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МОЛЕКУЛ ОТ ПРИРОДЫ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫХ РЕЛАКСАЦИЙ В РАСТВОРАХ

Б. Д. Рыжиков, Л. В. Левшин, Н. Р. Сенаторова, Ю. Р. Павленко

(кафедра общей физики для физического факультета)

Длинноволновое концентрационное смещение спектров люминесценции (ДКССЛ) [1, 2], возникающее (при отсутствии физико-химических превращений в растворах) в результате направленной миграции энергии электронного возбуждения по системе примесных центров, является одним из экспериментальных проявлений спектральной неоднородности среды относительно процесса стационарной люминесценции. Для жидких растворов органических соединений в индивидуальных растворителях механизм межмолекулярных релаксаций, способных вызвать ДКССЛ, до настоящего времени не определен, хотя это явление неоднократно наблюдалось в растворах красителей (см., например, [3]). В настоящей работе с целью выяснения природы таких релаксаций было проведено исследование зависимости ДКССЛ этанольных растворов бензокарболина (БК) от температуры.



Температурные зависимости положения максимумов спектров люминесценции разбавленного (1) и концентрированного (2) растворов БК, а также ДКССЛ (3) и объема молекул растворенного вещества с их сольватными оболочками  $V$  (4) в этаноле — а и глицерине — б;  $\tau_{op}$  — длительность ориентационных,  $\tau_{tr}$  — длительность трансляционных релаксаций растворителя в сольватных оболочках молекул растворенного вещества,  $\tau_0$  — среднее время жизни возбужденного синглетного состояния молекул БК. Значения  $V$  приведены по работе [6]