

и направляется на счетный блок, в качестве которого в наших экспериментах использовался частотомер ЧЗ-33. Сигнал частоты f колебаний вала снимается с индуктивного датчика — отметчика оборотов. Качество юстировки оптической системы оценивается по виду доплеровского сигнала на экране осциллографа С1-16, на второй вход которого подается сигнал частоты колебаний вала. Величина амплитуды колебаний (прогиба) подсчитывается по формуле (5).

Описанное устройство не требует специальной виброзащиты, так как точность измерений не зависит от посторонних вибраций фундамента, что делает его пригодным для точных измерений в промышленных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Н. Дубнищев и др. Измерение линейной скорости движения тела с помощью оптического эффекта Доплера.— «Опт. и спектр.», 1973, т. 34, вып. 3.
2. Ю. Н. Дубнищев и др. Измерение скорости в потоке жидкости с использованием оптического эффекта Доплера.— «Автометрия», 1969, № 6.
3. Ю. Г. Василенко и др. Лазерный доплеровский измеритель скорости с применением интерферометра Фабри — Перо.— «Автометрия», 1971, № 3.
4. Ю. Н. Дубнищев и др. Измерение параметров турбулентных потоков с помощью лазерного доплеровского измерителя скорости.— «Автометрия», 1971, № 1.
5. М. Е. Левит, В. П. Ройзман. Вибрация и уравнивание роторов авиадвигателей. М., «Машиностроение», 1970.
6. В. А. Костомахин. Измеритель перемещений ИП-5К для балансировки роторов.— В кн.: Теория и практика балансировочной техники. Под ред. В. А. Щепильникова. М., «Машиностроение», 1973.
7. В. И. Иванов. Измерительная аппаратура и приборы с сейсмическими и параметрическими датчиками для измерений перемещений и прогибов валов турбомашин.— В кн.: Теория и практика балансировочной техники. Под ред. В. А. Щепильникова. М., «Машиностроение», 1973.
8. ГОСТ 2789—59. Шероховатость поверхности.

*Поступило в редакцию 3 декабря 1973 г.;
окончательный вариант — 20 мая 1974 г.*

УДК 621.375.826

В. А. ХАНОВ, А. П. ШЕБАНИН
(Новосибирск)

СТАБИЛИЗАЦИЯ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ОКГ ПРИ ПОМОЩИ ТОНКОСЛОЙНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО АТТЕНЮАТОРА

Необходимость повышения стабильности мощности излучения оптических квантовых генераторов (ОКГ) вызвана прежде всего решением задач прикладного характера (измерение коэффициентов пропускания и поглощения вещества, голография). Флюктуации выходной мощности промышленных ОКГ, используемых для этих целей, обычно достигают 10—15% и являются следствием изменения длины и добротности резонатора при его тепловых деформациях, воздействия акустических и механических вибраций, нестабильности параметров плазмы активной среды, конкуренции генерируемых мод и т. д. Уменьшение действия возмущающих факторов приводит к повышению стабильности мощности излучения ОКГ. Однако такой путь эффективен только при дополнительном использовании систем стабилизации с обратными связями, в которых сигнал, пропорциональный отклонению мощности излучения от стабилизируемого значения, воздействует на регулирующий элемент ОКГ и подстраивает его выходную мощность.

Предложенные ранее способы стабилизации мощности излучения предполагают управление ею либо за счет изменения усиления активной среды [1, 2], либо использования внешнего оптического аттенюатора [3, 4]. Для ОКГ с малой выходной мощностью последний способ является наиболее оптимальным, но из-за большого рассеяния энергии в аттенюаторе (например, кристалле КДР) он практически не реализуем для ОКГ большой мощности.

При стабилизации мощности излучения ОКГ за счет изменения усиления активной среды используется зависимость выходной мощности от тока возбуждения или величины неоднородного магнитного поля, в которое помещается активная среда. Так как ха-

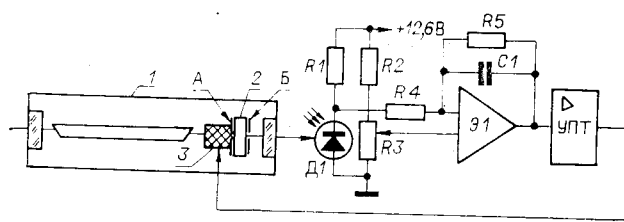


Рис. 1.

мощностью через источник возбуждения активного элемента (сильноточные аргоновые ОКГ, твердотельные ОКГ непрерывного действия с оптической накачкой и т. д.), а конструкция активного элемента исключает возможность наложения магнитного поля.

В настоящей работе описывается новый способ стабилизации мощности излучения ОКГ, заключающийся в компенсации действия дестабилизирующих факторов за счет изменения потерь, вносимых в резонатор поглощающей и рассеивающей пленкой [5]. Блок-схема устройства, реализующего этот способ, приведена на рис. 1 и содержит фотоприемник Д1, операционный усилитель Э1, высоковольтный усилитель постоянного тока (УПТ) и стабилизируемый ОКГ 1. Внутри резонатора ОКГ перпендикулярно его оси установлена прозрачная пластина 2, одна сторона А которой просветлена, а на другую Б нанесено поглощающее покрытие. Пластина закреплена на пьезо-керамике 3, подключенной к выходу УПТ.

Изменение полных потерь на два прохода в резонаторе, вызванное смещением пленки, можно выразить через ее параметры [5]:

$$a = a_0 + t + F \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 (\Delta l)^2,$$

где $a_0 + t$ — минимальные потери в резонаторе за два прохода, включающие пропуска-

ние зеркал t ; $F = \frac{4A_1^2}{TA_2}$ — фактор резкости; A_1 — коэффициент поглощения света пленкой в бегущей волне, падающей на ту сторону пленки, которая в резонаторе обращена к активной среде; A_2 — то же, что и A_1 , но при падении света с противоположной стороны; Δl — расстояние от пленки до узловой поверхности.

Если поглощающая или рассеивающая пленка находится в узле электрического поля стоячей волны какого-либо типа колебаний, то она вносит в него минимальные потери, входящие в величину a_0 и составляющие 0,6—0,8%. При смещении пленки из этого положения потери растут и добротность данного типа колебаний падает. Вблизи зеркала узловые поверхности различных типов колебаний близки одна к другой. Поэтому если пленка расположена на расстоянии 1—3 мм от зеркала, то независимо от количества типов колебаний, возбуждаемых в резонаторе, зависимость мощности излучения от положения пленки имеет вид, изображенный на рис. 2. Если же это расстояние больше 3 мм, то та же самая пленка может быть использована для селекции типов колебаний резонатора, причем характер зависимости мощности излучения в одностороннем режиме генерации аналогичен изображенному на рис. 2.

В исходном состоянии пленку устанавливают так, что она вносит некоторые неминимальные потери (т. е. в формуле $\Delta l \neq 0$). При изменении мощности излучения из-за изменений параметров накачки, разъюстировки резонатора и т. д. напряжение на выходе фотоприемника Д1 изменяется и на выходе операционного усилителя Э1 появляется сигнал ошибки, который усиливается высоковольтным УПТ и подается на пьезо-керамику 3. При этом пленка смещается. Потери, вносимые ею, изменяются таким образом, что мощность излучения возвращается к начальному состоянию.

Значение стабилизируемой мощности излучения ОКГ будет не максимальным, но это является неизбежным условием работы любых других устройств стабилизации. Такие устройства должны поддерживать постоянную выходную мощность при воздействии неблагоприятных факторов, и, следовательно, должен быть некоторый резерв мощности, чтобы скомпенсировать действие этих факторов. Например, в [1] резерв мощности составляет не менее 10% от максимально-

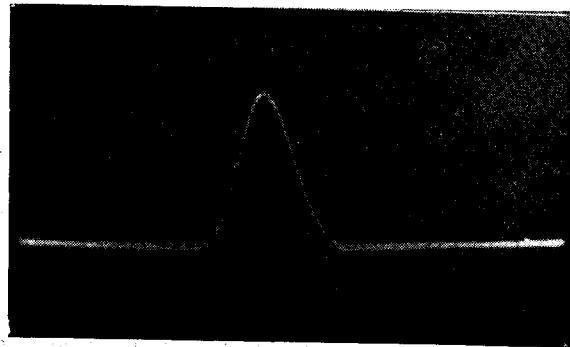


Рис. 2.

рактер этих зависимостей из-за изменения состава рабочей смеси со временем меняется, то стабильность выходной мощности будет невелика. Кроме того, способ стабилизации за счет изменения усиления активной среды не может обеспечить постоянство мощности излучения ОКГ, параметры цепи накачки которых не позволяют управлять выходной

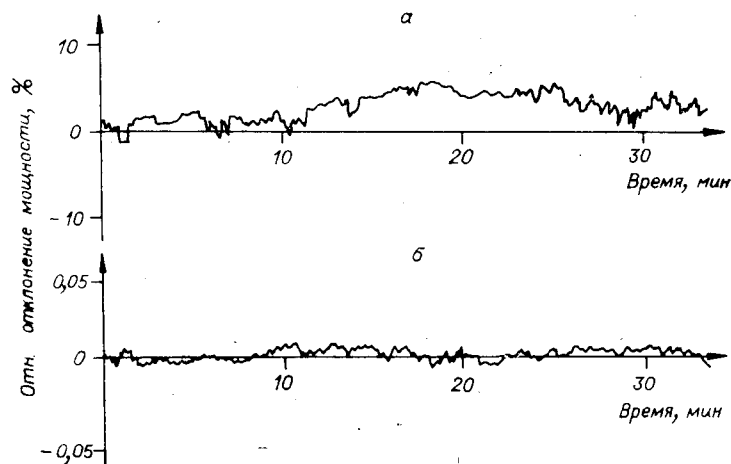


Рис. 3.

го значения. Улучшение конструкции резонатора и увеличение стабильности источника питания лазера, по-видимому, позволило бы снизить резерв мощности до 4—5%. В этом случае уровень стабилизируемой мощности составит 95—96% от максимальной.

Экспериментальная проверка возможностей нового способа стабилизации мощности излучения осуществлялась на гелий-неоновом ОКГ с $\lambda=0,63$ мкм. Длина резонатора, образованного плоским и сферическим ($R=2$ м) зеркалами, составляла 1,5 м. Газоразрядная трубка ОКГ герметизировалась окнами, расположенными под углом Брюстера. Для срыва генерации на конкурирующем переходе с $\lambda=3,39$ мкм использовалась метановая ячейка. Вблизи плоского зеркала перпендикулярно оси резонатора устанавливалась кварцевая пластина, одна сторона которой просветлена, а на другую нанесен тонкий поглощающий слой никеля.

Пленка имела следующие параметры: $T=0,806$, $A_1=0,157$, $A_2=0,187$. Пластина закреплялась на пьезокерамическом элементе из материала ЦТС-19, имеющем длину 28 мм, наружный диаметр 18 мм и статистический коэффициент удлинения $3,7 \cdot 10^{-3}$ мкм/В. Максимальная мощность излучения ОКГ в ТЕМ₀₀₁ моде равнялась 10 мВт, что составляет 95% от полной мощности до внесения пленки. Излучение ОКГ регистрировалось фотодиодом Д1 типа ФД-7К, а в качестве операционного усилителя Э1 использовалась микросхема 1УТ401Б ($R_5/R_4=10^2$, $C_1=0,1$ мкф). Динамический диапазон выходного напряжения УПТ составлял ± 350 В, коэффициент усиления $K=2 \cdot 10^3$. Принципиальная схема высоковольтного УПТ приведена в [6].

На рис. 3, а в качестве иллюстрации показано изменение выходной мощности стабилизируемого ОКГ с разомкнутой обратной связью цепи регулирования (постоянная времени самописца 3 с), а на рис. 3, б — с замкнутой связью (масштаб по вертикали увеличен в 200 раз). Использование тонкослойного металлического поглощающего аттенюатора для стабилизации мощности излучения ОКГ позволило уменьшить уровень флюктуаций выходной мощности до $\pm 0,012\%$. Долговременная стабильность мощности (за несколько часов) была на порядок хуже. Это объяснялось в основном сравнительно большим температурным дрейфом операционного усилителя Э1. Специальных мер по уменьшению этого дрейфа нами не предпринималось.

В заключение следует отметить, что нестабильность мощности излучения ОКГ, использующих тонкослойный металлический поглощающий аттенюатор в качестве регулирующего элемента, не зависит от изменений состава рабочей смеси. Поэтому такой способ стабилизации может обеспечить неизменную мощность излучения в отпаянных системах газовых ОКГ, состав рабочей смеси в которых к концу срока работы активного элемента меняется в значительной степени. Кроме того, этот способ может быть использован для стабилизации выходной мощности промышленных ОКГ при условии замены зеркала резонатора оптическим блоком, содержащим это же самое зеркало и металлическую пленку, нанесенную на кварцевую подложку, укрепленную на пьезокерамике. Конструкция оптического блока аналогична описанному в [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Хансен, Роджерс, Тома. Стабилизация мощности одночастотного гелий-неонового лазера.— «Приборы для науч. исслед.», 1968, № 6.
2. Франке. Использование эффекта Зеемана для стабилизации уровня мощности выходного излучения гелий-неонового лазера.— «Приборы для науч. исслед.», 1973, № 10.

3. Э. С. Воронин, Ю. А. Ильинский, В. Е. Прокопенко, В. С. Соломатин, Г. С. Старков. Уменьшение флюктуаций выходной мощности He—Ne газового лазера.— «ПТЭ», 1971, № 5.
4. K. Sakurai, Y. Mitsuhashi, T. Honda. Alaser microcalorimeter.— "IEEE Trans. Instrum. Meas.", 1967, vol. 16, p. 212.
5. Ю. В. Троицкий. Метод введения малого калиброванного затухания в оптический резонатор.— «Опт. и спектр.», 1968. т. 25, № 1.
6. Г. Ф. Малышев, Ю. В. Троицкий, В. А. Ханов, В. П. Хюппенен. Стабилизированный одночастотный гелий-неоновый лазер.— «Автоматика», 1972, № 5.

Поступило в редакцию 27 февраля 1975 г.

УДК 621.374.539.4

В. П. БЕССМЕЛЬЦЕВ, В. Н. БУРНАШОВ, В. В. ВОРОБЬЕВ
(Новосибирск)

ВЫЧИТАТЕЛИ ЧАСТОТ НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

При работе с частотными датчиками, например с интерферометрами лазерных измерителей перемещений, часто возникает необходимость в получении разности двух частот и интеграла по времени от этой разности. Разность частот обычно получают с помощью вычитателей частот, а интеграл от этой разности — с помощью реверсивного счетчика.

Известно много способов вычитания частот [1—6]. Наиболее часто используется схема вычитания частот, описанная, например, в [4], вследствие ее простоты и достаточной надежности. Она состоит из схемы исключения совпадающих импульсов (СИС) и схемы исключения чередующихся импульсов (СИЧ), называемой иногда «дискретным фильтром» [4]. Основная функция первой схемы — исключение возможности появления совпадающих импульсов на ее выходах — может выполняться «привязкой» входных импульсов к двум последовательностям несовпадающих тактовых импульсов, временным сдвигом одного вида совпадающих импульсов, например опорных (имеющих постоянную частоту следования), или, наконец, просто исключением пар совпадающих импульсов.

Схема вычитания частот, в которой используется СИЧ, выполненная только на потенциальных логических элементах, описана в [5]. Для исключения совпадающих импульсов используются два элемента памяти. При этом входные импульсы либо считаются совпадающими, либо отстают друг от друга на время, равное целому числу периодов тактовой частоты, а максимальное значение последней равно 3—4 МГц для узла вычитания, выполненного на микросхемах серии 133.

Более простым оказывается вычитатель частот, схема которого приведена на рис. 1. В этом вычитателе используется СИЧ, описанная в [5]. Импульсы, поступающие на входы 1 и 2 вырабатываются на выходах формирователей (элементы 1 и 2, 3 и 4) отрицательные импульсы стандартной длительности, которые через инверторы

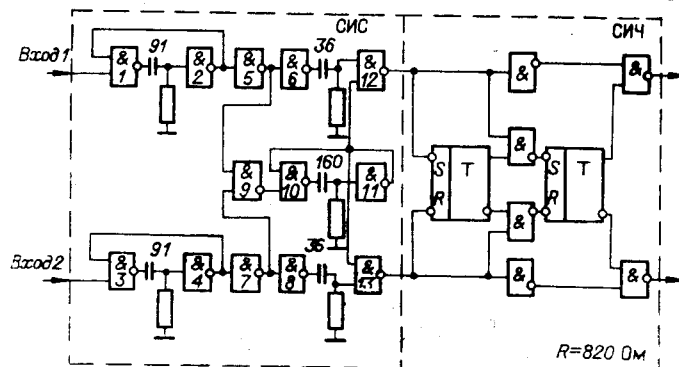


Рис. 1.