

УДК 621.378

О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ КВАНТОВОГО ГЕНЕРАТОРА НА ПАРАХ Rb^{87}

А. И. Пухтелев, Г. В. Обыденнов

Проведены исследования зависимости выходной мощности квантового генератора на парах Rb^{87} от напряженности продольного и поперечного магнитного поля, а также от расстройки резонатора. Исследуется возможность настройки частоты генератора на частоту атомного перехода.

Квантовый генератор на парах Rb^{87} является одной из самых последних разработок среди квантовых генераторов [1-3]. Создание эталона частоты на основе этого генератора требует всестороннего анализа его характеристик. В связи с этим нами исследовались некоторые энергетические характеристики квантового генератора на парах Rb^{87} и настройка частоты генератора на частоту атомного перехода по максимуму выходной мощности.

Основу генератора составлял отпаянный вакуумноплотный резонатор на частоте 6835 Мгц с типом колебаний TE_{021} и добротностью $5 \cdot 10^4$, содержащий Rb^{87} и азот при давлении 11 мм рт. ст. и находящийся при температуре около 60°C [3]. Резонатор помещался в катушки Гельмгольца, и его ось ориентировалась по горизонтальной составляющей земного магнитного поля. С помощью катушек можно было менять как величину, так и направление поля в объеме резонатора.

На рис. 1 приводятся полученные кривые зависимости мощности генерации от величины продольной составляющей напряженности магнитного поля при различных значениях поперечной. Кривые практически симметричны относительно знака поля.

При полной компенсации вертикальной составляющей земного поля генерация возникает при величине горизонтальной составляющей около 0,05 эрст (эта величина определяется неточностью компенсации и неоднородностью поля по резонатору), и с ее увеличением наблюдается резкий подъем мощности. В области 0,5—2 эрст мощность практически не меняется, а в дальнейшем

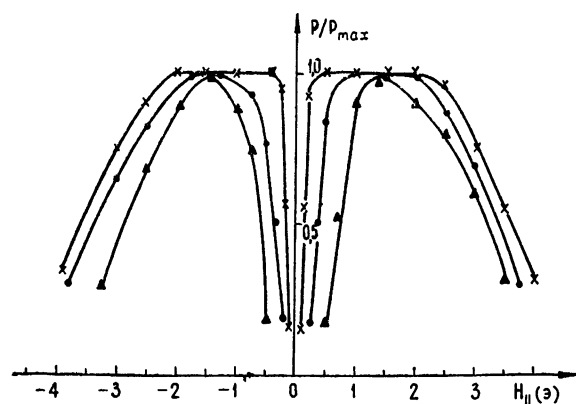


Рис. 1. Зависимость мощности генерации от продольной составляющей магнитного поля:

××× — при полной компенсации поперечной составляющей;
 ●● — при $H_{\perp} = 0,25$ эрст; ▲▲ — при $H_{\perp} = 0,5$ эрст;
 $P_{\max} = 5 \cdot 10^{-10}$ вт.

наступает медленный спад. С ростом поперечной составляющей наблюдается более плавная зависимость от поля, причем генерация начинается

при больших его значениях, а срывается при меньших. Эта зависимость от поля объясняется тем, что с ростом его поперечной составляющей смещается ось квантования относительно оси резонатора на угол $\theta = \text{arctg}(H_{\perp}/H_{\parallel})^*$. Поэтому с увеличением H_{\perp} он уменьшается, следовательно, увеличивается энергия, отдаваемая атомами резонатору на частоте перехода

$$F = 2, \quad m_F = 0 \leftrightarrow F = 1, \quad m_F = 0.$$

Однако, одновременно с увеличением поля происходит уширение линии атомного перехода, которое и приводит к спаду мощности генерации при больших полях.

На рис. 2 представлена зависимость выходной мощности генератора от расстройки резонатора. С ее увеличением мощность генерации падает и при 78 кГц происходит срыв колебаний. По моменту срыва генерации можно легко оценить [4] минимальное значение добротности резонатора, необходимое при данных условиях для поддержания колебаний

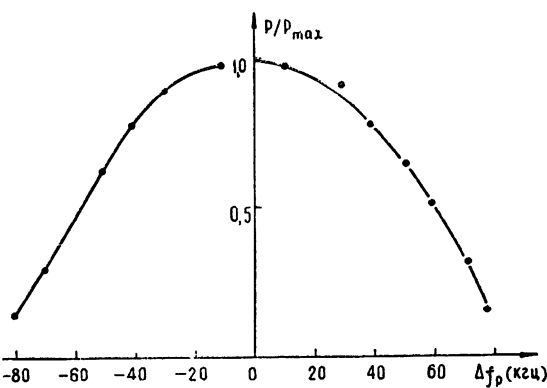


Рис. 2. Зависимость мощности генерации от расстройки резонатора $\Delta f_p = f_{pг} - f_p$.

$$Q_{p \min} = \frac{Q_p}{1 + \left(\frac{\Delta f_p Q_p}{f_p}\right)^2} = 38 \cdot 10^3.$$

Исследовалась также настройка частоты генератора на частоту атомного перехода по максимуму его выходной мощности. В связи с этим была измерена зависимость выходной мощности генератора от его частоты, которая изменялась путем расстройки резонатора [5]. При этом измерялись как частота, так и мощность генерации. Полученная зависимость может быть аппроксимирована функцией

$$P = \frac{P_{\max}}{1 + (\Delta f/70)^2},$$

где $\Delta f = f_{pг} - f_{\lambda}$, $f_{pг}$ — частота рубидиевого генератора, $f_{\lambda} = 6834,7$ МГц — частота спектральной линии перехода $F = 2, m_F = 0 \leftrightarrow F = 1, m_F = 0$ в Rb⁸⁷. Следовательно, максимально возможная погрешность воспроизведения частоты рубидиевого генератора δ при настройке по максимуму его выходной мощности равна $\delta = 10^{-8} \sqrt{\alpha}$, где α — относительная погрешность измерения мощности.

Для $\alpha \sim 0,02$ имеем $\delta \sim 1,4 \cdot 10^{-9}$. Экспериментально была получена воспроизводимость частоты порядка $5 \cdot 10^{-10}$. Величина полученной воспроизводимости частоты вполне удовлетворительна и доказывает возможность использования данного метода для настройки частоты рубидиевого генератора.

* H_{\parallel} — продольная составляющая поля, H_{\perp} — поперечная.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. Davidovits, R. Novick, Proc. IEEE, 54, № 2, 62 (1966).
2. Г. М. Хапланов, В. Д. Бикетов, А. И. Волкова, Г. И. Лукошкова, Е. Н. Базаров, Радиотехника и электроника, 13, № 1, 165 (1968).
3. Б. П. Фатеев, А. А. Ульянов, А. И. Пихтелев, Г. В. Обыденнов, М. П. Беспалова, А. Д. Миришли, Н. М. Еремина, Вопросы радиоэлектроники, 4, № 4, 118 (1968).
4. В. В. Григорьянц, М. Е. Жаботинский, В. Ф. Золин, Квантовые стандарты частоты, изд. Наука, М., 1968.
5. А. Н. Ораевский, Молекулярные генераторы, изд. Наука, М., 1964.

Поступила в редакцию
17 сентября 1968 г.

SOME CHARACTERISTICS OF LASER ON Rb⁸⁷ VAPOURS

A. I. Pikhtelev, G. V. Obydenov

The dependence of the output power of Rb⁸⁷ vapour laser on the intensity of longitudinal and transverse magnetic field and on the resonator detuning is investigated. The possibility is studied to tune the laser frequency on the atom transition frequency.
