

ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛЯ РЕЗОНАТОРА НА ПРЕДЕЛЬНУЮ МОЩНОСТЬ ГИРОТРОНА*

Ю. В. Быков, А. Л. Гольденберг

Известно [1], что в гиротронах на основном циклотронном резонансе при увеличении рабочего тока сверх некоторой определенной—оптимальной—величины начинается падение КПД, а затем и выходной мощности вследствие перегруппировки электронов под действием излишне сильного высокочастотного поля. Режимы с высоким КПД могут быть смещены в сторону больших значений тока 1) подбором такого радиуса электронного потока в резонаторе, при котором электроны взаимодействуют с относительно слабым высокочастотным полем; 2) уменьшением добротности резонатора. Однако возможности первого метода ограничены из-за опасности самовозбуждения паразитных колебаний и волн, а добротность резонатора Q ограничена снизу величиной [2, 3]

$$Q_{\min} \sim 4\pi (L/\lambda)^2, \quad (1)$$

где L — эффективная протяженность поля в резонаторе. Оптимальная длина L , при которой может быть реализован режим максимального КПД, зависит от напряжения электронного потока и обычно в несколько раз превышает длину волны генерируемого излучения [4–7].

С учетом ограничения (1) в гиротронах большой мощности выгоднее использовать резонаторы, длина которых меньше оптимальной. Это объясняется тем, что с уменьшением L/λ КПД гиротрона снижается довольно медленно [1, 6], а предельная добротность Q_{\min} существенно уменьшается. Существует, однако, еще одна возможность повышения КПД в гиротроне с большими токами, или, что то же самое, повышения оптимального тока при заданном КПД.

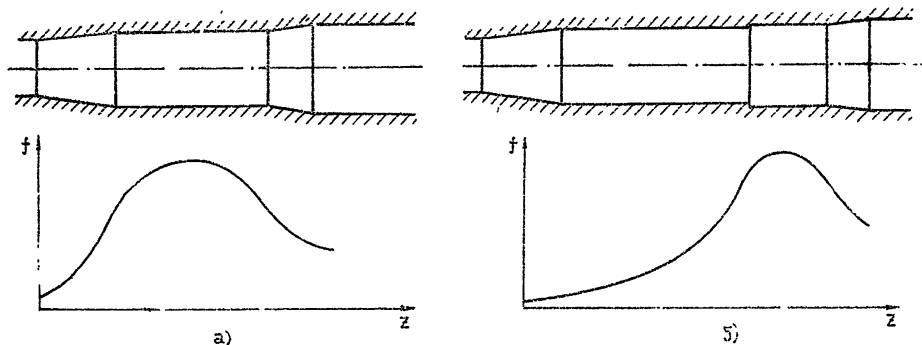


Рис. 1.

Эта возможность связана с тем, что КПД и выходная мощность гиротрона как функции электронного тока зависят от вида продольного распределения высокочастотного поля в резонаторе [4, 5, 7]. В резонаторе обычного для гиротронов типа [2] (рис. 1 а) поле, основная часть которого сосредоточена на отрезке регулярного цилиндрического волновода, имеет распределение, хорошо аппроксимируемое гауссовой функцией. КПД таких гиротронов может, в принципе, превышать 70% [1, 4–6]. Однако режимы с высоким КПД реализуются при относительно невысоких уровнях тока, так как группировка электронов и отбор у них энергии происходят в высокочастотных полях одного порядка. Более выгодное распределение поля может быть реализовано в резонаторе, состоящем из двух отрезков круглых волноводов разного диаметра (рис. 1 б). Подбирая соотношение диаметров, можно добиться того, чтобы, с одной стороны, основная часть энергии высокочастотного поля была сосредоточена на коротком участке вблизи выходного конца резонатора, благодаря чему добротность резонатора в соответствии с (1) может иметь достаточно малую величину, а с другой стороны, чтобы имелся сильно вытянутый в направлении катода участок с малой амплитудой высокочастотного поля, обеспечивающий эффективную группировку электронов на входе в область с большим полем.

* Работа доложена на VII Всесоюзной научной конференции «Электронные приборы СВЧ и области их применения», Томск, 1972 г.

Для проверки этих соображений были проведены эксперименты с гиротроном диапазона сантиметровых волн. Рабочей модой гиротрона являлась мода TE_{011} . Генератор работал в импульсном режиме при напряжении пучка, равном 40 кВ. Предельный ток пучка I_{max} , ограниченный увеличением разброса скоростей электронов при повышении плотности пространственного заряда в инжекторе пушки, составлял примерно 10 А.

В экспериментах с резонаторами традиционного типа (рис. 1 а) по мере укорочения длины резонатора КПД монотонно падал, а максимальная мощность сначала росла и достигала максимума 70 кВт, а затем также снижалась. Зависимость выходной мощности от тока в гиротроне, имевшем максимальную мощность при использовании резонаторов обычного типа, приведена на рис. 2 (кривая а).

Выходная мощность гиротрона с резонатором ступенчатого профиля достигала 110 кВт, причем максимум КПД (45%) имел место при токе ~ 3,5 А (рис. 2, кривая б). Довольно высокий КПД (2~30%) сохранялся до токов 7—8 А, а при дальнейшем повышении тока, как и при использовании обычных резонаторов, рост мощности прекращался. Резкое снижение КПД гиротрона с приближением рабочего тока к предельному I_{max} было отчасти обусловлено увеличением разброса скоростей электронов. Кроме того, было установлено, что уменьшение выходной мощности при дальнейшем увеличении тока пучка связано с конкуренцией мод в резонаторе. Конкурирующим типом колебания являлась мода TE_{011} , возбуждавшаяся на 2-й гармонике гирочастоты в обращенной к катоду части резонатора.

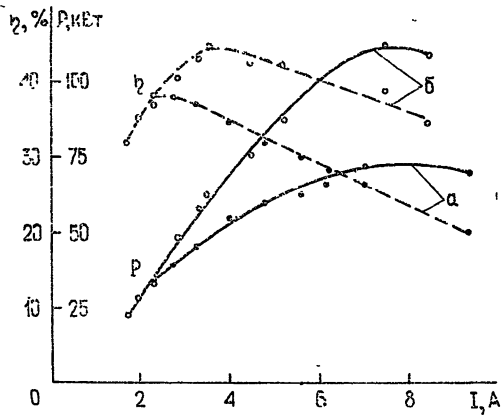


Рис. 2.

Авторы выражают благодарность М. И. Петелину за постоянное внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Гапонов, А. Л. Гольденберг, Д. П. Григорьев, Т. Б. Панкратова, М. И. Петелин, В. А. Флягин, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 18, № 2, 280 (1975).
2. С. Н. Власов, Г. М. Жислин, И. М. Орлова, М. И. Петелин, Г. Г. Рогачева, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 12, № 8, 1236 (1969).
3. В. Л. Братман, М. А. Моисеев, М. И. Петелин, Р. Э. Эрм, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 16, № 4, 622 (1973).
4. А. В. Гапонов, М. И. Петелин, В. К. Юлпатов, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 9—10, 1414 (1967).
5. М. А. Моисеев, Г. Г. Рогачева, В. К. Юлпатов, Тезисы докладов сессии НТОРЭС им. Попова, 1968, стр. 68.
6. Г. С. Нусинович, Р. Э. Эрм, Электронная техника, серия 1, Электроника СВЧ, вып. 8, 55 (1972).
7. И. С. Ковалев, А. А. Кураев, Е. М. Демидович, Ф. Г. Шевченко, Докл. АН БССР, № 4 (1973).

Научно-исследовательский радиофизический институт

Поступила в редакцию 10 октября 1974 г.

УДК 621.396 67

К ВОПРОСУ О ВОССТАНОВЛЕНИИ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ, ИСКАЖЕННОЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЗА СЧЕТ УГЛОВОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ ИСТОЧНИКА

В. Т. Ермолаев, А. Г. Флакман

Процесс измерения диаграммы направленности (ДН) антенны описывается линейным интегральным уравнением:

$$\tilde{F}(\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} F(\theta') G(\theta - \theta') d\theta', \tag{1}$$