

# ДЕПРЕССИОННЫЙ КОЛЛЕКТОР ГИРОТРОНА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Шелягович А.С.

Цырельчук И.Н. – канд.техн.наук, доцент

Гиротрон – это сверхвысокочастотный прибор, работающий на частотах до 300 ГГц. Основная проблема гиротронов – нагрев корпуса, причиной которого являются остаточная энергия электронов. Для уменьшения нагрева используются коллекторы, которые уменьшают скорость электронов и возвращают их обратно в электронный пучок.

Обычно КПД гиротронов идентифицируется с повышением эффективности передачи энергии высокочастотному полю. В настоящее время производительность гиротронов довольно велика – значение КПД приближается к 65%. В маломощных приборах при использовании пушек, работающих в режиме слабого пространственного заряда с разбросом скоростей электронов, КПД также был близок к значениям КПД гиротрона. КПД наиболее мощных гиротронов диапазона миллиметровых волн обычно не превышает 40%. Такое снижение производительности связано с вращательной энергией электронов, которая уменьшается с ростом тока пучка и с увеличением разброса скоростей электронов. В то же время использование гиротрона в качестве разогревающего элемента является весьма актуальным. Наравне со стандартными путями повышения КПД представляет интерес и рекуперация – возвращение в источники питания части энергии электронного потока, неиспользованной при взаимодействии с высокочастотным полем.

Рекуперация в высокоомощных приборах осложняется тем, что энергетический спектр пучка электронов весьма широк, т.к. имеет диапазон от близких к нулевым до превышающих начальную энергию значений. Поэтому необходимо проводить рассортировку электронов по скоростям, а затем тормозить разные скоростные группы.

Что может дать рекуперация в гиротроне? Ответ на этот вопрос прост – теоретически КПД гиротрона с рекуперацией может достигать 100%. Однако на практике это не так – требуется разделение электронного пучка на бесконечно большое количество групп и торможение их на слишком большом количестве ступеней, что неоправданно, в первую очередь, экономически.

Преимущества гиротрона включают в себя не только уменьшение потребляемой мощности за счет использования более дешевых источников энергии, но также и за счет уменьшения нагрева и генерации рентгеновских лучей на поверхности коллектора. В гиротронах с осевым выходом коллектор работает как волновод, который устанавливает точные параметры для его формы и качества обработанной поверхности. Эти требования в сочетании с высокой тепловой нагрузкой делают проектирование коллектора гиротрона достаточно сложной задачей. Для больших высокочастотных мощных систем, использование коллекторов с рекуперацией может сэкономить огромное количество капиталовложений, также как и в стоимость проведения работ. Коллектор с рекуперацией может иметь как несколько коллекторных уровней (ступеней) (многоступенчатый коллектор с рекуперацией [МКР]), так и только один (одноступенчатый коллектор с рекуперацией [ОКР]). Уровни коллектора изолированы от заземленного корпуса устройства и друг от друга, поэтому между ними может быть приложено напряжение. Взаимодействующий резонатор (анод) имеет нулевой потенциал, в то время как точное значение напряжения на катоде и  $n$  коллекторных напряжений обозначаются, как  $U_{кат}$  и  $U_{колл,j} (j = 1, \dots, n)$ , соответственно. Используя эти обозначения, общая производительность  $\eta$  может быть записана как отношение высокочастотной мощности  $P_{RF} = \eta_0 I_0 U_{кат}$  и

передаточной мощности  $P = \sum_{j=1}^n I_j (U_{кат} - U_{колл,j})$ :

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 - \sum_{j=1}^n \xi_j U_{колл,j} / U_{кат}},$$

Где  $\eta_0$  - общая производительность без коллектора с рекуперацией и  $\xi_j (j = 1, \dots, n)$  - относительное количество общего тока  $I_0$  в каждом коллекторном уровне, включая ток, который может образоваться на корпусе устройства.

Таким образом, использование депрессионного коллектора в гиротроне позволит увеличить его производительность, а также сэкономить средства, затрачиваемые на охлаждение прибора.

Список использованных источников:

1. Гапонов А.В., Гольденберг А. Л., Григорьев Д.П. и др. Экспериментальное исследование гиротронов диапазона сантиметровых волн // Изв. вузов. Радиофизика. 1975. Т.18, №2.
2. Wouter A. Serdijn, Jan Mulder. A Wide-Tunable Translinear Second-order Oscillator // IEEE Journal of solid-state circuits, Vol. 33, №2, February 1998.