



Вынужденная синхронизация внешним сигналом мегаваттных гиротронов

д.ф.-м.н., акад. РАН Григорий Геннадьевич Денисов

Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН, Н. Новгород

Явление синхронизации открыто голландским физиком Христианом Гюйгенсом в 1665 году. С тех пор синхронизация в самых разнообразных колебательных системах была описана и использована многими исследователями. Одна из простейших форм синхронизации может быть сформулирована как: *если на некоторую нелинейную диссипативную автоколебательную систему оказывается внешнее периодическое воздействие с частотой, близкой к частоте колебаний автономной системы, то в определенном интервале частоты внешней силы колебания системы синхронизируются по частоте с внешним воздействием, причем полоса синхронизации тем шире, чем больше интенсивность воздействия.*

В настоящей лекции в качестве автоколебательной системы рассмотрен гиротрон, представляющий собой осциллятор – источник мощного когерентного электромагнитного излучения в диапазоне миллиметровых и субмиллиметровых волн, использующий мазерный эффект вынужденного электронного излучения в постоянном магнитном поле, связанный с группировкой электронов по фазам вращения из-за релятивистской зависимости циклотронной частоты от энергии частиц. Электродинамическая система гиротрона может значительно превосходить в поперечных размерах (например, в 30 раз) длину волны излучения при сохранении режима одномодовой одночастотной генерации, что позволяет получить высокий уровень мощности на очень высоких частотах вплоть до ТГц диапазона. В частности, гиротроны способны непрерывно (длительность генерации более 1000 секунд) генерировать когерентное излучение мощностью до одного мегаватта в диапазоне частот 70–170 ГГц с эффективностью более 50 процентов. Ряд крупномасштабных термоядерных установок оснащен многомегаваттными комплексами на основе таких генераторов.

Синхронизацию (или захват частоты) внешним сигналом было предложено использовать в гиротронах еще в 70-х годах прошлого века. Однако никаких практических шагов по реализации таких устройств долгое время не было по причине отсутствия устройств ввода мощного коротковолнового сигнала в резонатор гиротрона. Изобретение в 2015 году простой и эффективной системы ввода дало реальный старт работам по синхронизации гиротронов. Проведены первые успешные эксперименты.

Захват частоты внешним сигналом для отдельных гиротронов даёт возможность радикального повышения ключевых параметров: мощности, эффективности, частоты, стабильности и перестройки генератора по частоте. Синхронизация систем гиротронов открывает возможности когерентного излучения многих генераторов и реализации пока фантастических проектов по построению терагерцовых ускорителей и передаче мощности к двигателям космических аппаратов и другим космическим объектам.