Влияние параметров системы на когерентность излучения плазменного релятивистского СВЧ-усилителя

И.Л. Богданкевич1,2, П.Ю. Гончаров2, Н.Г. Гусейн-заде1,2

1ИОФ РАН, ira.bogdankevich@mail.ru
2МГТУ МИРЭА

В данной работе исследуется влияние различных параметров на когерентность выходного излучения плазменного релятивистского СВЧ-усилителя (ПРУ) в двух режимах работы: с входным гармоническим сигналом и без него. В работе [1] было продемонстрировано хорошее согласие численной модели и данных, полученных на экспериментальной установке ИОФ РАН. Для удобства варьирования параметров системы наше исследование проводилось на модельных числовых выборках, полученных с помощью электродинамического кода КАРАТ [2]. Для получения динамики соотношения различных гармонических и шумовых короткоживущих компонент рассматриваемых процессов использовались методы стохастического анализа [3].

Согласно теории [4] погонный коэффициент усиления (инкремент) системы зависит от коэффициента связи между плазменной волной и волной объемного заряда релятивистского электронного пучка (РЭП). В нашей системе при постоянном значении среднего радиуса трубчатой плазмы этот коэффициент связи будет определяться геометрическим фактором – средним радиусом РЭП. Зафиксировав значение плотности плазмы, мы исследовали систему при четырех различных значениях коэффициента связи, определяемого положением РЭП относительно плазмы, и обнаружили сильную зависимость параметров выходного излучения от него.

В отсутствие входного сигнала при увеличении радиуса РЭП происходил переход от автогенератора с большой выходной мощностью и характерным спектром с ярко выраженными центральными частотами к режиму усилителя шумов – с широким спектром почти постоянной интенсивности спектральной плотности, но значительно меньшим значением выходной мощности.

В режиме работы ПРУ с входным гармоническим сигналом на заданной частоте (2,4 ГГц) при изменении коэффициента связи (в некоторой области его значений) наблюдается эффект стохастического резонанса [5]. При дальнейшем уменьшении связи вместо когерентного излучения на 2,4 ГГц наблюдается широкополосной шумовой спектр. Мы предполагаем, что уровень стохастизации системы при сильном приближении РЭП к плазме настолько большой, что слабая обратная связь не дает установиться регенеративному усилителю на заданной частоте.

В работе показана сильная зависимость когерентности выходного излучения ПРУ от различных параметров системы: плотности плазмы, индукции внешнего магнитного поля и коэффициента связи между плазменной волной и волной объемного заряда пучка. Изменяя их можно получить как когерентное излучение, так и широкополосный "шумовой" спектр.

Литература

1. И.Л. Богданкевич, И.Е. Иванов, П.С. Стрелков // Физика плазмы, 2010, т.36, №8, с.815
2. V.P. Tarakanov. «User’s Manual for Code KARAT - Springfield, VA: Berkley Research Associates, Inc. — 1992.
3. А.К. Горшенин, В.Ю. Королев, Д.В. Малахов, Н.Н. Скворцова. Свидетельства о гос. регистрации программ для ЭВМ 2012. № 2012610645, 2012610646, 2012610923, 2011618892.
4. Кузелев М.В., Рухадзе А.А., Стрелков П.С // Под ред. А.А. Рухадзе. – М.: Изд–во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
5. В.С. Анищенко, и др. «Нелинейные эффекты в хаотических стохастических системах», Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, 544 стр.