

А.В.Балабанов (6 курс, каф. РТТК), А.В.Смирнов, к.ф.-м.н., доц.

## К ВОПРОСУ О ИЗУЧЕНИИ СВЧ ШУМОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПЛАЗМЕ ГАЗОВОГО РЕЗОНАНСНОГО РАЗРЯДНИКА

Целью данной работы являлась разработка экспериментальной установки для исследования газовых резонансных разрядников (ГРР).

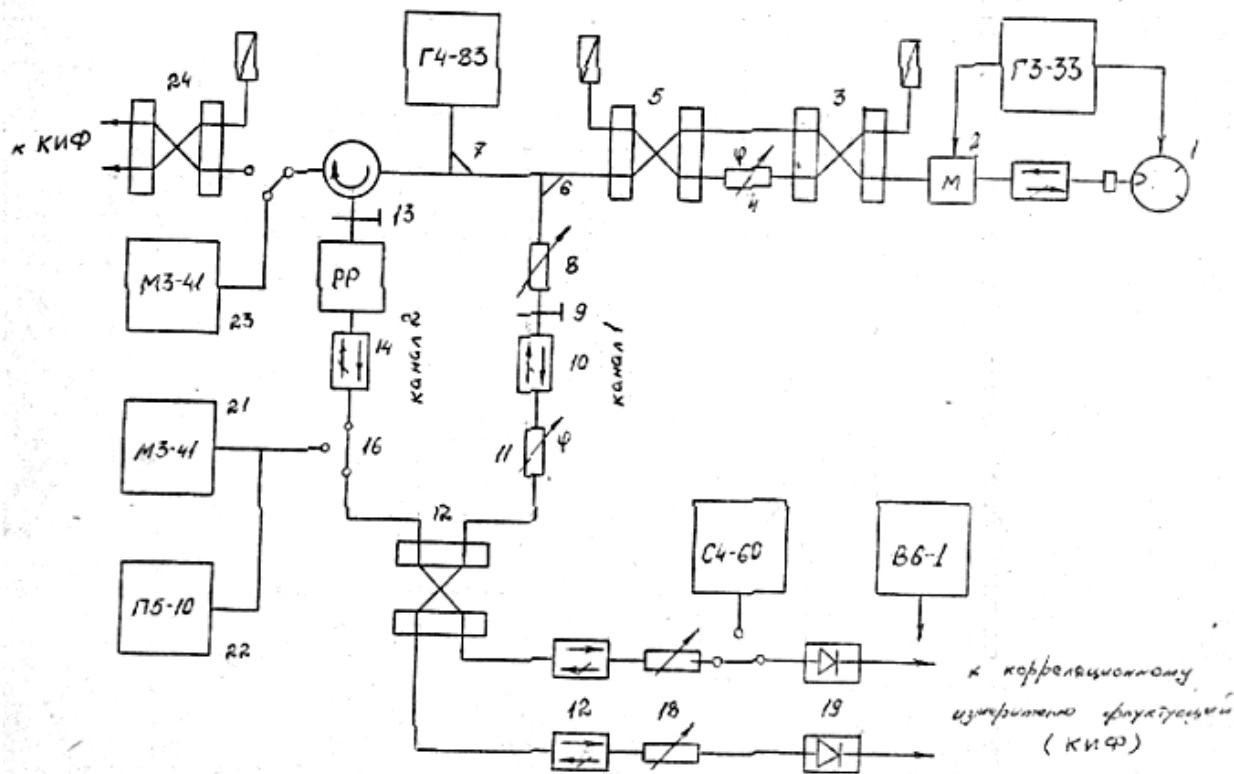
Одним из основных элементов доплеровских радиолокационных систем является газовый резонансный разрядник [1, 2]. Этот прибор предназначен для защиты приёмника от воздействия мощного сигнала передатчика при работе их на одну антенну. Образующаяся в разряднике плазма защищает входные цепи приёмника, однако, процессы, происходящие в ней по окончании разряда, ограничивают минимальное расстояние, на котором может быть обнаружена цель. Такая ситуация сказывается при обнаружении низколетящих объектов, например, крылатых ракет. Поэтому актуален вопрос, связанный с изучением характеристик шумовых процессов, возникающих в плазме ГРР, с целью ослабления их влияния на прохождение сигнала для приёмника. Публикаций, непосредственно относящихся к исследованию шумов, возникающих в плазме ГРР и таким образом влияющих на работу радиосистем, нет. Имеющаяся обширная литература, посвященная флуктуациям и колебаниям в плазме, с такой постановкой задачи не связана.

При экспериментальном изучении шумовых процессов в плазме ГРР предполагается, что через разрядник будет проходить “нешумовой” СВЧ сигнал, при этом шумы плазмы, соответственно, будут модулировать амплитуду и фазу проходящего сигнала. Информация о процессах, происходящих в плазме, будет получена после надлежащей обработки такого сигнала. Экспериментальная установка должна использовать корреляционный метод измерения, так как он позволяет измерять шумы, уровень которых лежит значительно, на 10 дБ и более, ниже шумов аппаратуры. Шумовая температура самих измерителей шума даже в пределе, при  $K_{ш}=0$ , составляет 300К, а в процессе распада плазмы её шумы уменьшаются и для их измерения потребовалась бы ещё более высокая чувствительность [3].

Предлагаемая установка реализует сказанное. Её схема представлена на рисунке. Для обследования применяется ГРР трехсантиметрового диапазона. На него подается непрерывное СВЧ колебание с частотой около 9,3 ГГц. Непрерывный режим работы обеспечивает большую точность и надежность измерений. Кроме того, в непрерывном режиме более вероятно зарождение коллективных явлений, связанных с ионными процессами, время релаксации которых обычно порядка микросекунды. Источником СВЧ мощности является малошумящий магнетрон М-857 [4] с механической перестройкой частоты в пределах 9,1..9,5 ГГц. Для амплитудной модуляции используется р-і-п-диодный модулятор. В СВЧ тракт можно подавать также внешний сигнал от вспомогательного СВЧ генератора Г4-83. Образующиеся при этом спектры сложных колебаний на выходе разрядника регистрируются анализатором спектра С4-60. СВЧ шумы плазмы измеряются приёмником П5-10. Измерители мощности М3-41 позволяют строить энергетические зависимости. Амплитудные и фазовые шумы, вносимые плазмой в проходящий через ГРР сигнал, регистрируются корреляционным измерителем флуктуаций (КИФ), состоящим из двухканального малошумящего усилителя с полосой пропускания 10 Гц — 10МГц и анализатора спектра СК4-13.

СВЧ колебания от магнетрона 1 поступают на регулятор мощности, состоящий из трехдецибелных мостов 3, 5 и фазовращателя 4. Часть мощности направленным ответвителем 6 направляется в опорный канал 1. Основная мощность через циркулятор поступает на ГРР. Перекрыв канал задвижкой 13, можно измерить поступающую на ГРР

мощность  $R_{пад}$ . При выдвинутой задвижке тот же измеритель мощности 23 фиксирует мощность, отраженную от разрядника  $R_{отр}$ . К выходу разрядника через волноводный переключатель 16 можно подключить приёмник 22 для измерения шумов плазмы. Мощность из канала 1 делится пополам трехдецибелным мостом 12, поступает на детекторы 19, а с них - на КИФ. Подаваемая на них СВЧ мощность устанавливается одинаковой с помощью аттенуаторов 18. Сигнал на выходе детекторов содержит коррелированные составляющие, появившиеся в результате детектирования огибающей СВЧ колебания, и некоррелированные составляющие шума, порождаемые собственными шумами детекторов.



Измерения флуктуаций амплитуды СВЧ колебания, прошедшего через ГРР и промодулированного его собственными шумами, проводятся подобно измерениям в случае “нешумового” сигнала. При этом на вход моста 12 поступает мощность только из канала 2. Для измерения флуктуаций фазы на входы этого моста подаются СВЧ сигналы из обоих каналов, равные по амплитуде, но сдвинутые по фазе с помощью фазовращателя на 90 градусов. Тогда схема работает как мостовой фазовый детектор. Флуктуации амплитуды волны, отраженной от разрядника, измеряются аналогично написанному выше при подаче отраженной от разрядника мощности на вход моста 24. СВЧ шумы плазмы газового разряда (тепловые шумы) измеряются при подключении к выходу разрядника приемника 22. Для измерения коэффициента прохождения амплитудно- и частотно модулированных колебаний через горящий ГРР сначала меряется уровень модуляции в опорном канале 1. При этом канал 2 перекрывается задвижкой 13, к нагрузке одного из детекторов подключается избирательный вольтметр В6-1 (диапазон частот 0,1...30 МГц) для измерения уровня амплитудной модуляции, а на входе детектор - анализатор спектра С4-60 для измерения уровня частотной модуляции. Затем канал 1 перекрывается задвижкой 9, сигнал подается из канала 2 и проводятся аналогичные измерения. При этом мощность сигнала в обоих случаях должна быть одинакова. Коэффициент прохождения

определяется как отношение результатов во втором и первом случае. Анализатор спектра используется и при регистрации СВЧ спектров на выходе разрядника при подаче на него вспомогательного колебания, близкого по частоте к основному. Оно подаётся в тракт через направленный ответвитель 7 от генератора Г4-83.

*Выводы.* Предложена экспериментальная установка для исследования ГРР, которая позволяет измерить: падающую  $R_{пад}$ , отраженную  $R_{отр}$  и рассеиваемую в разряднике СВЧ мощности; энергетические спектры флуктуаций амплитуды и фазы, вносимых разрядником в прошедший и отраженный СВЧ сигналы (в диапазоне частот анализа 2..600кГц); прохождение через ГРР амплитудно- и частотномодулированных СВЧ колебаний; СВЧ шум, излучаемый плазмой в волноводный тракт в диапазоне анализируемых частот 8,5..9,8 ГГц.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Лебедев И.В. "Техника и приборы СВЧ" Т.2-М.:Высшая школа, 1970.
2. "Резонансные разрядники антенных переключателей" под ред. проф. И.В. Лебедева.-М: Советское радио", 1976.
3. Пухов В.В. "Некоторые методы исследования спектров флуктуаций импульсных СВЧ сигналов" –"Электронная техника, Электроника СВЧ",1974, №10.
4. Беспалов А.Н., Кандыбей В.Г., Некрасов Ф.Г., Скабовский М.С., Смирнов А.В., Усыченко В.Г."О шумах в магнетронных генераторах" "ЭТ. Серия 1. Электроника СВЧ" 1974, №11.