

критерий отношений вероятностей Вальда (в алгоритме Фицнера), а движение к экстремуму осуществляется по методу Гаусса — Зейделя. При этом при постоянной величине шага U^m удается получить зависимый поиск. После запоминания в начальный момент значения выходного параметра X_{i-1} совершается пробный шаг, и с момента начала переходного процесса по обработке этого шага производится интегрирование приращения показателя качества $\Delta X_{i(t)}$. Решение о знаке приращения принимается при достижении интегралом порогового значения того или иного знака. Направление следующего шага выбирается по результату предыдущего шага в устройстве управления (УУ) по закону

$$U_{i+1}^m = U_i^m \operatorname{sgn} \overline{\Delta X}_i.$$

Описанная последовательная процедура будет оптимальной в смысле минимизации вероятности принятия ложных решений [3].

Предложены два статистических критерия разделения координат. Если интегрирование не заканчивается за определенное время или число реверсов возрастает, то это говорит о малости приращения или малости отношения сигнал—помеха,—и то и другое наиболее вероятно в зоне экстремума. В обоих этих случаях производится переключение управления на другую координату.

Решение поставленной задачи АО в нестационарном режиме достигнуто благодаря использованию априорной информации о характере дрейфа $\eta(t)$. Поскольку функция $\eta(t)$ монотонна и при выборе достаточно малых интервалов может быть удовлетворительно аппроксимирована кусочно-линейной функцией, то предлагается компенсировать возмущающее воздействие дрейфа по каждой входной координате посредством линейного экстраполирования $\eta(t)$ на выбранных интервалах $U_{1,2}^i$ (частный случай задачи Заде — Рагаццини [4]). (УЭ_{1,2} — устройства экстраполяции.)

Опытная эксплуатация образца оптимизатора, разработанного в Проблемной лаборатории Автоматики МЭИ на основе изложенных принципов, показала эффективность предложенного подхода к задаче автономного управления радиотелескопом.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Богомолов, Б. А. Попереченко, Высокоэффективные параболические антенны для космической связи и радиоастрономии, Изв. высш. уч. зав. — Радиоэлектроника, 13, № 4 (1970).
2. А. А. Красовский, Динамика непрерывных самонастраивающихся систем регулирования, Физматгиз, М., 1963.
3. А. Вальд, Последовательный анализ, Физматгиз, М., 1960.
4. Дж. Бендат, Основы теории случайных шумов и ее применения, изд. Наука, М., 1965.

Московский энергетический институт

Поступила в редакцию
5 октября 1971 г.

УДК 621.371.25

О ЗАМИРАНИЯХ РАССЕЯННЫХ СИГНАЛОВ ВО ВРЕМЯ ЯВЛЕНИЯ F_{sp} В ИОНОСФЕРЕ

В. А. Алимов, Г. П. Комраков

Явление F -spread (F_{sp}), когда при импульсном зондировании ионосферы сигнал, отраженный от F -области, имеет значительно большую продолжительность, чем зондирующий импульс, — одно из наиболее распространенных явлений нарушения регулярной структуры ионосферы. Большое количество работ, посвященных изучению этого явления, носит морфологический характер [1]. Вместе с тем работ, направленных непосредственно на изучение неоднородной структуры ионосферы в периоды F_{sp} , очень мало. К ним следует отнести [2, 3], где довольно обстоятельно исследовался вопрос о замираниях зондирующего сигнала во время явления F_{sp} в ионосфере. В этих работах проведен обширный статистический анализ соответствующих замираний сигнала. Было показано, что функции распределения флукутирующих сигналов хорошо описываются распределением Райса со значениями величины $\beta \sim 1 \div 3$ (β — отношение амплитуды зеркально отраженной компоненты сигнала к амплитуде рассеянной). На ос-

нове этого в [2, 3] было сделано заключение о несущественности «чистого рассеяния» радиоволн в ионосфере во время явления F_{sp} .

Методика проведения эксперимента в [2, 3] имела некоторые погрешности (ширина полосы приемного устройства была равна ширине спектра зондирующего импульса, осуществлялся неполяризованный прием отраженных сигналов), которые могли заметно повлиять на точность определения величины β [4]. В этой связи представлялось необходимым провести аналогичный эксперимент, свободный от указанных недостатков, и дать соответствующую интерпретацию полученным сведениям о замираниях отраженного сигнала при явлении F_{sp} в ионосфере.

Наблюдения за явлением F_{sp} были проведены в марте 1971 г. на станции вертикального зондирования ионосферы в Зименках (полигон НИРФИ). (Частота повторения — 50 гц; длительность зондирующего импульса — 100 мксек; ширина полосы приемника — 30 кГц). Осуществлялся поляризованный прием обыкновенной компоненты отраженного сигнала на частоте 2,4 МГц. Наблюдения рассеянного сигнала велись на развертке типа А выходного осциллографа станции с последовательной регистрацией на радиофотокамере (частота съема информации 10 гц). Аналогично [2] обработка полученных данных заключалась в построении функций распределения флукутирующего рассеянного сигнала для фиксированного значения действующей высоты ионосферы за минутный интервал времени наблюдения. Все полученные в нашем эксперименте распределения амплитуд сигнала (всего 10 распределений) хорошо аппроксимируются m -распределением Накагами [5]:

$$W(R) = \frac{2 m^m R^{2m-1}}{\Gamma(m) (\overline{R^2})^m} \exp\left(-m \frac{R^2}{\overline{R^2}}\right)$$

при $m \approx 1,1 \div 2,5$. Здесь $m = \overline{R^2} / (\overline{R^2} - \overline{R^2})^2$; $\Gamma(m)$ — гамма-функция; $\overline{R^2}$ — средний квадрат флукутирующей амплитуды сигнала. Для иллюстрации на рис. 1 а, б представлены типичные распределения амплитуд для переднего края (а) и середины (б) протяженного (~ 300 км на развертке типа А) рассеянного импульсного сигнала. Экспериментальные значения соответствующих распределений амплитуд (на рис. 1 они отмечены точками) сопоставлены с m -распределением Накагами при значениях $m = 2$, $\overline{R^2} = 54,86$ (рис. 1 а) и $\overline{R^2} = 144,4$ (рис. 1 б).

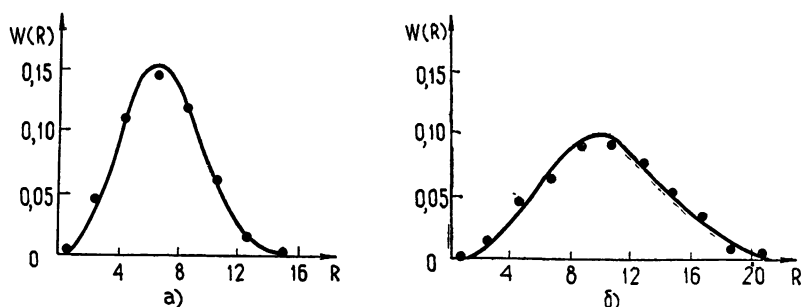


Рис. 1.

Как известно [5], при $m \geq 1$ распределение Накагами соответствует распределению Райса ($\beta \geq 0$, $m = (1 + \beta^2)^2 / (1 + \beta^2)^2 - \beta^4$). Но m -распределение — это распределение амплитуд флукутирующего сигнала, состоящего из m статистически независимых лучей со случайными фазами, равномерно распределенными в интервале $[0, 2\pi]$ [5], т. е. распределение флукутирующей амплитуды сигнала, состоящего из m отдельных полностью диффузных пучков. Поэтому, как и в наших измерениях, полученные в [2, 3] экспериментальные распределения амплитуд рассеянных сигналов в условиях F_{sp} в ионосфере могут рассматриваться как такие m -распределения флукутирующей амплитуды сложного многолучевого сигнала ($m \sim 1 \div 5$).

По-видимому, наличие заметной «зеркальной» компоненты в отраженном от ионосферы сигнале в условиях F_{sp} и связано с усредняющим действием сильных амплитудных флукутирующей амплитуд отдельных полностью диффузных пучков* в результирующем многолучевом сигнале. Такая интерпретация измерений [2, 3] и наших наблюдений за замираниями рассеянного сигнала в условиях F_{sp} наиболее адекватна другим результа-

* Количественно механизм происхождения явления F_{sp} за счет рассеяния радиоволн на неоднородностях электронной концентрации (с размерами $1 \div 5$ км) в ионосфере рассмотрен в [4].

там исследований неоднородной структуры ионосферы в подобных условиях (связи явления F_{sp} с радиомерцаниями дискретных источников, измерениям ширины углового спектра отраженного сигнала и т. п.) [4].

Авторы благодарны Л. М. Ерухимову за внимание к работе, Н. А. Баковиной за помощь в обработке экспериментального материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Д. Кокоуров, Н. А. Чернобровкина, сб. Результаты наблюдений в период МГСС, вып. 3, изд. Наука, М., 1967, стр. 58.
2. W. K. Klemperer, J. Geophys. Res., 68, 3191 (1963).
3. B. V. K. Rao, B. R. Rao, J. Geophys. Res., 68, 1923 (1963).
4. В. А. Алимов, Л. М. Ерухимов, Т. С. Пыркова, Геомagnetизм и аэрономия, 11, 790 (1971).
5. M. Nakagami, Statist. Methods in Radio Wave Propagation, Pergamon Press, 1960, p. 3.

Научно-исследовательский радиофизический институт

Поступила в редакцию
17 декабря 1971 г.

УДК 621.375.8

СПЕЦИАЛЬНЫЙ СЛУЧАЙ СВЧ КВАНТОВОГО УСИЛЕНИЯ В РУБИНЕ

Т. А. Смирнова, Н. Т. Чернак, Я. Л. Шамфаров

Рубин является наиболее широко применяемым активным материалом в квантовых парамагнитных усилителях (КПУ). Наиболее практичными в нем оказываются две ориентации статического магнитного поля по отношению к направлению кристаллографической оси: $\theta = 54,74^\circ$ и $\theta = 90^\circ$ [1].

При $\theta = 54,74^\circ$ спектр зеемановских уровней $\epsilon_l = \epsilon_l(H)$ является симметричным относительно магнитного поля H , что позволяет применять пушпульную схему, в которой частота накачки эффективно удваивается (рис. 1 а). В рубине эта схема используется для усиления электромагнитного излучения с длиной волны $\lambda = 4 \div 0,8$ см. Однако при данной ориентации оказывается возможным также получение инверсии населенностей зеемановских уровней двух переходов, 1—2 и 3—4, с использованием накачки на частоте, совпадающей с частотой перехода 1—4 (рис. 1 б). Такая возможность была указана в работе [2].

В настоящей заметке сообщается, что в рубине экспериментально наблюдалась одновременная инверсия населенностей уровней 1—2 и 3—4 на длине волны $\lambda_c \approx 4$ см. КПУ с одним активным резонатором при этом имел коэффициент усиления $G = 20$ дБ с полосой $\Delta f = 1,5$ МГц. Использовался резонатор с полным диэлектрическим заполнением. Длина волны накачки равнялась $\lambda_n \approx 1,5$ см, магнитное поле — $H = 1,7$ кэ. Интересной особенностью схемы является то, что частота накачки почти совпадает с соответствующей частотой для пушпульной схемы накачки в поле $H = 3,4$ кэ (рис. 2). Частоты сигнала f_c при этом равны.

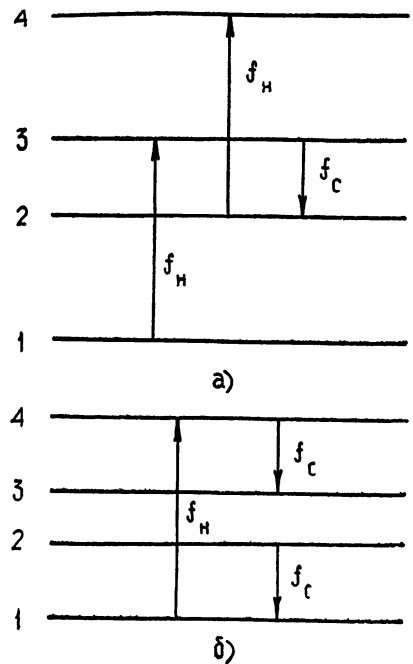


Рис. 1. а) Пушпульная схема накачки КПУ. б) Схема накачки на частоте $f_n = f_{14}$; $f_c = f_{12} = f_{34}$ — частота СВЧ сигнала.