

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 551.510.536

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЧМ МЕТОДА ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДИФИКАЦИИ ВЕРХНИХ СЛОЕВ ИОНОСФЕРЫ

В. А. Зиничев, В. А. Иванов, В. А. Фролов, В. В. Шумаев

Для исследования слабых возмущений ионосферной плазмы, вызываемых сигналами мощного КВ передатчика, была использована аппаратура для импульсного ЛЧМ зондирования, разработанная и изготовленная в Марийском политехническом институте (краткое описание аппаратуры приведено в работе [1]). При ее создании были найдены новые технические решения (см., например, [10–12]), позволившие получить разрешающую способность по дальности порядка 1,5 км при разрешающей способности по времени 0,6 с.

Эксперименты были начаты в сентябре 1980 г. совместно с НИРФИ в п. Зиньски Горьковской области, где располагался нагревный стенд, и были продолжены в марте—апреле 1983 г. и январе 1984 г. Наблюдения проводились в дневные часы. В экспериментах 1980 г. нагревный передатчик работал на частоте $f=4,6$ МГц с эффективной мощностью $PG=12$ МВт, а в экспериментах 1982—1984 г. на частоте $f=5,75$ МГц с $PG=20$ МВт. Нагрев ионосферы был периодическим. Длительность рабочего цикла и паузы были одинаковыми и составляли по 10 мин.

В наблюдениях 1980 г. диагностический ЛЧМ передатчик работал на частоте $f=4,3\pm 0,05$ МГц, а в 1982 г. и 1983 г. на частоте волны накачки (т. е. на частоте $f=5,75\pm 0,05$ МГц). В 1984 г. передатчик работал на трех частотах: $5,1\pm 0,05$ МГц, $6,2\pm 0,05$ МГц и частоте $2,1\pm 0,05$ МГц. Последняя предназначалась для исследования искусственных возмущений в E -слое ионосферы. Во всех случаях проводились исследования изменений действующих высот $h_q(t)$ отражений пробного сигнала.

При модификации ионосферы возникала искусственная диффузность ЛЧМ отражений от F -слоя ионосферы [2]. Однако высокая разрешающая способность аппаратуры позволяла в большинстве случаев выделить основной сигнал и исследовать его поведение. Характерные особенности изменений $h_q(t)$ приведены на рис. 1. На рис. 1а представлены данные, полученные в экспериментах 1980 г., 1б — 1983 г. Следует отметить, что изменения $h_q(t)$ носят в основном нерегулярный характер, хотя их сглаженные значения позволяют говорить об определенных закономерностях. Действительно, как видно из рис. 1а, б, сглаженные значения $h_q(t)$ при модификации F -области возрастали за время 4—6 мин на 5—8 км и релаксировали за 6—7 мин.

Данный метод зондирования позволил обнаружить квазипериодические затухающие колебания $h_q(t)$ на стадии релаксации искусственного возмущения (см. рис 1в). Эти колебания имели период 0,5—1 мин и амплитуду до 5 км.

Как показано в работе [3] (см. также обзор [4]), в F -области ионосферы при ее возмущении сигналами мощных КВ передатчиков происходит некоторое понижение концентрации электронов N_i на высотах $h_n > h > 200$ км (где h_n — высота отражения волны накачки). Поскольку зондирование F -области ионосферы проводилось в основном на частотах, близких к частоте волны накачки, то разумно предположить, что истинная высота отражения пробного ЛЧМ сигнала увеличивалась при модификации ионосферы, что явилось причиной увеличения $h_q(t)$. Нерегулярность изменений $h_q(t)$, вероятно, обусловлена влиянием крупномасштабной искусственной турбулентности, которая неизбежно появляется в результате возмущений (см., например, [5]).

Наблюдавшиеся квазипериодические затухающие колебания $h_q(t)$, по-видимому, были вызваны релаксационными колебаниями возмущенной плазмы, которые предсказывались авторами [3]. Оценки показывают, что наблюдавшиеся изменения h_q соответствуют понижениям концентрации N_i вблизи точки отражения волны накачки в среднем на 3—5%.

Неоднородное плазменное образование в F -области ионосферы может проявлять линзовые свойства (см., например, обзор [4]). Так, оно оказывает усредняющее действие на флуктуации поля пробной волны, на что впервые обращалось внимание в работе [6].

ЛЧМ метод вертикального зондирования позволил также обнаружить незначительные изменения $h_q(t)$ при отражении пробного сигнала с частотой $f=2,1\pm 0,05$ МГц от E -области ионосферы при воздействии на ионосферу мощным КВ радиоизлучением на частоте $f=5,75$ МГц (объективная компонента). На рис. 2 приведен соответствующий этому случаю пример. Он относится к измерениям, которые проводились 18 марта 1984 г. в 14 часов по местному времени. Как видно из рис. 2, через 1—2 мин

значения h_q уменьшались примерно на 3—5 км. Восстановление h_q до невозмущенного уровня происходило за время порядка 1—1,5 мин. Наблюдаемые изменения $h_q(t)$, очевидно, связаны с искусственным увеличением (примерно на 1—3%) электронной концентрации в E -области ионосферы.

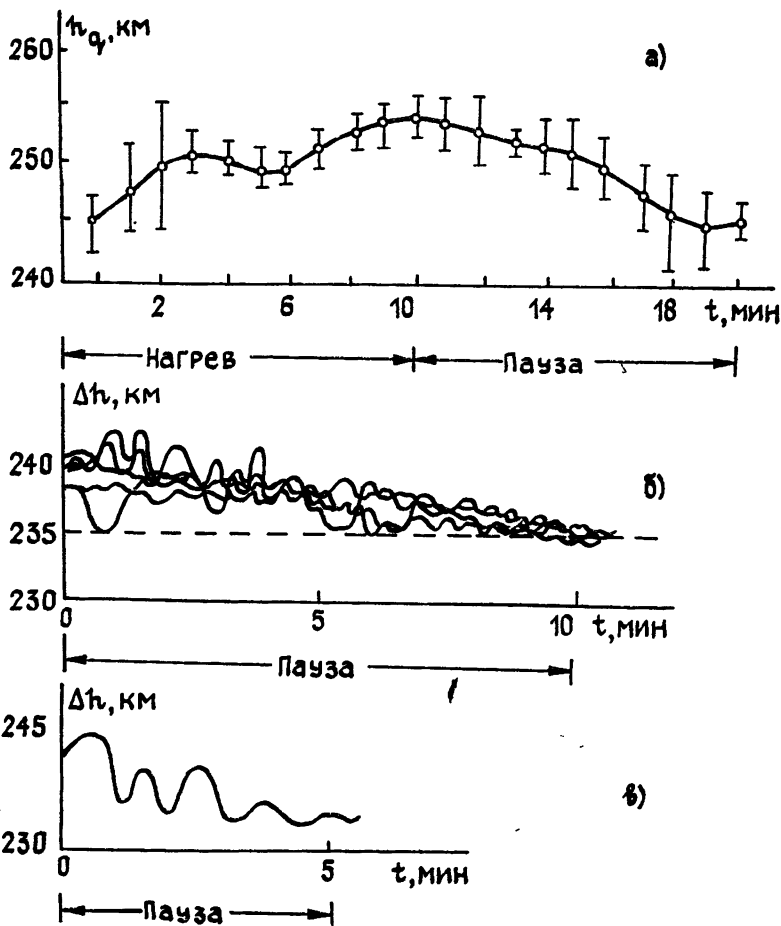


Рис. 1.

Полученный нами результат подтверждает выводы работы [7]*, где на основе исследований фокусирующих свойств искусственного плазменного образования в E -области ионосферы при его вертикальном зондировании был сделан вывод об увеличении N_1 вследствие модификации области КВ радионизлучением на частотах, соответствующих плазменным частотам F -слоя.

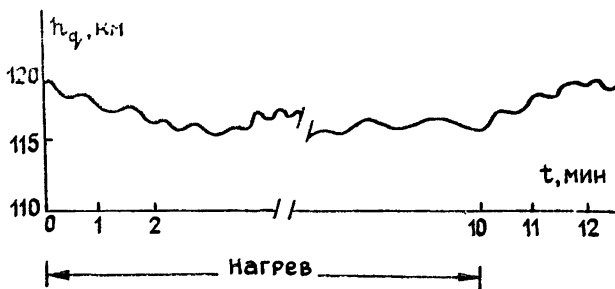


Рис. 2.

В заключение авторы выражают признательность Л. М. Ерухимову и В. О. Рапопорту за внимание к работе.

* Линзовые свойства искусственного возмущения концентрации N_1 в E -слое ионосферы отмечались также в экспериментах по наклонному зондированию ионосферы на трассах Киев — Йошкар-Ола [8] и Горький — Йошкар-Ола [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В. А., Фролов В. А., Шумаев В. В. Статья депонирована в ВИНТИ, рег. № 3824-84. Деп. от 8 июня 1984 г.
2. Беленов А. Ф., Зиничев В. А. — Изв. вузов — Радиофизика, 1985, 28, № 8, с. 972.
3. Гуревич А. В., Шварцбург А. В. Нелинейная теория распространения радиоволн в ионосфере. — М.: Наука, 1973.
4. Бахметьева Н. В., Бенедиктов Е. А. и др. Препринт НИРФИ № 188, 189. — Горький, 1984.
5. Ерухимов Л. М., Метелев С. А. и др. В кн.: Тепловые нелинейные явления в плазме. — Горький, 1979, с. 7.
6. Алимов В. А. — Геомагнетизм и аэрономия, 1972, 12, № 2, с. 346.
7. Бойко Г. Н., Васьянов В. В. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1984, 39, вып. 11, с. 533.
8. Богута Н. М., Иванов В. А. и др. — Изв. вузов — Радиофизика, 1984, 27, № 11, с. 1477.
9. Иванов В. А., Игнатъев Ю. А. и др. Тезисы докладов XIV Всесоюзной конференции по распространению радиоволн. — М.: Наука, 1984, ч. 1, с. 127.
10. Шумаев В. В., Иванов В. А. Авторское свидетельство № 1022289. — Бюл. изобрет., 1983, № 21, с. 186.
11. Шумаев В. В., Иванов В. А., Фролов В. А. Авторское свидетельство № 1061239. — Бюл. изобрет., 1983, № 46, с. 202.
12. Шумаев В. В., Иванов В. А. Авторское свидетельство № 1084991. — Бюл. изобрет., 1984, № 13, с. 227.

Марийский политехнический институт

Поступила в редакцию
30 января 1985 г.

УДК 621.372:621.385.63:519.6.

О ВЛИЯНИИ ПЕРЕОТРАЖЕННЫХ СИГНАЛОВ В ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ НА РАБОТУ РЕЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СХЕМЫ

В. С. Хитрин, А. П. Шувалов

В настоящее время широкое распространение получили радиотехнические устройства, выполненные на основе рециркуляционной схемы (РС) [1] с линией задержки на поверхностных акустических волнах в цепи обратной связи. Повышение частотного диапазона таких устройств, вплоть до сантиметрового, может быть обеспечено использованием линий задержки на объемных акустических волнах. Для последних, однако, характерно наличие «ложных» сигналов, возникающих вследствие переотражения акустической волны от рабочих граней звукопровода. Достижение высокого уровня подавления ложных сигналов является сложной задачей, поэтому представляется важным изучение особенностей их проявления в условиях рециркуляции сигнала.

В работе использовалась РС, содержащая широкополосный транзисторный СВЧ усилитель, акустическую линию задержки (АЛЗ) на объемных волнах, фазовращатель, переменный аттенюатор и два направленных ответвителя для ввода и вывода сигнала. Основным требованием, предъявляемым к усилителю, являлась способность обеспечить полную компенсацию потерь РС в полосе ее рабочих частот. При уровне полных потерь в пассивных элементах РС (прежде всего — АЛЗ) порядка 27 дБ данному требованию в определенной степени удовлетворял стандартный транзисторный усилитель с коэффициентом усиления 30 дБ, рабочей полосой 2—4 ГГц и динамическим диапазоном 60 дБ. АЛЗ представляла собой звукопровод из кристаллического кварца прямоугольной формы, на противоположных гранях которого располагались многоэлементные электроакустические преобразователи, выполненные на основе пленок ZnO. АЛЗ характеризовалась следующими параметрами: величина задержки $\tau = 0,8$ мкс, КСВ $\leq 1,5$, измеренные импульсным методом полные потери сигнала не более 25 дБ в полосе частот 500 МГц при центральной частоте 2,1 ГГц. При создании АЛЗ специальные меры по снижению уровня «ложных» сигналов не принимались, поэтому уровень их подавления составлял величину порядка 10 дБ. Сложение переотраженных акустических сигналов с основным в выходном преобразователе АЛЗ обуславливало дополнительную неравномерность ее АЧХ. Указанная неравномерность являлась периодической, причем период соответствовал времени двойного прохождения акустическим сигналом звукопровода $\Delta f = 1/2\tau$ [2]. Для использованной АЛЗ дополнительная неравномерность составляла величину 3 дБ, а ее период $\Delta f \approx 0,62$ МГц. В работе исследовались проявления указанной неравномерности АЧХ АЛЗ в предгенерационном режиме работы, а также в условиях генерации колебаний РС.

РС, работающая в предгенерационном режиме, представляет собой гребенчатый фильтр, АЧХ которого состоит из узких полос пропускания, следующих с интервалом $\Delta f_p \approx 1/\tau$. В соответствии с [1] значения коэффициента передачи такого фильтра в каждой полосе пропускания определяются степенью компенсации потерь в РС.