

УДК 621.371.25

САМОВОЗДЕЙСТВИЕ МОЩНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИМПУЛЬСА В ВЕРХНИХ СЛОЯХ ИОНОСФЕРЫ

В. В. Васьков, Г. Г. Гетманцев, В. С. Караванов, Ю. С. Коробков, Н. А. Митяков, В. О. Рапопорт, В. А. Рыжов, В. Ю. Трахтенгерц, И. С. Шлюгер, К. И. Юрин

Приведены результаты экспериментальных исследований амплитудной и фазовой самомодуляции радиоимпульса в ионосфере.

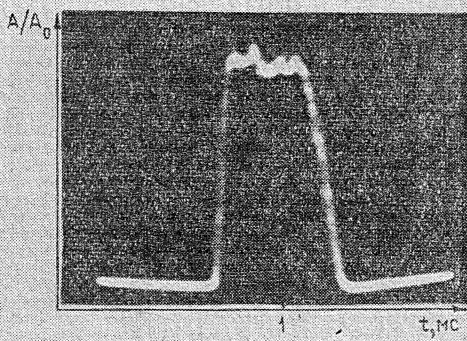
В работе [1] описаны эффекты аномального поглощения и глубокой амплитудной модуляции мощного радиоимпульса при его отражении от верхней ионосферы. В настоящем сообщении приведены новые результаты исследования самовоздействия радиоимпульса, полученные в экспериментах 1971—1972 гг., и показано, что глубокая амплитудная модуляция отраженной от F -слоя радиоволны сопровождается сильным искажением ее фазы приблизительно с тем же периодом изменения. Результаты получены при вертикальном зондировании ионосферы импульсами длительностью $5 \cdot 10^{-4}$ с на частоте заполнения $f=1,35$ МГц (обыкновенная волна). Более подробно параметры установки указаны в [1]. Регистрировались как амплитуда, так и фаза отраженного от ионосферы сигнала.

Однако, в отличие от [1], увеличение мощности передатчика от -15 дБ до максимального значения 0 дБ осуществлялось за время порядка 15 мкс, т. е. происходило значительно медленней, чем в [1]. При этом, аналогично [1], нелинейный эффект модуляции (дробления) отраженного сигнала возникал в случае, когда излучаемая мощность превосходила некоторое пороговое значение, величина которого была на $5-7$ дБ меньше максимальной мощности излучения (точнее, с ростом мощности выше порога частота появления модулированных импульсов резко возрастала). Появление модуляции проиллюстрировано на рис. 1 и 2, где случаи а), в), д) представляют амплитудные записи, а б), г), е) — соответствующие фазовые записи.

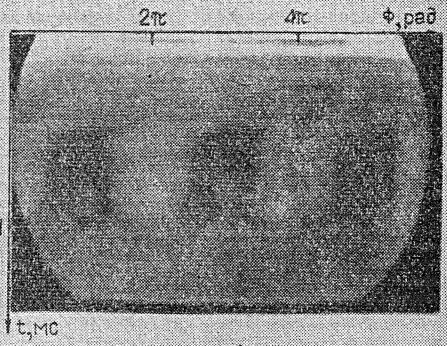
Время на амплитудных фотоснимках отсчитывается слева направо, а на фазовых — сверху вниз. Увеличение фазы отраженной волны соответствует смещению вправо разделительной линии между темными и светлыми полосами на фазовых записях. Ширина каждой из этих полос — π радиан (период повторения картины — 2π радиан).

На рис. 1 представлены амплитуда и фаза отраженного радиоимпульса при излучаемой мощности ниже порогового значения. Видно, что форма импульса остается почти прямоугольной, а фаза практически не меняется.

Фотоснимки на рис. 2 соответствуют надпороговой мощности излучения. Сравнение амплитудных и фазовых записей показывает, что возникающие в надпороговом случае глубокие осцилляции амплитуды от-

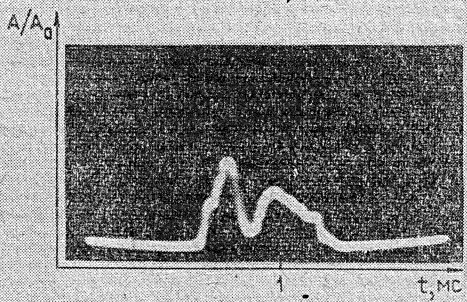


a)

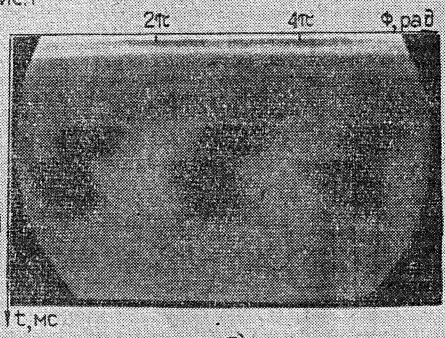


b)

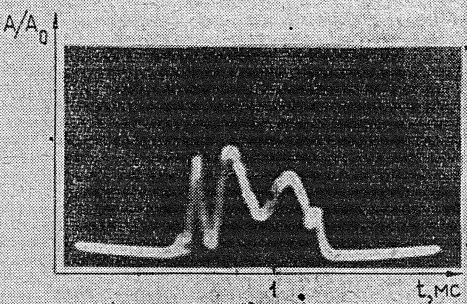
Рис. 1



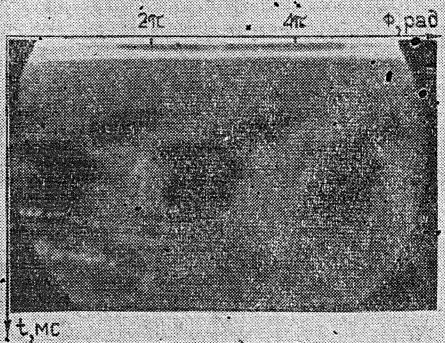
a)



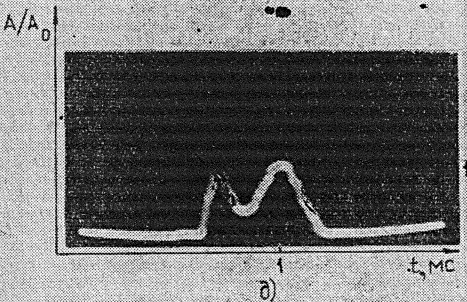
b)



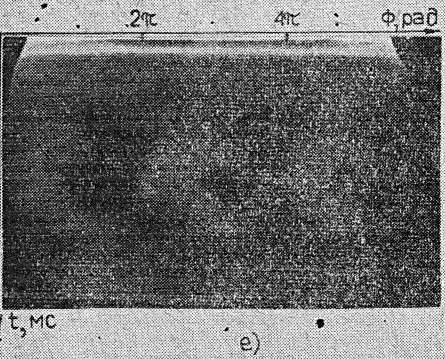
b)



в)



в)



г)

Рис. 2

раженного сигнала (с периодом $T \sim (2 \div 5) \cdot 10^{-4}$ с), как правило, сопровождаются значительными изменениями фазы отраженной волны. Из рис. 2 следует, что экспериментально наблюдались как резкие, скачкообразные, так и плавные изменения фазы на величину $\sim \pi$.

Отметим также, что при мощностях выше пороговой наблюдалось указанное в [1] значительное уменьшение амплитуды отраженного импульса — аномальное поглощение волны. В случаях сильного аномального поглощения фаза отраженной волны менялась быстро и хаотически.

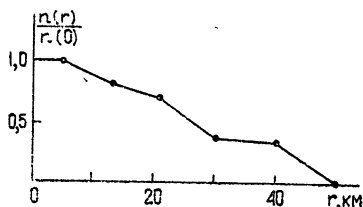


Рис. 3.

Исследовалась зависимость относительной частоты появления эффекта модуляции (дробления) импульса $n(r)/n(0)$ от расстояния r между приемным и передающим пунктами (рис. 3). Как можно видеть из рис. 3, при увеличении расстояния до 30—40 км частота появления «дробящихся» импульсов резко убывает. При этом глубина амплитудной модуляции с увеличением расстояния также существенно уменьшается. Амплитудную и фазовую самомодуляцию отраженного от верхней ионосферы радиосигнала можно объяснить взаимодействием падающей волны накачки с ленгмюровскими колебаниями плазмы, которые возбуждаются в области отражения волны.

В работах [2—6] обсуждались различные механизмы такого взаимодействия: дифракция падающей волны на образующихся неоднородностях диэлектрической проницаемости [2, 6], осцилляции аномального поглощения волны вследствие релаксационных колебаний спектральной плотности ленгмюровских шумов [3, 4] и, наконец, модуляция волны при динамическом характере возбуждения параметрической неустойчивости [5]. Согласно [2—6] период модуляции отраженной волны $T \sim (1 \div 10)/\gamma$, где γ — максимальный инкремент неустойчивости. Приведенная теоретическая оценка качественно согласуется с результатами настоящего эксперимента, в котором величина инкремента при максимальных мощностях излучения составляла $\gamma \approx (1 \div 3) \cdot 10^4$ с⁻¹.

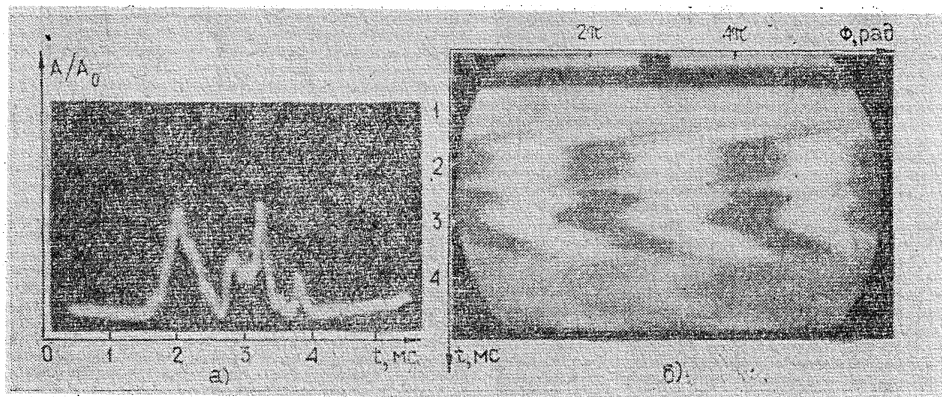


Рис. 4.

В заключение отметим, что в ряде сеансов экспериментально наблюдалось значительное увеличение длительности отраженного от верхней ионосферы радиосигнала (в 1,5—2 раза по сравнению с длительностью излучаемого импульса). Характерное для этих случаев поведение

амплитуды и фазы отраженной волны приведено на рис. 4 а, б. Если это увеличение длительности отраженного импульса является следствием нелинейного процесса, то оно может быть связано со следующими механизмами: с задержкой части радиосигнала при появлении добавочного отражающего слоя, расположенного значительно ниже невозмущенной точки отражения волны [6], либо с обратным «высвечиванием» энергии плазменных волн в поперечную при динамическом характере развития неустойчивости [5, 7].

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Шлюгер, Письма в ЖЭТФ, 19, 274 (1974).
2. В. В. Васьков, А. В. Гуревич, ЖЭТФ, 64, 1272 (1973).
3. Я. И. Альбер, З. Н. Кротова, Н. А. Митяков, В. О. Рапопорт, В. Ю. Трахтенгерц, ЖЭТФ, 66, № 2 (1974).
4. В. В. Васьков, Геомagnetизм и аэрономия, 14, № 2, 277 (1974).
5. С. М. Грач, А. Г. Литвак, Н. А. Митяков, В. О. Рапопорт, В. Ю. Трахтенгерц, УФН (в печати).
6. В. В. Васьков, А. В. Гуревич, Геомagnetизм и аэрономия. (в печати).
7. А. Г. Литвак, В. А. Петрухина, В. Ю. Трахтенгерц, Письма в ЖЭТФ, 18, 190 (1973).

Научно-исследовательский радиопизический институт

Поступила в редакцию
10 декабря 1974 г.

SELF-ACTION OF A POWERFUL ELECTROMAGNETIC PULSE IN THE
UPPER ATMOSPHERE

*V. V. Vas'kov, G. G. Getmantsev, V. S. Karavanov, Yu. S. Korobkov,
N. A. Mityakov, V. O. Rapoport, V. A. Ryzhov, V. Yu. Trakhtengerts,
I. S. Shlyuger, K. I. Yurin*

The results of experimental investigations of amplitude and phase self-modulation of a radio pulse in the ionosphere are presented.