

УДК 621.396.6

Д.Б. Кучер¹, С.В. Тараненко¹, А.И. Харланов¹, И.В. Медведь¹, В.П. Макогон²

¹Севастопольский военно-морской институт имени П.С. Нахимова, Севастопль

²Конструкторское Бюро «Радиосвязь» ООО «Телекарт Прибор»

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА РАДИОПРИЕМНЫЕ СРЕДСТВА

В работе показано действие напряжения помех на каскады приемного тракта. Исследуется особенность поражения приемных устройств на различных расстояниях от источника помех. В статье был сделан вывод, что поражение приемных устройств в зоне действия МЭМП носит необратимый характер и приводит к поражению даже при использовании стандартных схем защиты.

Ключевые слова: мощные электромагнитные помехи, сигнал, схема защиты.

Введение

В реальных условиях работы каждого радиоприемного устройства, кроме энергии полезного сигнала, его антенна воспринимает энергию помех, высокая мощность которых неизбежно вызывает нарушение их функционирования.

В связи с увеличением функциональной сложности современных радио-электронных систем (РЭС), повышением их быстродействия, широким применением в них высокочувствительных элементов вопросы обеспечения стойкости РЭС к воздействию мощных электромагнитных помех (МЭМП) становятся все более актуальными [1]. Основная цель для реализации общих требований и основных мероприятий, направленных на повышение стойкости РЭС к воздействию МЭМП, непосредственно связана

с достоверностью (экспериментальной, расчетной или экспериментально-расчетной) оценки уровней наведенных напряжений и токов, выделением на ее основе критических к воздействию МЭМП устройств, блоков, узлов, ячеек и элементов РЭС и определением оптимальных методов их защиты.

Основная часть

Радиоприемное устройство включает в себя: приемную антенну, которая извлекает энергию электромагнитного поля и превращает ее в электрическое напряжение; радиоприемник, преобразующий эти напряжения так, чтобы оно могло привести в действие оконечную аппаратуру; оконечную аппаратуру, в которой используется нужным образом полученное напряжение [2]. Типичная блок-схема приемника изображена на рис. 1.

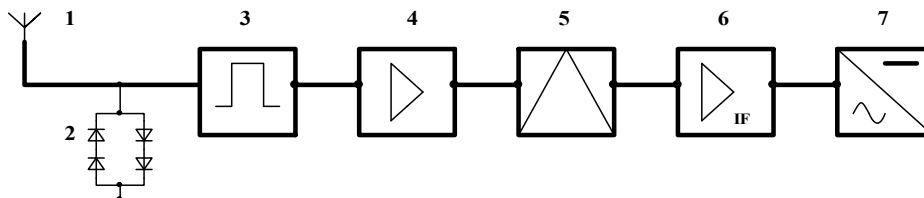


Рис. 1. Блок-схема супергетеродинного приемника

На рис. 1: 1 – зажимы антенны; 2 – ограничительная цепочка на встречных диодах с временем срабатывания 10 нс; 3 – селектор; 4 – усилитель высокой частоты; 5 – преобразователь частоты; 6 – усилитель промежуточной частоты; 7 – детектор.

В целом радиоприемники всех типов имеют общие характеристики: чувствительность, избирательность, рабочий диапазон частот, качество воспроизведения принятого сигнала. Для оценки устойчивости работы приемного устройства в условиях действия активных помех необходим анализ избирательности приемника [3]. Типовые резонансные кривые избирательности приемников изображены на рис. 2.

На величину избирательности приемника влияют селективные свойства селектора, цепочка усилителя высокой частоты, смесителя и настройка фи-

льтра промежуточной частоты (фильтра первой ПЧ, в приемнике с двойным преобразованием частоты).

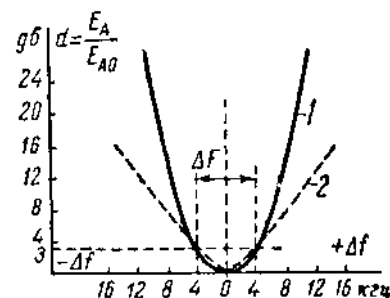


Рис. 2. Резонансные кривые радиоприемников

Селектор обычно выполняется из нескольких связанных колебательных контуров и элементов, связывающие эти контуры с антенной. В полосе настройки

селектора обычно величина ослабления полезного сигнала достигает 3 дБ, за полосой настройки 30 дБ, что характеризует его селективные свойства. Произведем анализ воздействия электромагнитного импульса на радиоприемное устройство (рис. 3).

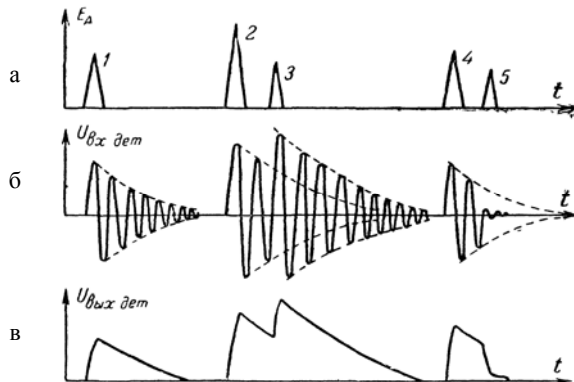


Рис. 3. Воздействие импульсных помех на элементы приемника

Под воздействием электромагнитной волны в антенне создается напряжение помех импульсного характера, представленное на рис. 3, а. В этом случае импульсы помехи создают в контурах высокочастотной части приемника режим ударного возбуждения, вследствие чего на выходе детектора появляются затухающие радиоимпульсы, как показано на рис. 3, б. Амплитуда этих радиоимпульсов пропорциональна величине возбуждающих импульсов напряжения помехи, а степень затухания определяется добротностью контуров, что определяется полосой пропускания приемника.

Если интервалы времени между отдельными импульсами будут меньше времени затухания колебаний в контурах, то колебания наложатся друг на друга, при совпадении фазы колебаний их амплитуды сложатся (рис. 3, б второй и третий импульсы помехи) и наоборот вычтутся если колебания окажутся в противофазе (четвертый и пятый импульс рис. 3, б).

Данный анализ характерен для импульсного воздействия помехи с амплитудами сопоставимыми с амплитудой полезного сигнала [3].

При воздействии мощной электромагнитной помехи будет иметь место поражение отдельных элементов радиоприемного устройства, поэтому их действия могут значительно превосходить ширину полосы пропускания приемника.

Проведем исследование воздействия мощного электромагнитного импульса с мощностью 10^{10} Вт длительностью импульса $\sim 2,2 \cdot 10^{-3}$ с, на радиоприемное устройство с антенной типа волновой канал настроенной в диапазоне (160 – 190) МГц.

Наведенная амплитудная напряженность поля в точке приема антенны рассчитывается по интерференционной формуле (1), считая очевидным поражение МЭМП в «зоне освещенности» [4]:

$$E_{\max} = \frac{245 \cdot \sqrt{P_{1(\text{кВт})} \cdot D_1}}{r_{(\text{км})}} \cdot F. \quad (1)$$

При этом множитель ослабления зависит от высот антенн [4]:

$$F = \sqrt{1 + 2R \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta r\right) + R^2}, \quad (2)$$

где R – модуль коэффициента отражения; Δr – разность хода лучей; θ – угол потери фазы.

Исследование необходимо производить с учетом спектральной характеристики сигнала МЭМИ в точке приема [4]:

$$S(j\omega) = \frac{1}{a_1 + j\omega} - \frac{1}{a_2 + j\omega}, \quad (3)$$

где a_1 и a_2 рассчитываются исходя из длительности импульса $\tau_{\text{нл}}$ и переднего фронта $\tau_{\text{ф}}$ [4].

Исходя из расчетов, построим зависимость мощности наводимой на зажимах приемной антенны от расстояния. На рис. 4 представлена мощность и энергия на расстоянии 3-х км от источника импульса.

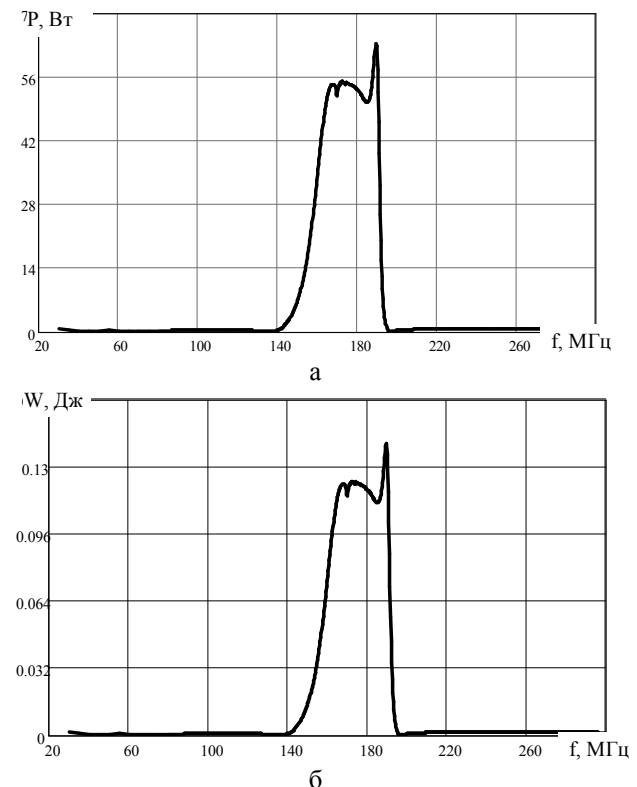


Рис. 4. Мощность (а) и энергия (б) сигнала W в нагрузке антенны на расстоянии 3 км

При воздействии данного импульса на приемное устройство изображенной на рис. 1 приведет к срабатыванию ограничительной цепочки и замыканию сигнала на «корпус», при этом на каждом диоде выделится энергия, равная одной полуволне и в диапазоне настройки составит порядка 0,7 Дж, являющийся критической пороговой энергией, и приведет к выгоранию диодов [6].

Далее сигнал произведет нарушение во входных цепях селектора, обусловленного низкой электрической прочностью переключающихся диодов и приведет к полному «открытию» селектора.

Наведений далі сигнал поступит на УВЧ виконаний на сьогоднішній момент в формі інтегральної мікросхеми, як показано на рис. 5, з максимальної порогової енергією 10^{-3} Дж.

Дані маломощні високочастотні напівпровідникові пристрої мають високу чутливість до МЭМП. Після виходу з ладу УВЧ, прийомний тракт будь-якого пристрою буде вважатися ураженим [5].

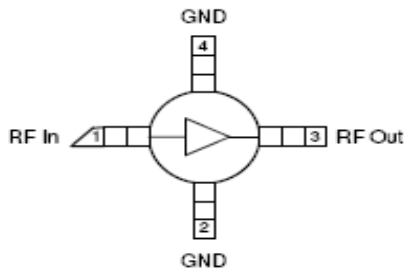


Рис. 5. Типовий усилитель високої частоти

Аналізуючи енергію наведеного сигналу можна показати, що на відстанях вище 3 км, енергія виділеної на обмежувальній ланці буде недостатньою для ураження діодів, і вивести з ладу прийомний тракт зможуть тільки сигнали з коротким переднім фронтом не менше 9 нс. В разі розташування радіоприймального пристрою ближче 3 км можна мати гарантоване ураження прийомного тракту. На рис. 6 представлена виділяема енергія в навантаженні антени на відстані 1 км.

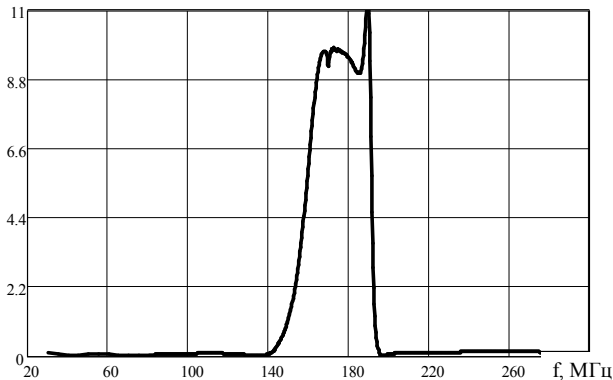


Рис. 6. Енергія сигналу W в навантаженні антени на відстані 1 км

При даній умові в діапазоні налаштування будуть виходити з ладу не тільки елементи схем, але і вигорання монтажу схем, що приведе до гарантованого виходу з ладу прийомного пристрою [6].

Вывод

Виходячи з вище викладеного, неважко зробити висновок, що ураження прийомних пристроїв в зоні дії МЭМП носить необоротний характер і приведе до ураження навіть при використанні стандартних схем захисту. Для зменшення відстані до джерела МЭМП необхідно розробити спеціальні комплексні заходи захисту РЭС від впливу МЭМП через АФУ. Правильність вибору і застосування захисних пристроїв є одним з найважливіших умов, що забезпечують необхідні технічні і експлуатаційні характеристики апаратури, її надійність, а також надійність самих захисних пристроїв в умовах різноманітних перенапружень в мережах РЭС.

Список литературы

1. Кравченко В.И. Радиозлектронные средства и мощные электромагнитные помехи / В.И. Кравченко, Е.А. Болотов, Н.И. Летунова. – М.: Радиосвязь, 1987. – 251 с.
2. Баркан В.Ф. Обратная связь в радиоприемниках / В.Ф. Баркан. – М., 1959.
3. Бобров Н.В. Радиоприемные устройства / Н.В. Бобров. – М, 1958.
4. Долуханов Н.П. Распространение радиоволн / Н.П. Долуханов. – М.: Связь, 1972.
5. Лонин Ю.Ф. Моделирование теплового механизма в полупроводниках при импульсном воздействии ЭМП / Ю.Ф. Лонин, В.И. Чумаков, А.В. Столярчук, Н.И. Слипченко, А.М. Егоров // ВАНТ, Серия «Яд.-физ.иссл.» (43). – 2004. – №2. – С. 203-205.
6. Кучер Д.Б. Мощные электромагнитные излучения и сверхпроводящие защитные устройства / Д.Б. Кучер. – Х.: Ахтиар, 1997. – 244 с.

Поступила в редколлегию 18.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ПОТУЖНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД НА РАДІОПРИЙМАЛЬНІ ЗАСОБИ

Д.Б. Кучер, С.В. Тараненко, А.І. Харланов, І.В. Медведь, В.П. Макогон

У роботі показана дія напруги перехід на каскади приймального тракту. Досліджується особливість поразки приймальних пристроїв на різних відстанях від джерела перехід. У статті був зроблений висновок, що поразка приймальних пристроїв в зоні дії МЭМП носить необоротний характер і приведе до поразки навіть при використанні стандартних схем захисту.

Ключові слова: потужні електромагнітні переходи, сигнал, схема захисту.

FEATURES OF INFLUENCE OF POWERFUL ELECTROMAGNETIC HINDRANCES ON RADIORECEIVER FACILITIES

D.B. Kucher, S.V. Taranenko, A.I. Harlanov, I.V. Medved', V.P. Makogon

In-process rotated operating of tension of hindrances on the cascades of receiving highway. The feature of defeat of takers-offs is investigated on different distances from the source of hindrances. A conclusion was done in the article, that the defeat of takers-offs in the area of action of MEMP carries irreversible character and results in a defeat even at the use of standard charts of defence.

Keywords: powerful electromagnetic hindrances, signal, chart of defence.