УДК 621.396.6

Д.Б. Кучер[1], А.И. Харланов[1], Т.В Зонтова[1], В.П. Макогон[2]

[1]*Академия военно-морских сил имени П.С. Нахимова, Севастополь*
[2]*Конструкторское бюро «Радиосвязь» ООО «Телекарт Прибор», Севастополь*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИЕМНОГО ТРАКТА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МОЩНЫХ РАДИОЧАСТОТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

В работе проведено экспериментальное исследование стойкости элементов входного каскада приемного устройства к воздействию мощного электромагнитного излучения.

Ключевые слова: *приемный тракт, радиочастотные излучения, пороговая энергия повреждения.*

Введение

Необходимость экспериментального исследования стойкости радиоэлектронных средств (РЭС) к воздействию мощных электромагнитных излучений (МЭМИ), вызвано проведением разработки широкополосной радиостанции Р-010, в рамках ОКР «Аркадия». При проведении экспериментальных исследований решаются следующие задачи:

– определение характеристик МЭМИ, воздействующих на РЭС;

– определение энергии, воздействующей на составные блоки РЭС, в результате воздействия МЭМИ;

– определение изменения формы выходных сигналов и режимов работы отдельных узлов, схем и устройств РЭС до и после воздействия МЭМИ;

– выявление элементов, блоков, устройств РЭС, наиболее критичных к воздействию МЭМИ [1].

Целью работы является подтверждение достоверности следующих теоретических положений:

– воздействие МЭМИ на частотах, близких к оптимальным, будет приводить к поражению приемного устройства;

– наиболее чувствительными элементами приемного тракта являются входные цепи, обладающие наиболее низкими уровнями пороговой энергии повреждения [2 – 3].

Основная часть

Схема проведения экспериментального исследования стойкости приемного тракта радиостанции РС-010 к воздействию МЭМИ представлена на рис/ 1 [4].

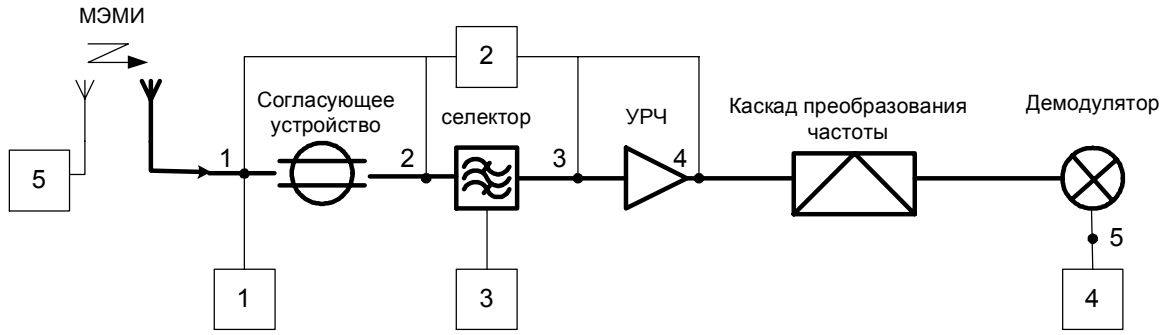


Рис. 1. Схема проведения эксперимента

На рис. 1: 1 – генератор высокочастотный (ВЧ);

2 – анализатор спектра;

3 – анализатор цепей;

4 – радиотестер (с встроенным измерителем нелинейных искажений);

5 – генератор МЭМИ.

С развитием элементной базы, на современном этапе научно-технического прогресса, для повышения надежности связи от воздействия внешних помех, РЭС используют виды модуляции, предполагающие наличие широкополосного антенно-фидерного устройства.

Основным критерием, позволяющим осуществлять выбор характеристик МЭМИ, является частотный диапазон работы РЭС, известный заранее. Таким образом, необходимо и достаточно проводить излучение МЭМИ с максимальной концентрацией энергии в частотном диапазоне работы РЭС.

Спектральные характеристики радиоимпульса имеют преимущество в высокой концентрации энергии, в узком диапазоне частоты излучения, что позволяет рассматривать его характеристики, как наиболее оптимальные для функционального поражения систем радиосвязи УКВ диапазона.

Экспериментальное воздействие, на входные каскады приемного устройства, проводилось радиоимпульсом длительностью 120 мкс и мощностью 0,4 МВт, на расстоянии 100 м [5].

 © Д.Б. Кучер, А.И. Харланов, Т.В Зонтова, В.П. Макогон

В ходе эксперимента осуществлялось два вида воздействия:

1) излучение МЭМИ на частотах, вне полосы пропускания приемного устройства;

2) излучение МЭМИ на оптимальной частоте.

Под оптимальными частотами излучения МЭМИ подразумеваются частоты, находящиеся в диапазоне работы РЭС [1].

Рабочий диапазон частот приемного тракта радиостанции РС-010, для связи с кораблями, судами и береговыми пунктами управления составляет от 220 до 512 МГц.

Излучение на частотах 200 МГц и 540 МГц не привело к выходу из строя приемного трата РЭС. Характер прохождения сигнала через входные цепи приемного тракта РЭС до и после воздействия МЭМИ, вне полосы рабочего диапазона, не имел существенных отличий. Спектрограммы воздействия МЭМИ, в указанном частотном диапазоне, представлены на рис. 2 – 4.

На втором этапе воздействие МЭМИ осуществлялось на частоте 300 МГц, которая находится в рабочем диапазоне представленного приемного устройства. После воздействия МЭМИ провели измерение параметров отдельных элементов (блоков) РЭС. В точке 2 уровень сигнала соответствовал входному, отображенному на рис. 2.

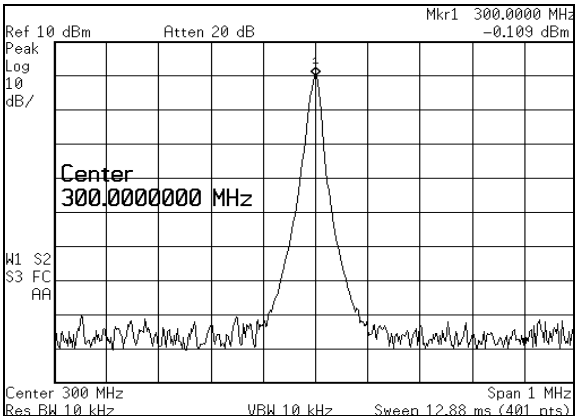


Рис. 2. Спектр входного испытательного сигнала

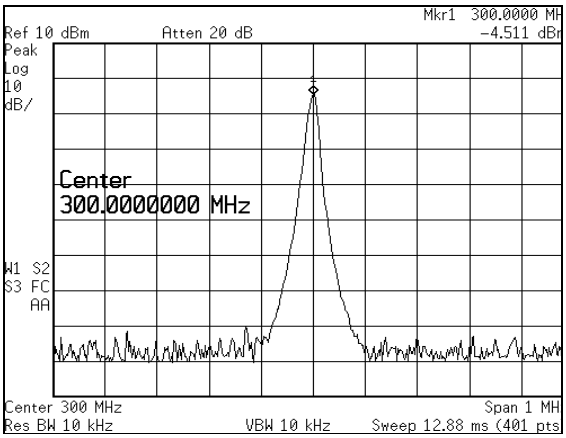


Рис. 3. Спектр входного сигнала на выходе блока селектора

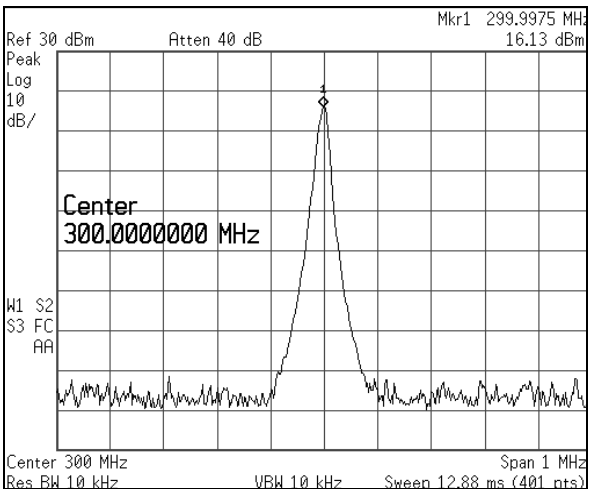


Рис. 4. Спектр входного сигнала на выходе блока усилителя радиочастоты

Данный факт свидетельствует об исправности согласующего устройства.

В точке 3 уровень сигнала уменьшился на 10 дБ, как показано на рис. 5, что не соответствует первоначальному измерению.

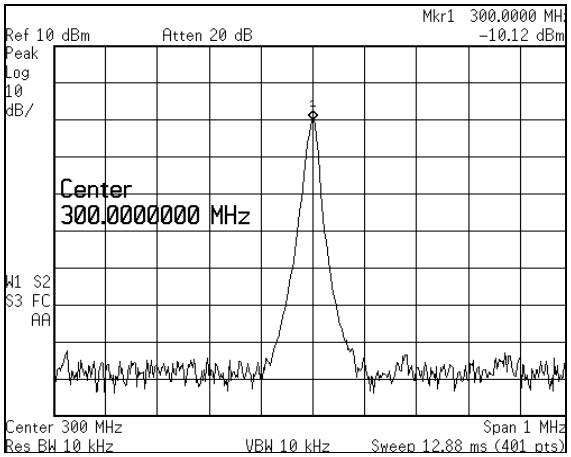


Рис. 5. Спектр входного сигнала на выходе блока селектора после воздействия МЭМИ

На выходе блока усилителя радиочастоты (УРЧ) (точка 4 рис. 1) уровень сигнала остается прежним и соответствует рис. 5, что в свою очередь указывает на тепловой пробой блока, не выполняющего функции усиления. В ходе проведения эксперимента, было выявлено функциональное поражение РЭС и выход из строя входных каскадов приемного тракта, а именно: блока селектора и УРЧ.

Изображение данных функциональных узлов представлено на рис. 6. Элементная база узлов селектора и УРЧ представлена в табл. 1.

При визуальном осмотре, входных цепей приемного тракта РЭС, были выявленные необратимые изменения внешнего вида элементов, характерные для теплового пробоя и вызванные воздействием МЭМИ. Изображение основных узлов входных цепей РЭС до и после воздействия МЭМИ, представлены на рис. 7 – 9.

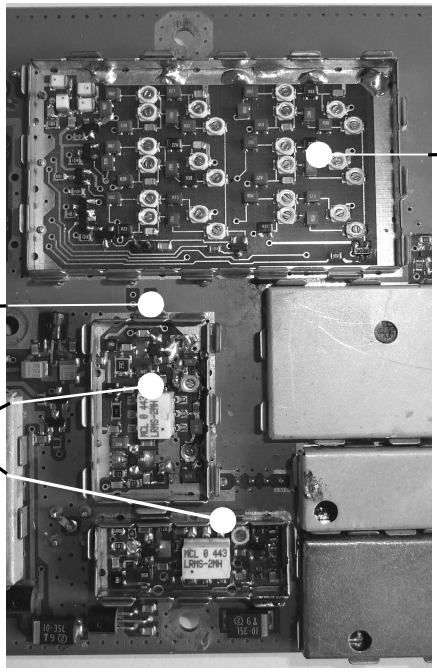


Рис. 6. Входные каскады приемного тракта
1 – функциональный узел селектора;
2 – функциональный узел УРЧ;
3 – каскад преобразования частоты.

Таблица 1

Элементная база узлов селектора и УРЧ

УЗЕЛ СЕЛЕКТОРА	
Наименование элемента	Тип
1. Конденсаторы	JR200 100 V Voltronics
2. Емкости	CW252016-R47J BOURNS
3. Электронный ключ	AF002-C1 Skyworks
4. Резисторы	MCR10EZPJ104 ROHM
5. ВЧ диоды	MA4P7001F Macom
УРЧ	
6.УРЧ	AG 604-86G WG

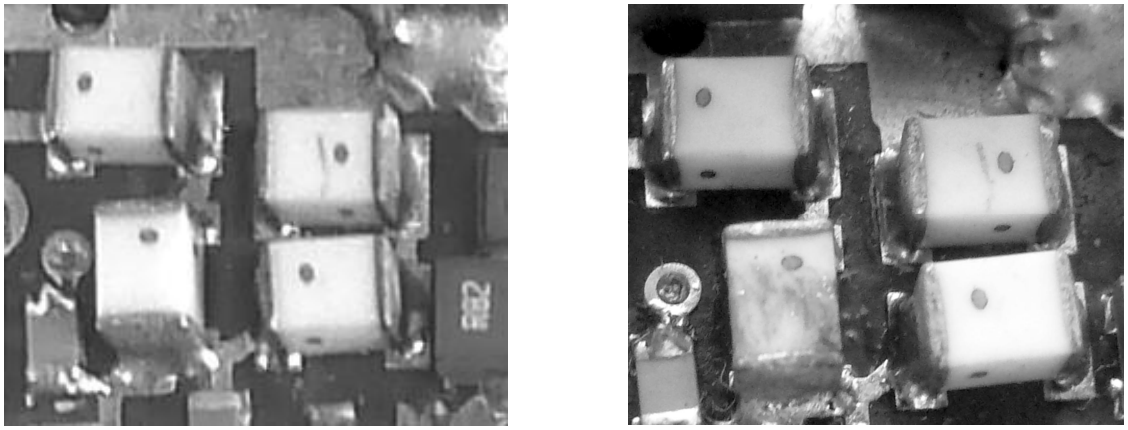
Элементами, наиболее критичными к воздействия МЭМИ оказались:

– защитная цепочка на основе диодов MA4P7001F Macom;

– электронный ключ коммутации селектора AF002-C1 Skyworks;

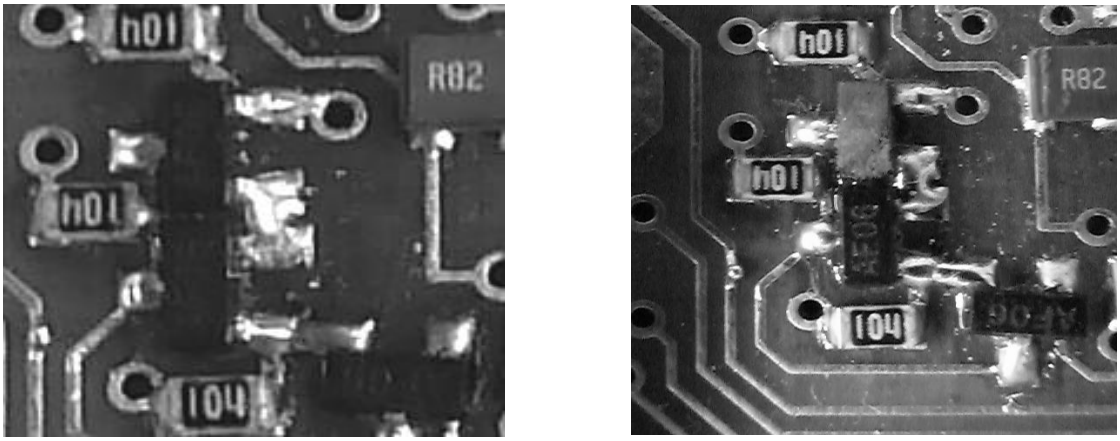
№ усилитель радиочастоты AG 604-86G WG.

В целом можно заключить об необратимом функциональном поражении приемного тракта [6].



а б

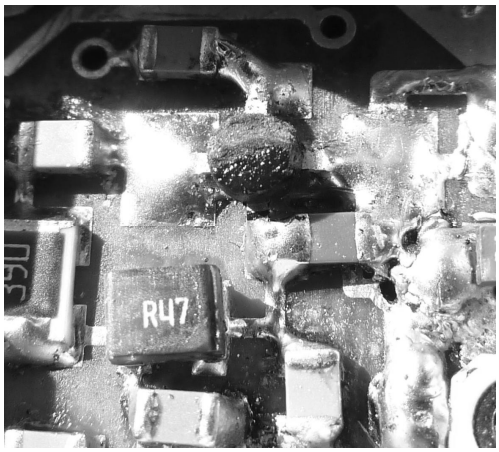
Рис. 7. Изображение функционального узла защиты селектора:
а – до воздействия МЭМИ; б – после воздействия МЭМИ



а б

Рис. 8. Изображение функционального узла электронного ключа селектора
а - до воздействия МЭМИ; б - после воздействия МЭМИ

а



б

Рис. 9. Изображение функционального узла УРЧ
а – до воздействия МЭМИ; б – после воздействия МЭМИ

Результаты экспериментальных исследований

1. При проведении экспериментального исследования оценки стойкости РЭС к воздействию МЭМИ было установлено функциональное поражение приемного тракта, на частотах рабочего диапазона РЭС.

2. Результатами экспериментального исследования установлено, что критерии частотного поражения приемного тракта были выбраны верными.

3. Было установлено, что энергетическое воздействие МЭМИ вызвало необратимые изменения только во входных каскадах РЭС, которые отвечают за частотный диапазон настройки приемного тракта.

4. В зависимости от функциональных связи между отдельными устройствами, а так же их конструктивными, монтажными и технологическими особенностями были выявлены наиболее критичных к воздействия МЭМИ элементы входных каскадов приемного тракта (защитные диоды, электронные ключи коммутации и УРЧ).

Выводы

Представленные результаты экспериментальной оценки стойкости РЭС, соответствуют теоретическим изысканиям как в части частотного излучения МЭМИ, так и в особенностях поражения приемного тракта.

Список литературы

1. *Кравченко В.И. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи / В.И. Кравченко, Е.А. Болотов, Н.И. Летунова. – М.: Радиосвязь, 1987. – 251 с.*
2. *Особенности воздействия мощных электромагнитных излучений на радиоэлектронные средства УКВ диапазона / Д.Б. Кучер, С.В. Тараненко, А.И. Харланов, В.П. Макогон // Сборник научных трудов ХУПС. – Х.: ХУПС им. И.Кожедуба, 2008. – Вып. 3(18). – С. 42-46.*
3. *Особенности воздействия мощных электромагнитных помех на радиоприемные средства / Д.Б. Кучер, С.В. Тараненко, А.И. Харланов, И.В. Медведь, В.П. Макогон // Сборник научных трудов ХУПС. – Х.: ХУПС им. И.Кожедуба, 2009. – Вып. 1(19). – С. 37-42.*
4. *«Широкополосная радиостанция РС-010. Руководство по эксплуатации». – 60 с.*
5. *Экспериментальный ускорительный комплекс ХНУРЭ для исследований ЭМС/ В.И. Чумаков, Ю.А. Волколупов, М.А. Острижной, А.В. Столярчук, О.И. Харченко // Сборник научных трудов 2-го Меж. радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». – 2005. – Том. 6. – С. 74-77.*
6. *Кучер Д.Б. Мощные электромагнитные излучения и сверхпроводящие защитные устройства, «Ахтиар» / Кучер Д.Б. – 1997. – 00 с.*

Поступила в редколлегию 30.04.2011

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

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕГРАДАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИЙОМНОГО ТРАКТУ ПІД ВПЛИВОМ ПОТУЖНИХ РАДІОЧАСТОТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

Д.Б. Кучер, А.И. Харланов, Т.В Зонтова, В.П. Макогон

У роботі проведене експериментальне дослідження стійкості елементів вхідного каскаду прийомного пристрою до впливу потужного електромагнітного випромінювання

Ключові слова: *приймальний тракт, радіочастотні випромінювання, порогова енергія пошкодження.*

EXPERIMENTAL RESEARCH OF DEGRADATION OF ELEMENTS OF RECEIVING HIGHWAY UNDER ACT OF POWERFUL R.F.S

Д.Б. Кучер, А.И. Харланов, Т.В Зонтова, В.П. Макогон

An experimental study of firmness of elements of entrance cascade of takers-off is in-process undertaken to influence of powerful electromagnetic radiation

Keywords: *receiving highway, radio frequency radiations, threshold energy of damage.*