

УДК 621.396.677

М.Н. Ясечко, И.В. Красношапка, А.В. Очкуренко

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

## ВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ БОРТОВОГО РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Определены временные параметры поражающего электромагнитного импульса для функционального поражения радиоэлектронной аппаратуры летательных аппаратов тактического уровня действия.*

**Ключевые слова:** электромагнитный импульс функциональное поражение, радиоэлектронные средства.

### Введение

Результатом воздействия ЭМИ на модулятор передающей радиолинии БПЛА с целью решения задачи его функционального поражения (ФП), достаточным для полного выполнения задачи, является необратимый вывод из строя радиоэлементов функциональных устройств: малошумящих антенных усилителей, кристаллических смесителей, транзисторных двухтактных усилителей, фильтров. При этом должны выполняться определенные требования к временным параметрам поражающего сигнала.

### Основная часть

При оценивании временных параметров электромагнитного импульса (ЭМИ) для ФП необходимо учитывать, что в ряде случаев для защиты входных цепей могут применяться специальные устройства защиты с малым временем срабатывания.

Время срабатывания лучших устройств защиты составляет величину порядка 10 нс. Следовательно, длительность разрушающего сигнала  $\tau_{\text{пвс}}$  должна соответствовать условию:

$$\tau_{\text{пвс}} \leq \tau_{\text{к}} = 10 \text{ нс}, \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{к}}$  – время срабатывания устройств защиты при превышении заданного максимального уровня сигнала в выходных цепях модуляторов.

Известны два варианта воздействия ЭМИ на радиотехнические системы БПЛА: внутриполосное и внеполосное. Внутриполосное воздействие требует точных разведывательных данных о рабочей частоте и полосе пропускания, тактовой частоте компьютера или спецвычислителя, резонансной частоте конструкций крепежа радиоэлектронных элементов на платах и т.д., а также соответствующей настройки на заданную частоту средства ФП. Внутриполосное воздействие наиболее эффективно при осуществлении функционального поражения БПЛА.

Потери энергии воздействующего ЭМИ при прохождении через модулятор передающей радиолинии БПЛА в данном случае зависят от соотношения между полосой пропускания тракта  $\Delta f_{\text{п}}$  и шириной спектра воздействующего разрушающего импульса  $\Delta f_{\text{пвс}} \approx 1/\tau_{\text{пвс}}$ . В большинстве случаев эти потери не превышают -10...-15 дБ.

Внеполосное воздействие не требует точных разведанных по диапазону частот. Воздействие на электронную аппаратуру может осуществляться через монтажные отверстия на любых частотах вне их полосы пропускания. Результирующие потери в этом случае могут достигать величины -30...-40 дБ.

При внеполосных способах ФП бортовых радиотехнических систем, управляющих спецвычислителей и компьютеров необходимая для этого мощ-

ность воздействующих ЭМИ существенно зависит как от характеристик радиоэлектронных элементов, так и от конструктивного исполнения (в частности, от конструкции и характеристик экранирующих элементов, размеров и формы имеющихся технологических отверстий, используемых элементов монтажа, взаимного расположения радиоэлектронных элементов на монтажных платах и т.д.). Поэтому в данном случае для оценок требуемой мощности воздействующих ЭМИ предпочтительнее использовать результаты специальных экспериментальных исследований по устойчивости данного типа устройств к воздействию ЭМИ малой длительности и большой мощности.

Функциональное поражение БПЛА может быть осуществлено за счет вывода из строя СВЧ элементов модулятора и других функциональных устройств. В бортовых передающих трактах БПЛА широко используются полупроводниковые приборы (транзисторы, микроволновые диоды, микросхемы и т.д.). Что касается бортовых спецвычислителей и ЭВМ, то кроме теплового пробоя микросхем, к функциональному поражению таких устройств условно можно отнести также сбой тактовой частоты и, как следствие, так называемое "зависание" выполняемой программы. Последнее обеспечивается при меньших энергетических затратах. Энергетический порог для достижения эффекта деградации различных радиоэлектронных устройств должен определяться с учетом характерного времени релаксации тепловых процессов, которое для полупроводниковых приборов и интегральных микросхем оказывается довольно большим  $\tau_T \geq 10...100$  нс. При выполнении условия  $\tau_{пвс} \leq \tau_K$  очевидно выполняется и условие  $\tau_{пвс} < \tau_T$ . Суммарный эффект при этом можно оценивать, используя суммарное время всей пачки воздействующих импульсов за вычетом интервалов между ними, если период их повторения  $T_{пвс} < \tau_T$ .

Наименьшая излучаемая плотность потока мощности, необходимая для ФП, может быть обеспечена путем создания сфокусированных периодических коротких импульсов ЭМИ, приводящих к самовозбуждению входных каскадов или приемных устройств в целом.

При ФП последовательностью сфокусированных радиоимпульсов ЭМИ для поддержания устойчивого самовозбуждения электронных устройств поражаемых БПЛА длительность воздействующих импульсов следует выбирать из указанного выше условия (1). Предположим, что выполняется условие  $\tau_{пвс} \leq 5$  нс.

В свою очередь, период следования  $T_{пвс}$  таких воздействующих импульсов следует выбирать таким образом, чтобы колебания самовозбуждения к приходу каждого последующего импульса затухали не более чем на 50...70%, то есть

$$T_{пвс} \leq (0,7...1,2)\tau_{п} \approx \frac{0,7...1,2}{\pi\Delta f_{п}} \approx \frac{0,22...0,38}{\Delta f_{п}}, \quad (2)$$

где  $\Delta f_{п}$  и  $\tau_{п}$  – полоса пропускания и постоянная времени установления собственных колебаний модулятора передающего тракта подавляемых БПЛА.

Учитывая ширину полосы частот канала спутниковой связи, предположим, что  $\Delta f_{п} \leq 10$  МГц. В этом случае с учетом (2) получим  $T_{пвс} \leq 220...380$  нс и, соответственно, значение скважности таких периодических последовательностей воздействующих импульсов при  $\tau_{пвс} \leq 5$  нс

будет составлять  $Q = \frac{T_{пвс}}{\tau_{пвс}} \leq 50...80$ .

## Выводы

Проведенный анализ позволяет определить возможные временные параметры поражающего сигнала, для достижения эффекта деградации радиоэлектронных систем БПЛА, с учетом времени релаксации тепловых процессов в полупроводниковых приборах и интегральных микросхем.

Определена длительность разрушающего сигнала, которая должна соответствовать условию (1), а так же рассчитан период следования воздействующих импульсов, для поддержания колебательного процесса в радиоэлектронных приборах БПЛА.

## Список литературы

1. Кравченко В.И. Электромагнитное оружие / В.И. Кравченко. – Х.: НТУ «ХПИ», 2008. – 185 с.
2. Кравченко В.И. Электромагнитное оружие / В.И. Кравченко. – Х.: НТУ «ХПИ», 2008. – 185 с.
3. Фокусировка электромагнитного излучения и ее применение в радиоэлектронных средствах СВЧ / Под ред. В.И. Гомозова. – Х.: Городская типография, 2011. – 330 с.
4. Влияние мощных импульсных микроволновых помех на полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы / В.В. Антипин, В.А. Годовицын [и др.] // Зарубежная радиоэлектроника. – 1995. – № 1. – С. 37-53.
5. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем / В.Д. Дабкин, А.И. Курпьянов, В.Г. Пономарёв, Л.Н. Шустов. – М.: Вузовская книга, 2007. – 468 с.

Поступила в редакцию 25.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук проф. Г.В. Ермаков, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

## ЧАСОВІ ВИМОГИ ДО ЗАСОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО УРАЖЕННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ БОРТОВОГО РОЗВІДУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

М.М. Ясечко, І.В. Красношапка, О.В. Очкуренко

Визначені часові параметри електромагнітного імпульсу для функціонального ураження радіоелектронної апаратури літальних апаратів тактичного рівня дії.

**Ключові слова:** електромагнітний імпульс, функціональне ураження, радіоелектронні засоби.

**TIME REQUIREMENTS FOR DRUGS OF FUNCTIONAL DAMAGE RADIO SYSTEMS  
INTELLIGENCE AIRCRAFT EQUIPMENT**

M.N. Iasechko, I.V. Krasnoshapka, A.V. Ochkurenko

*Defined timing damaging electromagnetic pulse for functional damage defeat electronic equipment aircraft tactical level action.*

**Keywords:** *electromagnetic pulse, functional damage, radiotechnical facilities.*