

УДК 681.397.07

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВИБРАЦИОННЫХ ПЕРИМЕТРОВЫХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ МОЛНИЕВЫХ РАЗРЯДОВ

А.В. Уткин
(ФГУП «СНПО «Элерон»)

И.В. Евсеев

(Военная академия РВСН им. Петра Великого)

Р.Ю. Голиков, О.А. Тарасов

(ФГУ «12 ЦНИИ Минобороны России»)

Приведены результаты испытаний периметровых средств и систем обнаружения. Рассматриваются пассивные вибрационные средства охраны. Приведены результаты сравнительных испытаний на стойкость к электромагнитным полям молниевых разрядов двух серийно выпускаемых образцов трибоэлектрических вибрационных периметровых средств. Результаты работы были использованы для определения наиболее эффективных схемно-технических решений по защите входных информационных цепей и элементов средств.

Ключевые слова: периметровые средства обнаружения, испытания, вибрационные средства охраны, стойкость к электромагнитным полям, трибоэлектрические средства, входные цепи.

Введение

Обнаружение факта проникновения нарушителя на охраняемый объект осуществляется с использованием периметровых средств и систем обнаружения (ПСО), которые являются важной, наукоёмкой частью комплекса технических средств охраны (ТСО) и занимают особое место в отрасли специальной техники. Важнейшее место в комплексе безопасности объекта как источника первичной информации о факте физического вторжения нарушителя на его территорию занимает сигнализационное блокирование протяжённых рубежей или периметров охраняемых объектов.

Наиболее распространённым и доступным подклассом ПСО в силу универсальности применения (для различных типов заграждений) относительно невысокой стоимости и технологичности являются пассивные вибрационные ПСО (ВСО) с распределёнными кабельными чувствительными элементами (ЧЭ) коаксиального типа.

Опыт применения современных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем в ВСО позволил установить их высокую чувствительность к кратковременным электрическим перегрузкам, вызванным, в том числе, действием электромагнитных полей (ЭМП) молниевых разрядов. Основными причинами выхода из строя ВСО при наличии ЭМП молниевых разрядов являются:

– образование статического электричества на кабелях и аппаратуре в результате влияния неподвижных зарядов, накопленных в грозном облаке;

– наведение в кабелях импульсов высокого напряжения, которые возникают в результате воздействия мощного электромагнитного поля, порождаемого грозными разрядами;

– броски напряжения питающей сети;

– изменение потенциала заземляющих устройств.

Основными функциональными характеристиками периметровых средств обнаружения являются надёжность обнаружения нарушителей и устойчивость к ложным тревогам (ЛТ). Количественные показатели для функциональных критериев – вероятность обнаружения нарушителей P_o и частота ЛТ (срабатываний) $T_{лс}$. Показатели P_o и $T_{лс}$ находятся в прямой зависимости: повышение P_o конкретного образца ПСО достигается снижением порога обнаружения полезных сигналов на фоне помех, вызванных воздействием на ПСО внешних факторов природного, техногенного и преднамеренного характера, что приводит к повышению $T_{лс}$. И наоборот, снижение $T_{лс}$ приводит к уменьшению P_o . Как показали исследования и практика, на вероятность обнаружения нарушителей конкретным типом ПСО влияет в первую очередь способ его преодоления. В свою очередь на частоту ЛТ влияет вид возмущающего внешнего фактора, оказывающего воздействие на ЧЭ и формирование помехового сигнала. Любое ПСО обладает конечной помехоустойчивостью, поэтому под воздействием значимых помеховых факторов, с определённой вероятностью, выдает ЛТ.

Одной из наиболее значимых природных помех для ПСО являются электромагнитные поля, создаваемые

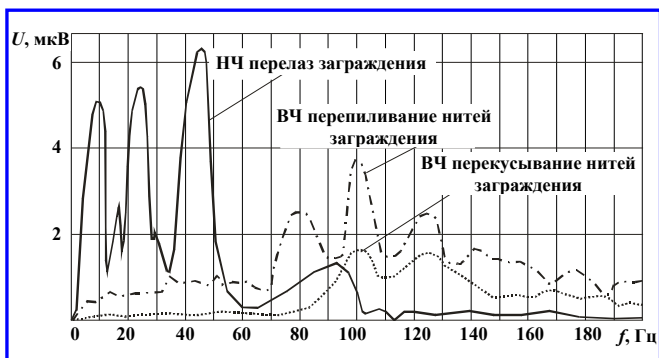


Рис. 1. Полезные сигналы в ЧЭ вибрационных ПСО



Рис. 2. Трибоэлектрические вибрационные ПСО «Квартет-А» и «Квартет-В»

молниевыми разрядами при грозе. Величина сигналов от таких помех многократно превышает величину полезных сигналов от действий нарушителя и может достигать в экранах чувствительных элементов ПСО десятков кВ [3, 4, 6]. На рис. 1 приведены полезные сигналы, наводимые от действий нарушителя в ЧЭ трибоэлектрических вибрационных ПСО, которые составляют единицы мкВ.

По этим причинам при разработке новых образцов ПСО приходится уделять самое пристальное внимание изучению влияния ЭМП молниевых разрядов и выработке методов и алгоритмов защиты от них.

Сравнительные испытания образцов периметровых средств обнаружения на стойкость к электромагнитным полям

Проведены сравнительные испытания на стойкость к ЭМП молниевых разрядов двух серийно выпускаемых образцов трибоэлектрических вибрационных ПСО «Квартет-А» и «Квартет-В» (рис. 2). В рассматриваемых образцах ПСО для защиты от импульсных помех на входных цепях ЧЭ и цепях электропитания применены различные схемотехнические решения. В ПСО «Квартет-А» применена схема защиты на основе быстродействующих металлооксидных варисторов (время срабатывания не более 0,5 нс). В ПСО «Квартет-В» применена схема защиты на основе кремниевых импульсных диодов (время обратного восстановления 4 нс). Целью испытаний было определение наилучших схемотехнических решений защиты от ЭМП молниевых разрядов.

В силу того, что испытания рассматриваемых ПСО прямым методом (непосредственное воздействие ЭМП с заданными амплитудно-временными параметрами) невозможны по причине отсутствия полеобразующих систем требуемых объёмов, испытания были проведены косвенным методом (инъекция испытательного импульса тока в экран ЧЭ ПСО).

Для определения испытательного воздействия косвенным методом была выбрана модель удара молнии в молниеотвод, расположенный в 50 м от ПСО (рис. 3).

Параметры молниевых разряда были выбраны, исходя из усреднённых значений [2, 5] и представлены на рис. 4.

В дальнейшем от выбранной формы тока молниевых разряда с использованием [1, 2, 5] рассчитывались горизонтальное и вертикальное электрические поля и наведённый ток в различных точках расчётной модели в соответствии с рис. 2. В результате расчёта был получен испытательный импульс тока с амплитудно-временными параметрами, представленными на рис. 5.

Для проведения испытаний был собран генератор импульса тока (ГИТ), выход которого подключался к экрану чувствительным элементам ПСО «Квартет-А» и «Квартет-В» (рис. 6).

Объекты испытаний ступенчато подвергались воздействиям импульса тока, начиная с амплитуды 100 А до расчётной 600 А. Во время воздействия функционирование ПСО на предмет выдачи ложного срабатывания проверялось по свечению контрольных светодиодов на блок электронный (БЭ) и

измерением сопротивления на выходных шлейфах сигнализации. После каждого воздействия проверялась работоспособность объектов испытаний путём имитации преодоления нарушителем сетчатого полотна заграждения, на котором установлен ЧЭ (рис. 7).

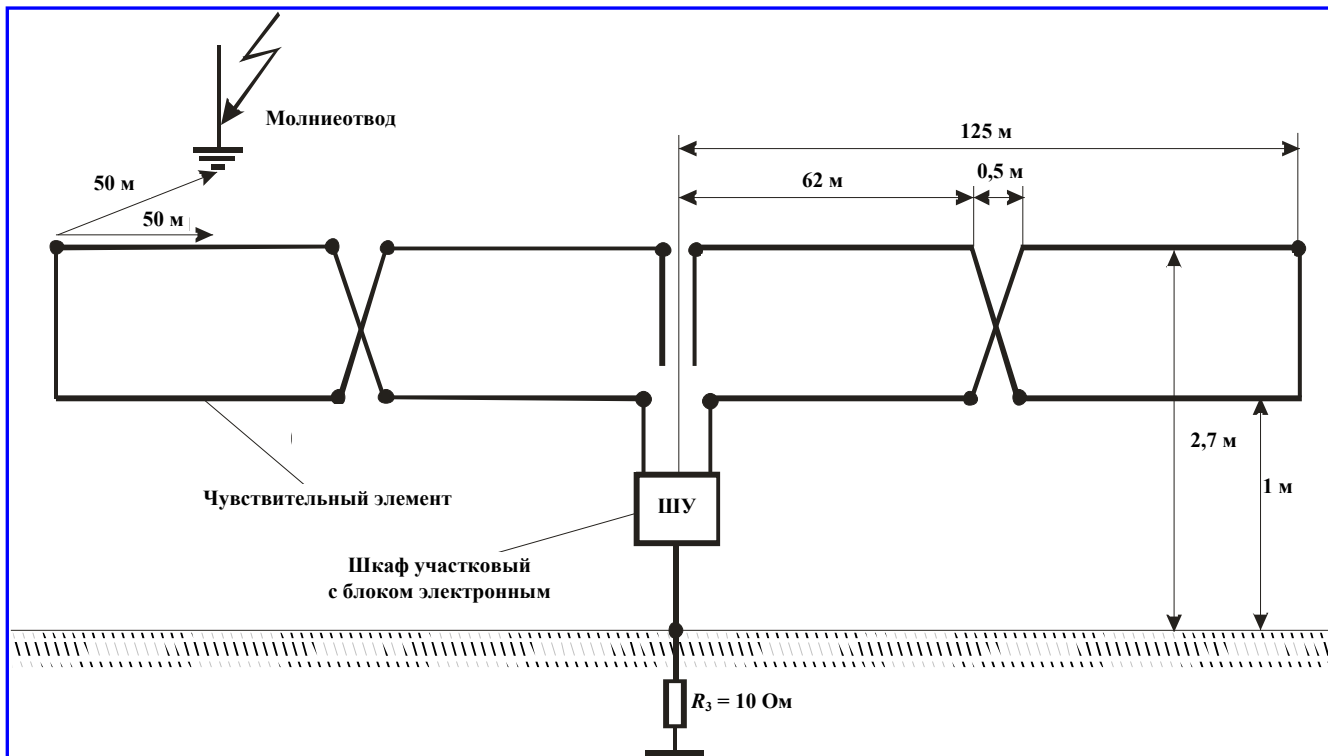


Рис. 3. Модель удара молнии в молниеотвод ПСО

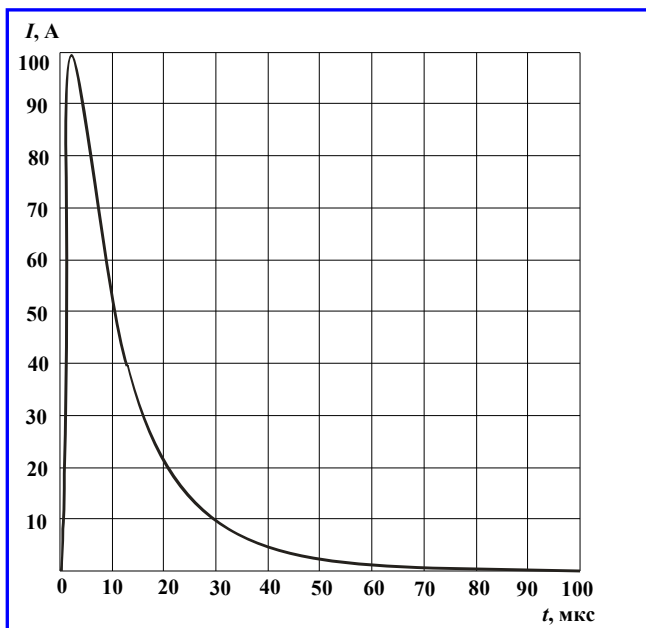


Рис. 4. Параметры молниевых разрядов

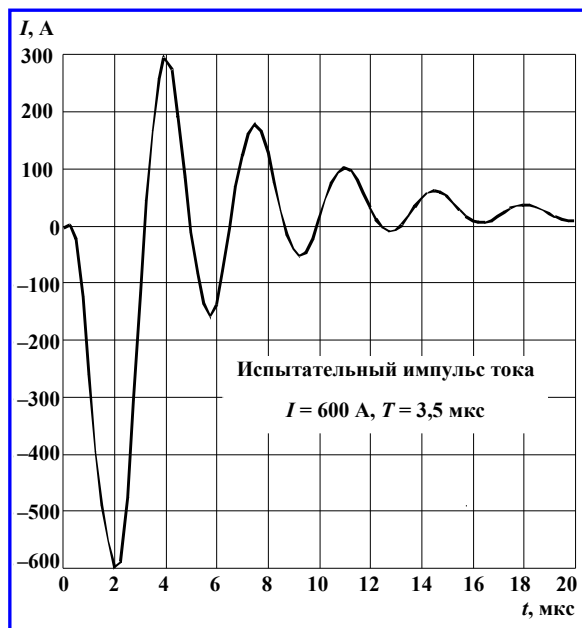


Рис. 5. Испытательный импульс тока

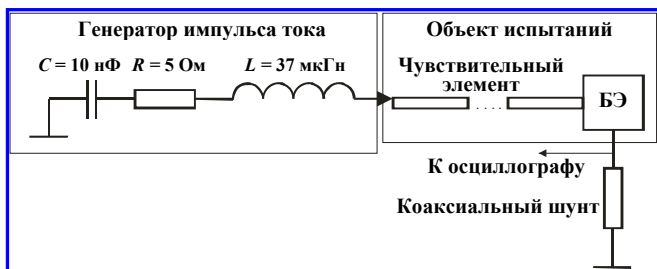


Рис. 6. Генератор импульса тока для испытаний



Рис. 7. Установка для испытаний ПСО

Амплитуда тока, I, А	Период T, мкс	Результаты испытаний	
		Квартет-В	Квартет-А
100	3,5	Устойчиво функционирует до, в процессе и после испытательного воздействия	Устойчиво функционирует до, в процессе и после испытательного воздействия
200			
300		Ложное срабатывание во время воздействия	
400			
600			

Результаты испытаний воздействий импульсов тока на ПСО приведены в таблице.

По результатам испытаний было определено наиболее эффективное схемно-техническое решение защиты входных цепей ЧЭ и ПСО на основе применения быстродействующих металлооксидных варисторов, которое применено в средстве «Квартет-А». Данное решение по сравнению с общепринятой в настоящее время и реализованной в ПСО «Квартет-В» схемой защиты на основе встречно-включённых диодов обеспечивает устойчивое функционирование средств без выдачи ложных срабатываний в условиях воздействия ЭМП молниевое разряда.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2011 – 2013 гг.

Литература

1. Вэнс Э. Ф. Влияние электромагнитных полей на экранированные кабели / Э. Ф. Вэнс ; пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1982. – 335 с.
2. Кравченко В. И. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи / В. И. Кравченко, Е. А. Болотов, Н. И. Летунова ; под ред. В. И. Кравченко. – М. : Радио и связь, 1987. – 256 с.
3. Стандарт МЭК 61000-2-13 (77C/139/CDV) «Электромагнитная совместимость (ЭМС) – часть 2 – 13: Электромагнитная обстановка – Излучаемые и кондуктивные электромагнитные явления большой мощности».
4. Марков Г. Т. Электродинамика и распространение радиоволн / Г. Т. Марков, Б. М. Петров, Г. П. Грудинская. – М. : Сов. радио, 1979. – 411 с.
5. Малков Н. А. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / Н. А. Малков, А. П. Пудовкин. – Тамбов : ТГТУ, 2007. – 357 с.
6. ГОСТ Р 51317.4.5-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытания. – Взамен ГОСТ Р 50007 – 92; введ. 28.12.1999. – М. : Стандарты, 1999. – 31 с.

Поступила в редакцию 23.11.2011

*Андрей Викторович Уткин, заместитель главного конструктора, т. (495) 399-99-94.
Игорь Валентинович Евсеев, д-р техн. наук, заместитель начальника кафедры, т. (495) 696-34-12.
Руслан Юрьевич Голиков, начальник отдела, т. (496) 549-77-19.
Олег Анатольевич Тарасов, д-р техн. наук, доцент, ведущий научн. сотрудник, т. (496) 549-77-19.*