

Якупов К.Д.,

курсант

4 курс, факультет «Радиотехническое обеспечение полётов авиации»

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Россия, г. Ярославль

Шарифуллин М.Р.,

курсант

4 курс, факультет «Радиотехническое обеспечение полётов авиации»

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Россия, г. Ярославль

ЗАЩИТА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ ОТ ПРОТИВОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ РАКЕТ

Аннотация: *Статья посвящена вопросам повышения живучести радиолокационных станций во время налёта противорадиолокационных ракет. В данной работе изложен новый, более эффективный способ защиты радиолокационных станций.*

Ключевые слова: *вооруженные силы, воздушно-космические силы, противовоздушная оборона, радиолокационная станция, противорадиолокационная ракета.*

Annotation: *The article is devoted to the issues of increasing the survivability of radar stations during the RAID of anti-radar missiles. This paper describes a new, more effective way to protect radar stations.*

Key words: *armed forces, aerospace forces, air defense, radar station, anti-radar missile.*

ВВЕДЕНИЕ

В современной войне, когда боевые действия всё больше применяются авиация, крылатые ракеты и иные средства воздушного нападения, высокую роль играют радиолокационные средства. Чтобы успешно произвести налёт, противнику необходимо уничтожить радиолокационную станцию (далее РЛС), именно поэтому проблема защиты РЛС стоит серьёзным вопросом. Основным и наиболее эффективным средством поражения РЛС являются противорадиолокационные ракеты (далее ПРЛР). Естественно, существуют методы противодействия ПРЛР, которые связаны с изменением режима работы РЛС, либо полным её отключением, но данные методы существуют с изобретения ПРЛК, современные же ракеты имеют возможность запоминать позиции РЛС после первого контакта с ней и лететь в цель, даже в отсутствии излучения от РЛС.

Изначально, нами была рассмотрена возможность использования беспилотных летательных аппаратов (далее БПЛА) для защиты РЛС. Если использовать БПЛА по принципу переманивания ракеты «на себя», то БПЛА становится одноразовым и не спасёт более чем от одной ПРЛР, а учитывая, что в настоящих боевых действиях будет задействовано несколько ПРЛР, то от данной идеи нет толку. Второй идеей мы рассматривали установку на БПЛА ЭМИ-генератора, который смог бы излучать электромагнитный импульс в достаточной для поражения нескольких ПРЛР области, но ЭМИ подобной мощности выведет из строя и сам БПЛА, что делает его одноразовым и экономически невыгодным. Поэтому мы предлагаем использовать стационарное электромагнитное оружие для защиты РЛС от ПРЛР.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ОРУЖИЕ

«Электромагнитное оружие (ЭМИ) — оружие, в котором для придания начальной скорости снаряду используется магнитное поле, либо энергия электромагнитного излучения используется непосредственно для поражения цели»[1, с.40].

В первом случае магнитное поле используется как альтернатива взрывчатым веществам в огнестрельном оружии. Во втором — используется возможность наведения токов высокого напряжения и выведения из строя электрического и электронного оборудования в результате возникающего перенапряжения.

Именно идея выведения из строя электронного оборудования ПРЛР лежит в основе нашей работы.

«Существуют наиболее уязвимые к электромагнитному оружию объекты, а именно: противорадиолокационные ракеты с собственными радаром поиска РЛС; ПТРК 2-го поколения с управлением по не экранированному проводу (TOW или Фагот); ракеты с собственными активными радаром поиска бронетехники (Brimstone, JAGM, AGM-114L LongbowHellfire); ракеты с управлением по радиоканалу (TOW Aero, Хризантема); высокоточные бомбы с простыми приёмниками GPS-навигации ;планирующие боеприпасы с собственными радаром (SADARM)»[2, с.5].

Использование электромагнитного импульса против электроники ракеты за её металлическим корпусом неэффективно. Воздействие возможно по большей части на головку самонаведения, которое может быть велико в основном для ракет с собственным радаром в её качестве.

Все ПРЛР оснащены радиолокационными средствами для поиска РЛС, поэтому электромагнитное оружие для борьбы с ними будет достаточно эффективным.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОРУЖИЯ

ЭМИ-оружие может быть создано как в виде стационарных (рис.1) и мобильных электронных комплексов направленного излучения, так и в виде электромагнитных боеприпасов (ЭМБ), доставляемых к цели с помощью артиллерийских снарядов, мин, управляемых ракет авиабомб. Нас интересует именно стационарная реализация ЭМИ оружия, способное в определённой области от позиции РЛС вывести из строя летящие ПРЛР.

В Уральском отделении Института электрофизики РАН (Екатеринбург) разработана серия многоцветных мобильных SOS-генераторов ЭМИ с высокой проникающей способностью. Принцип действия SOS-генераторов основан на эффекте наносекундной коммутации сверхплотных токов в полупроводниковых приборах (SOS – Semiconductor Opening Switch). SOS-эффект представляет собой качественно новый вариант коммутации тока – развитие процесса стремительного падения тока происходит не в низколегированной базе полупроводниковой структуры, как в других приборах, а в ее узких высоколегированных областях. База и p-переход остаются при этом заполненными плотной избыточной плазмой, концентрация которой приблизительно на два порядка превышает исходный уровень легирования. Эти два обстоятельства и приводят к сочетанию высокой плотности коммутируемого тока с наносекундной длительностью его отключения.

Другое важное свойство SOS-эффекта – в том, что стадия срыва тока характеризуется автоматическим равномерным распределением напряжения по последовательно соединенным полупроводниковым структурам. Это позволяет создавать прерыватели тока с напряжением мегавольтного уровня путем простого последовательного соединения SOS-структур.

SOS-эффект обнаружен в 1991 году в обычных высоковольтных выпрямительных полупроводниковых диодах подбором определенного сочетания плотности тока и времени накачки. В дальнейшем была разработана специальная полупроводниковая структура со сверхжестким режимом восстановления, на основе которой удалось создать высоковольтные полупроводниковые прерыватели тока нового класса – SOS-диоды, имеющие рабочее напряжение в сотни киловольт, ток коммутации в десятки килоампер, время коммутации – единицы наносекунд и частоту следования импульсов – килогерцы. Типовая конструкция SOS-диода – это последовательная сборка элементарных диодов, взаимно стянутых диэлектрическими шпильками между двумя пластинами электродами. На приведена типичная форма обратного тока через SOS-диод с площадью структуры 1 см^2 . Значение коммутируемого тока –

5,5 кА, время его срыва (падения с 0,9 до 0,1 амплитуды) – 4,5 нс. Скорость коммутации – 1200 кА/мкс, что приблизительно на три порядка превышает токовый градиент в обычных быстродействующих тиристорах. Самый мощный из разработанных на сегодня SOS-диодов при площади структуры 4 см² имеет рабочее напряжение 200 кВ и коммутирует ток 32 кА, что соответствует коммутируемой мощности 6 ГВт.

На основе SOS-диодов разработана серия мощных наносекундных генераторов с рекордными для полупроводниковых коммутаторов параметрами. Принцип работы ЭМИ-генератора на SOS-эффекте (рис.2) сводится к следующему. Тиристорное зарядное устройство (ТЗУ) осуществляет дозированный отбор энергии от источника питания, которая затем за время 10–100 мкс при напряжении 1–2 кВ поступает на магнитный компрессор (МК). Последний сжимает энергию во времени до 300–600 нс и повышает напряжение до сотен киловольт. SOS-диод выступает в роли оконечного усилителя мощности, переводя энергию в диапазон времени 10–100 нс и повышая напряжение в 2–3 раза.

Введение в состав ЭМИ-генератора звена магнитной компрессии (рис.3) продиктовано необходимостью согласования параметров выходного импульса ТЗУ с параметрами импульса накачки SOS-диода. По мере сжатия энергии в МК происходит удвоение напряжения в каждой ячейке. В общем случае выходное напряжение МК, без учета активных потерь энергии, в 2^n раз выше входного (где n – число конденсаторных ячеек). Примечательно, что МК не требует дополнительных цепей для перемагничивания сердечников магнитных ключей, поскольку в данной схеме этот процесс происходит автоматически благодаря разным направлениям протекания зарядного и разрядного токов через любой из ключей. Еще одна отличительная особенность схемы МК состоит в двойном сжатии энергии во времени на каждой конденсаторной ячейке за счет перезаряда нижних конденсаторов. Поэтому двух конденсаторных ячеек уже достаточно для временного уплотнения энергии на два порядка.

Важная задача, возникающая при передаче энергии от МК к полупроводниковому коммутатору, – схемная реализация двухконтурной накачки прерывателя в режиме усиления обратного тока. Пример соответствующей схемы согласования приведен на рис.4. Между выходом МК и SOS-диодом подключают конденсатор обратной накачки СН и магнитный ключ обратной накачки MS(или импульсный трансформатор). После насыщения ключа прямой накачки MS+, являющегося выходным коммутатором МК, энергия из последней ячейки компрессора переводится в конденсатор СН. При этом ток заряда I+ конденсатора СН одновременно является током прямой накачки SOS-элемента. Нарастающим напряжением на СН ключ MS перематничивается. После его включения в SOS-диод вводится обратный ток I–, который превышает I+ в несколько раз, и энергия конденсатора СН переводится в индуктивность контура обратной накачки (индуктивность обмотки насыщенного ключа MS– или добавочная катушка индуктивности). После срыва тока SOS-диодом энергия передается в нагрузку в виде короткого наносекундного импульса.

Отсутствие в SOS-генераторах газоразрядных коммутаторов снимает принципиальные ограничения на частоту повторения импульсов. В продолжительном режиме работы эта частота ограничена тепловыми нагрузками на элементы генератора, в первую очередь на сердечники магнитных ключей, а при кратковременном включении генератора в режиме пакета импульсов – частотными возможностями ТЗУ, то есть временем восстановления тиристоров и временем заряда первичного накопителя. Режим пакета импульсов, когда генератор работает от десятков секунд до нескольких минут с частотой и выходной мощностью, в несколько раз превышающими номинальные, важен именно для перспектив боевого применения. Поэтому для более полного использования частотных возможностей ТЗУ проектируется, исходя из требования минимального времени накопления энергии, а элементы генератора выбираются с учетом результатов расчета их адиабатического разогрева в пакетном режиме функционирования. Разработанные SOS-генераторы

позволяют от 5 до 10 раз увеличивать номинальную частоту следования импульсов и выходную мощность в режиме пакета продолжительностью от 30 до 60 с.

Рассмотрим модель воздействия электромагнитной энергии на ПРЛР. Для простоты реализации модели определим несколько условий: ПРЛР движется прямолинейно с постоянной скоростью 100 м/с; пуск ПРЛР осуществляется с расстояния 1000 м от РЛС; ЭМИ-излучатель находится близко к РЛС, из-за чего расстояние от РЛС до ЭМИ-излучателя не учитывается; с приближением ПРЛР к излучателю воздействие ЭМИ на ракету возрастает, а воздействие оказывается только на системы управления ракетой.

На рис. 5 представлена модель, описывающая закон движения ракеты без воздействия на неё ЭМИ, где $r(t)$ - расстояние ПРЛР от РЛС, $g(t)$ и $z(t)$ – коэффициенты систем самонаведения и автономного управления ракетой, непосредственно влияющие на движение ракеты, соответственно. Без воздействия ЭМИ, данные коэффициенты равны единице.

Теперь рассмотрим модель на рис.6, когда ПРЛР находится под действием направленного ЭМИ-излучателя. На графике видно, что несмотря на неизменную скорость ракеты, равную 100 м/с, по истечению 10 секунд ПРЛР не достигла РЛС, что свидетельствует о том, что ЭМИ-излучателю удалось вывести ракету из строя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование электромагнитного оружия является новым и перспективным способом защиты радиолокационных станций от противорадиолокационных ракет. Математическая модель в пакете прикладных программ Mathcad подтвердила эффективность ЭМИ-излучателя при выведении из строя ПРЛР. С сохранением текущей тенденции технического развития в данной отрасли, в скором времени подобного рода ЭМИ-излучатели начнут использоваться в вооруженных силах. Стоит отметить и то, что данное устройство будет далеко не из дешёвых и обойдётся как 2-3 современных РЛС,

но с учётом того, что мощный ЭМИ-излучатель способен увеличить срок службы РЛС, пережить не один удар ПРЛР, очевидно, что данный проект экономически эффективен.

Библиография:

1. ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 1999, №6, с.40–44.
2. Авдеев В.Б. Достижимые характеристики электромагнитного поражения распределенных на земной поверхности радиоэлектронных целей. – Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника, 2001, № 9, с. 4 – 15.
3. Слюсар В.И. Генераторы супермощных электронных импульсов в информационных войнах – Электроника, 2002, № 5, с. 60-67.

ПРИЛОЖЕНИЯ

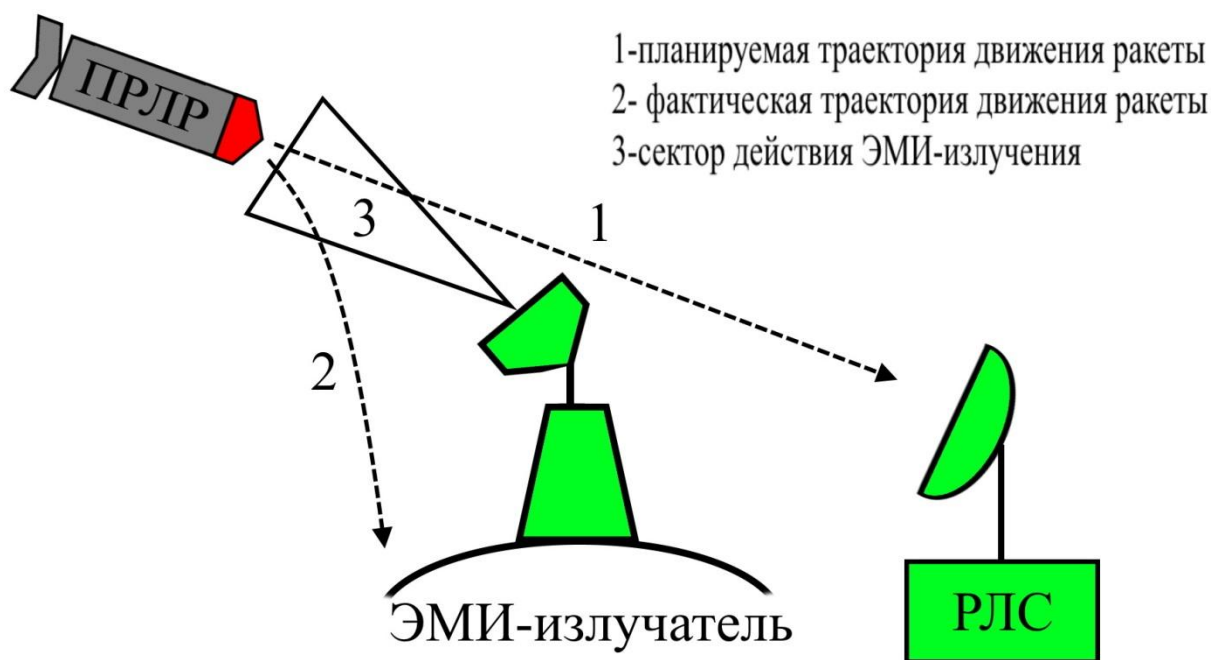


Рисунок 1. Принцип действия стационарного ЭМИ-излучателя

ПРЛР – противорадиолокационная ракета;

РЛС – радиолокационная станция.

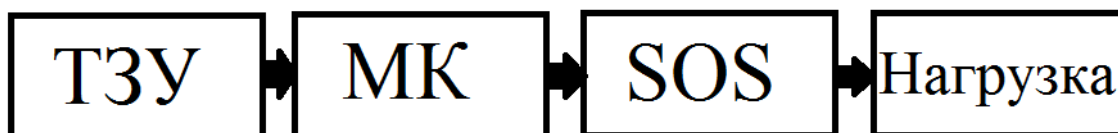


Рисунок2. Блок-схема SOS-генератора

ТЗУ-Тиристорное зарядное устройство;

МК-магнитный компрессор;

SOS-SOS-диод.

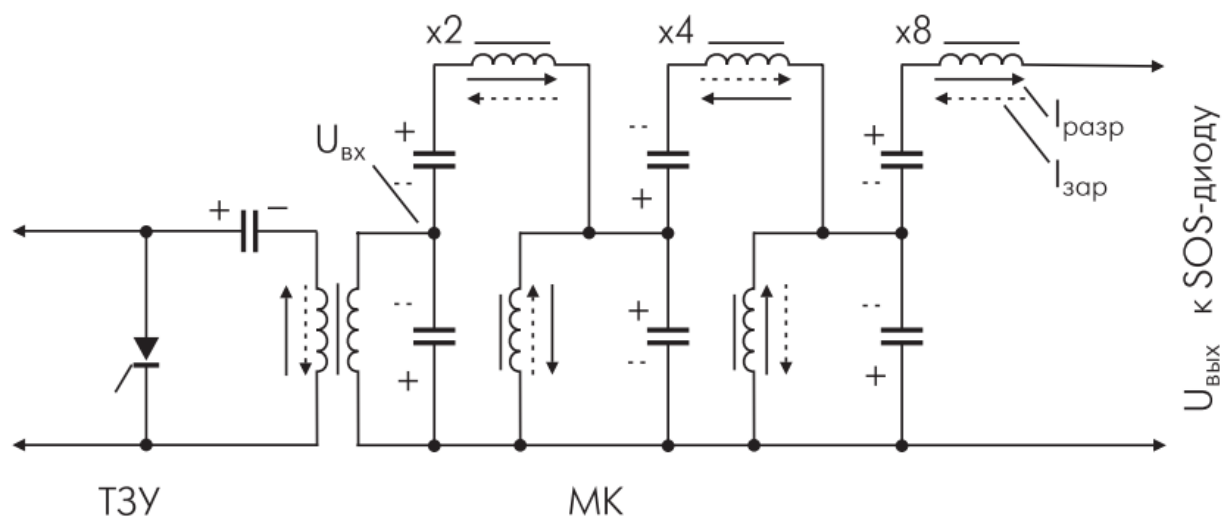


Рисунок3. Функциональная схема магнитного компрессора

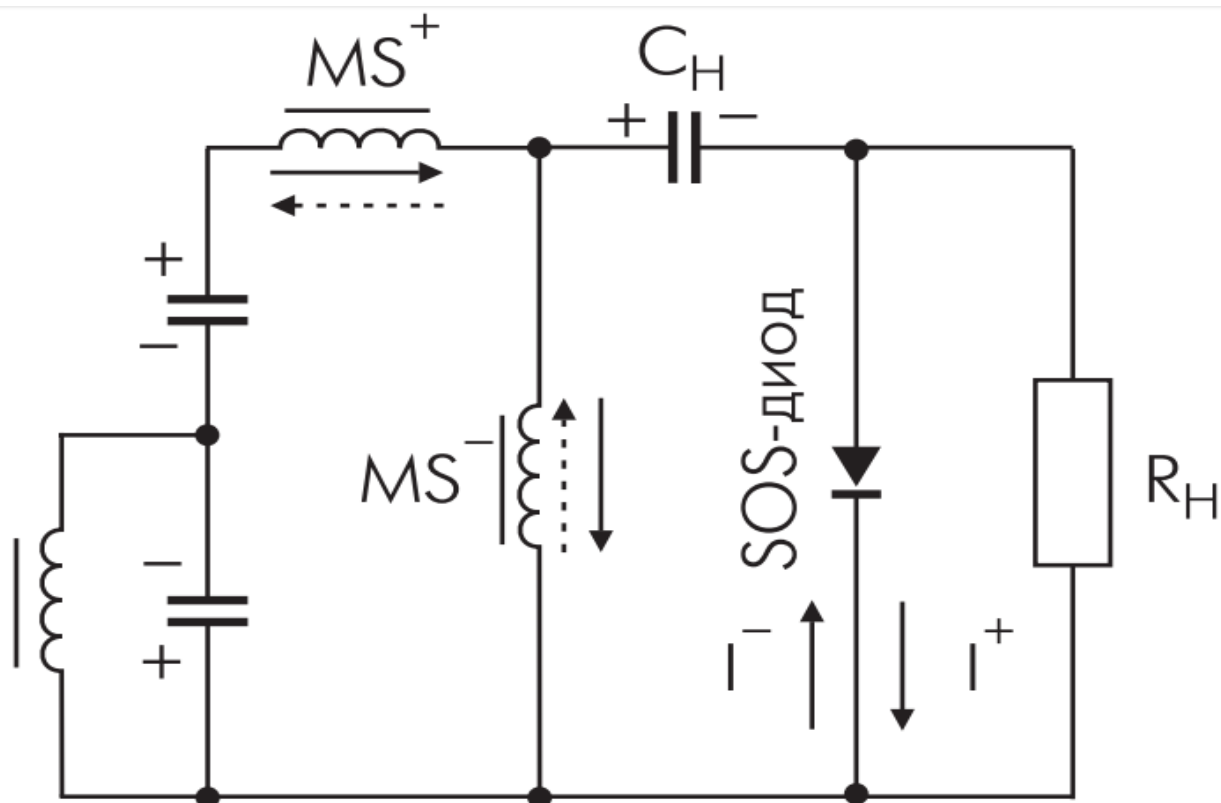


Рисунок 4. Схема согласования

MS^+ - магнитный ключ прямой накачки;

MS^- - магнитный ключ обратной накачки;

C_H - конденсатор обратной накачки;

R_H - нагрузка;

I^- - обратный ток;

I^+ - ток заряда.

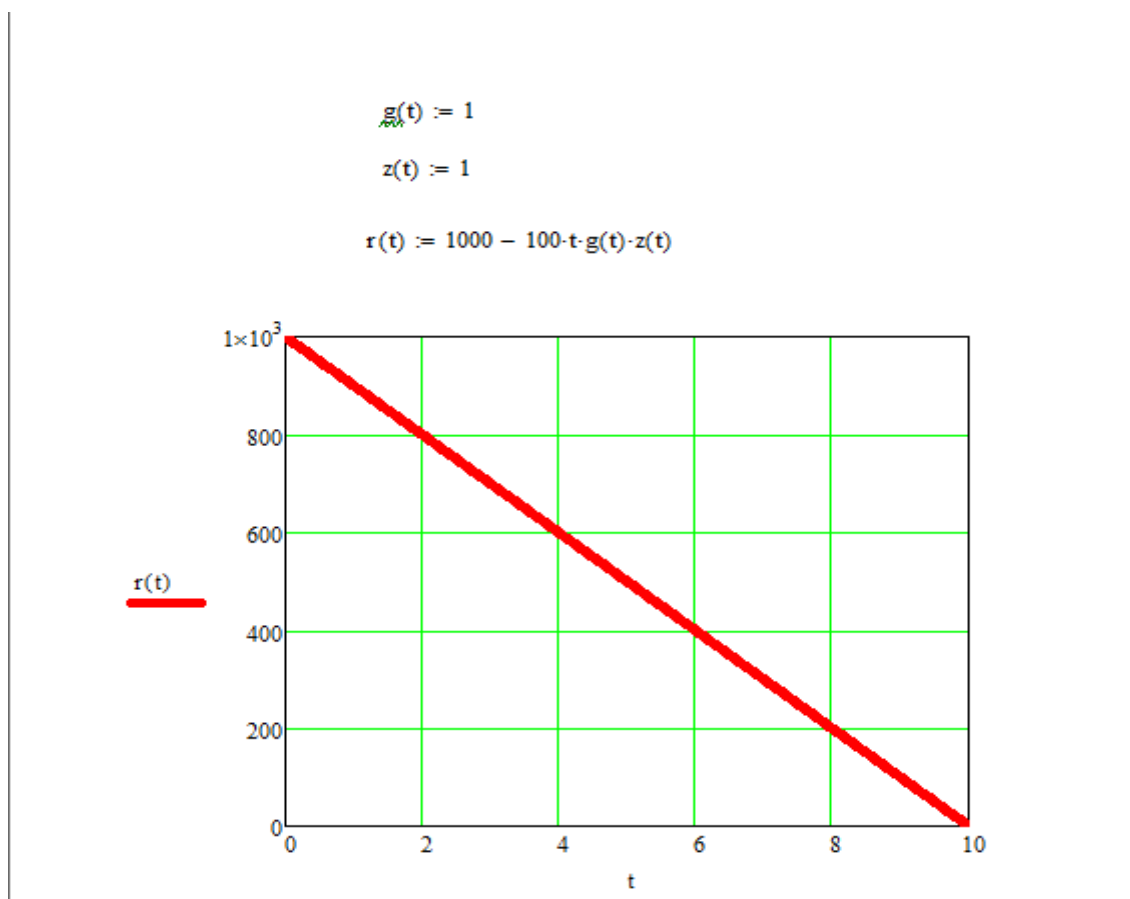


Рисунок 5.Закон движения ракеты без воздействия ЭМИ

$r(t)$ - расстояние между ПРЛР и РЛС;

$g(t)$ – коэффициент влияния самонаведения на движение ракеты;

$z(t)$ - коэффициент влияния автономного управления на движение ракеты.

$$g1(t) := 1 - 0.01 \cdot t$$

$$z1(t) := 1 - 0.02 \cdot t$$

$$r1(t) := 1000 - 100 \cdot t \cdot g1(t) \cdot z1(t)$$

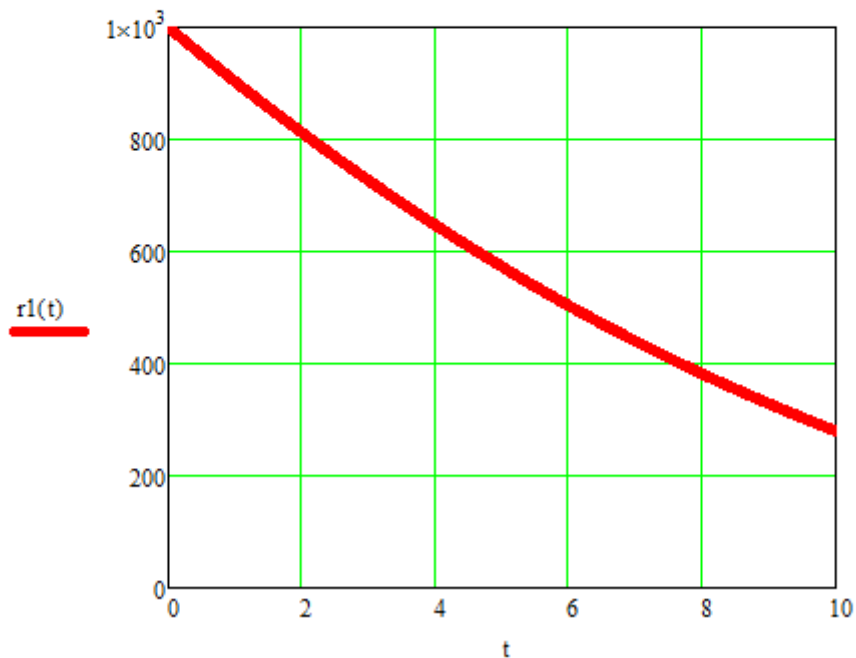


Рисунок 6. Закон движения ПРЛР при воздействии ЭМИ

$r(t)$ - расстояние между ПРЛР и РЛС;

$g(t)$ – коэффициент влияния самонаведения на движение ракеты;

$z(t)$ - коэффициент влияния автономного управления на движение ракеты.