

АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ РАДИОИЗЛУЧЕ- НИЙ

Р.В. Шаповал
(представил проф. В.Е. Пустоваров)

Проведен анализ мощных генераторов радиоизлучений и приведены уровни поражающих воздействий таких генераторов на радиоэлектронные системы.

Среди мероприятий, исключающих или затрудняющих использование радиотехнических средств, является создание оружия направленного действия, которое представляет собой средства трех типов: лазерные, пучки заряженных частиц и микроволновые или радиочастотные. Развитие физики и технологии получения сильноточных релятивистских электронных пучков (РЭП) позволило создать источники радиоизлучений с уникальными характеристиками, что в свою очередь, стимулировало в последнее десятилетие их интенсивное применение в народном хозяйстве, научных исследованиях, новых направлениях развития вооружения и военной техники. Достаточно сказать, что появление РЭП с мощностью до $10^{12} - 10^{13}$ Вт с ультракороткой длительностью импульса (УКДИ) $10^{-6} - 10^{-9}$ с сделало возможным реализовать или подойти вплотную к созданию в диапазоне частот $10^8 - 10^{12}$ Гц источников излучения с мощностью $P_{\text{изл}} = 10^7 - 10^{12}$ Вт и узконаправленного излучения с амплитудой поля $10^2 - 10^5$ В/см на расстояниях в десятки-сотни километров. Поэтому сверхмощные микроволновые генераторы имеют преимущества перед другими типами оружия направленного действия. Они не имеют серьезных проблем при передаче энергии на большие расстояния. Кроме того, микроволны, направленные антенной, несколько расходясь в пространстве за счет явления дифракции, имеют пятно поражения достаточно большое, что компенсирует неточность в прицеливании и непрямолинейности распространения реального волнового пучка.

Малый масштаб современных компонентов радиоэлектронных схем делает их уязвимыми к крайне малым количествам рассеянной в них энергии электромагнитной волны [1 – 4]. Так появилась концепция СВЧ оружия, способного поражать чувствительные структуры в электронном оборудовании современной вычислительной техники.

Одним из первых вариантов экономичного и достаточно простого средства электронного "удара", ориентированного на широкую область

пространства, является "микроволновая бомба", предложенная К. Тейлором в рамках программы СОИ [1]. Другим примером сверхвысокочастотного оружия (СВЧО) массового поражения являются радиочастотные системы большой мощности, действующие в заданном секторе воздушного пространства, двигающиеся на малых высотах и подавляющие электронные средства противника в зоне атаки. Последние в состоянии ослепить боевые средства с электронным управлением и сорвать тактическую связь.

Задачу изучения поражающего действия СВЧ излучения можно разделить на следующие основные этапы:

- формирование мощного импульсного излучения;
- распространение (перенос излучения);
- взаимодействие с объектом (прохождение через защиту);
- воздействие на чувствительные элементы РЭА.

Боевое устройство, реализующее концепцию "микроволновой бомбы", включает химический или другой боеприпас и специальный СВЧ генератор, преобразующий проникающие излучения взрыва в импульс сверхширокополосного СВЧ излучения. Переход к разработке обычного СВЧ боеприпаса был осуществлен в конце 1993 года, а его завершение соответствовало второй половине 90-х годов. Такой боеприпас принципиально может создавать импульс электромагнитного излучения длительностью 0,1 – 1 мкс с энергией 0,1 – 1 кДж и полосой частот несколько гигагерц. За рубежом в конце 80-х годов начаты исследования создания СВЧО боеприпаса и влияния мощного широкополосного СВЧ излучения на ряд систем военного назначения: РЛС "Пейвпос", систему управления полетом самолета F-16, авиационные УР AGM-65 "Мейверик" с ИК головкой самонаведения и AIM-7M "Снарроу-3", различные боеприпасы и средства инициирования (взрыватели, электровоспламенители) [3].

Прогресс в создании СВЧО наземного базирования впервые был продемонстрирован в США в 1992 году в рамках проекта "Mark N" [1]. Предполагалась постепенная модификация источника излучения СВЧО с условным соответствием его выходной мощности соотношению

$P_{\text{изл}} = 10^N$ ГВт, где число N обозначает показатель степени и номер модификации источника.

Дальность действия сверхмощных микроволновых генераторов (СМГ) является наиболее важным вопросом в развитии концепции СВЧО и реализации ее боевых средств. Наиболее оптимистический прогноз дальности поражения составляет сотни километров. Такой результат, может быть, достигнут в случае полосового воздействия СВЧ излучения при условии соосности антенн объекта поражения и источника излучения. Обеспечение поражения РЭС при соосной ориентации антенн возможно при наличии на средстве СВЧО системы разведки излучения поражаемого РЭС и системы управления для наведения антенны.

Эффективность поражения оружием направленного действия характеризуется также уровнем потока энергии. Например, уровень потока энергии, достаточный для создания цифровых ошибок в незащищенных компьютерах, равен примерно $10^{-5} - 10^{-7}$ Дж/см² [3].

Поражение объекта не обязательно должно быть связано с разрушением каких-либо его фрагментов и, соответственно, выходом из строя входящей в его состав РЭА. Для выполнения тактической задачи СВЧО может оказаться достаточным появление сбоев или процедурных нарушений в ее цепях, приводящих к невыполнению ее функциональных назначений и срыву задания противника в целом. Для этого параметры падающего потока излучения могут не достигать критических значений, определяющих деградационные явления в аппаратуре. Например, сбои в цифровых цепях могут появиться, когда внешний фактор способствует созданию напряжений на *p-n* переходе, близких по величине к штатным напряжениям цифровой логики.

Исходя из приведенных в литературе [3, 4] данных, в табл. 1 приведены уровни энергии, достаточной для вывода элементной базы из строя.

Таблица 1

Уровни энергии, достаточной для вывода элементной базы из строя

Тип прибора	Энергия повреждения, Дж
Конденсаторы	$> 1,3 \cdot 10^{-3} - 61 \cdot 10^{-6}$
Интегральные микросхемы (аналог 140 УД1)	$10 \cdot 10^{-6}$
Точечно-контактные диоды	$0,7 - 12 \cdot 10^{-6}$
Мощные транзисторы	$20 - 1000 \cdot 10^{-6}$
Переключающие диоды	$70 - 100 \cdot 10^{-6}$
Стабилизаторы	$1000 \cdot 10^{-6}$
Выпрямительные диоды	$500 \cdot 10^{-6}$
Реле	$2 - 100 \cdot 10^{-3}$
Полупроводниковые диоды мм диапазона	$3 \cdot 10^{-7}$
Полупроводниковые усилители (полоса ~ 2 ГГц)	$0,8 \cdot 10^{-6}$

На основе анализа поражающего действия СВЧ излучения на современные и перспективные образцы вооружения и военной техники выявлены наиболее перспективные области боевого применения СВЧО:

- нарушение работы систем управления, связи и разведки;
- подавление радиоэлектронного оборудования и систем связи ПВО;
- обеспечение защиты стационарных объектов, кораблей, самолетов от управляемого оружия;
- обезвреживание минно-взрывных ограждений.

Следует отметить, что в последнее время большое внимание уделяется взрывомагнитным генераторам частоты (ВМГЧ). Разработка и создание магнитокумулятивных генераторов (МКГ) – мощных компактных источников энергии – позволили подойти к практическому решению по созданию ВМГЧ

[1, 5, 6].

В [7] была разработана концепция магнитокумулятивного беспучкового генератора (МКБГ). В таких генераторах используется не только резонанс напряжений, как в ВМГЧ, но и другие физические явления.

Процесс создания МКБГ выглядит так: выбирается источник энергии с широким спектральным составом, которым запитывается радиотехническая цепь. В цепи возбуждаются колебания на частотах всех возможных резонансов (резонанса тока, резонанса напряжений, параметрических резонансов), могут также осуществляться различные нелинейные явления. Это приводит к увеличению мощности излучений и возрастанию частоты возбуждающих колебаний.

Таким образом, при надлежащей организации генерационных процессов в МКБГ можно возбудить электромагнитные колебания, спектр мощности которых простирается от десятков килогерц до единиц и десятков гигагерц.

Приведенные выше результаты анализа показывают, что в настоящее время разработаны мощные, короткоимпульсные, компактные микроволновые генераторы, которые могут быть использованы для "ослепления" радиоэлектронных средств различного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Taylor C.D., Giri D.V. *High Power Microwaves (Systems and Effects, A SUMMA Book, 1994. – 280 p.*
2. Мырова Л.О., Чепиженко А.З. *Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. – М.: Радио и связь, 1988. – 296 с.*
3. Magda I.I., Bludov S.P., Gadetski N.P. *Studies on Elektronik Devices Degradation Phenomena Under Inter Interference of Pulsed// Power Electromagnetic Fields. -3-rd Int.Crimian Conf."UHF Tech. And Satellite Reseption". – Sevastopol. – 1993. – V.5. – P. 523 – 526.*
4. Gadetski N.P., Kravtsov K.A., Magda I.I. et al. *Studies on Elektromagnetic Radiation of Ultrashort Duration Pulse Interference on UNF Electronic Devices // AMEREM'96, Abstracts, Albuquergue, New Mexico. – 1996. – P. 79.*
5. Antinone R.I. *How To Prevent Circwit Zapping//IEEE Spectrum. – 1987. – V.24. – № 1. – P. 34 – 38.*
6. Горбачев К.В., Лисичкин А.Л., Михайлов В.М., Нестеров Е.В. и др. *Универсальный компактный генератор высоковольтных сильноточных наносекундных импульсов // 12-я Межд. конф. "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. – 9-13 сент. – Севастополь. – 2002. – С. 482 – 483.*
7. Прищепенко А.Б. *Двухконтурный МКБГ // Приборы и техника экспериментов. – 1994. – Т.37, № 4, Ч. 1. – С. 429.*

Поступила 5.08.2002

ШАПОВАЛ Роман Владимирович, адъюнкт кафедры ХВУ. В 1992 году окончил Харьковское Высшее Военное командно-инженерное училище им. Крылова Н.И. Область научных интересов – разработка и использование генераторов радиоизлучений.