



НАУКА@ТЕХНИКА

12+

№ 04(130)

АПРЕЛЬ, 2017

www.naukatehnika.com

— ЖУРНАЛ для ПЕРСПЕКТИВНОЙ МОЛОДЕЖИ —

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

КОСМОНАВТИКА
КАК МЯГКАЯ
СИЛА

БРОНЕТЕХНИКА

ОСНОВНОЙ
БОЕВОЙ ТАНК
«МЕРКАВА»

КОСМОНАВТИКА

ЛЕОНОВ
В ОТКРЫТОМ
КОСМОСЕ

КАТАСТРОФЫ

ПРОБУЖДЕНИЕ
ВУЛКАНОВ

РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА

БОЕВЫЕ РАКЕТЫ
ТРЕТЬЕГО
ПОКОЛЕНИЯ



ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИМПУЛЬСНОЕ ОРУЖИЕ

См. стр. 40





ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИМПУЛЬСНОЕ ОРУЖИЕ

Часть 1

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИМПУЛЬС ВЫСОТНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

Действие электромагнитного импульса (ЭМИ) впервые экспериментально наблюдалось при высотных испытаниях ядерного оружия (рис. 1) в конце 50-х — начале 60-х гг. прошлого столетия, проводившихся в больших количествах США и СССР. То, что ядерный взрыв обязательно будет сопровождаться электромагнитным излучением, физикам-теоретикам было ясно до первого испытания ядерного устройства в 1945 г.

Начало высотным испытаниям положили американцы, которые произвели 1 августа 1958 г. первый взрыв в верхних слоях земной атмосферы над атоллom Джонстон в северной части Тихого океана, в 717 морских милях от Гонолулу (Гавайи). Стартовав с построенной на атолле пусковой установки, баллистическая ракета PGM-11A Redstone конструкции Вернера фон Брауна подняла ядерный заряд типа W-39 на высоту 76,8 км. Заряд имел мощность 1,9 Мт в тротиловом эквиваленте. Одним из результатов этих испытаний было нарушение электроснабжения на Гавайских островах из-за воздействия электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва. Были также нарушены радиопередачи вплоть до территории Австралии. 12 августа аналогичный заряд был поднят ракетой SS-51 и подорван на высоте 42,98 км. Эти высотные взрывы мощных термоядерных зарядов имели целью проверку эффективности их использования в противоракетной обороне (ПРО). Сразу же после этого, в августе–сентябре 1958 г. США провели серию ядерных взрывов непосредственно в космосе.

В 1959–1960 гг. и до 1 августа 1961 г. СССР не проводил ядерных испытаний, участвуя в моратории на ядерные испытания вместе с США и Великобри-



Рис. 1. Высотный взрыв ядерного боеприпаса

танией. Вскоре после того как этот мораторий был прерван, 27 октября 1961 г. Советским Союзом были осуществлены два испытания, целью которых была проверка влияния высотных и космических взрывов на работу радиоэлектронных средств систем обнаружения ракетного нападения и ПРО. Оба ядерных заряда были доставлены к месту взрыва с помощью баллистических ракет Р-12, запущенных с полигона Капустин Яр. Два заряда были подорваны над центром опытной системы ПРО на полигоне Сары-Шаган — один на 300-километровой, другой на 150-километровой высоте.

Механизм генерации рассмотренного ядерного ЭМИ заключается в преобразовании небольшой доли ядерной энергии в электромагнитную энергию с радиочастотным спектром, которое выполняется в нескольких промежуточных процессах. Первым из них является образование гамма-излучения во время взрыва. Затем это гамма-излучение взаимодействует с молекулами атмосферных газов, производя электроны и положительные ионы. При разделении зарядов часть энергии гамма-излучения переходит в кинетическую энергию электронов, и поток их вызывает ток, с которым связано излучение электромагнитной энергии.

Следует отметить, что в это время (начало 60-х гг. прошлого столетия) количественные характеристики ядерного ЭМИ измерялись в недостаточной степени вследствие следующих причин:

- ✓ во-первых, отсутствовала контрольно-измерительная аппаратура, способная регистрировать чрезвычайно мощное электромагнитное излучение, существующее миллионные доли секунды;

- ✓ во-вторых, в радиоэлектронной аппаратуре того времени использовались электровакуумные приборы, мало подверженные воздействию ЭМИ, что снижало интерес к его изучению.

Создание полупроводниковых приборов, а затем и интегральных схем, особенно устройств цифровой техники, широкое внедрение этих средств в радиоэлектронную аппаратуру заставили военных специалистов по-иному оценить угрозу ЭМИ. Наибольшую опасность представляет собой стадия нарастания ЭМИ, на которой в соответствии с законом об электромагнитной индукции из-за чрезвычайно быстрого нарастания импульса тока наведенное напряжение в различных контурах может достигать значительных величин (до тысяч вольт).

При воздействии рассматриваемых импульсных перенапряжений на радиоэлектронную и электротехническую аппаратуру в ней могут наблюдаться:

- ✓ пробой р-п-переходов у полупроводниковых приборов;

- ✓ пробой вакуумных и газонаполненных промежутков;

- ✓ расплавление и обрывы токоведущих дорожек и резистивных элементов, мест пайки (сварки) проводов из-за термоэлектродинамических напряжений;

- ✓ сбои в работе устройств;

- ✓ пробой изоляционных материалов, имеющие необратимый характер, которые приводят к полному отказу изделий (конденсаторы, кабели).

С начала 70-х гг. прошлого столетия вопросы защиты оружия и военной техники от ЭМИ стали рассматриваться министерствами обороны великих держав как имеющие высший приоритет. Следует отметить, что



А. Д. Сахаров

действие ЭМИ не имеет избирательного характера, вследствие чего военные и гражданские системы, которые не являются прямыми или косвенными целями ядерного нападения, подвергнутся сильному воздействию ЭМИ при ядерной атаке далеко отстоящих целей. И прежде всего применение ядерного оружия с точки зрения человеческой морали невозможно объяснить и оправдать.

Тем не менее действие электромагнитного излучения оказалось настолько эффективным, что сразу возник вопрос: нельзя ли создать «чистое» неядерное электромагнитное оружие ЭМО, имеющее избирательный характер, и обеспечить его точную доставку в район поражаемой цели?

ВЗРЫВОМАГНИТНЫЙ ГЕНЕРАТОР ЭМИ

Генераторы со сжатием магнитного потока при помощи взрывчатки (explosively pumped Flux Compression Generator, FCG) оказались наиболее зрелой технологией, пригодной для разработки таких неядерных электромагнитных бомб.

Известно, что взрыв является мощным источником механической и тепловой энергии. В 1951 г. советский ученый-физик Андрей Дмитриевич Сахаров, академик АН СССР с 1953 г., высказал идею о возможности превращения этой энергии в энергию магнитного поля, и им же были предложены конструкции источников сверхсильных магнитных полей и электрических токов, основанные на быстрой деформации взрывом токонесущих контуров. Возможности взрывного сжатия аксиального магнитного поля была также посвящена небольшая статья Якова Петровича Терлецкого, профессора физического факультета Московского университета, опубликованная в 1957 г. Взрывомагнитные источники такого типа получили название генераторов МК (магнитная кумуляция).

Весной 1952 г. Р. З. Людаев, Е. А. Феоктистов, Г. А. Цырков, А. А. Чвилева осуществили первый в СССР взрывной опыт по получению сверхсильных

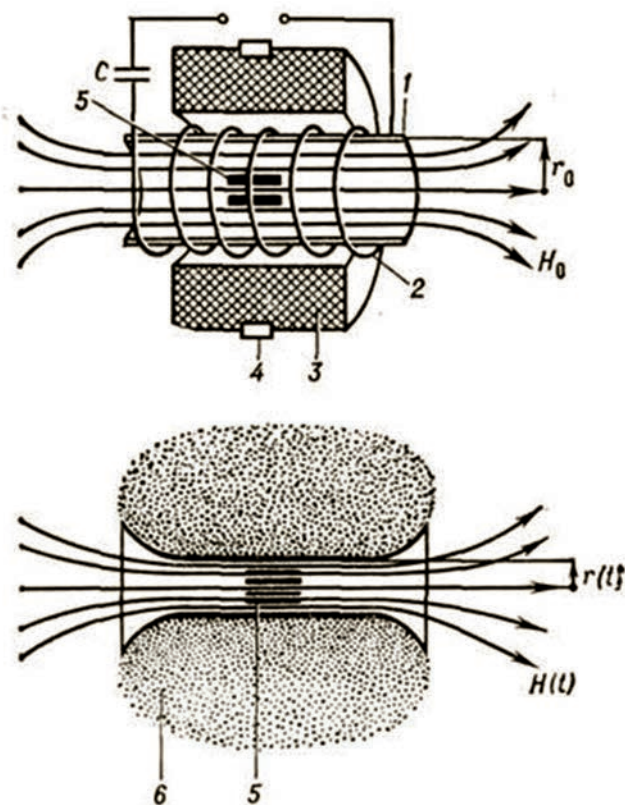


Рис. 2. Схема МК-1

магнитных полей. Схема такого генератора сжатия аксиального магнитного поля, получившего название МК-1, представлена на рис. 2. Внутри полого металлического цилиндра 1 (лайнера) при разряде конденсаторной батареи С через соленоидальную обмотку 2 создается продольное магнитное поле. Для обеспечения быстрого проникновения поля внутрь цилиндра в нем был сделан узкий косою разрез, впоследствии захлопывающийся (на рис. 2 не показан). Снаружи цилиндра помещен заряд 3 взрывчатых веществ. В этом заряде возбуждается сходящаяся цилиндрическая ударная волна. Для ее возбуждения применяется электрическая система многоточечного инициирования с помощью детонаторов 4. Момент инициирования выбирается так, чтобы сжатие цилиндра началось в момент максимального тока в соленоидальной обмотке. На рис. 2 приведены также обозначения 5 и 6 — последова-

тельно исследуемый образец и продукты взрыва. Под действием детонационной волны цилиндр сжимается со скоростью, превышающей 1 км/с. При этом его поперечное сечение уменьшается, и в стенках цилиндра-лайнера индуцируются токи, стремящиеся сохранить магнитный поток постоянным. В процессе сжатия цилиндра совершается работа против пондеромоторных сил магнитного поля, вследствие чего энергия сжимаемого поля будет увеличиваться. Для идеально проводящих стенок трубы магнитный поток остается постоянным, а напряженность и энергия магнитного поля увеличиваются обратно пропорционально квадрату внутреннего радиуса цилиндра.

Конечно, в реальном случае имеет место уменьшение магнитного потока. В опытах такого типа, проведенных в 1952 г., обычно имеет место снижение потока в 2-3 раза. Кроме того, при некотором значении внутреннего радиуса цилиндра происходит остановка его движения из-за противодействия магнитного поля. Тем не менее уже в первых опытах с алюминиевыми трубами небольшого диаметра (около 100 мм) были получены магнитные поля напряженностью в 1×10^6 Э. В дальнейшем в одном из опытов с трубой из нержавеющей стали при конечном диаметре цилиндрической полости около 4 мм зарегистрировано значение Н, равное 25×10^6 Э.

Достоинствами приведенного выше взрывомагнитного генератора являются высокая плотность магнитной энергии на оси при достаточно однородном осевом сжатии и простота конструкции. Однако такой генератор — это генератор только магнитного поля, который не является генератором тока, поскольку азимутальный ток в цилиндре замкнут на себя и не может передаваться.

Как было сказано выше, взрывомагнитный генератор сильного тока также был разработан Сахаровым и его сотрудниками и получил название МК-2. На рис. 3 и 4 приведены схема и фотография генератора МК, а на рис. 5 — стадии его работы (а, б и в).

Генератор МК-2 состоит из центральной проводящей трубы 1 и коаксиально расположенной внешней цилиндрической спирали (соленоида) 2, переходящей в сплошной цилиндр (стакан) 3, основание которого соединено с трубой. В центральную трубу помещается длинный цилиндрический заряд взрывчатых веществ ВВ, инициируемый с помощью капсуля КД в одной точке с торца со стороны спирали. На электрический контур генератора МК-2, образованный трубой, стаканом и спиралью, разряжается батарея конденсаторов. Под действием продуктов взрыва центральная труба растягивается в виде конуса, и в момент времени, когда величина разрядного тока переходит через максимум, ее стенки подлетают к началу спи-

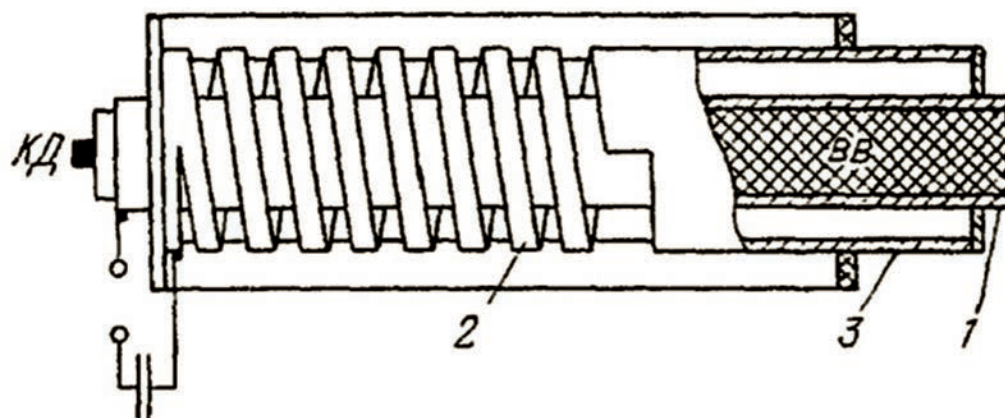


Рис. 3. Схема МК-2

рали. При дальнейшем распространении детонации вдоль трубы точка соприкосновения конуса со спиралью движется по винтовой линии; число витков спирали, оставшихся незамкнутыми, уменьшается, и, соответственно, уменьшается индуктивность генератора. После подлета стенок трубы к началу стакана генератор превращается в коаксиал. На последней стадии работы генератора МК-2 при достаточно быстрой непрерывной деформации трубы сжатие магнитного поля осуществляется в уменьшающемся объеме между внешней и внутренней стенками коаксиала. Данный процесс сопровождается увеличением тока через электрический контур и нарастанием его энергии. Увеличение магнитной энергии происходит за счет работы, совершаемой против пондеромоторных сил магнитного поля стенками центральной трубы.

С помощью генератора МК-2 были получены токи величиной 5×10^7 А, в некоторых опытах 1953 г. ток достигал 1×10^8 А и более. В магнитном поле удавалось запасти энергию в $1-2 \times 10^7$ Дж. Эта энергия составляла 10–20 % от энергии, освобождаемой при взрыве взрывчатых веществ, находящихся в трубе внутри стакана.

Потребитель электромагнитной энергии подключается к генератору МК-2 с помощью трансформатора (потребитель связан с электрическим контуром генератора МК-2 индукционным взаимодействием). Это дает возможность применять генератор МК-2 на нагрузки с существенно большими индуктивностями. Эксперименты показали, что с помощью трансформатора к потребителю может быть отведена значительная часть магнитной энергии, полученной при взрывной деформации контура. Например, от генератора МК-2 небольшого диаметра удавалось отвести 50 % магнитной энергии. Это также открывало возможность создания многоступенчатой системы МК. В такой системе магнитная энергия, полученная в первом генераторе, с помощью трансформатора передается во второй, в процессе работы которого эта энергия усиливается и передается в третий и т. д.

Осуществлен был и иной способ передачи электромагнитной энергии из генератора во внешнюю нагрузку — путем разрыва электрического контура с током действием дополнительного заряда взрывчатого вещества и переброски магнитного потока из конечной части генератора МК – 2 в нагрузку (использование экстратоков размыкания). Таким способом удалось передать во внешнюю активно-индуктивную нагрузку более 50 % энергии, генерируемой генератором МК-2. В ряде опытов время передачи энергии в нагрузку составило $0,5 \times 10^{-6}$ с.

Исторической справедливости ради следует сказать, что начиная с 1952 г. разработкой взрывоманитного генератора успешно занимался в Лос-Аламосской национальной лаборатории (США) американский физик Кларенс Максвелл Фуллер. Им и его коллегами Гарном и Кайрдом был создан и продемонстрирован во второй половине 50-х гг. такой генератор.

Особо важно отметить тот факт, что генератор МК-2, вследствие физики процесса, генерирует мощный электрический импульс, частота которого ниже 1 МГц.

Следующим важным шагом в создании электромагнитного оружия стало решение вопроса, какими именно должны быть импульсы, генерируемые этим оружием, с учетом специфики их применения для

нападения на распределенные и сосредоточенные объекты.

ТРЕБОВАНИЯ К ИМПУЛЬСАМ ЭМО

Электромагнитное оружие, использующее импульс, частота которого ниже 1 МГц, можно назвать низкочастотным. Применение этого оружия будет эффективно при воздействии на силовые линии и линии связи, на которые будут наводиться высоковольтные импульсы напряжения.

В большинстве случаев любая кабельная проводка включает в себя линейные отрезки, объединяемые между собой при примерно прямых углах. Какой бы ни была ориентация оружейного электромагнитного поля, всегда более чем один линейный отрезок кабельной проводки окажется ориентирован таким образом, что будет достигаться высокая эффективность поглощения ими энергии.

Оборудование, подсоединенное к облученным линиям, а именно источники питания и входные устройства различных систем, этими высоковольтными импульсами напряжения может быть повреждено. Кроме того, мощное электромагнитное излучение может проникать в объект нападения через «парадную дверь», а именно через антенну, наличие которой характерно для радарного и связанного оборудования, и вывести из строя его электронные и электротехнические узлы.

Электромагнитное импульсное оружие высокой мощности, работающее в сантиметровом и миллиметровом диапазонах, имеет дополнительный механизм проникновения энергии в электронное и электротехническое оборудование через вентиляционные отверстия и щели между панелями.

Любое отверстие, ведущее внутрь оборудования, позволяет высокочастотному электромагнитному полю формировать внутри него (оборудования) пространственную стоячую волну. Компоненты, расположенные в противоположных узлах стоячей волны, будут подвергаться действию мощного магнитного поля. Поскольку высокочастотное электромагнитное поле легче проникает в оборудование, чем низкочастотное электромагнитное поле, и во многих случаях обходит защиту, разработанную для того чтобы остановить проникновение в оборудование низкочастотной энергии, высокочастотное импульсное оружие потенциально имеет большее поражающее

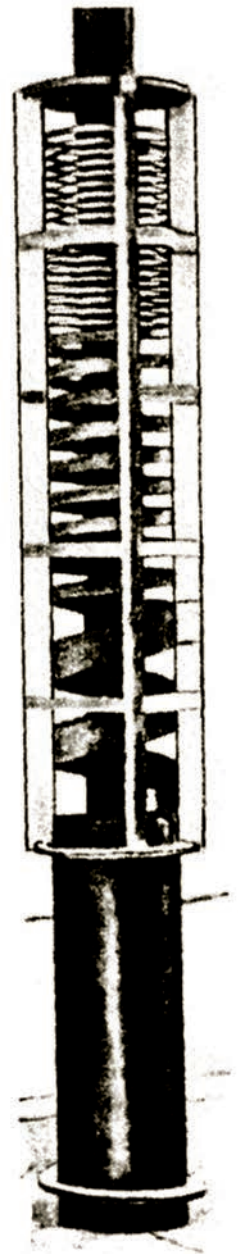


Рис. 4. Фотография МК-2

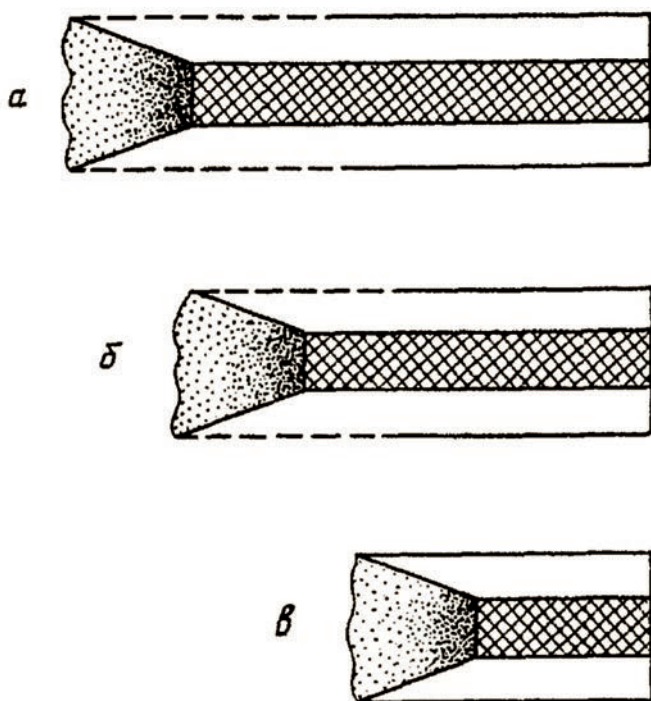


Рис. 5. Стадии работы МК-2

действие по сравнению с низкочастотным электромагнитным.

ВИРКАТОР

Существует широкий набор микроволновых устройств высокой мощности: релятивистские клистроны, магнетроны, виркаторы и др. С точки зрения возможности использования такого микроволнового устройства высокой мощности при разработке электронных бомб и боеголовок виркаторы представляли значительный интерес, поскольку они способны генерировать мощные импульсы энергии, конструктивно просты, невелики по размеру, прочны и способны работать в относительно широкой полосе сверхвысоких частот (СВЧ).

Схема вакуумного виркатора аксиального типа показана на рис. 6, где 1 — катод, 2 — изолятор, 3 — анод, 4 — виртуальный катод, 5 — выходное окно.

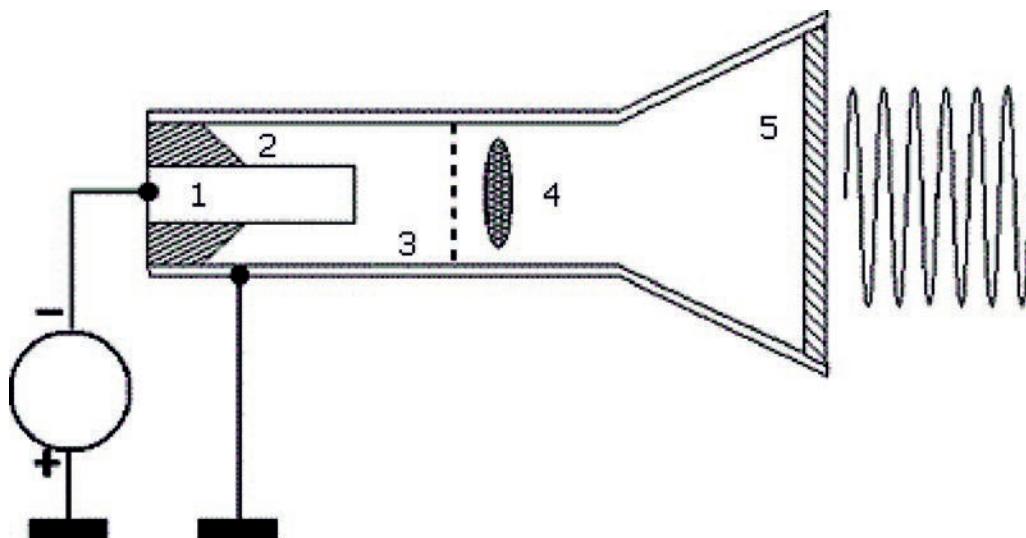


Рис. 6. Виркатор

В виркаторе отрицательный потенциал подается на катод, а анод обычно находится под потенциалом земли. Фундаментальная идея, лежащая в основе виркатора, заключается в ускорении мощного потока электронов сетчатым анодом. Значительное число электронов пройдет анод, формируя за ним облако пространственного заряда, так называемый виртуальный катод ВК, по имени которого это устройство и получило наименование «виркатор» (англ. virtual cathode oscillator — vircator).

При токах пучка, больших критического для данной структуры, ВК начинает осциллировать. Процесс этот протекает следующим образом:

- ✓ в случае когда «высота» потенциального барьера, создаваемого ВК, больше кинетической энергии влетающих электронов, электроны останавливаются перед ВК и разворачиваются, что эквивалентно смещению ВК и максимума плотности пространственного заряда в сторону анода;

- ✓ кроме того, величина плотности быстро растет, так как практически все влетающие электроны оказываются захваченными движущимся к аноду виртуальным катодом. По мере приближения к аноду «высота» потенциального барьера уменьшается и в определенный момент становится меньше кинетической энергии влетающих электронов, которые легко преодолевают уменьшившийся потенциальный барьер, двигаясь от анода за ВК, который при этом сам смещается в сторону от анода. В результате ВК перемещается до тех пор, пока не восстановится потенциальный барьер достаточной «высоты», и далее процесс повторяется.

Более того, выполненные исследования показали, что колебания ВК исполняют роль некоторой возмущающей силы для колебаний пучка анода между катодом и виртуальным катодом. Все это вместе взятое приводит к тому, что виркатор позволяет генерировать мощные СВЧ-колебания с достаточно высоким к.п.д. Мощный поток электронов в виркаторе обеспечивается за счет применения холодного катода, работающего в режиме взрывной эмиссии. При напряженности электрического поля 5×10^9 В/м и более высокой в вакууме на катоде с неоднородностями появляются автоэлектронные токи, вызывающие разогрев и взрыв микро-

острий. Вследствие взрыва многих микроострий и благодаря ионизации материала катода образуется прикатодная плазма, фронт которой и является основным эмиттером потока электронов. Эмиссионные возможности такой плазмы очень велики, и она может обеспечить плотность тока эмиссии с катода, превышающую 10^{10} А/см². Благодаря применению взрывоэмиссионных катодов стало возможно получать пучки электронов с токами до 10^6 А.

При работе взрывоэмиссионного катода образовавшаяся плазма

движется по направлению к аноду. Ускоренные электроны, попадая на анод, вызывают образование прианодной плазмы, которая движется по направлению к катоду. Плазменные катодный и анодный факелы, распространяясь навстречу друг другу, закорачивают диодный промежуток виркатора за время порядка 1,0–1,5 нс. Поэтому виркатор генерирует одиночный импульс электронного тока длительностью от нескольких сотен наносекунд до нескольких микросекунд. Обычно виркатор встраивается в цилиндрическую волноводную структуру. Мощность, как правило, выводится посредством перехода волновода в рупорную структуру, которая служит антенной. Использовать пучки релятивистских электронов для генерации электромагнитных колебаний предложил еще в 40-х гг. прошлого столетия выдающийся советский и российский ученый физик-теоретик Виталий Лазаревич Гинзбург, академик АН СССР с 1966 г., лауреат Нобелевской премии по физике 2003 г. Однако только после создания первых сильноточных электронных ускорителей СЭУ в 1966–1967 гг. начало складываться новое перспективное направление — высокочастотная релятивистская электроника. В СССР наиболее значительный вклад в ее становление и развитие внесла горьковская (нижегородская) школа физиков, возглавляемая Андреем Викторовичем Гапоновым-Греховым, академиком АН СССР с 1968 г.

23 мая 1983 г. президент США Рональд Рейган провозгласил программу Стратегической оборонной инициативы (СОИ) — долговременный комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию противоракетной обороны. В программе СОИ предусматривалось создание основанных на новых принципах активных средств поражения межконтинентальных баллистических ракет, в том числе и радиочастотного электромагнитного оружия.

Что касается собственно виркатора, то виркатор на пролетном диоде без внешнего магнитного поля был предложен и экспериментально реализован в 1985 г. в Лос-Аламосской национальной лаборатории (г. Лос-Аламос, штат Нью-Мексико, США). Он имел следующие характеристики: $P = 500 \text{ МВт}$, $f = 17 \text{ ГГц}$, $t_{\text{имп}} = 20 \text{ нс}$, к.п.д. = 0,005. В 1987 г. в Ливерморской национальной лаборатории им. Эрнеста Лоуренса (Ливермор, штат Калифорния, США) был создан более мощный виркатор ($P = 4 \text{ ГВт}$, $f = 6,5 \text{ ГГц}$, $t_{\text{имп}} = 40 \text{ нс}$, к.п.д. = 0,033).

В СССР в 1986 г. в НИИ ядерной физики Томского политехнического института (НИИ ЯФ ТПИ) был создан виркатор, имевший следующие характеристики: $P = 200 \text{ МВт}$, $f = 15 \text{ ГГц}$, $t_{\text{имп}} = 70 \text{ нс}$, к.п.д. = 0,05, и там же в 1988 г. — еще один более мощный виркатор: $P = 2 \text{ ГВт}$, $f = 5,5 \text{ ГГц}$, $t_{\text{имп}} = 30 \text{ нс}$. Наиболее подробное исследование виркатора в СССР и в России было выполнено в НИИ ЯФ ТПИ и в Институте высоких температур РАН под руководством Андрея Николаевича Диденко, члена-корреспондента АН СССР с 1984 г.

СОЗДАНИЕ Е–БОМБЫ В США

Однако вскоре обнаружили серьезные проблемы, связанные с использованием виркатора в качестве электромагнитной импульсной бомбы. Взрывная эмиссия электронов эффективна лишь при огромных (около мегавольта) напряжениях, поэтому, чтобы избежать электрического пробоя, пришлось увеличить



К. М. Фоулер

размеры виркатора и применять изоляторы очень высокой электрической прочности. Кроме того, для энергообеспечения виркатора необходим источник питания, включающий в себя высоковольтный формирователь и обостритель напряжения. Этот источник питания тоже имеет немалые габариты и вес. Поместить виркатор с его источником питания в бомбу было весьма трудной задачей.

Следующим шагом на пути создания электромагнитной импульсной бомбы явилось использование спирально-коаксиального магнитокумулятивного генератора в качестве источника энергии для виркатора; при этом для формирования высоковольтного импульса питания виркатора необходим трансформатор.

В 1986 г. Агентство передовых оборонных проектов Министерства обороны США (DAR PA) создало программу и выделило финансирование ряду университетов и лабораторий для проведения ими исследований в области создания боевых средств с источниками электромагнитного излучения. Авиабаза Киртленд в г. Альбукерке, штат Нью-Мексико, стала эпицентром Пентагона в области исследований электромагнитного оружия. В 90-е гг. Управление научных исследований ВВС США, продолжая начатые исследования, создало пятилетнюю программу многопрофильных университетских исследований по изучению микроволновых источников.

Ведущим специалистом в области СВЧ-устройств стал в это время Едл Шамилоглу (Edl Schamiloglu) — профессор электротехники и вычислительной техники университета Нью-Мексико в Альбукерке. Усилия Шамилоглу и его коллег привели к пониманию возможностей этих устройств. Кстати, надо сказать, что произошло это не без помощи российских ученых из Института прикладной физики РАН в Нижнем Новгороде. Разработанный и изготовленный в этом институте стенд «Синус-6» (сильноточный ускоритель с энергией электронов 0,5 МэВ), позволяющий оперативно изменять параметры электронного пучка на нем, был куплен американской стороной, смонтирован в лабо-

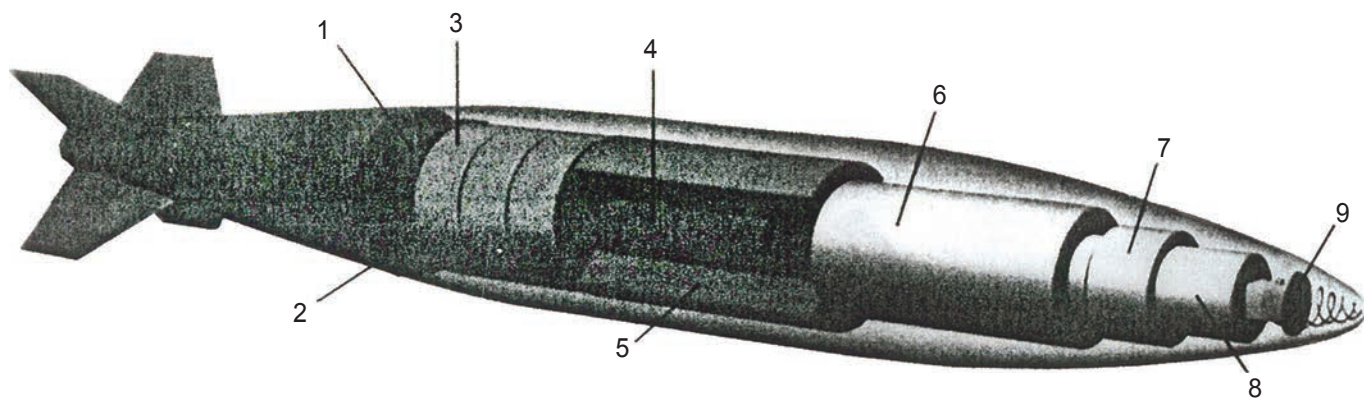


Рис. 7. Гибридная Е-бомба

ратории Шамилоглу, и на нем был выполнен ряд важных исследований в области СВЧ-техники.

После десятилетий исследований в области СВЧ-техники, 26 марта 2003 г., во время второй войны с Ираком, американские военные сбросили на один из телецентров двухтонную бомбу с «гибридной» боевой частью, снабженной направленным электромагнитным излучателем (Е-бомба). Схема этого устройства представлена на рис. 7, где 1 — блок энергоснабжения, 2 — аккумулятор, 3 — коаксиальная емкость, 4 — МК-генератор (1-я ступень), 5 — балластный цилиндр,

6 — МК-генератор (2-я ступень), 7 — формирователь импульса напряжения, 8 — вилокатор, 9 — микроволновая антенна.

Необходимость балластного цилиндра обусловлена тем, что интенсивные магнитные силы, появляющиеся во время работы МК-генератора, потенциально могут вызвать его преждевременное разрушение, если не принять контрмеры. Обычно они заключаются в дополнении конструкции цилиндром из немагнитного материала. Могут быть использованы стекловолокно в эпоксидной матрице или кевларовые эпоксидные композиты. Виркатор генерирует импульсы частотой 5 ГГц.

Бомба была управляемой (рис. 8), а значит, вероятное отклонение директрисы облучения от точки прицеливания было меньше десяти метров. Радиус поражения этой электромагнитной бомбы не превышал 200 м. Результатом ее действия было отключение телевидения на несколько часов. В последующем США неоднократно применяли такие бомбы против Багдада и других городов Ирака.

Ранее США уже применяли такое оружие в 1999 г. против Сербии. Но в 2003 г. в Ираке мощность таких бомб была значительно больше.

17 января 1991 г. американские военные использовали модифицированные крылатые ракеты Tomahawk (операция «Буря в пустыне»). При приближении к цели двигатели ракет последние несколько секунд уже не поддерживали горизонтальный полет, а работали как источники питания генераторов мощного излучения. Это излучение должно было вывести из строя радиолокаторы иракской системы ПВО. Было ли это применение электромагнитного импульсного оружия успешным, неизвестно, так как американские военные, желая подстраховаться, применили ракеты, уничтожившие радары.

С самого начала создание электромагнитного импульсного оружия шло по двум направлениям — разработки забрасываемых средств (бомб, управляемых ракет, артиллерийских снарядов, минометных мин) и разработки источников на основе традиционных излучателей, формирующих узкие пучки радиочастотных ЭМИ. О развитии этих направлений — в следующей части статьи.



Рис. 8. Управляемая бомба с РЧЭМИ

(Окончание следует)