

БИБЛИОГРАФИЯ

Импульсная энергетика: методы и приложения

А.В. Козырев

PACS number: 01.30.Vv

Г.А. Месяц. *Импульсная энергетика и электроника* (М.: Наука, 2004) 704 с. ISBN 5-02-033049-3.

Импульсная энергетика и электроника больших мощностей — это современное бурно развивающееся направление технической физики. В западной науке данное направление физики имеет более короткое название Pulsed Power. Научные основы импульсной энергетике составляют как фундаментальные разделы физики: электродинамика полей и частиц, квантовая физика и строение вещества, так и многочисленные прикладные направления: теория электрических цепей и генерация мощных электрических импульсов, формирование и транспортировка плотных потоков энергии по длинным линиям и посредством пучков заряженных частиц, взаимодействие заряженных частиц с газами и конденсированной материей.

Уже из простого перечисления этого списка дисциплин ясно, что появление научной монографии Г.А. Месяца, в которой затрагиваются большинство указанных научных направлений, является заметным событием в электрофизике. Выход монографии непосредственно перекликается с фактом присуждения в прошлом году Геннадию Месяцу (Россия), Нику Холоньяку (США) и Яну Смиту (США) престижной международной премии "Глобальная энергия" за выдающиеся теоретические, экспериментальные и прикладные исследования в области энергетике. В этой связи вполне обоснованно можно говорить, что вышедшая монография отражает выдающийся вклад отечественной школы электрофизики в мировую науку и технику.

В монографии сделана первая удачная попытка систематического изложения как физических основ, так и технических решений большого и важного раздела современной прикладной науки. Надо сказать, что в научной литературе подобных монографий, посвященных широкой научной области, вообще не много. В качестве некоторых примеров из физики можно упомянуть известные монографии зарубежных авторов: Ч. Киттель *Введение в физику твердого тела*, К. Шимони

Физическая электроника, М. Борн и Э. Вольф *Основы оптики*. Можно надеяться, что монография Г.А. Месяца *Импульсная энергетика и электроника* займет достойное место в этом ряду.

Монография состоит из девяти больших частей, которые объединяют тридцать две главы. Каждая глава завершается списком цитируемой литературы.

В первой части "Основы импульсной техники" очень кратко изложены методы описания импульсных сигналов, длинных передающих линий, принципы генерации и преобразований коротких импульсов высокого напряжения с помощью емкостных и трансформаторных схем и формирующих линий. Эта часть монографии лишь кратко перечисляет основные принципы импульсной техники, не претендуя на выяснение тонкостей функционирования различных технических устройств. Квалифицированному читателю, знакомому с основами физики электрических цепей, просто напоминаются научные понятия и основные термины: частотная полоса пропускания и импеданс передающей линии, емкостной и индуктивный накопитель энергии, сложение и умножение напряжений, формирующая линия и т.п. Здесь же приведены основные формулы, которые используются в последующих частях книги.

Вторая часть монографии посвящена некоторым аспектам физики электрического пробоя газообразных и жидких диэлектриков, а также особенностям протекания тока через газ. В отдельной главе рассматриваются процессы, происходящие при пробое вакуумных промежутков. Надо отметить, что именно в физике вакуумного пробоя труды Г.А. Месяца и его сотрудников сыграли выдающуюся роль: было открыто новое физическое явление — взрывная электронная эмиссия. Последующее исследование этого явления позволило выявить его фундаментальную роль не только в вакуумном, но и в сильноточном газовом разряде. Автор монографии ввел в оборот новое понятие "эктон" (от английской аббревиатуры Ecton — Explosive Center — взрывоэмиссионный центр), которое обозначает нестационарный компактный объект, образующийся на поверхности катода и испускающий электронный поток чрезвычайно высокой плотности (порядка 10^8 А/см²).

Часть III описывает особенности использования в мощных импульсных устройствах коаксиальных линий, включая формирующие линии с водяной изоляцией и вакуумные линии с магнитной самоизоляцией.

Несомненный интерес у читателя с инженерным профилем вызовет четвертая часть "Искровые коммута-

А.В. Козырев. Институт сильноточной электроники СО РАН, 634055 Томск, Академический просп. 4, Российская Федерация
Тел. (3822) 49-14-11; 25-84-11
E-mail: kozyrev@to.hcei.tsc.ru

Статья поступила 22 июня 2004 г.

торы", в которой довольно подробно, с изложением конструктивных особенностей рассматривается работа самых различных современных коммутаторов тока. Здесь описываются физические принципы управления запуском таких разрядников и приводятся чертежи различных конструкций: тригатронных разрядников, разрядников с лазерным и электронно-лучевым запуском, многозарядных мегавольтных разрядников, водородного тиратрона, псевдоискровых коммутаторов, жидкостных разрядников и т.п.

Центральной проблеме импульсной энергетики — генерации мощных электрических импульсов — посвящены целых три части монографии. Работающие в этой области специалисты найдут в этих разделах огромное число примеров конструкций генераторов. Даже краткое перечисление рассматриваемых в монографии видов генераторов заняло бы слишком много места, поэтому ограничимся лишь упоминанием главы, посвященной генераторам с твердотельной коммутацией. Это, пожалуй, самый сложный раздел импульсной энергетики, в котором в последнее время достигнуты наиболее впечатляющие результаты. Сложность в том, что для генерации импульсов применяются физические эффекты, которые сами по себе являются далеко не тривиальными. Речь идет об использовании ферромагнитных и полупроводниковых материалов при коммутации и размыкании сильных токов, а также о нелинейных явлениях в длинных линиях. Даже краткое изложение подобных методов компрессии электрической энергии в одной книге сделано впервые в научной литературе.

Но мало сгенерировать импульс электрической энергии, надо еще доставить ее к месту выделения. Электромагнитную энергию можно эффективно передавать в виде направленного потока заряженных частиц — электронов и ионов. Их можно ускорить электрическим полем до весьма высоких энергий и направить в нужное место. Методам эмиссии и транспортировки плотных электронных и ионных пучков посвящена часть VIII монографии, состоящая из четырех глав. Материал этой части в основном базируется на результатах многолетних теоретических и экспериментальных исследований известной во всем мире научной школы Г.А. Месяца.

Заключительная и самая объемная часть монографии посвящена многочисленным прикладным направлениям импульсной энергетики. Это генерация мощных импульсов рентгеновского, оптического и СВЧ-излучения, а также формирование пикосекундных высоковольтных электрических импульсов. В соответствующих главах этой части читатель найдет краткое изложение физических явлений, лежащих в основе получения излучения того или иного типа. Это — тормозное и характеристическое рентгеновское излучение, создание инверсной заселенности квантовых уровней в атомах и молекулах активной среды для генерации лазерного излучения, когерентное взаимодействие заряженных частиц с элект-

ромагнитной волной СВЧ-диапазона частот. В этой части монографии приведены конструкции и подробные технические характеристики ряда конкретных установок, некоторые из которых имеют рекордные физические параметры. Отдельно следует упомянуть параметры релятивистских СВЧ-генераторов, созданных на базе импульсно-периодических сильноточных ускорителей электронов, которые определяют нынешний мировой уровень развития подобных устройств.

Несмотря на чрезвычайно большой охват сложного в физическом и техническом отношении материала монография Г.А. Месяца содержит, хотя бы в кратком изложении, все необходимые для читателя сведения. И в этом состоит основное методическое достоинство книги. Ценным является и тот факт, что большая часть фактического материала получена при руководстве или непосредственном участии автора монографии. Это касается не только результатов, полученных в двух институтах Российской академии наук — Институте сильноточной электроники СО РАН и Институте электрофизики УрО РАН, но и исследовательских работ ряда зарубежных лабораторий, тесно сотрудничавших с российскими организациями как на научных конференциях, так и в рамках выполнения совместных программ.

Конечно, эту монографию нельзя отнести к учебным пособиям, так как в рамках одной книги, даже такой объемной, просто невозможно ответить на все вопросы, возникающие у студентов в процессе обучения. Тем не менее данная монография имеет большую учебно-методическую ценность, заключающуюся в энциклопедическом охвате информации, хорошо структурированной по тематике. Специалисты, работающие в этой и смежных областях физики, найдут в книге большое количество справочного материала и сведений обзорного характера. Техническая сторона монографии вносит некоторые особенности в способ подачи математических закономерностей, не всегда соответствующий принятым стандартам. Так, многие формулы, особенно используемые в инженерных расчетах, приводятся не в системных, а в практических единицах измерения. Поэтому такие формулы, как правило, содержат в себе числовые размерные множители, а это предполагает использование всех величин с четко указанной размерностью. Но это неудобство возникает только при выборочном чтении, и обычно размерность используемых величин ясна из предыдущего текста.

Отдельно следует отметить хорошее качество подготовки рукописи и оформление издания. Во всяком случае, при беглом взгляде я не обнаружил существенных ошибок, а текст и иллюстрации хорошо воспринимаются при чтении. Полагаю, что монография *Импульсная энергетика и электроника* будет полезной для нынешнего и будущего поколений исследователей.