

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКБИБЛИОГРАФИЯ

В. Н. Шевчик. Основы электроники сверхвысоких частот (под редакцией А. И. Костиенко), изд. «Сов. радио», М., 1959, 306 стр., цена 8 руб. 50 коп.

В последние годы в отечественной литературе появился ряд монографий, посвященных вопросам высокочастотной электроники.

Книга В. Н. Шевчика «Основы электроники сверхвысоких частот» отличается от них как по характеру изложения материала, так и по своей целевой направленности; она является удачным сочетанием монографии и учебного пособия и предназначена для широких кругов студентов и инженеров-радиофизиков.

При изложении материала автор широко использует результаты своих оригинальных работ, посвященных кинематическому (т. е. энергетическому) методу расчета клистронов, ЛБВ и ЛОВ.

Этот приближенный метод, являющийся по существу первым приближением в задаче отыскания самосогласованных решений уравнений механики и уравнений электромагнитного поля, позволяет простым способом вычислить ряд важных параметров электронных приборов (коэффициент усиления и к.п.д. ЛБВ, пусковые токи ЛОВ, к.п.д. ЛОВ и др.).

Влияние пространственного заряда на процессы в электронных приборах оценивается как поправка к выражению, даваемому в кинематическом приближении.

В соответствии с этим методом сначала в заданном поле вычисляется конвекционный ток и затем находится средняя за период мощность взаимодействия тока и поля. Области значений параметров, где эта мощность отрицательна, соответствуют возбуждению системы, т. е. передаче энергии от электронов полю.

Энергетический метод расчета приборов типа ЛБВ с длительным взаимодействием электронов и поля был развит в 1946—1948 гг. С. Д. Гвоздовером и его сотрудниками. В. Н. Шевчик, независимо проведя аналогичные расчеты, развил их дальше и показал, что основные экспериментальные характеристики ЛБВ и ЛОВ хорошо укладываются в рамки энергетической теории.

Положительной стороной книги В. Н. Шевчика является физичность изложения; громоздкие выкладки, с которыми обычно бывает связаны расчеты в СВЧ электронике, везде опущены. В книге указывается на общий ход выкладок, и сразу приводятся окончательные формулы, физический смысл которых затем подробно обсуждается.

Рецензируемую книгу характеризует систематичность и последовательность изложения материала, в ней удачно с единой точки зрения освещена работа ряда довольно новых электронных приборов (таких, например, как магнетронный усилитель, карматрон, диокотронный генератор, митрон, строботрон и т. д.).

Книга состоит из трех разделов, включающих семь глав. В главе I даются краткие сведения о колебательных системах, используемых в СВЧ электронике: объемных резонаторах, характеризующихся узкой полосой пропускания, и широкополосных замедляющих периодических структурах.

Глава II посвящена основным электронным явлениям на сверхвысоких частотах, модуляции и группировке электронного потока в различных заданных полях, каскадной группировке.

В главе III рассчитаны энергетические взаимодействия между электронным потоком и переменным электрическим полем.

В этой главе найдена мощность взаимодействия электронного потока и поля бегущей экспоненциально нарастающей волны. В дальнейшем эти расчеты используются при построении в энергетическом приближении теории ЛБВ.

Кратко обсуждается работа систем типа M , со скрещенными электрическими и магнитными полями, усиление воля пространственного заряда посредством изменения скорости электронного потока и ряд других вопросов.

Главы IV, V, VI, VII посвящены краткому изложению устройства и характеристикам приборов сверхвысоких частот, принципы работы которых были изложены ранее в главах II и III. Здесь рассматриваются электронные приборы с узкополосными

колебательными системами (двух и трехрезонаторные клистроны, монотрон, клистрон с бегущей волной, отражательный клистрон как генератор и умножитель частоты и др.), электронные приборы с широкополосными колебательными системами (ЛБВ, магнетронный усилитель, ЛБВ-генераторы, ЛОВ типа *O* и типа *M*, карматрон и др.).

В главе VII рассматриваются приборы с электронно-волновым взаимодействием (двулучевой усилитель, усилитель на скачках потенциала, резистивный усилитель, диокотронный генератор, митрон, строботрон и др.).

Прочитав книгу В. Н. Шевчика, читатель получит систематизированную и ясную картину принципов работы и устройства основных электронных приборов СВЧ.

Следует отметить, что рецензируемая книга хорошо отредактирована.

По книге можно сделать несколько замечаний:

1. Хотя изложение материала в книге основано на вычислении мощности взаимодействия потока и поля, автор не формулирует основной теоремы о течении энергии в потоке. Между тем эта теорема, которую в применении к линейным процессам называют часто теоремой о кинетической мощности, позволяет правильно понять ряд вопросов, связанных с течением энергии в потоке.

2. Картину течения энергии в электронном потоке в пространстве дрейфа двух-контурного клистрона (см. стр. 92) следует уточнить. Так, например, имея в виду пространство дрейфа, автор пишет: «Переменная часть энергии луча независимо от x равна энергии, которой вследствие модуляции по скорости обладают электроны при входе в пространство дрейфа».

Следует, однако, иметь в виду, что в среднем за период энергия на модуляцию луча по скорости не тратится. Средний поток энергии через пространство дрейфа равен нулю. В потоке возбуждаются две волны — быстрая и медленная, несущие положительные и отрицательные потоки мощности соответственно.

Быстрая волна содержит избыточную кинетическую энергию электронов, их энергия переходит в электромагнитную энергию поля выходного резонатора, за выходным резонатором в электронном потоке остается медленная волна, характеризующаяся уменьшением кинетической энергии электронов по сравнению со средним значением.

3. Вывод выражений для гармонических составляющих тока в бегущей волне постоянной и нарастающей амплитуды необходимо проводить более последовательно, чем это сделано в рецензируемой книге.

4. Излишним является даваемое автором уточнение принципа синхронизма (см. стр. 105). Обычно под принципом синхронизма в теории ЛБВ понимают равенство средней скорости электронного потока и скорости холодной волны в системе. При учете поля пространственного заряда в системе электронный поток — замедляющая система существует три прямых волны, при этом две волны имеют скорость меньшую, чем электронный поток. Одна из этих волн экспоненциально нарастает, она несет отрицательную кинетическую мощность и, следовательно, приводит к экспоненциально нарастающей волне электромагнитного поля в замедляющей системе. Таким образом, для нарастающей волны скорость электронов всегда больше, чем скорость волны даже при выполнении условия синхронизма между средней скоростью электронов и скоростью холодной волны в системе.

5. Весьма грубой является замена $\tau = \frac{1}{2} i$ в § 43. В связи с этим все дальнейшие формулы являются приближенными. Отсутствует сравнение приближенной теории с более полной нелинейной теорией ЛБВ, развитой, например, в работе Л. Н. Лошкова еще в 1955 г.

6. Следовало бы дополнить список литературы работами, вышедшими за последнее время и посвященными нелинейной теории ЛБВ, нелинейной теории ЛОВ, а также минимальным шумам входных ЛБВ, данные о которых, приведенные в § 43, сильно устарели.

Все эти замечания не уменьшают в значительной степени достоинств рецензируемой книги, которая является хорошим учебным пособием для студентов-радиофизиков, специализирующихся в области сверхвысоких частот. Нет сомнения, что книга с интересом будет прочитана и использована также многими инженерами и научными работниками-радиофизиками.

В. М. Лопухин