

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная радиоэлектроника представляет обширнейшую отрасль науки и техники, которая, проникая в новые сферы и охватывая всё новые области знания, стремительно развивается, определяя в существенной мере прогресс науки и техники в целом.

Техника сверхвысоких частот (СВЧ) — это большая и самостоятельная область радиоэлектроники, использующая для решения технических задач частоты электромагнитных колебаний от 300 МГц ($3 \cdot 10^8$ Гц) до 300 ГГц ($3 \cdot 10^{11}$ Гц) (с электрическими длинами волн от $\lambda = c/f = 1$ м до $\lambda = 1$ мм соответственно, т.е. в диапазоне от метровых до субмиллиметровых волн).

Бурное развитие этого направления радиоэлектроники в 40-е годы прошлого столетия было связано в первую очередь с развитием радиолокации и необходимой для неё измерительной техники. Дальнейший прогресс этого направления был обусловлен как расширением областей практического применения СВЧ (дальняя и спутниковая связь, радионавигация, радиоуправление, радиометрия, радиоастрономия, медицина и др.), так и продвижением в область всё более высоких частот. Перегруженность радиоканалов в уже освоенных частотных диапазонах является одной из причин, заставляющих осваивать новые, всё более высокие диапазоны частот.

Развитие радиоэлектроники и техники СВЧ идёт по многим направлениям, в том числе:

- создание и развитие новых технологий и новых типов линий передач;
- использование новых физических явлений для создания более совершенных радиоэлектронных устройств;
- применение радиометодов, в частности, в диапазоне миллиметровых волн при изучении и исследовании различных физических процессов и явлений (диагностика плазмы, исследование высокотемпературной сверхпроводимости и т. д.);
- освоение новых частотных диапазонов, включая создание радиоэлектронных систем с новыми свойствами и характеристиками, а также элементной базы и средств метрологического обеспечения и т. п.

Вследствие высоких частот (и коротких длин волн) обычная теория цепей, базирующаяся на законах Кирхгофа и Ома и используе-

мая на низких радиочастотах, не может быть применена для анализа СВЧ устройств и решения задач СВЧ цепей. В некотором смысле обычная теория цепей является приближением или особым случаем применения более общей теории электромагнетизма, описываемой уравнениями Максвелла. Это обстоятельство является следствием того факта, что принятое описание сосредоточенных элементов цепи приближённой теорией цепей становится несправедливым на СВЧ. СВЧ компоненты обычно представляются распределёнными элементами, для которых фаза напряжения или тока значительно меняется на физическом размере элемента, поскольку эти размеры сравнимы с длиной волны. Поэтому теория СВЧ устройств обычно использует уравнения Максвелла и их решения. Основным математическим аппаратом при решении электродинамических задач на основе уравнений Максвелла является векторный анализ, справочные данные по основным формулам которого приведены в Приложении 1.

Наряду с электродинамическими, основанными на уравнениях Максвелла, в практике расчёта СВЧ устройств широко применяются методы теории СВЧ цепей. Основным математическим аппаратом в этом случае служат матричные методы и методы, базирующиеся на применении ориентированных графов. При этом эквивалентные схемы реальных СВЧ устройств (как правило, в виде соединений многополюсников и отрезков линий) часто описываются с помощью соответствующих матриц рассеяния.

Другой (верхний) край СВЧ диапазона переходит в область частот оптического диапазона, в котором длина волны становится много короче, чем размеры компонент СВЧ устройств, и существенную роль играет феномен плоской волны. В этом случае уравнения Максвелла могут быть упрощены, а устройства можно рассчитывать по законам геометрической оптики. Такие методы, в частности, применяются к некоторым системам миллиметрового диапазона волн, когда они рассматриваются как квазиоптические системы.

Данная книга посвящена основным понятиям и представлениям техники СВЧ. В ней рассматриваются основы теории сверхвысокочастотных линий передачи, цепей и устройств.

Рассматриваются основные уравнения и представления теории электромагнитного поля и волны в наиболее распространённых линиях передачи: металлических волноводах прямоугольного, круглого и коаксиального сечений, полосковых и микрополосковых линиях и диэлектрических волноводах.

На основе аналогии волновода с длинной линией описываются характеристики отражения и затухания в СВЧ линиях передачи, рассматриваются вопросы преобразования и согласования импедансов.

Вводятся основные представления и понятия теории СВЧ цепей (многополосники, матрица рассеяния, соединения СВЧ устройств), которая составляет основу построения любых СВЧ трактов на базе разнообразных применяемых СВЧ устройств и их элементов.

В двух главах книги рассматриваются СВЧ резонаторы различных типов и методы возбуждения волноводов и резонаторов.

Отдельные главы посвящены основным типам СВЧ устройств (направленным ответвителям, мостовым устройствам, волноводным фильтрам разных типов).

Важное место в технике СВЧ играют разнообразные устройства с использованием ферритов (перестраиваемые полосовые фильтры, фазовращатели, вентили, циркуляторы и др.), принципу действия и конструкциям которых в книге уделено заметное внимание.

Книга предназначена в первую очередь для студентов, аспирантов и преподавателей вузов радиотехнических и радиофизических специальностей, а также для широкого круга специалистов, работающих в области радиоэлектроники СВЧ.