

рассмотрение их в рамках одной статьи. Основные различия между космическими и авиационными РЛС заключаются в принципах обработки радиолокационного сигнала, связанными с различным размером апертуры, особенностями распространения радиолокационных сигналов в различных слоях атмосферы, необходимостью учета кривизны земной поверхности и т. д. Несмотря на подобного рода различия, разработчики РЛС с синтезированием апертуры (РСА) прилагают все усилия для того, чтобы добиться максимальной схожести возможностей данных средств разведки.

В настоящее время бортовые РЛС с синтезированием апертуры позволяют решать задачи видовой разведки (вести съемку земной поверхности в различных режимах), селекции мобильных и стационарных целей, анализа изменений наземной обстановки, осуществлять съемку объектов, скрытых в лесных массивах, обнаружение заглубленных и малоразмерных морских объектов.

За счет искусственного увеличения апертуры бортовой антенны, основным принцип которого заключается в когерентном накоплении отраженных радиолокационных сигналов на интервале синтезирования, удается получить высокое разрешение по углу. В современных системах разрешение может достигать десятков сантиметров при работе в сантиметровом диапазоне длин волн. Аналогичные значения разрешения по дальности достигаются за счет применения внутриимпульсной модуляции, например, линейно-частотной модуляции (ЛЧМ). Интервал синтезирования апертуры антенны прямо пропорционален высоте полета носителя РСА, что обеспечивает независимость разрешения съемки от высоты.

В настоящее время существуют три основных режима съемки земной поверхности: обзорный, сканирующий и детальный. В обзорном режиме съемка земной поверхности осуществляется непрерывно в полосе захвата, при этом разделяют боковой и переднебоковой режим (в зависимости от ориентации главного лепестка диаграммы направленности антенны). Накопление сигнала осуществляется в течение времени, равного расчетному интервалу синтезирования апертуры антенны для данных условий полета носителя РЛС. Сканирующий режим съемки отличается от обзорного тем, что съемка ведется на всей ширине полосы обзора, полосами равными ширине полосы захвата. Данный режим используется исключительно в РЛС космического базирования. При съемке в детальном режиме накопление сигнала осуществляется на увеличенном по сравнению с обзорным режимом интервале. Увеличение интервала осуществляется за счет синхронного с движением носителя РЛС перемещения главного лепестка диаграммы направленности антенны таким образом, чтобы облучаемый участок постоянно находился в зоне съемки. Современные системы позволяют получать снимки земной поверхности и расположенных на ней объектов с разрешениями порядка 1 м для обзорного и 0,3 м для детального режимов. Компания «Сандия» анонсировала создание РСА для тактических БЛА, имеющего возможность вести съемку с разрешением 0,1 м в детальном режиме. Существенное значение на результирующие характеристики РСА (в плане съемки земной поверхности) оказывают применяемые методы цифровой обработки принятого сигнала, важной составляющей которых являются адаптивные алгоритмы коррекции траекторных искажений. Именно невозможность выдерживать в течение длительного времени прямолинейную траекторию движения носителя не позволяет получать в непрерывном обзорном режиме съемки разрешения сопоставимые с детальным режимом, хотя никаких физических ограничений на разрешение в обзорном режиме не существует.

Современные методы анализа изображений позволяют с достаточно высокой вероятностью обнаруживать и производить последующую идентификацию объектов на полученном радиолокационном изображении. При этом обнаружение возможно на снимках как с высоким (менее 1 м), так и с низким (до 10 м) разрешением, в то время как для распознавания требуются изображения с достаточно высоким (порядка 0,5 м) разрешением. И даже в этом случае можно говорить в большей части только о распознавании по косвенным признакам, поскольку геометрическая форма объекта очень сильно искажена из-за наличия сигнала, отраженного от лиственного покрова, а также вследствие появления сигналов со смещением частоты за счет доплеровского эффекта, возникающего в результате колебания листвы на ветру.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ (ЭМС)

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Иванцов А.В.

Забавский И.Л.

Электромагнитная совместимость (ЭМС) радиоэлектронных средств, способность радиоэлектронных средств (РЭС) различного назначения работать одновременно (совместно) так, что помехи радиоприему (с учетом воздействия источников радиопомех промышленных), возникающие при такой работе, приводят лишь к незначительному (допустимому) снижению качества выполнения РЭС своих функций (см. также Помехоустойчивость). При одновременной работе РЭС (а также электротехнических устройств, излучающих электромагнитные волны) помехи радиоприему неизбежны. Интенсивность помех определяется количеством действующих излучателей, их мощностью, расположением в пространстве, формой диаграммы направленности антенн, условиями распространения радиоволн и т. д. Обеспечение ЭМС сводится к созданию условий для нормальной совместной эксплуатации всего разнообразия РЭС.

Обеспечением ЭМС начали заниматься почти одновременно с практическим освоением радиоволн (например, для радиосвязи). Постепенно эта задача усложнялась и, наконец, с 50-х гг. 20 в. переросла в сложную проблему главным образом из-за возросшей загрузки освоенных диапазонов радиочастот, непрерывного увеличения кол-ва и мощности излучающих средств, повышения чувствительности радиоприемников, несовершенства РЭС (например, наличия у радиопередатчиков внеполосных и побочных излучений, а у

радиоприёмников — внеполосных каналов и каналов побочного приёма), усложнения функций РЭС и режима их работы (частые включения и выключения, перестройка по частоте, перемещения в пространстве и т. п.) и многих других факторов.

Меры по обеспечению ЭМС подразделяются на организационные и технические. К организационным относятся: применение пространственного разделения (разноса) РЭС — одновременного использования одних и тех же частотных диапазонов в различных зонах земного шара, если это не грозит взаимными радиопомехами; временного разноса — поочерёдной работы РЭС на одной несущей частоте по определённой программе во времени: частотного разноса — одновременной работы на различных несущих частотах и др. К техническим относятся: создание радиопередающих и электротехнических устройств, более совершенных с точки зрения уменьшения мешающих излучений; разработка радиоприёмных устройств, обладающих меньшей чувствительностью к таким излучениям, и др.

В СССР обеспечение ЭМС возложено на Государственную комиссию по радиочастотам СССР (ГКРЧ СССР; создана в 1958; до 1972 называлась Межведомственной комиссией по радиочастотам). Эта комиссия, осуществляя единую техническую политику в вопросах, связанных с рациональным распределением и использованием радиочастотного спектра, занимается нормированием параметров радиоизлучений и приёма РЭС и другими аспектами ЭМС. Среди норм, утвержденных ГКРЧ СССР, — общесоюзные нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосные спектры излучений радиопередающих устройств, на допустимые отклонения частоты радиопередатчиков и уровни их побочных излучений, на допустимый уровень промышленных радиопомех и т. д. Эти нормы являются обязательными для всех министерств и ведомств, разрабатывающих, изготавливающих, закупающих в других странах и эксплуатирующих РЭС всех назначений, а также электротехнические устройства, создающие промышленные радиопомехи. Разработку рекомендаций, направленных на обеспечение ЭМС, осуществляет Международный союз электросвязи.

ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Левчук В.Н., Полешук А.С., Кириченко А.А.

Забавский И.Л.

В последнее время прогрессивно развиваются радиотехнические устройства. Ярким примером этому является электронно-оптическая система, которая представляет собой геометрическую модель устройства автоматически разделяется на большое количество тетраэдров, имеющих 6 граней и 4 плоскости, сформированные четырьмя равносторонними треугольниками.

Ключевые слова: интуитивный интерфейс, трехмерная магнитная структура.

Программа позволяет рассчитывать параметры трехмерной магнитной структуры произвольной формы, имеет интуитивный интерфейс, упрощающий описание проекта, мощную программу расчета электромагнитного поля, приспособляемую к требуемой точности решения, и мощный постпроцессор для представления результатов. Начальное разбиение на ячейки сразу предоставит информацию о решении поля, выделяя области с высокой напряженностью поля или с большими градиентами. Разбиение на ячейки затем уплотняется только там, где необходимо, уменьшая вычислительные затраты при максимизации точности. Если необходимо, пользователи могут ввести адаптивное решение, используя интерфейс программы.

Метод моделирования, используемый для вычисления полного трехмерного электромагнитного поля внутри структуры, основан на методе конечных элементов. В общем случае метод конечных элементов делит всё пространство на тысячи малых областей и представляет поле в каждой подобласти в виде локальной функции. Геометрическая модель анализируемого устройства автоматически разделяется на большое количество тетраэдров, имеющих 6 граней и 4 плоскости, сформированные четырьмя равносторонними треугольниками. Это тетраэдр называется конечным элементом. В каждой вершине запоминаются компоненты поля, касательные к трем граням четырехгранника. Кроме того, может также быть сохранена компонента векторного поля в средней точке выбранных граней, касательная к поверхности и перпендикулярная ребру

Имеется компромисс между размером ячейки, желательным уровнем точности и имеющимися в наличии вычислительными ресурсами. С одной стороны, точность решения зависит от того, насколько мала величина каждого из отдельных элементов - решения, основанные на ячейках, которые используют большое количество элементов, более точны. С другой стороны, генерирование решение поля с большим количеством элементов требует существенную вычислительную мощь и память.

Чтобы получить оптимальную ячейку, в программе используется итеративный процесс, в котором ячейка автоматически учащается в критических областях. Сначала генерируется решение, основанное на грубом начальном разбиении на ячейки. Затем учащаются ячейки, основываясь на соответствующих критериях погрешности, и генерируются новые решения. Когда выбранные параметры сходятся в пределах желаемого интервала, итеративный процесс заканчивается.

Величина магнитного поля в материале экранов не должна быть больше 1 Тл во избежание магнитного насыщения. Особенно серьёзна эта проблема в многовольтовых клистронах и в многолучевых клистронах с расположением лучей по кольцу.

Вследствие неидеальности свойств магнитного материала окончательно положение магнитных элементов зачастую приходится подбирать или приходится добавлять кусочки материала, то есть юстировать магнитную систему.

Магнитная фокусирующая система в приборе выглядит следующим образом: