

## АНТЕННЫЙ КОМПЛЕКС КАК СЛОЖНАЯ СИСТЕМА

**В.А.Маренко**

In this article a main principle of building of consultation systems, i.e. modelling of actions of a specialist at a stage of preliminary design, is described.

Обеспечение электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств — одна из актуальных задач современной техники. Как область знаний «Электромагнитная совместимость» слишком обширна, поэтому в разработанном прототипе консультационной системы для примера выбрана одна из характерных и практически важных задач — обеспечение электромагнитной совместимости антенного комплекса [1]. Исследования проводятся с целью изучения формирования экспертного решения при установлении факта обеспечения электромагнитной совместимости в конкретной группе средств [2]. Анализ электромагнитной совместимости проводится на основе использования модели взаимодействия, применяемой на этапе предварительного проектирования [3].

*Системность деятельности эксперта.* Важнейшим вопросом, возникающим при проектировании специалистом антенного комплекса как сложной системы, является вопрос структурного построения, определяющий отношения между подсистемами антенного комплекса и характеристиками его функционирования. Структура антенного комплекса отражает его внутреннюю организацию, устойчивые взаимосвязи между подсистемами, распределение функций управления по элементам организационной иерархии. Проектируемый антенный комплекс должен включать, по мнению специалиста, следующие составные части (рис. 1,а):

- передающую антенну, помещаемую в центр площадки крышевого типа;
- четыре приемные коротковолновые (КВ) антенны, расположенные на максимальном удалении от передающей антенны.

Антенный комплекс как единое целое обладает таким свойством, которого нет у составляющих его частей. Это свойство не сводится к простому суммированию свойств объектов, его составляющих. Комплекс проектируется как носитель качественно нового свойства. Его функция интерпретируется как цель, а структура выступает как один из вариантов реализации цели и отражает его внутреннюю организацию, устойчивые взаимосвязи между компонентами [4].

---

© 2003 В.А.Маренко

E-mail: marenko@iitam.omsk.net.ru

Омский филиал Института математики СО РАН

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 01-01-00303)

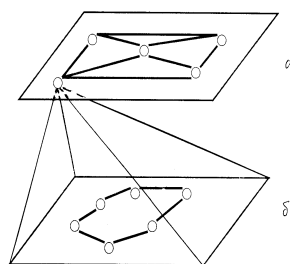


Рис. 1. Нормированное отношение в виде орграфа. Совокупность элементов проектируемого антенного комплекса: а) система взаимосвязанных между собой передающей и приемных КВ-антенн; б) совокупность характеристик одной из приемных КВ-антенн.

Важнейшей функцией проектируемого антенного комплекса является прием сигнала со всех направлений в КВ-диапазоне.

Агрегативно-декомпозиционный подход к формализации задач анализа и синтеза структуры антенного комплекса включает два взаимосвязанных этапа:

- последовательную декомпозицию системы на элементы;
- агрегирование элементов на соответствующих уровнях детализации для генерирования вариантов построения системы в целом.

Анализ экспертной информации показал, что в рамках данного подхода структура проектируемой системы описывается на различных уровнях детализации совокупностью графов (рис. 1.а,б). На полученной таким образом двухуровневой модели антенного комплекса в виде взаимосвязанных графов различной степени детализации элементов структуры и их взаимосвязей ставится задача синтеза структуры системы в целом, включающая:

- определение оптимального числа и расположения его составных частей ( $x \in X$ );
- распределение функций управления по составным частям проектируемой системы ( $f \in F$ );
- определение оптимального отображения элементов множества  $f$  на элементы множества  $x$ , обеспечивающего требуемые характеристики функционирования системы.

Задача синтеза структуры тесно связана с задачей оптимизации функционирования составных частей проектируемой системы, характер взаимодействия между которыми и распределение функций между ними определяются сформированными алгоритмами.

*Формализация задачи синтеза структуры системы.* Широкий класс задач синтеза структуры систем с использованием формализации в виде графов формулируется следующим образом: задан альтернативный граф возможных вариантов реализации системы  $G_0$ , необходимо подобрать подграф  $G^* \subset G_0$ , оптимизирующий заданные характеристики  $F_0(G^*) \rightarrow opt$  и удовлетворяющий ограничениям  $(\alpha, \beta, \mu)$ , задаваемым на отдельных частях графа и в подграфе в целом:

$$F_\alpha(G^*)RP_\alpha, \quad \alpha = \overline{1, \alpha_0};$$

на отдельных частях графа  $G_\mu^* \subset G_\mu, G_\mu \subset G_0$

$$F_\beta(G_\mu^*)RP_\beta, \quad \beta = \overline{1, \beta_0}, \quad \mu = \overline{1, \mu_0}; \quad G^* \subset G_0,$$

где  $R$  — условие вида  $\geq, =, \leq$ ;  $P$  — множество элементов системы.

Основные характеристики структуры системы в этом случае выражаются в аддитивной форме, если они зависят лишь от состава выбираемых элементов графа, либо в рекуррентно-вычислимой форме, если они зависят как от соответствующих характеристик элементов выбираемых вариантов, так и от структуры их взаимосвязей [5].

В разработанном прототипе консультационной системы по вопросам обеспечения электромагнитной совместимости задача синтеза структуры антенного комплекса решается экспертным методом. Основная идея экспертных методов состоит в том, чтобы использовать интеллект квалифицированных специалистов, их способность искать и находить решение слабо формализованных узкопрофессиональных задач. При решении используется комбинация как теоретического знания о предметной области, так и личностное знание эксперта, представляющего его уникальный опыт, позволяющий решать такие задачи достаточно быстро и на хорошем уровне.

*Моделирование действий эксперта.* Деятельность специалиста отличается системностью: осуществляется по определенному плану или алгоритму, который является образом деятельности, ее моделью. Несущественные, на первый взгляд, моменты могут оказаться для него важными, так как он интуитивно осознает, что их невыполнение способно сделать основную цель недостижимой. Мыслительная деятельность человека осуществляется, как минимум, на двух уровнях: сознательном и бессознательном. В научной литературе встречается упрощенное сравнение умственной деятельности человека с работой логической машины, программное обеспечение которой доступно изучению. Это аналог так называемой открытой части его знаний. Скрытая часть знаний не поддается исследованию прямыми средствами, одним из которых является объяснение процесса решения узкопрофессиональной задачи. Специалист часто затрудняется описать его в точной и понятной форме. При объяснении путей получения решения эксперт заостряет внимание на более общих моментах, пропускает частности, которые кажутся ему очевидными. Возникающие при этом пробелы заполняет правдоподобной линией рассуждения, которая, возможно, и не отражает действительного процесса. Эти трудности связаны с подсознательным характером многих его знаний и сложностью описания мыслительных процессов. Процесс выбора необходимых связей между частями проектируемого антенного комплекса, осуществляемый специалистом, также недоступен для прямого исследования. Зато всегда конкретен основанный на скрытых знаниях опыт, определяющий его действия. Изучение опыта — это один из способов исследования скрытой умственной деятельности специалиста, позволяющий некоторым образом формализовать процесс формирования решения путем построения модели [6]. Последовательность действий специалиста на этапе предварительного проектирования приемных антенн представлена в виде орграфа (рис. 1.б). Качество анализа совокупности характеристик приемных антенн прямо связано с

полнотой их модели, которая должна быть максимально подробной, но в то же время простой и компактной. Компромисс между полнотой и простотой модели в понимании специалиста достигается с помощью понятия существенности: в модель включаются компоненты, существенные по отношению к цели анализа. Это один из эффективных приемов его деятельности — сопровождать главную цель заданием всего комплекса дополнительных целей, так как несущественное, на первый взгляд, на самом деле может оказаться важным и должно быть учтено. При изучении экспертной информации установлено, что подбор приемных антенн на этапе предварительного проектирования ведется по следующей схеме (рис. 1.б):

- 1) учет конструктивных особенностей;
- 2) осуществление пространственного разнеса;
- 3) исследование возможности поляризационного разнеса;
- 4) использование свойств диаграммы направленности;
- 5) осуществление частотного разнеса.

Чтобы облегчить работу эксперта, в алгоритме предусмотрена возможность внесения поправок и дополнений в модель с помощью элемента «всё остальное», показанного на рис. 1.б шестой дугой графа. Это позволяет дополнить алгоритм необходимым звеном на любом этапе формирования решения и устранить сомнения эксперта по полноте модели. Результаты анализа и синтеза антенного комплекса с помощью модели действий эксперта позволяют оценивать реальную возможность обеспечения электромагнитной совместимости синтезируемых объектов на этапе предварительного проектирования.

*Правдоподобные рассуждения.* Разработка интеллектуальных систем предполагает создание моделей, отражающих особенности рассуждений специалистов при решении узкопрофессиональных задач. Знания, которыми обладает специалист, можно условно разделить на формализованные и неформализованные. Формализованные знания представляются в виде общих и строгих суждений: законов, формул, моделей, алгоритмов и т.д. Неформализованные знания, как правило, не попадают в книги в связи с их субъективностью и приближенностью. Знания такого рода являются результатом обобщения многолетнего опыта работы и интуиции специалиста. Они обычно представляют собой многообразие эвристических приемов и правил. В связи с этим создается механизм формального рассуждения. При решении рассмотренной выше задачи специалист использовал индукционное умозаключение, состоящее из правдоподобных рассуждений. Под рассуждениями в общем смысле понимают процедуру последовательного, пошагового перехода от одних высказываний, принятых в качестве исходных, к другим высказываниям. Исходные утверждения в рассуждениях представляют собой некоторые допущения, называемые посылками. Переход к последнему высказыванию-заключению происходит согласно правилам, называемым правилами вывода. Такими рассуждениями пользуются в ситуациях, не поддающихся количественному описанию.

При создании модели действий эксперта в моделируемом объекте выделены понятия и установлены отношения между ними типа «причина-следствие». Посылками в рассмотренной задаче являются характеристики коротковолновых

приемных антенн —  $A_1, \dots, A_5$ , а следствием  $B$  — обеспечение электромагнитной совместимости. Имеющиеся сведения о характеристиках коротковолновых приемных антенн используются не для осуществления достоверного вывода  $B$  из посылок  $A_1, \dots, A_5$ , а как некая подсказка, наводящая на мысль о возможности принятия высказывания  $B$ . Рассуждение в этом случае строится по следующей схеме: если информация, содержащаяся в посылках  $A_1, \dots, A_5$ , верна, то правдоподобно было бы считать, что имеет место и  $B$ . Переход от посылок к заключению носит здесь правдоподобный характер, делает истинность  $B$  более достоверной.

Специалист при решении узкопрофессиональных задач использует различные приемы, одним из которых является аналогия, то есть отношение частичного сходства в свойствах между объектами исследования. Умозаключение по аналогии, в котором на основании сходства объектов в одних признаках делается заключение о сходстве между ними в других признаках, дает не достоверное заключение, а заключение, имеющее характер предположения. Проведя рассуждение для одной ситуации, можно формальным образом преобразовать его для ситуации, сходной с первоначальной. Таким образом, с использованием граф (рис. 1.б) формируется база данных по приемным КВ-антеннам различного типа: магнитная резонансная антенна, горизонтальная дипольная антенна, вертикальная резонансная антенна и другие, которые могут быть использованы при синтезе различных вариантов антенного комплекса в целом. Каждое заключение в разработанном прототипе консультационной системы снабжено субъективной экспертной оценкой.

Критерием достоверности рекомендуемых решений является правдоподобность выдаваемого результата и согласованность его с интуитивным ожиданием пользователя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Маренко В.А., Маренко В.Ф. *Основы разработки консультационной экспертной системы* // Техника радиосвязи (Омский НИИ приборостроения). 2002. Вып.7. С. 74-77.
2. Маренко В.Ф., Богданов А.В., Лузан Ю.С. *Обеспечение электромагнитной совместимости при выборе и размещении КВ-антенн приемопередающего центра на ограниченной площади* // Техника радиосвязи (Омский НИИ приборостроения). 2002. Вып.7. С. 58-66.
3. Петровский В.И., Седельников Ю.Е. *Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств*. М.: Радио и связь, 1986. 216 с.
4. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. *Основы системного анализа*. Томск: Изд-во НТЛ, 1997. 396 с.
5. Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Филиппов В.А. *Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем*. М.: Наука, 1985. 175 с.
6. Поспелов Д.А. *Моделирование рассуждений*. М.: Радио и связь, 1989. 184 с.