

ЛАЗЕРНЫЕ СТРУКТУРЫ: КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА СИНТЕЗА

д.т.н., проф. В.И. Лахно, А.В. Кислый

В статье рассмотрено применение компьютерных методов синтеза модульных структур современных систем лазерно-компьютерной авионики.

Актуальность. Многообразие решаемых задач определяет многовариантность инженерных задач реализации устройств и систем современной авионики. Трудности создания подобных устройств общеизвестны и преодоление их происходит с использованием различных методов синтеза структур.

Наиболее практически интересны лазерные структуры. За последние десятилетия реализованы различные подходы [1 – 5], практические результаты достигнуты с использованием различных вариантов компьютерного синтеза [1 – 3].

В предлагаемой работе на примерах устройств лазерно-компьютерной авионики показаны возможности синтеза структуры.

Постановка задачи. В классе модульных представлений предлагается реализовать перебор вариантов структур с целью получения образований с требуемыми показателями.

Цель данной работы – формирование вариантов синтеза структур перспективных систем и комплексов лазерно-компьютерной авионики (ЛКМ).

Решение задачи. Начальным этапом явилось упорядочение обобщенной структуры [6] с помощью выделения типовых модулей (рис. 1). Полученная обобщенная структура включает унифицированные модули: лазер, оптический приемник, пространственно – спектрально – временной преобразователь передатчика и пространственно – спектрально – временной преобразователь приемника, вспомогательные модульные блоки.

Для получения вариантов лазерных и оптико-электронных структур используется метод радиальных метрических диаграмм [7]. Разработка алгоритмов полного перебора возможных вариантов структур лазерно-компьютерной авионики различного назначения осуществляется на основании морфологической таблицы (рис. 2), охватывающей максималь-

ное количество вариантов функционально завершенных устройств на основе современной элементной базы.

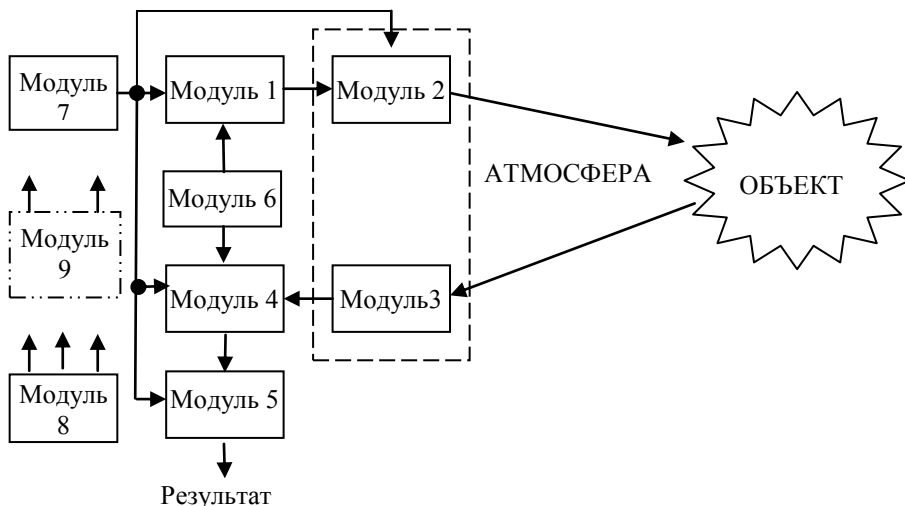


Рис. 1. Модульная реализация структурной схемы лазерного сенсора-измерителя

Функциональная под-система (ФПС)	Альтернативы		
ФПС ₁	A ₁₁ *	A ₂₁	
ФПС ₂	A ₂₁ *	A ₂₂	A ₂₃
ФПС ₃	A ₃₁ *	A ₃₂	A ₃₃

Рис. 2. Вариант морфологической таблицы

Полученное множество вариантов раскладывается на $n+1$ класс, где n – число функциональных подсистем в исследуемой морфологической таблице. В качестве прототипа формируемой структуры выбирается реально существующая система, у которой все функциональные подсистемы выполнены на основе известных альтернатив. В первый класс включаются варианты, каждый из которых содержит одну новую альтернативу, относящуюся к любой функциональной подсистеме. Второй класс формируется из вариантов, содержащих две новые альтернативы. В третий класс включаются варианты, содержащие три новые альтернативы и т.д. В $n+1$ -м классе оставляются новые варианты, т.е. варианты, не содержащие в своем составе ни одной известной альтернативы. Вариант реализации алгоритма полного перебора приведен на рис. 3.

Номер варианта	Состав вариантов	Прототип	Класс 1 один новый элемент	Класс 2 два новых элемента	Класс 3 три новых элемента
R ₁	A ₁₁ *A ₂₁ *A ₃₁ *	A ₁₁ *A ₂₁ A ₃₁ *			
R ₂	A ₁₁ *A ₂₁ *A ₃₂		→ A ₁₁ *A ₂₁ *A ₃₂		
R ₃	A ₁₁ *A ₂₁ *A ₃₃		→ A ₁₁ *A ₂₁ *A ₃₃		
R ₄	A ₁₁ *A ₂₂ A ₃₁ *		→ A ₁₁ *A ₂₂ A ₃₁ *		
R ₅	A ₁₁ *A ₂₂ A ₃₂			→ A ₁₁ *A ₂₂ A ₃₂	
R ₆	A ₁₁ *A ₂₂ A ₃₃			→ A ₁₁ *A ₂₂ A ₃₃	
R ₇	A ₁₁ *A ₂₃ A ₃₁ *		→ A ₁₁ *A ₂₃ A ₃₁ *		
R ₈	A ₁₁ *A ₂₃ A ₃₂			→ A ₁₁ *A ₂₃ A ₃₂	
R ₉	A ₁₁ *A ₂₃ A ₃₃			→ A ₁₁ *A ₂₃ A ₃₃	
R ₁₀	A ₁₂ A ₂₁ *A ₃₁ *		→ A ₁₂ A ₂₁ *A ₃₁ *		
R ₁₁	A ₁₂ A ₂₁ *A ₃₂			→ A ₁₂ A ₂₁ *A ₃₂	
R ₁₂	A ₁₂ A ₂₁ *A ₃₃			→ A ₁₂ A ₂₁ *A ₃₃	
R ₁₃	A ₁₂ A ₂₂ A ₃₁ *			→ A ₁₂ A ₂₂ A ₃₁ *	
R ₁₄	A ₁₂ A ₂₂ A ₃₂				→ A ₁₂ A ₂₂ A ₃₂
R ₁₅	A ₁₂ A ₂₂ A ₃₃				→ A ₁₂ A ₂₂ A ₃₃
R ₁₆	A ₁₂ A ₂₃ A ₃₁ *			→ A ₁₂ A ₂₃ A ₃₁ *	
R ₁₇	A ₁₂ A ₂₃ A ₃₂				→ A ₁₂ A ₂₃ A ₃₂
R ₁₈	A ₁₂ A ₂₃ A ₃₃				→ A ₁₂ A ₂₃ A ₃₃

Рис. 3. Реализация алгоритма полного перебора

Для выбора наилучшего маршрута преобразований прототипа в новые решения используется следующая стратегия.

Методом прямого назначения осуществляется экспертная оценка вариантов лазерных структур (вершин графа преобразований), входящих в каждый класс и всех преобразований лазерных структур (дуг графа преобразований). Оценка проводится по множеству критериев качества. При необходимости здесь же определяются весовые коэффициенты критериев. Оценка вершин и дуг графа преобразований проводится по критериям, учитывающим функциональную эффективность, время доводки конструкции до промышленного уровня, стоимость, надежность и т.п.

Целевая функция для выбора наилучшего маршрута преобразования прототипа в новое решение определяется как аддитивная эффективность

всех лазерных структур и преобразований, составляющих i -й маршрут.

Вторая стратегия реализуется следующим образом. Во множестве m найти заданное лицом, принимающим решение, подмножество m^* , для элементов которого

$$\left(\sum_{j=1}^n \mathcal{E}_{\text{ЛС}_{ij}} + \mathcal{E}\Pi_{ip} \right) \rightarrow \max ,$$

где m – число маршрутов преобразования прототипа в новые лазерные структуры; $\mathcal{E}_{\text{ЛС}_{ij}}$ – эффективность ЛС $_{ij}$, $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$; n – число лазерных структур, входящих в i -ый маршрут; $\mathcal{E}\Pi_{ip}$ – эффективность p -го преобразования между двумя лазерными структурами, принадлежащими i -му маршруту; l – число преобразований (дуг в графе), относящиеся к i -му маршруту, $\mathcal{E}\text{ЛС}_{ij}$ и $\mathcal{E}\Pi_{ip}$ определяются следующим образом:

$$\mathcal{E}\text{ЛС}_{ij} = \sum_{k=1}^q \rho_k a_{jk} ,$$

где a_{jk} – экспертная оценка j -ой лазерной структуры по k -му критерию качества; q – число критериев качества; ρ_k – весовой коэффициент k -го критерия;

$$\mathcal{E}\Pi_{ip} = \sum_{s=1}^r \omega_s b_{ps} ,$$

где b_{ps} – экспертная оценка p -го преобразования между двумя лазерными структурами по s -му критерию качества; r – число критериев качества; ω_s – весовой коэффициент s -го критерия.

Программная реализация алгоритма полного перебора не требует больших экономических и технических затрат в сравнении с натурным экспериментом. При этом такой подход позволяет приблизить оценочные характеристики к реальным устройствам (дальномерам, прицелам и т.п.).

Для каждой задачи решаемой лазерной и оптико-электронной системой, возможна реализация разных наборов структур. Из набора структур выбирается структура, которая наиболее полно удовлетворяет установленным критериям качества в отношении затрат к ее реализации.

На рис. 4 приведены варианты лазерных и оптико-электронных структур лазерно-компьютерной авионики синтезированных с использованием метода радиальных метрических диаграмм [2]. Количество осей составляющих диаграмму определяется количеством составляющих элементов синтезируемой лазерной структуры. По осям откладываются ве-

совые коэффициенты вариантов элементов структуры, при этом коэффициенты могут принадлежать как реально существующим, так и гипотетическим элементам. Реализация метода радиальных метрических диаграмм позволяет оценить любые взаимосвязи лазерной структуры с объектом. Таких вариантов структур множество, однако, не все удовлетворяют установленным критериям качества.

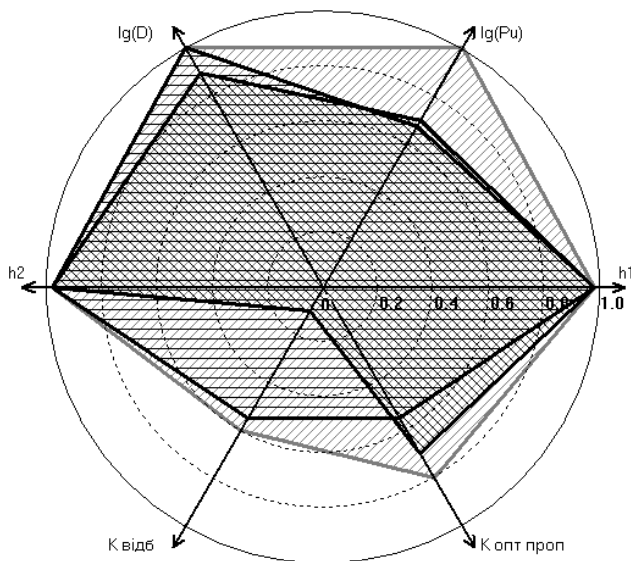


Рис. 4. Варианты синтеза новых систем на основе метода радиальных метрических диаграмм

В приведенном варианте радиальной метрической диаграммы на осях отложены нормированные значения мощности лазерного излучения P_u и относительная чувствительность оптического приемника D в логарифмическом масштабе; показатели полного оптического пропускания атмосферного канала, пространственно – спектрально – временных преобразователей приемника и передатчика, а также коэффициент отражения лазерного излучения от объекта.

Выводы. 1. Компьютерная поддержка вариантов синтеза лазерных структур может быть реализована на основе целесообразных обобщений структурных схем.

2. Одним из практически целесообразных приемов представляется использование модульного варианта структурной схемы.

3. Модульный подход эффективно реализуется в виде метода радиально-метрических диаграмм для перебора вариантов структур.

4. Целесообразно продемонстрированный подход реализовать в полном объеме для дальномерных, прицельных угломерных и других лазерных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.*
2. *Лакно В.И. Структурно-морфологический синтез лазерных датчиков // Теория автоматизированного проектирования. Межвуз. темат. сборник науч. трудов. – Х., 1982. – Вып.4. – С. 129 – 134.*
3. *Андрейчиков А.В., Киселев А.С. Эволюционный синтез новых технических систем на основе морфологических таблиц // Известия вузов. – Машиностроение. – 2002. – № 2 – 3. – С. 44 – 48.*
4. *Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем. – М.: Радио и связь, 1985. – 328 с.*
5. *Петров А.В., Яковлев А.А. Анализ и синтез радиотехнических комплексов / Под ред. В.Е. Дулевича. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.*
6. *Данилин Н.С., Лакно В.И. Лазерные датчики в системах неразрушающего контроля. – МО СССР, 1974. – 202 с.*
7. *Харченко В.С., Тарасюк О.М. Использование радиальных метрических диаграмм для оценки характеристик программного обеспечения // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. науч. трудов. – Х.: Нац. аэрокосм. университет «ХАИ». – 2003. – Вып. 18. – С. 123 – 133.*

Поступила 21.10.2004

ЛАХНО Виктор Иванович, доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры Харьковского национального аэрокосмического университета «ХАИ». В 1961 году окончил Харьковский авиационный институт. Область научных интересов – лазерные информационные технологии.

КИСЛЫЙ Андрей Викторович, адъюнкт очной адъюнктуры Харьковского университета Воздушных Сил. В 1997 году окончил Харьковский военный университет. Область научных интересов – лазерные информационные технологии.
