

УДК 681.3

А.Г. МИХАЙЛОВ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ
И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ ЛА**

В данной работе рассматривается применение перспективных направлений по проектированию информационно-измерительных систем контроля параметров энергоносителей летательных аппаратов. Рассмотрены вопросы моделирования таких систем при различных конструктивных параметрах.

проектирование, информационно-измерительные системы, энергоносители, летательные аппараты, методика, моделирование

Введение

Проектирование информационных систем измерения (ИИС), выполняющих задачи измерения и контроля параметров энергоносителей (ЭН) как летательных аппаратов (ЛА) так и промышленных топливно-энергетических комплексов является важной и актуальной задачей, влияющей на экономические показатели промышленных отраслей.

На кафедре авиационных приборов и измерений факультета СУЛА Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» работа по данному направлению в рамках госбюджетной тематики ведется с 2001 г. Результаты данной работы (более 100 патентов) позволяют разработать новые методики проектирования ИИС ЭН ЛА.

Существующие принципы проектирования преимущественно основываются на реализации электромеханических методов, что создает сложность обработки информации. Получаемые конструкции измерительных датчиков и систем имеют высокую сложность, ориентированы на определенные типы топливных элементов или ЭН. При этом применение универсальных подходов к проектированию современных ЛА и промышленных топливно-энергетических комплексов с использованием существующих измерительных устройств существенно затруднено.

Основной задачей при исследовании всего многообразия ИИС, методов их проектирования и интеграции измерительных преобразователей (ИП) в ИИС является формирование обобщенных критериев, позволяющих выполнить заданные условия функционирования, точности измерений при соблюдении существующих ограничений, связанных с надежностью эксплуатации. Современные системы информационного обмена и управления характеризуются высокими показателями объемов вычислений и сложной структурой данных. В этих условиях для решения задач контроля и управления возникает необходимость сочетания традиционных подходов с моделями и методами интеллектуальных средств и знаниеориентированных ИИС.

В целях повышения эффективности обработки информации и объективности принимаемых на ее основе решений необходимо осуществить выбор структуры ИИС на основе приобретенных знаний для конкретных систем.

Постановка задачи. В целях исследования и разработки методологии проектирования информационных систем измерения, направленной на универсализацию методов проектирования, возникает необходимость оценки существующих решений и формального вывода решений по проектированию образца ИИС, обладающего заданными T точ-

ностными и конструктивными характеристиками.

Таким образом, ставится задача разработки и оценки перспективных методов проектирования информационно-измерительных систем промышленного назначения, в которой определены критерии Ju , позволяющие выполнить заданные условия функционирования, наложены ограничения на область существования решений R , заданы начальные связи Ss структурных элементов s :

$$T = \langle Ju, R, Ss \rangle. \quad (1)$$

Для решения поставленной задачи предлагается выполнять выбор и оценку методов проектирования с учетом классификации решений RS обобщенных структур и связей Ss структурных элементов в единице конструктивной реализации ИИС, соответствующий критерию Juo :

$$T(RS) = \langle Juo, RS, Ss \rangle.$$

Предлагается использование проекторов, теория применения которых области идентификации и оптимизации автоматических систем предложена Антоном Николаевичем Сильвестровым и Петром Ивановичем Чинаевым.

В этом случае решался вопрос самоорганизации систем автоматического управления, для которых множество $\{Jq\}$ критериев оптимальности необходимо целеориентировать в соответствии с главной целью.

Данная задача имеет ряд решения для систем, существующих в Евклидовом пространстве $R \subset E$.

Попытка расширить пространство задач до универсального множества U открывает возможность функционирования логико-лингвистического проектора, при котором используются несколько каналов лингвистической аппроксимации и нечетко-множественных моделей представления знаний. Выбор соответствующих структур позволяет при создании базы знаний ИИС использовать непосредственно измерительные данные, необходимые для объективности получаемых знаний $Rs \subset U$.

Таким образом, предлагается новый подход к методологии проектирования ИИС, контроля параметров ЭН ЛА, основанный на обобщении существующих методов разработки современных систем контроля и измерения параметров энергоносителей ЛА. Это позволяет формализовать процессы проектирования ИИС промышленного назначения при заданных критериях функционирования J , что позволит оценить перспективные методы [1 – 7].

1. Построение проекторов

Разработка общей методологии проектирования ИИС контроля параметров ЭН должна строиться на базе классификаторов общих принципов измерения в виде лингвистических описаний lx . Это позволяет проектировать универсальные устройства при варьировании типами конструкций ИП и принципами их построения.

Таким образом, синтез структур ИИС может быть реализован посредством некоторого проектора $PROJ(A, F, M, P)$, который на основании полученных эвристических знаний A и теоретических гипотез F определяет процедуру P перехода от частных примеров ИП к обобщенным классификациям.

Такой проектор можно представить в виде

$$\{A, M\} \xrightarrow{Jo} P,$$

где Jo – некоторый критерий, формирующий процедуры в режиме РВ.

Например:

$$Jo \{F, r, L\}. \quad (2)$$

При этом модели и алгоритмы машинного обучения являются составляющими процедуры, позволяющей формировать базы знаний на основании следующих методов: Mm – машинного обнаружения закономерностей или Me – эмпирического предсказания.

При использовании альтернативных методов Ma для работы с неполной информацией возникают ситуации, при которых вновь создаваемые правила

проектирования по принципу обобщения позволяют получить новые, не формулируемые ранее экспертами.

Предложенный подход может быть реализован в виде схемы, представленной на рис. 1. Формирователь гипотез ФГ позволяет сформировать произвольную гипотезу F или гипотезу $F(d_x)$, обусловленную вероятностной закономерностью d_x , характеризующей распределение оценок вектора состояния X .

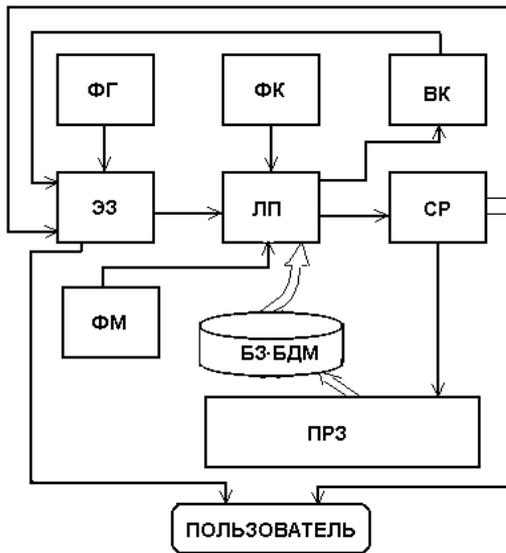


Рис. 1. Схема реализации проектора

На основании данной гипотезы осуществляется извлечение эмпирических зависимостей в модуле ЭЗ. Исходными данными для данного процесса являются лингвистические описания I_U входных воздействий, полученные по одному из ранее выбранных каналов L_j в блоке ВК, а также выбранной системе рассуждений СР эвристических знаний A . На основании этих данных лингвистический процессор ЛП может в соответствии с установленным критерием J выполнить выбор процедуры P , оптимальной относительно этого критерия. Формирователь критериев оптимизации ФК может являться входным блоком по отношению к вектору состояния X . Полученная процедура P будет содержать один из методов M_i , содержащихся в базе данных методов БДМ. Эта процедура, в свою очередь, определяет систему рассуждений СР и позволяет наполнять

базу знаний БЗ или изменять ее содержимое посредством подсистемы ревизии знаний ПРЗ. Внешний контур обратной связи при реализации данного проектора обуславливается использованием в ЛП сгенерированных продукционных правил, влияющих, в конечном счете, на лингвистические описания вектора состояния lx :

$$lx = \varphi \{A, M, \psi\{X\}\} + lu, \quad (3)$$

где $\varphi []$, $\psi []$ – операторы лингвистического и дискретного преобразования соответственно.

Наличие в данном контуре блока ФК направлено на повышение эффективности обработки информации лингвистическим процессором ЛП.

2. Реализация проектора для ИИС контроля параметров ЭН

В качестве примера реализации проектора, представленного на рис. 1, рассмотрим теоретическую модель испытательного стенда для информационных систем измерения и контроля параметров ЭН (рис. 2).

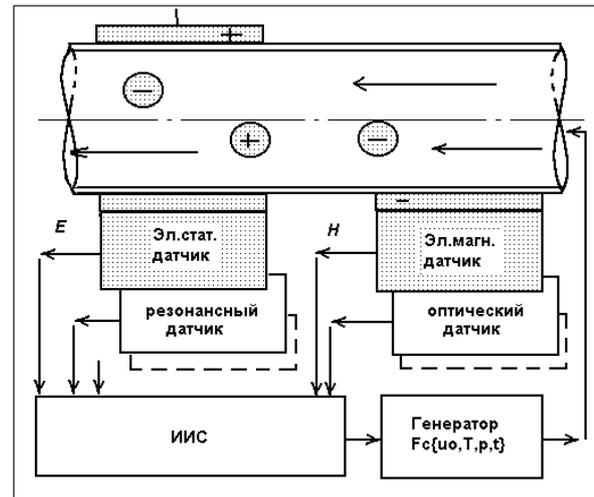


Рис. 2. Модель испытательного стенда

В качестве примера начальной классификации приведена таблица (табл. 1), в которой оценочным параметром является некоторый обобщенный критерий $J(x)$, который характеризует погрешности ИП, его чувствительность, пределы измерения.

На основе анализа существующих решений возникает возможность создания обобщенной исследовательской модели, которая позволяет варьировать различные конструктивные параметры в соответствии с начальным планом проведения эксперимента и получения сравнительных оценок предлагаемых решений.

Таблица 1

Выбор типа ЧЭ

Тип ЭН	Механические	Электростатические	Электромагнитные
Газ	(X)	(X)	
Жидк.	(X)		(X)
Элек.			(X)

В качестве исходной выбирается эмпирическая модель, которая в первом приближении аддитивно учитывает параметрический и информационный функционалы:

$$U(u, v, t) = Fc\{u_0, T, p, t\} + Fr\{E, H, t\}, \quad (4)$$

где u – объем энергоносителя; v – скорость; T – температура; p – давление; E – составляющая электростатического датчика; H – составляющая электромагнитного датчика.

Первый функционал $Fc\{u_0, T, p, t\}$ – реализует эмпирическую гипотезу и учитывает традиционные физические параметры объекта исследования – энергоносителя, сформированные блоком ЭЗ, а второй $Fr\{E, H, t\}$ – учитывает конструктивные влияния различных типов ИП (в данном случае составляющие электромагнитного датчика H и электростатического E).

В результате моделирования различных сочетаний входных факторов с использование программного пакета прикладной статистики STATGRAFICS получены математические модели адекватные реальным измерительным устройствам [2, 8 – 10].

Если исходные данные табл. 1 для универсальных методов представить в виде эмпирической матрицы

$$Me = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

то информационный функционал будет иметь следующий вид:

$$Fr\{E, H, t\} = [Me \times D]^T \times E. \quad (6)$$

где $D = [d_1; d_2]^T$ – ожидаемая дисперсия вдоль всего диапазона измерений; $E = [e_1 e_2 e_3]^T$ – уровень значимости показаний электромагнитного датчика.

Тогда на k -м шаге моделирования каждый метод проектора $PROJ(k)$ может оцениваться обобщенным критерием

$$J_{1k} = \sum\{U(u, v, t) - Fc\{u_0, T, p, t\} + [M \times D]^T \times E\}, \quad (7)$$

$$J_{2k} = \sum\{U(u, v, t) - Fc\{u_0, T, p, t\} + [M \times D]^T \times H\}.$$

Суммирование элементов критерия выполняется по всему диапазону измерений входных воздействий X .

Результатом моделирования на шаге k является матрица M_k , которая может быть представлена в виде таблицы проектора $PROJ(k)$ (табл. 2).

Таблица 2

Результаты проектора $PROJ(k)$

Тип ЭН	Механические	Электростатические	Электромагнитные
Газ	$J_{01}\{k\}$	$J_{11}\{k\}$	
Жидк.	$J_{02}\{k\}$		$J_{22}\{k\}$
Элек.			$J_{23}\{k\}$

Заключение

Таким образом, предложен новый подход к проектированию информационно-измерительных систем контроля параметров энергоносителей ЛА, основанный на обобщении существующих методов разработки современных систем контроля и измерения параметров ЭН ЛА.

Это позволило формализовать процесс проектирования ИИС при заданных критериях функционирования, что позволяет оценивать предлагаемые методы и конструкции ИП.

Предложенный подход позволяет при синтезе структур ИИС использовать существующие решения и может применяться при проектировании систем контроля и идентификации параметров ЭН авиакосмической, машиностроительной техники, или других объектов, характеризующихся высокими объемами вычислений и сложной структурой процессов контроля или поддержки принятия решений.

Литература

1. Михайлов А.Г. Метод проекторов в организации комплексных процедур приобретения знаний в информационно-управляющих системах // Авиационно-космическая техника и технология: Сб. научн. тр. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 2000. – Вып.21. – С. 192-195.
2. Михайлов А.Г. Разработка методологии проектирования информационно-измерительных систем контроля параметров энергоносителей ЛА // МНТК “ІКТМ-2006”: Тези доповідей. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2006. – С. 191.
3. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. – М.: Радио и связь, 1992. – 200 с.
4. Новоселов О.Н., Фомин А.Ф. Основы теории и расчета информационно-измерительных систем. – М.: Машиностроение, 1991. – 336 с.
5. Финкелстайн Л. Интеллектуальные и основанные на знаниях средства измерений // Приборы и системы управления. – 1995. – № 11. – С. 40-42.
6. Соболев В.С. Актуальные вопросы развития теории интеллектуальных измерительных систем // Приборы и системы управления. – 1989. – № 3. – С. 16-19.
7. Пащенко Ф.Ф., Чернышев К.Р. Методы и системы управления и идентификации на основе знаний // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 2. – С. 3-28.
8. Михайлов А.Г. Комплексный подход к построению процедур приобретения знаний в ИИС РВ // Авиационно-космическая техника и технология: Сб. научн. трудов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2000. – Вып. 25. – С. 185-187.
9. Михайлов А.Г. Перспективные методы проектирования информационно-измерительных систем промышленного назначения // МНТК “ІКТМ-2004”. Тези доповідей. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2004. – С. 195.
10. Михайлов А.Г. Синтез структур интеллектуальных измерительных систем с использованием проекторов // МНТК “ІКТМ-2005”. Тези доповідей. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2005. – С. 197.

Поступила в редакцию 4.07.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.А. Фурман, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.