

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННОГО,
АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Одним из основных направлений повышения качества испытаний, производства и эксплуатации авиационных двигателей является использование автоматических и автоматизированных бортовых и наземных систем параметрической диагностики их технического состояния. Анализ процесса проектирования такой системы позволяет выделить следующие ее структурные элементы: состав измеряемых параметров, состав формируемых диагностических решений (состояний объекта), состав и логическая структура алгоритмов диагностической обработки, структура программной реализации этих алгоритмов в целевой вычислительной системе. Параметрами системы диагностирования являются: характеристики точности измерений, частота первичной (расшифровка, фильтрация) и вторичной (диагностической) обработки информации, а также параметры алгоритмов (настроечные константы и допуски).

Эффективность рассматриваемых систем диагностирования описывается множеством характеристик, которые могут быть условно разделены на два класса: информационные и вычислительные. Первый класс включает:

— статические характеристики (достоверность диагностических решений, вырабатываемых на установившихся режимах работы системы; точность формируемых алгоритмами параметров, а также статические характеристики, специфические для каждой задачи диагностирования);

- динамические характеристики (динамическая погрешность, отражающая точность параметров, формируемых алгоритмами на переходных режимах; время запуска алгоритма, необходимое для сбора предыстории и начала его работы; время разгона алгоритма, необходимое для стабилизации его статических и динамических характеристик; специфические динамические характеристики);

- робастность (устойчивость статических и динамических характеристик к отклонениям фактических параметров объекта, измерительной и вычислительной систем от тех значений, на которые настроена (оптимизирована) система диагностирования).

Ко второму классу относятся:

- общий объем программной реализации алгоритма (количество операторов, потребный объем ОЗУ); объем или время вычислений на критическом пути (самой длинной ветви алгоритма);

- объем оперативной памяти алгоритма (необходимое для его функционирования количество параметров, сформированных в предыдущих циклах контроля);

- объем длительно хранимых параметров, изменяемых алгоритмически и сохраняемых после выключения электропитания;

- специфические характеристики, отражающие особенности реализации алгоритмов диагностирования в конкретной целевой вычислительной системе.

Таким образом, проектирование рассматриваемой системы является задачей многокритериального структурно-параметрического синтеза, а стремление получить оптимальную систему приводит к соответствующей задаче структурно-параметрической оптимизации.

Формирование подходов к ее общему решению осуществлялось по двум основным направлениям: декомпозиция этапа структурного синтеза и поиск конструктивных методов многокритериальной оптимиза-

ции.

Рассмотрим задачу синтеза состава измерительной системы. Она заключается в том, чтобы из исходного набора параметров, которые доступны измерению и поэтому могут быть включены в состав измеряемых параметров объекта, выбрать наиболее эффективный набор. Для ее решения предложена трехэтапная процедура. Первый этап основан на использовании качественных соотношений между параметрами объекта типа "если параметр А влияет на параметр Б, а Б - на В, то А влияет на В". С их использованием на основании анализа структурно-функциональной схемы рабочего процесса объекта может быть получена модель в форме невзвешенного двудольного графа дефекты-параметры [1,2]. Ее анализ позволяет выявить "лишние" параметры, не покрывающие ни один из дефектов и поэтому не несущие информации об изменении технического состояния объекта, а также дефекты, не покрываемые ни одним из доступных измерению параметров. Для выявления этих дефектов должны быть использованы другие, непараметрические методы (например, периодические визуальные осмотры), поэтому они исключаются из дальнейшего рассмотрения. На этапе качественного анализа можно также определить минимальное множество параметров, покрывающих рассматриваемые дефекты объекта.

В некоторых простейших случаях полученное множество является решением задачи синтеза состава измерительной системы. Однако обычно на этом решение не заканчивается, так как, во-первых, имеется несколько покрывающих множеств минимального объема, а во-вторых, в этих множествах могут оказаться группы однородных параметров, имеющих одинаковую (или пропорциональную) чувствительность к каждому из дефектов, или среди дефектов могут оказаться группы однородных дефектов, имеющих одинаковое (или пропорциональное) влияние на параметры. Преодолеть эти проблемы мож-

но только на основе анализа количественных соотношений между дефектами и параметрами. Поэтому на втором этапе синтеза нами предложено [2] использовать взвешенный двудольный граф "дефекты-параметры", а для динамических систем (например, системы управления приемистостью-сбросом двигателя или системы реверсирования) - математическую модель в пространстве состояний. Это позволяет сформировать матрицу наблюдаемости системы [3] и, проверив коллинеарность ее столбцов и строк, выявить однородные дефекты, а также определить такие минимальные покрывающие множества, которые не содержат однородных параметров. Обеспечить однозначность решения на втором этапе можно, привлекая дополнительную информацию о предпочтительности выбора того или иного измеряемого параметра [2] в соответствии с его информативностью стоимостью соответствующего инструментального обеспечения и др.

Однако состав измеряемых параметров, полученных в результате описанных двух этапов синтеза, не гарантирует достоверного определения технического состояния объекта диагностирования. Поэтому на третьем этапе формируется модель достоверности диагностирования, которая обеспечивает расчет достоверности определения технического состояния при заданном составе измеряемых параметров. Для оптимизации состава измеряемых параметров может быть применен один из алгоритмов, предложенных в работе [4]. Он заключается в последовательной селекции наиболее информативных параметров и добавлении их к ранее выбранному начальному составу. Таким образом обеспечивается оптимальное расширение минимального множества измеряемых параметров до объема, достаточного для достижения необходимой достоверности диагностирования, и тем самым определяется оптимальная структура измерительной системы.

Второй важнейшей структурной составляющей систем диагности-

рования является состав алгоритмов обработки информации. Обычно он выбирается эвристически. Нами на основе обобщения опыта проектирования указанных систем сформирован банк алгоритмов диагностирования отдельных элементов силовой установки, разработаны критерии выбора и рекомендации по их эффективному применению с учетом особенностей объекта и условий его эксплуатации [5].

Для эффективного решения поставленной выше общей задачи структурно-параметрического синтеза системы диагностирования или частных задач синтеза отдельных компонент этой системы целесообразно использовать всю имеющуюся априорную информацию. Универсальным путем формализации этой информации является соответствующее формирование показателей качества системы. При этом одним из видов априорной информации являются ограничения на значения показателей качества, а также знания о том, что одни значения этих показателей предпочтительнее других. Эта информация может быть формализована в виде заданной на области определения показателей качества нормированной функции предпочтительности. Поэтому показатели качества синтезируемой системы образуют размытое множество.

Применение теории размытых множеств позволяет осуществить многомерную параметрическую оптимизацию системы диагностирования. Выполненные расчеты показали эффективность и позволяют рекомендовать к практическому использованию для решения этой задачи алгоритмы, изложенные в работе [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Осис Я.Я., Гельфандбейн Я.А., Маркович Э.П., Новожилова Н.В. Диагностирование на граф-моделях на примерах авиационной и

автомобильной техники. - М.: Транспорт, 1991.-224 с.

2. Разработка таблиц покрытия проточной части двигателя ПС-90А на базе матрицы коэффициентов влияния с отображением ее в виде граф-модели: Отчет о НИР (заключительный) / Харьк. авиац. ин-т (ХАИ); Руководитель темы Епифанов С.В. - N ГР 01890068850; Инв. N 02900031291 - 76 с.

3. Епифанов С.В., Потемкин В.А. Исследование динамики изменения технического состояния газотурбинных двигателей с помощью фильтра Калмана. - //Методы и средства машинной диагностики газотурбинных двигателей и их элементов: тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. - Харьков, 1977, с.56-58 (ХАИ, ЦИАМ).

4. Епифанов С.В., Симбирский Д.Ф., Каплун С.А. Оптимальный выбор измеряемых параметров при идентификации ГТД. II. Примеры практического использования. - Казань: Изв. ВУЗов, Авиационная техника, N 2, 1990, с. 72-76.

5. Епифанов С.В. Диагностический анализ термогазодинамических параметров ГТД. / Методы и средства диагностики газотурбинных двигателей. Сб. науч. трудов. - Харьков, ХАИ, 1989, с. 3-27.

6. Севастьянов П.В. Метод оптимизации для решения многокритериальных обратных задач теплопроводности в экстремальной постановке. // Автоматика, 1984, N 6, с. 62-67.