

СИСТЕМЫ СБОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ш.Ю. Исмаилов, М.И. Рева, Н.Ф. Сыроев

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЧНОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

(Ленинград)

При эксплуатации авиационные конструкции (АК) подвержены влиянию динамических нагрузок, вызывающих усталостные повреждения (УП). Наиболее совершенным и перспективным способом контроля УП является определение их по истории нагружения элементов АК. В настоящее время при летных прочностных испытаниях АК сигналы напряжений регистрируются и накапливаются для последующей обработки с целью определения УП. Автоматизация прочностных испытаний АК позволит существенно сократить их трудоемкость, временные и аппаратные затраты. Бортовая информационно-измерительная система для определения УП элементов АК по реализациям сигналов напряжений, работающая в реальном масштабе времени, наилучшим образом удовлетворяет целям автоматизации.

Разработка и построение бортовых ИИС для контроля УП элементов АК сопряжены с решением широкого круга научно-технических вопросов. К числу основных из них следует отнести: анализ реализаций и построение математических моделей реальных сигналов напряжений элементов АК, анализ и выбор методов измерения УП, разработка технических требований к ИИС и критериев синтеза, разработка и оптимизация структуры и алгоритма функционирования системы, выбор элементной базы и разработка принципиальной схемы системы,

математическое обеспечение ИИС, метрологическое обеспечение ИИС. Решение этих вопросов рассматривается ниже с общих позиций и применительно к разработке конкретной ИИС - 8-канального счетчика ресурса элементов конструкции планера самолета.

Реальные сигналы напряжений элементов АК являются существенно нестационарными случайными процессами, в качестве математической модели которых может быть принята композиция

$$X(t) = M_x(t) + \dot{X}(t), \quad (I)$$

где $M_x(t)$ - нестационарный случайный процесс с частотой $f_m \ll 0,1$ Гц среза энергетического спектра;

$\dot{X}(t)$ - стационарный центрированный нормальный случайный процесс с частотой $f_x \ll 100$ Гц среза энергетического спектра.

Нестационарность обусловлена существенным отличием режимов эксплуатации АК. Входные сигналы в рассматриваемом счетчике ресурса характеризуются значениями параметров: $f_m = 0,01$ Гц; $f_x = 25$ Гц.

В основу большинства известных методов определения УП элементов конструкций по реализациям сигналов механических напряжений положен принцип "линейного суммирования", согласно которому повреждения от отдельных частей процесса деформаций складываются арифметически. Далее все методы предполагают схематизацию реализаций сигналов напряжений - разделение реализаций на отрезки, характеризующие определенными признаками. Каждый из отрезков реализации приводится известными в теории прочности методами к эквивалентным по усталостным разрушениям реализациям центрированного гармонического сигнала напряжений с нормированной амплитудой. Число периодов этого сигнала с точностью до постоянного множителя, определяемого свойствами исследуемой конструкции, определяет УП. Известно более 20 способов схематизации реализаций сигналов напряжений, однако по результатам теоретических и экспериментальных исследований наилучшим образом зарекомендовал себя способ "полных циклов" (ПЦ). ПЦ называется отрезок реализации непрерывного сигнала, начинающийся экстремумом максимумом (минимумом), а заканчивающийся точкой первого на этом отрезке достижения сигналом уровня начального экстремума. Параметрами ПЦ являются значения $x(y)$ начального экстремума максимум (минимума) и $y(x)$ экстремума минимума (максимума), ограничивающего полный цикл снизу (сверху).

Исследования свойств способа Щ показывают, что для его реализации необходимо выполнять большое число вычислительных операций, требуется большой объем памяти для хранения остаточных реализаций в течение длительного периода времени. В этих условиях очевидна целесообразность реализации способа Щ средствами современной цифровой вычислительной техники. В разработанной ИИС реализуется способ Щ схематизации сигналов механических напряжений элементов АК. Каждому i -му Щ с параметрами x_i и y_i ставится в соответствии УП, равное

$$p_i = F(x_i, y_i), \quad (2)$$

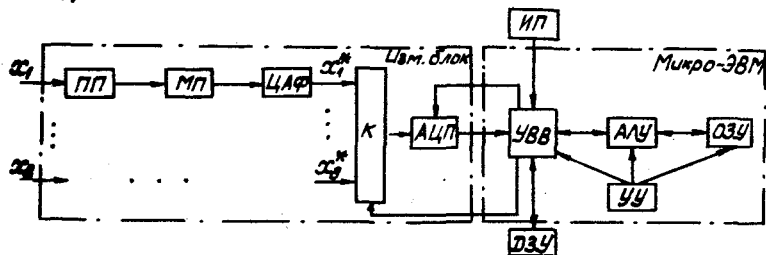
где $F(x, y)$ - функция, форма которой определяется способом приведения Щ к эквивалентным по УП реализациям централизованного гармонического сигнала напряжений с нормированной амплитудой, а параметры функции - свойствами контролируемого элемента конструкции.

Полное УП от реализации, содержащей K Щ, равно:

$$P_K = \sum_{i=1}^K p_i, \quad (3)$$

причем $P = I$ при усталостном разрушении контролируемого элемента.

К основным техническим характеристикам ИИС можно отнести: число каналов, точность, габариты, вес и потребляемую мощность. Конкретные параметры ИИС определяются характеристиками объекта и условиями испытания. При разработке структуры ИИС следует учитывать обоснованную выше целесообразность применения цифровых методов обработки с применением средств цифровой вычислительной техники и временного разделения каналов. С этих позиций разрабатывалась структура счетчика ресурса, представленная упрощенно на рис. 1,



Р и с. 1. Упрощенная структура счетчика ресурса

где: ПП - первичный преобразователь деформаций - линейный индуктоси с фазовым представлением информативного параметра выходного сигнала; МП - масштабный преобразователь; ЦАФ - цифроаналоговый фазометр, информативным параметром выходного сигнала которого является напряжение постоянного тока; 2 - коммутатор; АЦП - аналого-цифровой преобразователь; УВВ - устройство ввода-вывода; АЛУ - арифметическо-логическое устройство; ОЗУ - оперативное запоминающее устройство; УУ - устройство управления; ДЗУ - долговременное энергонезависимое запоминающее устройство, предназначенное для хранения результатов измерения и служебной информации в период между включениями системы; ИП - инженерная панель.

В качестве критерия оптимизации алгоритма функционирования ИИС целесообразно принять минимизацию требований к ЭВМ по быстродействию и объему ОЗУ при заданном числе каналов и допустимых погрешностях. В условиях жестких ограничений на габариты и вес бортовых ИИС построение принципиальных схем систем рассматриваемого класса возможно лишь на базе интегральных элементов с высоким уровнем интеграции. В качестве ЭВМ использована одноплатная микро-ЭВМ, выполненная на БИС.

Математическое обеспечение ИИС для автоматизации ресурсных испытаний включает совокупность сервисных и функциональных программ для ЭВМ, обеспечивающих наладку, контроль и реализацию алгоритма функционирования систем. Математическое обеспечение разработанного счетчика ресурса включает тест-программу, обеспечивающую контроль правильности функционирования системы и собственно рабочую программу, обеспечивающую реализацию алгоритма функционирования ИИС. Программы записаны в ПЗУ ЭВМ.

Основными задачами метрологического обеспечения рассматриваемых систем следует считать: определение комплекса нормируемых метрологических характеристик, способов нормирования и формы представления; разработка способов и средств оценки метрологических характеристик.

Комплекс нормируемых метрологических характеристик следует выбирать из числа приведенных в ГОСТ 8.009-72. Для разработанной ИИС нормируются характеристики систематической и случайной составляющих погрешности. Эти характеристики нормируются для рабочих условий эксплуатации ИИС.

Разработка способов оценки метрологических характеристик

включает анализ и построение математической модели источников погрешностей, разработку методов оценки составляющих погрешностей, разработку методов оценки метрологических характеристик элементов структуры ИИС, разработку метода оценки сквозных метрологических характеристик. При разработке счетчика ресурса аналитически, экспериментально и посредством математического моделирования оценивались отдельные составляющие погрешности системы, метрологические характеристики измерительного и вычислительного блоков системы, сквозные метрологические характеристики. В результате были определены метрологические требования к элементам структуры и параметрам алгоритма, позволяющие обеспечить требуемую точность системы.

Рассмотренные выше задачи, пути и примеры их решения относятся к наиболее общим аспектам проектирования ИИС для автоматизации прочностных испытаний авиационных конструкций. Изложенные материалы могут быть применены при проектировании систем рассмотренного класса.

П.В. Новицкий, Б.С. Гуткин

ЗАДАЧИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

(Ленинград)

Автоматизация научно-технического эксперимента предполагает использование современной измерительной и вычислительной техники, позволяющей с высокой достоверностью и быстродействием измерять различные физические величины. Комплексное использование измерительных устройств (ИУ) с ЭВМ открывает широкие перспективы для накопления, математической обработки получаемой информации и представления результатов эксперимента в виде, удобном для последующего использования. Следовательно, автоматизация эксперимента дает новые возможности для его метрологического обеспечения, рассмотрению которых и посвящен настоящий доклад.

Конечный итог исследований определяется после математических операций над результатами измерений многих физических величин. Его