

УДК 519.873:62-50(047)

А. С. КУЛИК, д-р техн. наук

Е. А. НОВИКОВА

Н. Л. ПРОЦКО

КОМПЛЕКС ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ДПЛА

Дистанционно-пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА) успешно продолжают завоевывать новые области использования как в военной, так и в гражданской сферах деятельности. Это обстоятельство приводит к необходимости существенного расширения функциональных возможностей ДПЛА: по дальности полета – до 500 км, высоте – до 6 км, массе полезной нагрузки – до 15 кг, продолжительности полета – до 20 часов и по другим показателям [1,2]. Наряду с расширением функциональных возможностей все актуальней становится проблема обеспечения требуемого уровня живучести и безопасности ДПЛА. Проблема эта новая и сложная, требующая нетрадиционной системной методологии для ее решения. Отсутствие такой методологии, основанной на системном подходе, приводит к необходимости поиска принципиальных направлений обеспечения живучести и безопасности ДПЛА. Из анализа современных тенденций развития летательных аппаратов одним из перспективных является направление обеспечения отказоустойчивости ДПЛА.

Проведенные на кафедре информатики теоретические и экспериментальные исследования позволили сформировать новое научное направление в обеспечении отказоустойчивости систем управления. Это направление основывается на использовании трех принципов. Первый – трехуровневая иерархия обеспечения отказоустойчивости. Второй – глубокое диагностирование причин отказов. Третий – гибкое парирование причин отказов. Для дальнейшего развития и углубления этого направления применительно к ДПЛА требуются циклы экспериментальных исследований. С этой целью были начаты работы по созданию аппаратно-программного комплекса полунатурного моделирования системы управления для базового ДПЛА ХАИ-112.

В статье представлены результаты эскизного проектирования комплекса полунатурного моделирования.

Структура моделирующего комплекса. Аппаратно-программный комплекс полунатурного моделирования движения ДПЛА предназначен для разработки и отладки отказоустойчивых систем автоматического

управления (САУ) ДПЛА.

Аппаратная часть комплекса полунатурного моделирования состоит из персональной ЭВМ (ПЭВМ), контроллера имитационного моделирования (КИМ), бортового цифрового вычислителя (БЦВМ), пульта контроля и управления стендом с ручкой управления двигателем (РУД) и ручкой управления самолетом (РУС), а также блока аналоговых имитаторов (АИ), в который входят имитаторы сервоприводов (ИСП), имитаторы блока датчиков (ИБД) и дополнительно могут быть включены сервоприводы органов управления (СП). Структурная схема аппаратной части комплекса приведена на рис. 1.

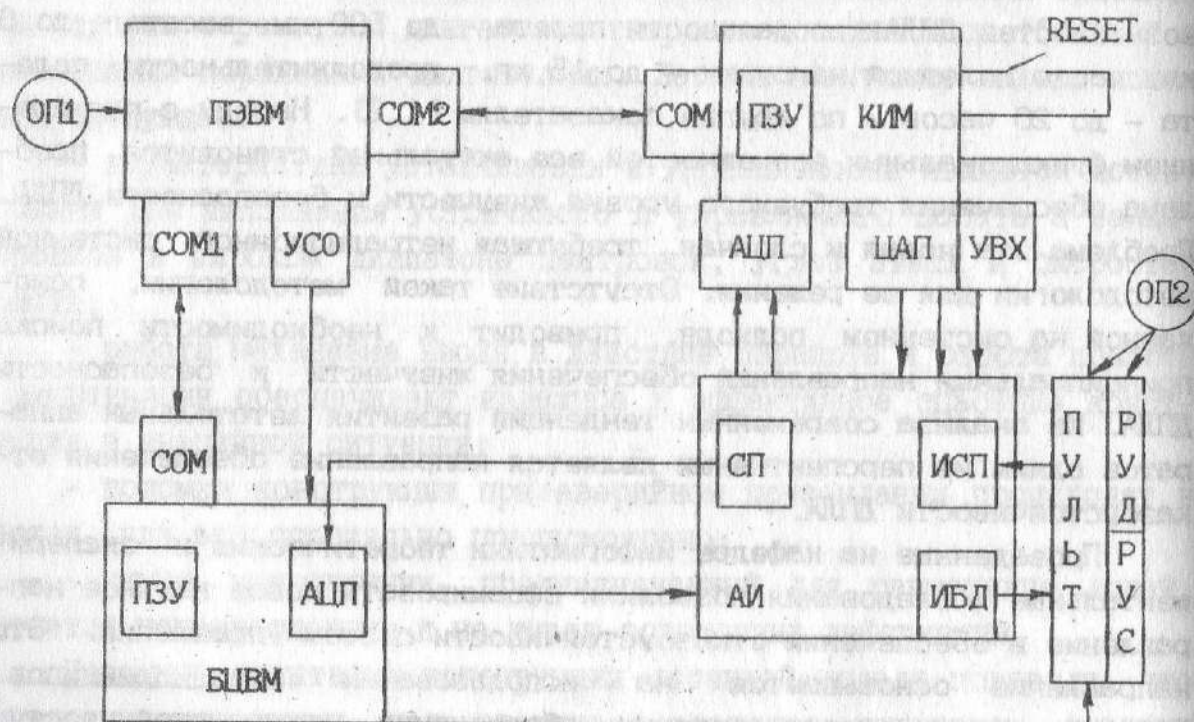


Рис. 1. Структурная схема аппаратной части комплекса

ПЭВМ типа IBM PC AT предназначена для визуализации хода эксперимента, анализа полученных данных и расчета параметров модели динамики полета ДПЛА.

Для контроля и управления остальной аппаратурой в состав комплекса введена микропроцессорная подсистема – контроллер имитационного моделирования.

Контроллер имитационного моделирования. Одной из задач КИМ является управление работой блока аналоговых имитаторов. С этой целью в состав КИМ введены блоки АЦП и ЦАП, позволяющие переда-

вать управляющие сигналы на ИСП и считывать выходные напряжения с ИСП. Кроме того, через АЦП снимаются значения напряжений с РУД и РУС, определяющие степень их отклонения.

КИМ контролирует состояние клавиатуры и других кнопок на пульте управления.

КИМ базируется на микропроцессоре КМ1816ВЕ31, в составе которого имеется универсальный асинхронный приемопередатчик, осуществляющий прием и передачу информации, представляемой последовательным кодом, в полном дуплексном режиме. Наличие четырех различных режимов работы, возможность программного формирования бита четности и управления скоростью обмена в широком диапазоне (от 110 Гц до 1 МГц) позволяет синхронизировать работу последовательных портов микропроцессора и ПЭВМ для организации связи.

Управляющая программа КИМ хранится в ПЗУ и начинает работу при включении питания стенда, а также при нажатии кнопки "RESET".

Структура БЦВМ. В реальных условиях бортовая цифровая вычислительная машина решает задачу пилотирования, используя показания датчиков и передавая управляющее воздействие на приводы органов управления ДПЛА. В процессе работы отказы могут возникать как в датчиках, так и в органах управления, поэтому для создания и отладки отказоустойчивой САУ ДПЛА необходимо наличие замкнутого контура управления. В моделирующем комплексе такой контур реализован, но блок датчиков и сервоприводы исполнительных органов заменены их имитаторами, что позволяет отрабатывать аварийные номинальные режимы работы САУ, используя одну и ту же аппаратуру.

Показания с ИБД поступают в БЦВМ через имеющийся в ее составе АЦП. Управление же ИСП осуществляется цифровым способом — подачей двоичного сигнала "вперед" или "назад".

Для оценки адекватности распознавания полетной ситуации, рассчитанной на ПЭВМ, между БЦВМ и ПЭВМ организована последовательная связь.

Ядром БЦВМ является микропроцессор КМ1816ВЕ31.

Программа работы БЦВМ записывается в ПЗУ, а программа полета заносится перед началом моделирования полета в оперативную память программ через канал последовательной связи.

Аналоговая часть стенда. Аналоговую часть стенда составляют блок аналоговых имитаторов и пульт управления стендом, где реализовано частичное управление АИ и возможность визуального контроля за их работой с помощью встроенного вольтметра.

ИБД – это пять однотипных аналоговых схем, напряжение на выходе которых воспринимается БЦВМ как напряжение с датчиков первичной информации. В блок датчиков параметров полета входят:

- датчик угловой скорости крена и рыскания;
- датчик магнитного курса;
- датчик полного давления;
- датчик статического давления;
- датчик температуры заторможенного потока.

В состав стенда включены имитаторы сервоприводов элеронов, рулей высоты и дроссельной заслонки двигателя, которые являются однотипными. Каждый имитатор имеет два выходных сигнала, которые передаются КИМ на ПЭВМ для визуализации режима полета и расчета параметров модели динамики полета и на БЦВМ.

Контроль за работой аналоговых имитаторов осуществляется с пульта управления стендом.

Кроме того, пульт управления стендом включает в себя РУД и РУС, используемые для управления ДПЛА в режиме ручного пилотирования.

В составе стенда имеется рулевая машинка, которая позволяет отразить реальное отклонение исполнительного органа под действием управляющего сигнала.

Блоки АЦП и ЦАП. В составе стенда используются две микропроцессорные подсистемы – БЦВМ и КИМ, которые управляют аналоговыми объектами и требуют наличия преобразователей: через АЦП поступает информация с ИБД и датчиков обратной связи СП в БЦВМ, через АЦП КИМ получает значения напряжений с РУД, РУС и выходов СП, а с помощью ЦАП подается входное напряжение на ИБД.

В моделирующем комплексе используется 10-разрядный АЦП последовательного типа К1113ПВ1А с временем преобразования 30 мкс. Поскольку источники аналоговых сигналов имеют одинаковый выходной диапазон, то они могут подключаться к одному АЦП.

В КИМ используется 12-разрядный ЦАП параллельного типа К572ПА2А с временем установки входного сигнала до 5 мкс и дифференциальной нелинейностью не более 1% от полной шкалы.

Для поддержания в процессе работы непрерывного выходного сигнала на входе ИБД с помощью одного ЦАП используются устройства выборки-хранения данных.

Структура программной части имитационного комплекса. В составе стенда имеется три объекта программирования: ПЭВМ, КИМ и

БЦВМ. Каждый из этих объектов должен быть запрограммирован на выполнение своих функций и, кроме того, необходимо обеспечить связь между процессорными устройствами и синхронизировать их работу.

ПЭВМ обладает значительными вычислительными возможностями, имеет два порта последовательной связи, посредством которых можно организовать асинхронный обмен информацией с КИМ и БЦВМ. Исходя из этого было принято решение возложить функции головного вычислителя на ПЭВМ. Схема информационных потоков программной части имитационного комплекса приведена на рис. 2.



Рис. 2. Схема информационных потоков

Программирование каждого микропроцессора является самостоятельной задачей и требует собственных методов программной реализации и отладки.

Программное обеспечение процесса моделирования. Параметры полета ДПЛА вычисляются по программно реализованной модели ДПЛА [3], которая позволяет моделировать аварийные ситуации вследствие отказов и повреждений планера и силовой установки. Процесс вычисления организован в виде последовательности процедур просчета текущих значений параметров модели и их переприсваивания,

соответствующие методу Эйлера для решения дифференциальных уравнений динамики полета. Максимальная длительность такта решения задачи ограничена верхним пределом 50 мс для обеспечения приемлемой адекватности модели. Для апостериорного анализа полученных данных параллельно с процессом моделирования производится регистрация параметров полета.

Сеанс связи с БЦВМ начинает ПЭВМ, пересылая закодированную программу полета в виде последовательности байтов. Обмен с БЦВМ в процессе моделирования полета происходит по прерыванию от последовательного порта.

Сеанс связи с КИМ также начинает ПЭВМ, посылая текущие параметры полета ДПЛА. Обмен по линии ПЭВМ-КИМ ведется в фоновом режиме с использованием прерываний последовательного порта.

Требования к алгоритмам БЦВМ. Бортовой вычислитель может работать в режиме ручного, автоматического пилотирования, ручного траекторного управления и наземного диагностирования. Управление переключением режимов осуществляется по каналу последовательной связи.

Работа алгоритма функционирования бортовой САУ начинается при включении питания. После инициализации выполняется ввод полетного задания и предстартовый контроль работоспособности. Устанавливается флаг стартового режима ДПЛА.

Наиболее жесткие требования по быстродействию предъявляются к решению пилотажной задачи, определяющей угловое и траекторное движения ДПЛА, в виду чего эта часть алгоритма выполняется по прерыванию таймера с периодом примерно 50 мс. Период выполнения всей программы не должен превышать 1-1.5 с.

Реализация описанного комплекса позволит эффективно конструировать отказоустойчивые системы управления ДПЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Смоляков А. В. Комплекс ДПЛА для патрулирования и инспектирования промышленных объектов // Авиационно-космическая техника и технология. Харьков, ХАИ, 1995. - с. 338-342.
2. Смоляков А. В. Концепция комплекса ДПЛА "TEAM-микро". 1995. - 10 с.
3. Аэромеханика самолета: динамика полета. / Под ред. А. Ф. Бочкарева и В. В. Андреевского. М.: Машиностроение, 1985. - 360 с.