

УДК 629.7.03.001

И.Е. КИТАЙЧУК

НТ СКБ “ПОЛИСВИТ” ГНПП “Объединение Коммунар”, Украина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ САУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ

Рассмотрены подходы к обеспечению отказоустойчивости систем управления. Предложены мероприятия в рамках системного подхода при проектировании систем автоматического управления газотурбинным двигателем (ГТД).

работоспособность, безопасность, отказ, пассивная отказоустойчивость, активная отказоустойчивость, системный подход, диагностирование, реконфигурация, восстановление работоспособности

Введение

Обеспечение безопасности, живучести, сохранения требуемого качества функционирования при возникновении отказов являются основными требованиями к создаваемым системам автоматического управления (САУ) динамическими объектами. При синтезе системы управления газотурбинным двигателем (ГТД) необходимо обеспечить, в первую очередь, высшую степень безаварийности самой САУ. Использование традиционных структур не всегда обеспечивает выполнение высоких требований к работоспособности бортовых средств управления с длительным временем активного функционирования. Это вызывает необходимость поиска дополнительных мер при реализации систем автоматического управления ГТД, которые позволяли бы обеспечить выполнение требований повышения отказоустойчивости.

Постановка проблемы. Отказоустойчивость САУ

Обеспечение работоспособности САУ. На всех основных этапах жизненного цикла систем автоматического управления ГТД наблюдается существенное влияние на их работоспособность различных видов отказов.

Основной причиной отказов являются различные физические дефекты и неисправности в элементах, компонентах, устройствах систем, обусловленные недостаточной надежностью элементной базы, несовершенством технологии, влиянием среды, неправильной эксплуатацией и рядом других дестабилизирующих фактов.

Учет влияния отказов на работоспособность САУ привел к необходимости рассмотрения системы с отказами как одного из множества возможных ее состояний. При этом, такие требования как устойчивость и качество, рассматривают как необходимые условия работоспособности. Достаточные условия работоспособности заключаются в обеспечении надежности управления или отказоустойчивости САУ.

Повышение безопасности ГТД. Безопасность летательных аппаратов (ЛА) на протяжении всей истории авиации проявлялась как их важнейшее свойство. Особое внимание уделяется системам автоматического управления авиационным двигателем. Существенно повысить безопасность ГТД, а, следовательно, и всего класса динамических объектов, возможно с применением таких САУ, в которых негативное влияние внештатных ситуаций было бы сведено к минимуму.

Для решения таких задач необходимо использовать отказоустойчивые системы управления, т.е. проблема обеспечения отказоустойчивости систем автоматического управления ГТД остается одной из наиболее актуальных [1 – 3].

Постановка задачи.

Анализ подходов к обеспечению отказоустойчивости

В области проектирования САУ известно несколько направлений или подходов по обеспечению отказоустойчивости [2].

Различают активную и пассивную отказоустойчивость системы управления.

При пассивной отказоустойчивости САУ разрабатывают таким образом, чтобы эта система оставалась нечувствительной к отказам. В основе подхода лежит использование принципа структурной избыточности.

Введение структурной избыточности проводят таким образом, чтобы при появлении отказа из множества заданных, работоспособность системы не снижалась. Особенностью структурно-избыточных систем управления является отсутствие диагностирования [1].

При обеспечении активной отказоустойчивости имеют место элементы искусственного интеллекта – диагностирование технического состояния, выбор ресурса восстановления, выбор алгоритма управления.

По используемым методам различают структурный, алгоритмический и системный подходы к отказоустойчивости. Наиболее ярким способом структурного подхода, в основе которого лежит принцип структурной избыточности, является мажоритарное резервирование. Алгоритмический подход предусматривает разработку избыточных алгоритмов. Системный подход применяет различные средства для сохранения работоспособности системы при отказах функциональных элементов.

Отличие системного подхода заключается в том, что для решения проблемы отказоустойчивости применяют основные принципы и результаты современной теории автоматического управления. Этот подход порождает иерархическую двухуровневую структуру отказоустойчивой системы.

Решение проблемы.

Обеспечение отказоустойчивости САУ ГТД

Системный подход для обеспечения отказоустойчивости САУ положен в основу при обосновании выбора структуры системы управления ГТД. Логическая часть САУ реализована в виде многоканальной синхронизированной цифровой системы и устройства для обнаружения сбоев.

Цифровая система состоит из трех идентичных каналов. Каждый канал включает микроконтроллер семейства МК51, ПЗУ, ОЗУ и модули связи с внешними устройствами. Микроконтроллер, ПЗУ и ОЗУ объединены системной магистралью. Модули связи объединены с помощью специальной шины ввода-вывода по принципу "два из трех" и подключены к системной магистрали через контроллер ввода-вывода.

Многоканальная синхронизированная цифровая система относится к первому уровню управления и при отсутствии отказов функционирует согласно заданию, будучи эквивалентной по выполняемым функциям традиционной системе управления.

Устройство для обнаружения сбоев цифровой системы относится ко второму уровню управления и решает задачи обнаружения и классификации отказов, а также выбора алгоритмов управления следующим образом:

- фиксируется номер канала, в котором зафиксирована неисправность;
- все каналы системы, включая тот, в котором зафиксирована неисправность, информируются о ее наличии;
- все каналы производят классификацию неисправности;

– проводится реконфигурация алгоритмов для продолжения выполнения поставленной задачи.

Структурная схема устройства для обнаружения сбоев многоканальной синхронизированной цифровой системы представлена на рис. 1. Данное устройство для обнаружения сбоев многоканальной синхронизи-

изобре́тение № 65372А, М.кл. G06F11/16, опубликованному 15.03.2004, позволяет повысить отказоустойчивость цифровой системы за счет диагностирования во время штатной работы и парирования действия отказа путем реконфигурации алгоритмов.

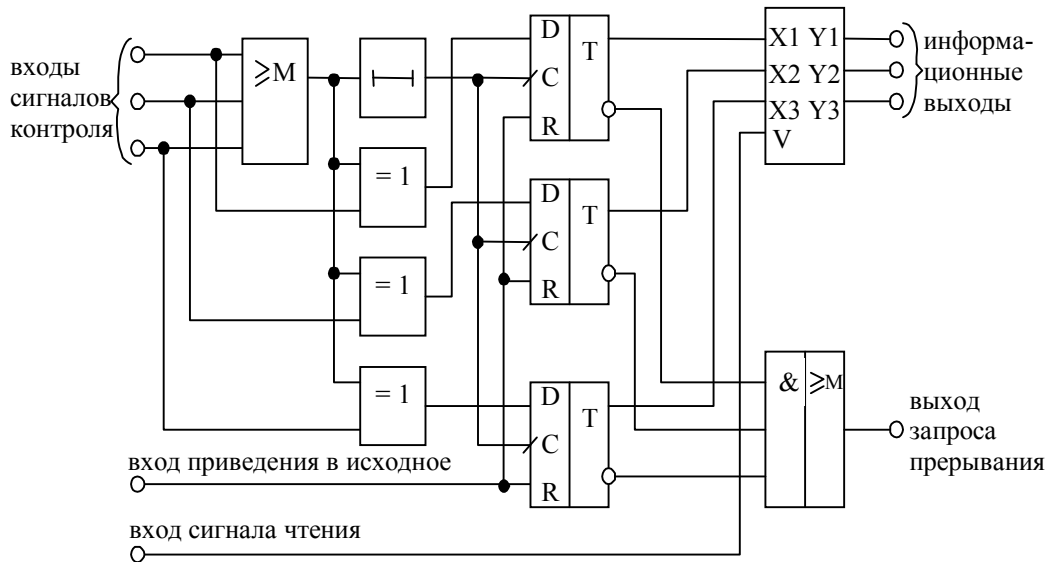


Рис. 1. Структурная схема устройства для обнаружения сбоев многоканальной синхронизированной цифровой системы

рованной цифровой системы по Патенту Украины на

Выводы

При разработке системы автоматического управления газотурбинным двигателем получено техническое решение, которое позволило расширить область применения системного подхода для обеспечения отказоустойчивости.

Высокий научный и технический уровень САУ ГТД подтвержден результатами натурных испытаний в составе двигателя на испытательном стенде Заказчика.

Структура отказоустойчивой системы автоматического управления газотурбинным двигателем и выбранные инструментальные средства ее реализации обеспечивают достаточный уровень отказоустойчивости и, следовательно, могут быть использованы для всего класса динамических объектов.

Литература

1. Басов Ю.Ф., Китайчук И.Е., Михеев В.С., Панов В.М., Сидоренко Н.Ф. Применение принципа структурной избыточности при проектировании САУ ГТД // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2005. – Вып. 26. – С. 163-165.
2. Кулик А.С. Отказоустойчивое управление: состояние и перспективы // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2004. – Вып. 15. – С. 18-31.
3. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.

Поступила в редакцию 15.02.2006

Рецензент: канд. техн. наук, доцент Н.Ф. Сидоренко, ИТ СКБ "ПОЛИСВИТ" ГНПП "Объединение Коммунар", Харьков.