

УДК 629.7.03.001.2

Ю.Ф. БАСОВ¹, И.Е. КИТАЙЧУК², В.С. МИХЕЕВ², В.М. ПАНОВ²,
Н.Ф. СИДОРЕНКО²

¹ОАО "Мотор Сич", Запорожье, Украина

²НТ СКБ "ПОЛИСВИТ" ГНПП "Объединение Коммунар", Харьков, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА СТРУКТУРНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ САУ ГТД

Рассмотрены подходы к обеспечению отказоустойчивости систем управления. Предложены мероприятия в рамках принципа структурной избыточности при создании систем автоматического управления ГТД.

работоспособность, безопасность, отказ, обеспечение отказоустойчивости, активная отказоустойчивость, пассивная отказоустойчивость, принцип структурной избыточности

Введение

В последнее время основным требованием к создаваемым системам автоматического управления (САУ) динамическими объектами становится требование обеспечения безопасности, живучести, сохранения требуемого качества функционирования при возникновении отказов. При создании системы управления газотурбинным двигателем (ГТД) необходимо обеспечить в первую очередь высшую степень безаварийности самой САУ. Использование нетрадиционных 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. Работоспособность САУ

На всех основных этапах жизненного цикла систем автоматического управления ГТД (при разработке, производстве и эксплуатации) 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.

Отказоустойчивые САУ для повышения безопасности ГТД

Безопасность летательных аппаратов (ЛА) на протяжении всей истории авиации проявлялось как их важнейшее свойство. Любой ЛА при отказе одной из систем, обеспечивающих полет, представляет собой опасность для пассажиров, экипажа, а также для людей, находящихся в непосредственной близости от места его аварии. Особое внимание уделяется системам управления авиационным двигателем. Существенно повысить безопасность ГТД, а следо-

вательно, и всего класса динамических объектов, возможно с применением таких систем управления, 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 САУ ГТД остается одной из наиболее актуальных.

Постановка задачи. Анализ подходов к обеспечению отказоустойчивости

Различают активную и пассивную отказоустойчивость системы управления.

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

При пассивной отказоустойчивости систему управления разрабатывают таким образом, чтобы эта система оставалась нечувствительной к отказам. В основе подхода лежит использование принципа структурной избыточности. Согласно этому принципу исходную систему управления, содержащую только необходимые элементы и связи, дополняют новыми элементами и связями, то есть избыточной структурой. Введение структурной избыточности проводят таким образом, чтобы при появлении отказа, из множества заданных, работоспособность системы не снижалась. Характерной особенностью структурно-избыточных систем управления является отсутствие диагностирования.

Известно несколько способов введения структурной избыточности. Ряд способов заключается в использовании постоянного (статического) резервирования функциональных элементов. Широко применяемым способом является мажоритарное резервирование, обеспечивающее эффективную устойчивость к внезапным отказам.

Достоинством указанного способа является от-

сутствие временных задержек для обнаружения и парирования отказов.

В связи с тем, что ГТД являются динамическими объектами, важное значение имеют время отработки сигналов и выдачи команд управления, поэтому использование пассивной отказоустойчивости оправдано при создании современных САУ ГТД.

Однако, структурный подход не решает в полной мере проблему согласованной работы различных устройств, узлов и каналов сложных систем управления.

Решение проблемы. Обеспечение отказоустойчивости САУ ГТД

Принцип структурной избыточности для обеспечения отказоустойчивости САУ положен в основу при обосновании выбора структуры системы управления ГТД.

Структура САУ ГТД определялась основными функциональными задачами с учетом выполнения максимально возможной производительности вычислений и обеспечения высокой степени отказоустойчивости аппаратуры. Логическая часть САУ реализована в виде 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.

Подобная реализация САУ требует синхронизации всех параллельно работающих процессоров и функционирует уверенно при постоянной подсинхронизации во время штатной работы для обеспечения согласованной работы различных каналов САУ в части приема и выдачи сигналов и команд, а также формирования циклограммы работы объекта управления.

Поставленная задача решается с использованием многоканального устройства синхронизации следующим образом:

- реализован одновременный старт микроконтроллеров за счет синхронного снятия сигнала сброса с одноименных выводов МК51;
- производится фазирование микроконтроллеров за счет останова и синхронного пуска тактовой частоты.

Структурная схема многоканального устройства синхронизации представлена рис. 1.

Данное устройство синхронизации по Патенту Украины на изобретение № 72662, М.кл. G06F11/18, опубликованному 15.03.2005, позволяет уменьшить время взаимного фазирования и, следовательно, повысить быстродействие устройства, а также позволяет обеспечить качество фазирования каналов на уровне, достаточном для исключения режима постоянного фазирования, и, таким образом, повысить отказоустойчивость системы автоматического управления.

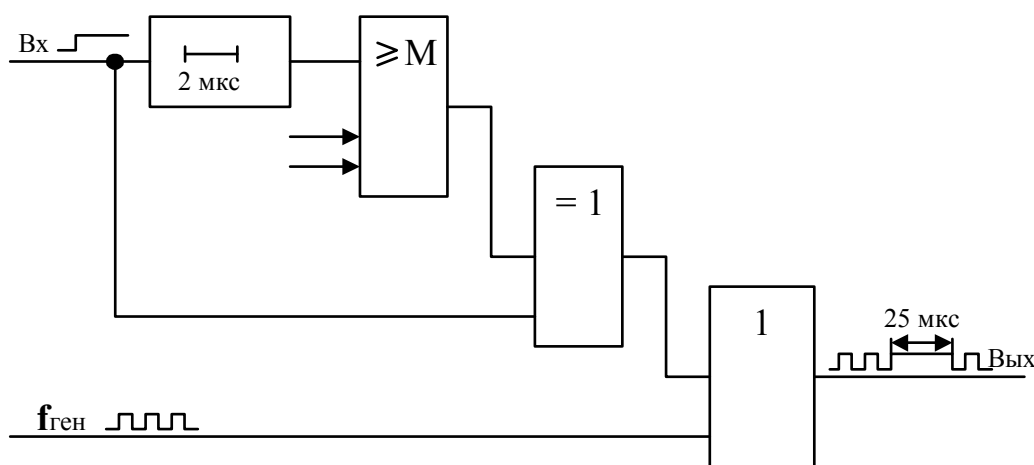


Рис. 1. Структурная схема устройства синхронизации

Заключение

При разработке САУ ГТД создано изобретение, которое позволило расширить область применения принципа структурной избыточности для обеспечения отказоустойчивости.

Высокий научный и технический уровень системы автоматического управления ГТД подтвержден результатами штатной работы.

В настоящий момент существует необходимость проведения дальнейших работ с использованием, наряду с принципами структурной избыточности пассивной отказоустойчивости, достижений в области активной отказоустойчивости с применением диагностирования системы автоматического управления.

Литература

1. ДСТУ 2506-94 Відмовостійкість цифрових систем. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України. – 1994. – Введ. 15.01.1994.
2. Кулик А.С. Отказоустойчивое управление: состояние и перспективы // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Вип. 15. – С. 18 – 31.
3. Справочник по теории автоматического управления / Под. ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.

Поступила в редакцию 31.05.2005

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Епифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.