

А. В. АВЕРЬЯНОВ, А. М. БАРАНОВСКИЙ, К. А. ЭСАУЛОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ АППАРАТНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Рассматривается типовая структура информационной управляющей системы, основу которой составляет микропроцессор. Представлены результаты анализа выигрышей в надежности функционирования многоканальных управляющих систем.

Ключевые слова: автоматизированная управляющая система, резерв, микропроцессор, информационные управляющие системы, надежность.

Системы автоматизированного дистанционного управления являются распределенными микропроцессорными управляющими системами. Под понятием „микропроцессорная система“ (МПС) подразумевается любая вычислительная или информационная управляющая система, в которой устройством обработки информации является микропроцессор, выполняющий, таким образом, системообразующую функцию. Использование МПС позволяет обеспечить децентрализованное управление технологическим процессом, что должно приводить к повышению надежности функционирования системы автоматизированного дистанционного управления.

Рассмотрим типовую структуру информационной управляющей системы (ИУС), основу которой составляет микропроцессор, входящий в состав микропроцессорного контроллера (МПК) [1]. Структура ИУС представлена на рис. 1.

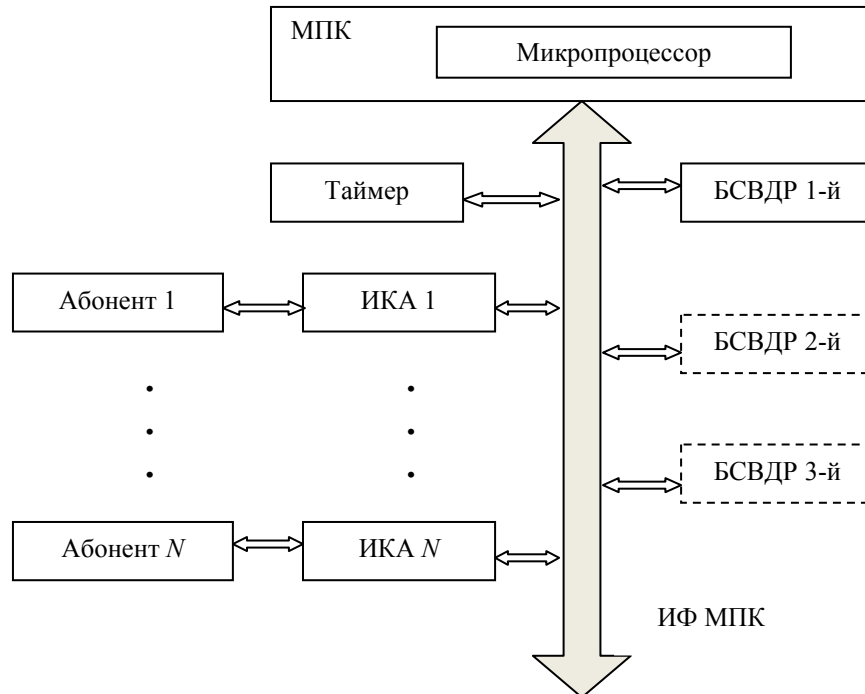


Рис. 1

Микропроцессорный контроллер взаимодействует со своими абонентами через системный интерфейс (ИФ МПК). Подключение N абонентов к системному интерфейсу производится через интерфейсные карты абонентов ИКА₁, ..., ИКА _{N} . Входящие в состав ИУС три блока синхронизации и восстановления достоверного результата (БСВДР) воспринимают интерфейсные сигналы МПК.

Система автоматизированного дистанционного управления реализует выполнение задач по управлению технологическими процессами, например подготовкой и проведением пуска ракет и космических аппаратов. При этом к самой системе предъявляются высокие требования по надежности, для выполнения которых применяют, как правило, трехканальную систему, содержащую три МПК. В этом случае каждый из БСВДР воспринимает интерфейсные сигналы МПК своего канала и двух других МПК и обеспечивает синхронизацию работы каналов.

На рис. 1 показана структура одного канала — первого, второй и третий каналы представлены только БСВДР (показаны пунктирными прямоугольниками) и их информационными связями с аналогичным блоком первого канала и его системным интерфейсом.

Мажоритирование информационных потоков осуществляется в БСВДР всех трех каналов. Блоки восстанавливают достоверное значение передаваемых кодов по правилу „2 из 3“. Интерфейсные сигналы каждого из каналов выдаются в аналогичные БСВДР двух других каналов. Если в трехканальной системе отсутствуют БСВДР второго и третьего каналов, то сигналы с выходов отдельных каналов поступают на единственный (первый) БСВДР, который выполняет функции мажоритарного элемента (МЭ). На его выходе появляется сигнал при совпадении сигналов с выходов двух каналов из трех. Выход из строя одного из трех каналов не приводит к искажению выходного сигнала системы автоматизированного дистанционного управления.

Следует отметить, что отказ одного канала приводит к снижению надежности системы до уровня $P_c = P_1 \times P_1$, где P_c и P_1 — вероятности безотказной работы (ВБР) всей трехканальной системы и одного канала соответственно. Управление технологическим процессом требует постоянного поддержания высокой надежности, поэтому при отказе одного из каналов крайне необходимо обеспечить повышение надежности системы в период восстановления хотя бы до уровня P_1 .

Другой особенностью трехканальной системы автоматизированного дистанционного управления с одним БСВДР (МЭ) являются высокие требования, предъявляемые к его надежности. Вероятность безотказной работы такого мажоритарного элемента должна практически равняться единице.

Включение в систему трех БСВДР (см. рис. 1) позволяет снизить требования к ВБР мажоритарного элемента. Использование такого показателя, как выигрыш в надежности функционирования многоканальной системы по сравнению с одноканальной, рассчитываемый по формуле

$$W = P_c / P_1,$$

позволяет оценить целесообразность многоканальной реализации системы автоматизированного дистанционного управления для достижения требуемых уровней надежности.

З а м е ч а н и е. При $P_1=0$ не происходит деления на нуль в формуле (1), так как числитель формируется в виде произведения сомножителей, одним из которых является P_1 .

В соответствии с представленными в работах [2, 3] рассчитанными значениями W для двухканальной системы, трехканальной с одним МЭ и трехканальной с тремя МЭ можно сформулировать следующие выводы:

— при $P_c = 0,999\dots 0,9999$ использование в системе (см. рис. 1) трех МЭ позволяет достичь уровня надежности двухканальной системы;

— трехканальная система с единственным МЭ при $P_1 < 1$ уступает по уровню надежности двухканальной системе, а на малых временных интервалах функционирования порядка 1,5 ч — даже одноканальной системе.

На рис. 2 представлены графики изменения значения W_i (см. формулу) в зависимости от P_1 , где W_2 — выигрыш в надежности функционирования двухканальной системы; W_3 — то же

для трехканальной системы с одним МЭ при $P_1=1$; $W_{3,3}$ — то же для трехканальной системы с тремя МЭ при $P_1=P_2=P_3=0,99$; W_5 — то же для пятиканальной системы с одним МЭ при $P_1=1$. (На рисунке приведены четыре кривые, соответствующие выигрышам, но графики для W_3 и $W_{3,3}$ практически неразличимы.)

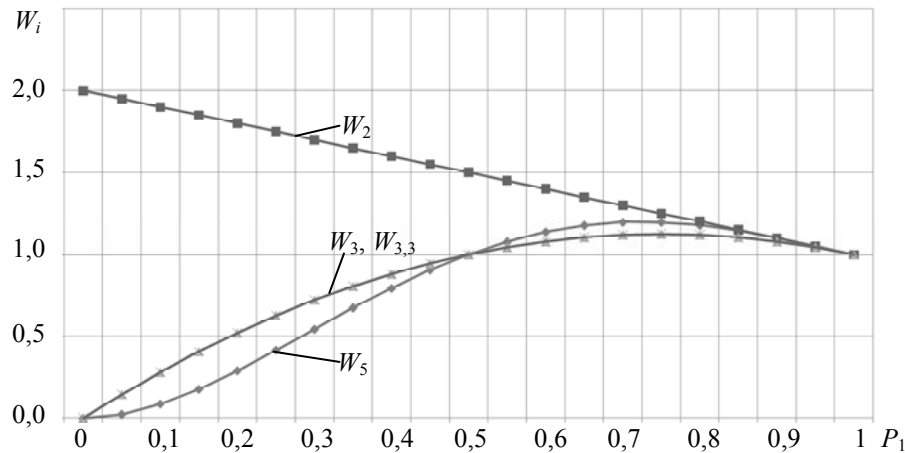


Рис. 2

Как видно из представленных диаграмм, максимальные значения W_5 , W_3 и $W_{3,3}$ (для пятиканальной и трехканальных систем) достигаются при $P_1=0,75$ и равны соответственно $W_5=1,1953$, $W_3=1,1250$, $W_{3,3}=1,1249$, что меньше выигрыша W_2 (двухканальной системы), равного $W_2=1,2500$. Очевидно, что вероятность безотказной работы $P_1=0,75$ характеризует недопустимо низкий уровень надежности одного канала, и построение на таких каналах многоканальных систем автоматизированного дистанционного управления неприемлемо.

При $P_1 > 0,9$ значения W_i для различных систем становятся практически одинаковыми: например, при $P_1=0,95$ получаем $W_5=1,0514$, $W_3=1,0450$, $W_{3,3}=1,0449$ и $W_2=1,0500$.

Из полученных результатов следует, что трехканальная структура системы автоматизированного дистанционного управления (см. рис. 1) уступает в надежности двухканальной системе. Таким образом, типовые структуры информационных управляющих систем, основу которых составляет микропроцессорный контроллер (подобные рассмотренной в данной статье), обладают аппаратной и программной избыточностью и нерациональны при многоканальной реализации.

Решение проблемы надежности функционирования таких систем заключается, прежде всего, в необходимости повышения безотказности работы одного канала управления, а не в увеличении количества каналов, не соответствующих заданным требованиям к надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированные системы управления подготовкой и пуском ракет космического назначения / В. И. Полянский, А. В. Аверьянов, А. И. Данилов и др. СПб: ВИКА им. А. Ф. Можайского, 1997. 332 с.
2. Аверьянов А. В. Оценивание надежности автоматизированных систем управления подготовкой и проведением пуска космического аппарата // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 4. С. 62—65.
3. Басыров А. Г., Гончаренко В. А., Забузов В. С., Кремез Г. В., Эсаулов К. А. Повышение устойчивости функционирования бортовых вычислительных систем по результатам космических экспериментов // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 4. С. 70—74.

Сведения об авторах

Алексей Васильевич Аверьянов

— канд. техн. наук, доцент; Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, кафедра информационно-вычислительных систем и сетей, Санкт-Петербург; E-mail: Aver957@mail.ru

- Анатолий Михайлович Барановский** — канд. техн. наук, доцент; Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, кафедра автоматизированных систем подготовки и пуска ракет космического назначения, Санкт-Петербург; E-mail: bamvka@mail.ru
- Константин Андреевич Эсаулов** — канд. техн. наук; Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, кафедра информационно-вычислительных систем и сетей, Санкт-Петербург; E-mail: home5263@yandex.ru

Рекомендована кафедрой
информационно-вычислительных
систем и сетей

Поступила в редакцию
24.04.13 г.

УДК 621.311:681.5

О. И. Лисов, Чжо Зо Е, Пайе Тэйн Наинг

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ

Рассматривается задача организации эффективного управления распределенными системами, в частности энергетическими комплексами, с учетом динамики процессов выработки, распределения, аккумуляции и потребления энергетических ресурсов. Представлено решение задачи, базирующееся на теории линейного программирования, методе аналитической идентификации и мультиграфовых моделях.

Ключевые слова: оптимизация, управление, газотранспортный комплекс, граф, линейное программирование, процессно-ролевые модели.

В последние годы при производстве, транспортировке и потреблении энергоносителей возникает множество проблем, связанных с достоверностью управления технологическими процессами. Уровень развития современной техники и разработанные математические методы теории оптимизации процессов управления обеспечивают возможность решения большинства задач, возникающих в различных ситуациях.

В настоящей статье рассматривается решение задачи оптимального управления газотранспортными комплексами на основе линейного программирования, метода аналитической идентификации и мультиграфовых моделей. Газотранспортные комплексы (ГТК) представляют собой сложные производственные системы, включающие подсистемы выработки, распределения, аккумуляции и потребления энергетических ресурсов, в том числе вторичных энергоресурсов металлургического производства (доменный газ, отработанный пар и пр.) [1].

В настоящее время в России в среднем около 14 % газотранспортных комплексов находятся в эксплуатации более 30 лет, 56 % — от 10 до 30 лет и только 30 % — до 10 лет. Такая ситуация приводит к необходимости выполнения масштабных и дорогостоящих диагностических и ремонтных работ. Необходимость обеспечения приемлемого уровня эффективности функционирования ГТК определяет идентификацию множества его технических состояний как одну из наиболее важных научных проблем [2].

Контроль технического состояния ГТК осуществляется в основном относительно отдельных повреждений, которые в соответствии с системой методов безопасной эксплуатации причисляются к критическим и потенциально опасным. Оценка эксплуатирующими организациями технического состояния ГТК по результатам внутритрубной диагностики позволяет