

Анализ пределов аппаратной избыточности системы автоматизированного дистанционного управления военного назначения

Аверьянов А.В.

кандидат технических наук доцент

Барановский А.М.

кандидат технических наук доцент

Эсаулов К.А.

кандидат технических наук, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского, г. Санкт-Петербург

Аннотация

Рассматривается типовая структура информационно-управляющей системы (ИУС), основу которой составляет микропроцессор. Проведён анализ получаемых выигрышей в надёжности функционирования многоканальных ИУС. Установлено, что типовые структуры ИУС на основе микропроцессорных контроллеров, подобные рассмотренной в этой статье, обладают аппаратной и программной избыточностью и нерациональны в смысле многоканальной реализации.

Ключевые слова: информационно-управляющая система; дистанционное управление; безотказность работы; канал управления; микропроцессорная система.

Системы автоматизированного дистанционного управления (САДУ) являются распределёнными микропроцессорными управляющими системами. В них микропроцессор играет системообразующую роль.

Уточним содержание понятия «микропроцессорная система» – МПС. Под МПС будем понимать любую вычислительную, информационно-управляющую или управляющую систему, в которой устройством обработки информации является микропроцессор. Использование МПС обеспечивает децентрализованное управление технологическим процессом, что должно приводить к повышению надёжности функционирования САДУ.

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

На рис. показаны следующие блоки:

МПК; МП – микропроцессор; БСВДР – блок синхронизации и восстановления достоверного результата; ИКА₁, ..., ИКА_N - интерфейсные карты абонентов; 1-й абонент, ..., N-й абонент; ИФ МПК – интерфейс МПК (системный), таймер.

МПК взаимодействует со своими абонентами через системный интерфейс МПК. Подключение N абонентов к системному интерфейсу производится через интерфейсные карты ИКА₁, ..., ИКА_N.

ИУС содержит три БСВДР. Они воспринимают интерфейсные сигналы МПК.

САДУ выполняют ответственные задачи по управлению технологическими процессами, например, подготовкой и проведением пуска ракет и космических аппаратов. При этом к самой САДУ предъявляются высокие требования по надёжности. Для их обеспечения применяют, как правило, трёх канальную систему, содержащую три МПК. В этом случае каждый БСВДР воспринимает интерфейсные сигналы МПК своего канала и двух других МПК. Блок контролирует синхронность работы каналов и обеспечивает их синхронизацию.

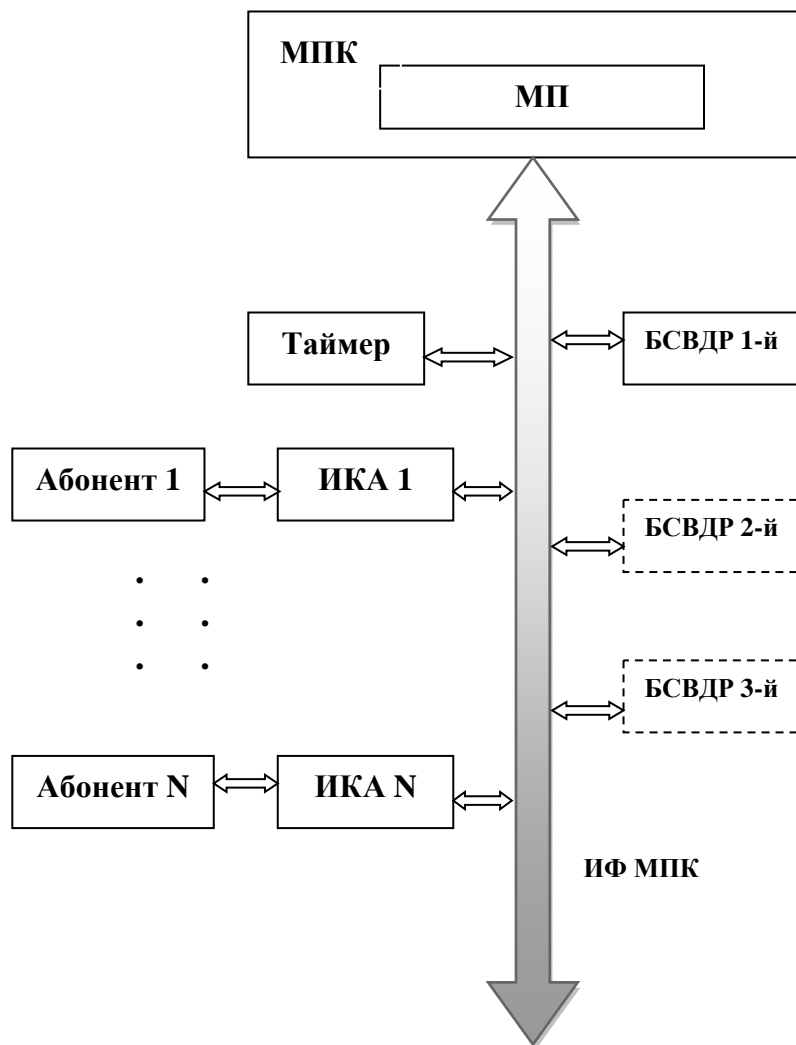


Рис. 1. Типовая структура ИУС

На рис. 1 показана структура одного канала – первого. Второй и третий каналы представлены только БСВДР и их информационными связями с БСВДР первого канала и его системным интерфейсом.

Мажоритирование информационных потоков осуществляется в БСВДР всех трёх каналов. Блоки восстанавливают достоверное значение передаваемых кодов по правилу «2 из 3». Интерфейсные сигналы каждого канала выдаются в аналогичные БСВДР двух других каналов.

Если в трёхканальной САДУ отсутствуют БСВДР второго и третьего каналов (на рисунок 1 показаны пунктирными прямоугольниками), то сигналы с выходов отдельных каналов поступают на единственный (первый) БСВДР, который выполняет функции мажоритарного элемента. На его выходе появляется сигнал при совпадении сигналов от двух из трёх каналов. Выход из строя одного из трёх каналов не приводит к искажению выходного сигнала САДУ.

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

Другим недостатком трёхканальной САДУ с одним БСВДР являются высокие требования, предъявляемые к его надёжности. ВБР такого мажоритарного элемента должна практически равняться единице.

Включение в САДУ трёх БСВДР так, как показано на рис. 1, позволяет снизить требования к ВБР мажоритарного элемента. Использование такого показателя, как выигрыш в надёжности многоканальной системы по сравнению с одноканальной, рассчитываемый по формуле

$$B = PC / P_1, \quad (1)$$

позволяет оценить целесообразность многоканальной реализации САДУ для достижения требуемых уровней надёжности.

Замечание. При равенстве нулю ВБР одного канала не происходит деления на ноль в формуле (1), так как числитель формируется в виде произведения сомножителей, одним из которых является P_1 .

Представленные в [2] рассчитанные значения выигрышей в надёжности двухканальной, трёхканальной с одним БСВДР и трёхканальной с тремя БСВДР систем позволяют сформулировать следующие выводы.

1. При уровнях ВБР БСВДР от 0,999 до 0,9999 использование в структуре (рисунок 1) трёх БСВДР позволяет достичь уровня надёжности двухканальной САДУ.

2. Трёхканальная САДУ с единственным БСВДР, имеющим ВБР меньше единицы, уступает в уровне надёжности двухканальной системе, а на малых временных интервалах функционирования порядка 1,5 ч. – даже одноканальной системе.

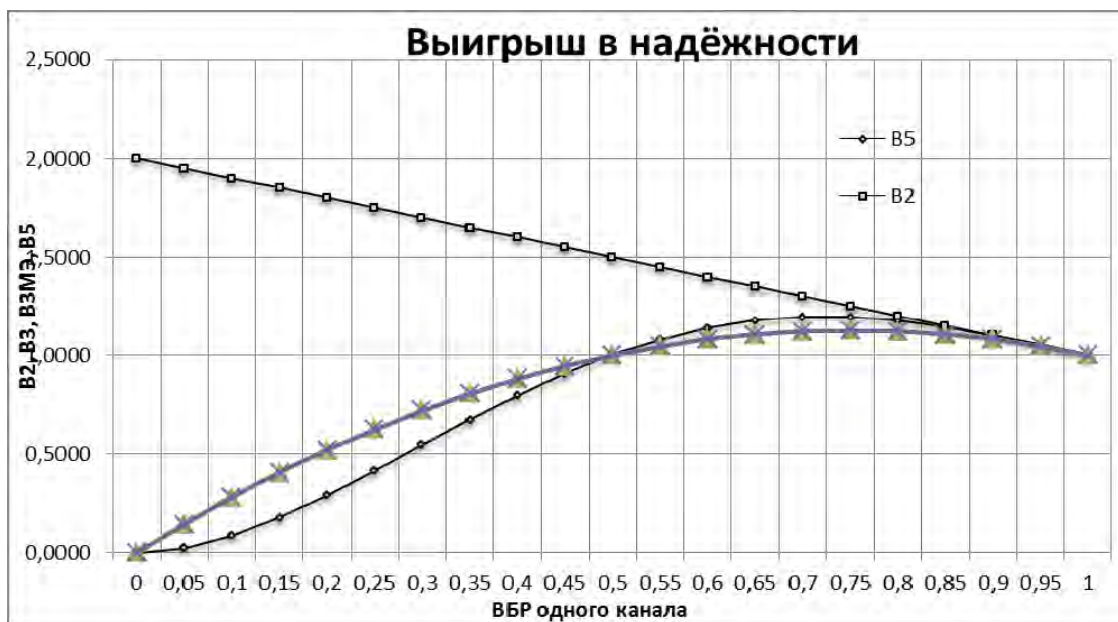


Рис. 2. Графики изменения выигрыша в надёжности

На рис. 2 представлены графики изменения выигрыша в надёжности (1) в зависимости от ВБР одного канала. На рис. обозначены показатели:

B2 – выигрыш в надёжности двухканальной системы;

B3 – выигрыш в надёжности трёхканальной системы с одним мажоритарным элементом, ВБР которого равна единице;

B3MЭ – выигрыш в надёжности трёхканальной системы с тремя мажоритарными элементами, ВБР которых равна 0,99;

B5 – выигрыш в надёжности пятиканальной системы с одним мажоритарным элементом, ВБР которого равна единице.

На рис. изображены четыре кривые, соответствующие выигрышам в надёжности, но графики для выигрышей В3 и В3МЭ практически неразличимы.

Из представленных диаграмм видно, что максимальные выигрыши в надёжности пятиканальной и трёхканальных систем достигается при ВБР одного канала $P_I=0,75$ и равны соответственно $B5=1,1953$, $B3=1,1250$, $B3MЭ=1,1249$, что меньше выигрыша в надёжности двухканальной системы, равного $B2=1,2500$. Очевидно, что ВБР $P_I=0,75$ – недопустимо низкий уровень надёжности одного канала и строить на таких каналах многоканальные САДУ недопустимо.

При $P_I > 0,9$ значения выигрышей в надёжности многоканальных систем становятся практически одинаковыми. Например, для $P_I=0,95$ получаем $B5=1,0514$, $B3=1,0450$, $B3MЭ=1,0449$ и $B2=1,0500$.

Из полученных результатов следует, что трёхканальная структура САДУ, представленная на рис. 1, уступает в надёжности двухканальной системе. Таким образом, типовые структуры информационно-управляющих систем на основе микропроцессорных контроллеров, подобные рассмотренной в этой статье, обладают аппаратной и программной избыточностью и нерациональны в смысле многоканальной реализации.

Заключение

При решении проблемы надёжности функционирования таких систем необходимо прежде всего повысить безотказность работы одного канала управления, а не идти по наиболее лёгкому пути увеличения количества каналов, не соответствующих заданным в технических требованиях уровням надёжности.

Литература

1. Полянский В.И., Аверьянов А.В., Данилов А.И. и др. Автоматизированные системы управления подготовкой и пуском ракет космического назначения. Учебник. СПб.: ВИКА имени А.Ф.Можайского, 1997. 332с.

2. Аверьянов А.В. Оценивание надёжности автоматизированных систем управления подготовкой и проведением пуска космических аппаратов. // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т.52. № 4. С.62–65.

Для цитирования:

Аверьянов А.В., Барановский А.М., Эсаулов К.А. Анализ пределов аппаратной избыточности системы автоматизированного дистанционного управления военного назначения // *i-methods*. 2015. Т. 7. № 4. С. 16–20.

Analysis of hardware redundancy limits of the system of automated remote management, military

Averyanov A.V.

candidate of technical Sciences associate Professor

Baranovsky A.M.

candidate of technical Sciences associate Professor

Esaulov K.A.

candidate of technical Sciences, Military space Academy named after A. F. Mozhaisky, Saint-Petersburg

Abstract

As seen a typical structure of management information system, which is based on a microprocessor. The analysis of the resulting gain in reliability of functioning of the multichannel management information system. It is established that the model structure of the management information system on the basis of microprocessor controllers reviewed in this article have hardware and software redundancy and irrational in the sense of multi-channel implementation.

Keywords: management information system; remote control; uptime; control channel; microprocessor system.

References

1. Polyanskiy I. V., Averyanov A. V., Danilov A. I., Automated control systems of preparation and launch of space rockets. Tutorial. SPb.: VICK named after A. F. Mozhaisky, 1997. 332c.
2. Averyanov A.V. Assessing the reliability of automated control systems of preparation and launch of spacecraft.// Izv. universities. Instrumentation. 2009. T.52. No. 4. P. 62-65.

For citation:

Averyanov A.V. Baranovsky A.M. Esaulov K.A. Analysis of hardware redundancy limits of the system of automated remote management, military // i-methods. 2015. T. 7. No. 4. p. 16-20.