

Использование КТС СИКОН для управления технологическими процессами при стендовых испытаниях энергетических установок

В.А.Лисейкин, В.В.Милютин, Е.В. Алехин, В.Л.Зиновьев, А.В.Калита

Процедуры испытаний мощных энергетических установок, к числу которых относятся изделия ракетно-космической техники, выдвигают различные, порой противоречивые требования к стендовым средствам измерения и управления. С одной стороны требуется высокая точность измерения параметров и максимальное быстродействие, с другой – надежность и помехозащищенность.

В соответствии с данными требованиями стендовые измерительные системы строятся на базе высокопроизводительных магистралей в крейтовых конструкциях, размещенных в специальных помещениях испытательного стенда. В системах управления, напротив, нашли широкое распространение распределённые структуры контроллеров и малоканальные измерительные преобразователи сигналов датчиков в частоту, которые для наиболее ответственных задач, например, аварийной защиты изделия размещаются непосредственно в огневом боксе вблизи от датчиков.

При стендовых испытаниях информационно-управляющие системы (ИУС) обеспечивают решение следующих задач:

- дискретного управления исполнительными элементами стенда и изделия;
- регулирования параметров изделия и стенда;
- аварийной защиты изделия и стенда (САЗ).

Каждая из перечисленных выше задач ИУС (дискретного управления, регулирования и аварийной защиты) в зависимости от важности решается на одноканальных или резервированных контроллерах. Например, подсистемы дискретного управления исполнительными элементами изделия и САЗ могут быть выполнены по троированной схеме, регулирования параметров изделия - по дублированной, а подсистемы управления и регулирования стендовых параметров могут быть нерезервированы. Как правило, в состав ИУС входит имитатор, представляющий собой выделенный программируемый контроллер, задачей которого является генерация по заданной циклограмме последовательности сигналов, обеспечивающих проверку правильности работы алгоритмов и оборудования ИУС (рисунок 1).

С 1995 г по настоящее время НИИХИММАШ создаёт системы управления, на базе семейства сетевых промышленных контроллеров СИКОН, объединенных дублированной промышленной сетью (PROFIBUS или CANbus). Особенностью данной работы является то, что разработчики комплекса технических средств (КТС) СИКОН – ОАО «ИНЭУМ» (головная организация) и ООО «Компьютерные комплексы», принимая непосредственное участие в разработке данных систем, выполняет работы по развитию и совершенствованию КТС СИКОН с целью удовлетворения достаточно жестких системных требований [1].

Характерным свойством КТС СИКОН является наличие развитых средств частотного ввода/вывода, что идеально отвечает требованиям надежного и помехозащищённого приёма информации от преобразующей аппаратуры в виде частотных и дискретных сигналов, а также простого размножения сигналов и имитации показаний датчиков. На рисунке 2 показаны различные варианты структур, реализующие функции дискретного и аналогового ввода/вывода в одноканальных и резервированных системах, построенных на базе контроллеров СИКОН.

По сравнению с промышленными АСУТП, к стендовым ИУС предъявляются более высокие требования по надёжности и быстродействию (как правило, цикл управления контроллера составляет 10 или 20 мс).

Повышение надежности и живучести аппаратуры управления достигается созданием многоканальных дублированных или троированных структур. Наибольшую трудность при создании таких систем представляет задача взаимной синхронизации каналов (здесь под каналом понимается самодостаточный тракт ввода, обработки и вывода сигналов на объект управления резервированной аппаратуры). От

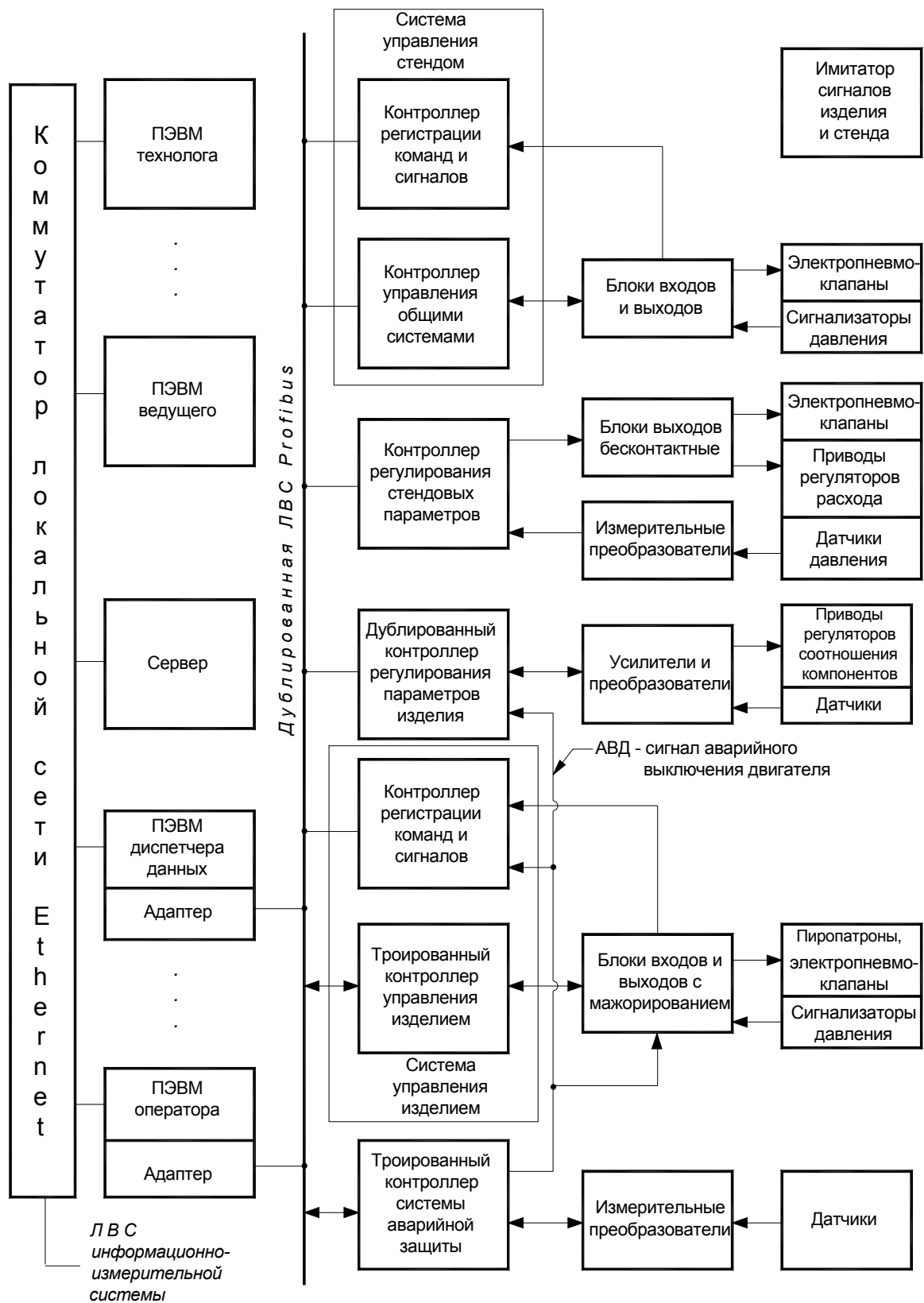
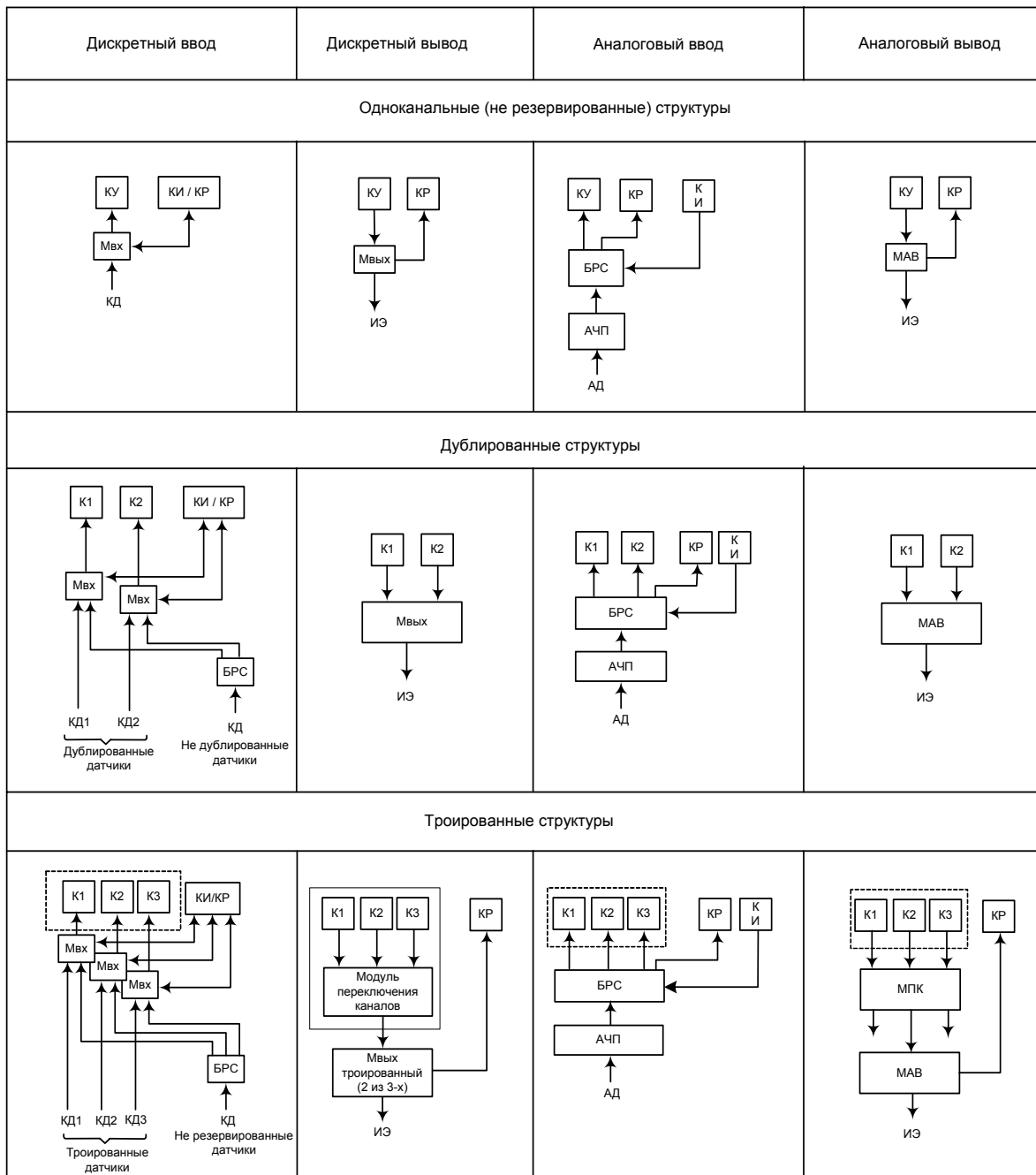


Рисунок 1. Информационно-управляющая система двигательного стенда.

правильности её решения зависит быстрдействие системы и способность обеспечить «безударное» продолжение функционирования при отказе какой-либо её части.



Условные обозначения:

- | | | |
|----------------|---|--|
| КУ, К1, К2, К3 | - | контроллер управления; |
| КР | - | контроллер регистрации; |
| КИ | - | контроллер имитации; |
| Мвх | - | модуль дискретных входов; |
| Мвых | - | модуль дискретных выходов; |
| БРС | - | блок размножения сигналов; |
| КД | - | контактные датчики; |
| АЧП | - | аналого-частотный преобразователь; |
| МВВ | - | модуль аналогового вывода; |
| МПК | - | модуль переключения каналов троированного контроллера; |
| АД | - | датчик с аналоговым выходом. |

Примечание: КР и КИ, выполняющие сервисные функции, могут отсутствовать либо быть объединены в один контроллер.

Рис. 2. Варианты структур, реализующие функции дискретного и аналогового ввода/вывода в одноканальных и резервированных системах, построенных на базе контроллеров СИКОН.

В системах управления разработки НИИХИММАШ и ООО «Компьютерные комплексы» (рисунок 3) задача управления работает жестко циклически. В течение одного такта осуществляется опрос входных каналов, обработка программ

управления и вывод сигналов на объект управления. Внутри такта работа процессора в каждом канале осуществляется независимо от работы процессоров других каналов. При типичной для стендовых испытаний длительности такта в 10 - 20 мс расхождения в функционировании процессоров при одинаковых условиях в течение такта несутельственны.

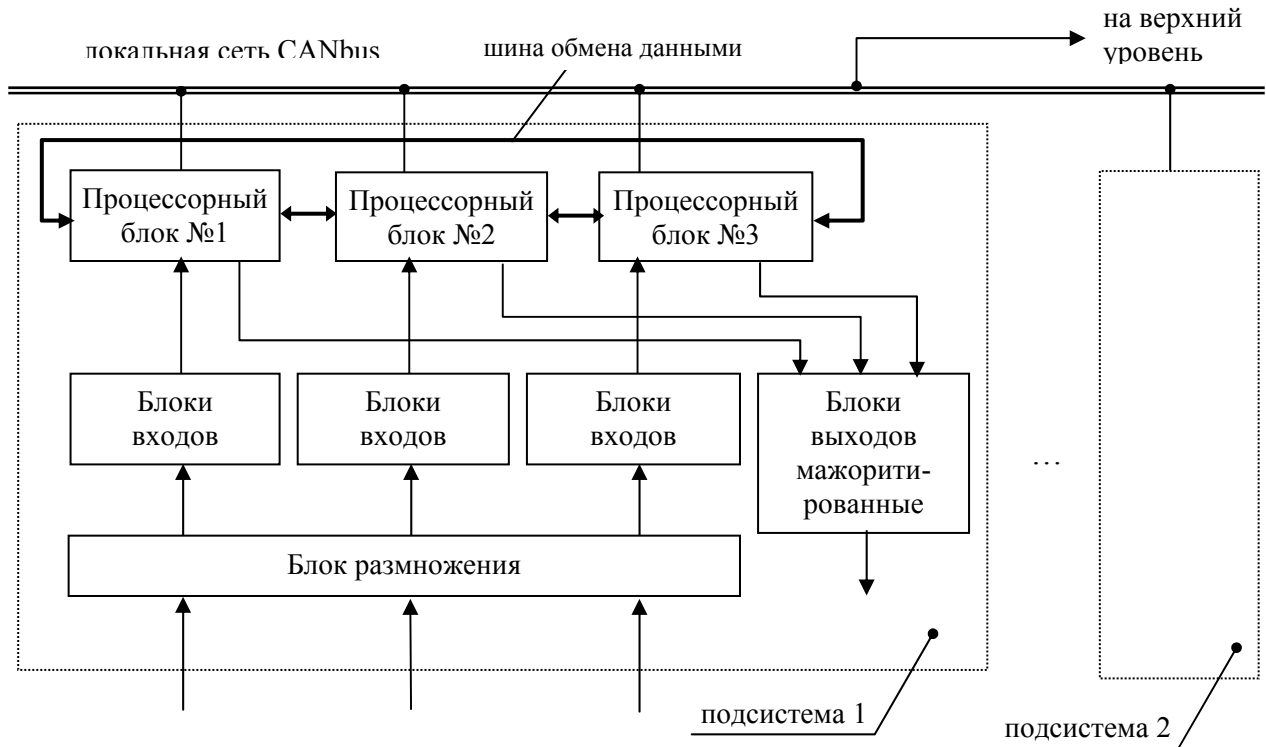
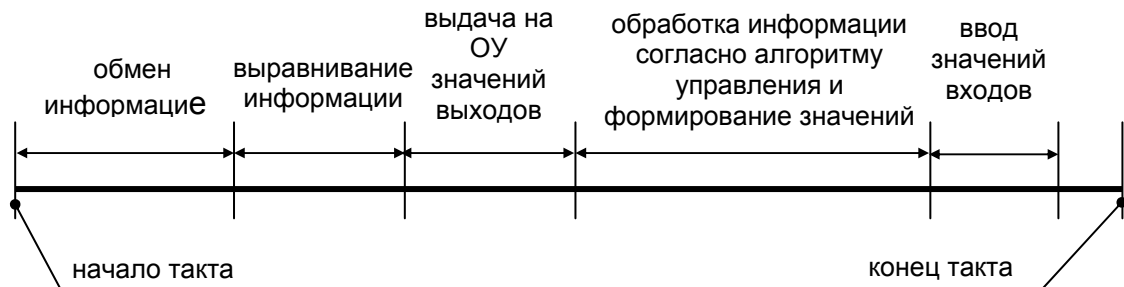


Рисунок 3. Трехканальная СУ с обментами между центральными процессорами

Суть используемого способа синхронизации состоит в одномоментном выравнивании такта во всех каналах и взаимном обмене массивами состояний входов, выходов, программ и промежуточных переменных. Для отсчета длительности такта в процессоре каждого канала используются аппаратные таймеры, которые на программном уровне синхронизируются по локальной промышленной сети (Profibus, CANbus). По окончании отсчета такта таймеры перезапускаются, и начинается процедура обмена информацией между каналами.



После обмена в каждом канале дискретная информация подвергается процедуре голосования два из трех по каждому биту, а для аналоговых данных за результирующее принимается значение, оставшееся после отбрасывания верхнего и нижнего значений.

Данная схема троирования не предполагает самодиагностики процессоров. Каждый из них вырабатывает решение об исправности своих соседей с помощью предельно простой тестовой проверки. Поскольку контроллеры синхронизируются в

каждом такте взаимным обменом, то длины переданного и принятых от левого и правого контроллеров массивов должны совпадать. Если размеры массивов совпадают, то происходит выравнивание значений. В противном случае, выравнивания значений не происходит, и каждый канал выдает в выходные блоки значения выходов, сформированные на предыдущем такте.

Если в течение нескольких тактов подряд (это число программируется и равно, как правило, двум) от какого-либо контроллера не получено нужного количества данных, то вырабатывается сигнал о его неисправности и производится схемная реконфигурация структуры троированного контроллера. В результате реконфигурации один из двух работоспособных контроллеров становится ведущим, и к нему подключаются все три выходных интерфейса связи контроллеров с выходными блоками.

В связи с жесткими требованиями по быстродействию, применение систем типа ISaGRAF для программирования контроллеров не представляется возможным. Подготовка программ управления осуществляется с использованием системы автоматизации программирования, оформленной в виде интегрированной среды, разработки НИИХИММАШ. Интегрированная среда разработки программ управления представляет собой программную систему, обеспечивающую замкнутый цикл разработки, проверки и хранения программ управления и связанных с ними данных. Она в полной мере учитывает специфику алгоритмов логического управления и регулирования, а также проблемно-ориентированного языка для их программирования, который по сути, является текстовым аналогом языков SFC и ST стандарта IEC-61131-3.

В ходе непрекращающихся исследований, проводимых ОАО «ИНЭУМ», ООО «Компьютерные комплексы» совместно с НИИХИММАШ сменилось не одно поколение базовых аппаратных средств ИУС.

На рисунке 4 приведена структура ИУС на базе контроллеров СИКОН 167. Данный тип систем имеет десятки успешных внедрений на стендах НИИХИММАШ и других предприятиях космической отрасли. Структурную организацию и технические возможности семейства программируемых контроллеров СИКОН 167 определяет 16-ти разрядный микроконтроллер фирмы Сименс SAB C167. Построенный на его базе модуль СИКОН 167.33 имеет оперативную память от 1 МБ до 5 МБ, флэш-ПЗУ до 1 МБ, интерфейсы: RS-232 / RS-485, частотного ввода/вывода (32 канала), аналогового ввода 0 - 5 В (16 каналов) и дискретного ввода/вывода (до 2048 каналов), а также аппаратные средства поддержки построения резервированных (троированных) систем.

С 2003 г. началась разработка систем с новым контроллером СИКОН-ТС1775. Программируемый контроллер управления СИКОН-ТС1775 выполнен на микроконтроллере TriCore SAK TC-1775B фирмы Infineon, имеющем 32-разрядное RISC-ядро, сигнальный процессор и процессор ввода/вывода. Модуль обеспечивает широкие возможности ввода/вывода аналоговых (32), дискретных (до 2048) и частотных (64) сигналов, выход на промышленные сетевые интерфейсы - дублированные Ethernet и CANbus. Модуль имеет несколько исполнений:

- СИКОН ТС1775.30 для использования в автономных одноканальных, дублированных и трёхканальных управляющих контроллеров СИКОН 1775.К1/К2/К3.
- СИКОН ТС1775.20 для использования в крейтовых РХИ-системах в качестве универсального измерительно-управляющего модуля работающего в режиме жесткого реального времени или в качестве адаптера CANbus.

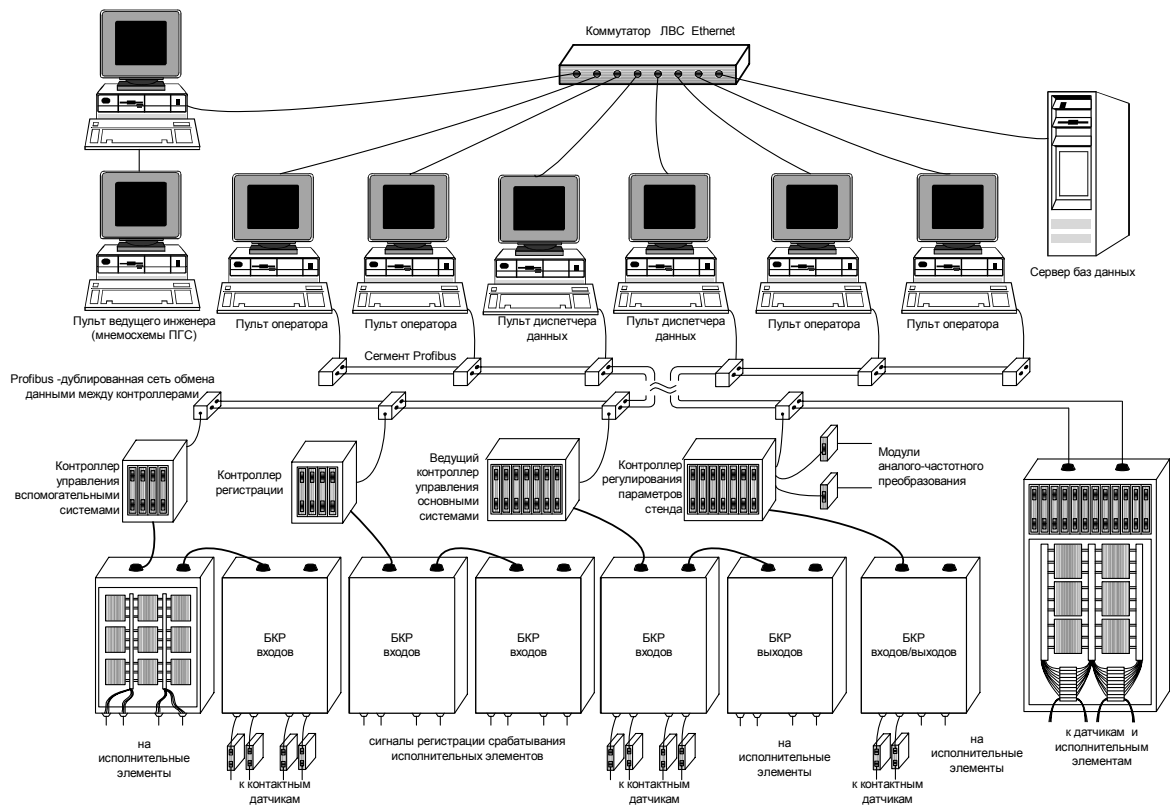


Рисунок 4. Архитектура ИУС на базе контроллеров СИКОН 167

На рисунке 5 приведена новая архитектура ИУС на базе новейших 32-х разрядных контроллеров СИКОН TC1775. Основные изменения по сравнению с предыдущим поколением:

- изменена конструкция контроллерного блока. Теперь он представляет собой алюминиевый крейт, высотой 3U, с шириной варьируемой в зависимости от числа, размещаемых в нём модулей контроллера и модулей ввода/вывода;
- базовый модуль контроллера СИКОН TC1775, при меньших размерах 3U, по техническим характеристикам значительно превосходит предыдущий;
- новый контроллер работает под управлением современной, достаточно распространенной в мире операционной системы реального времени Nucleus Plus и не испытывает недостатка в инструментарии для его программирования;
- функции промышленной сети Profibus в новой архитектуре выполняют две отдельные сети: Ethernet - для управления контроллерами с операторских станций и CANbus – для обмена данными и синхронизации тактов в контроллерах. Обе дублированные. Данное разделение значительно повысило оперативность управления и надёжность системы.

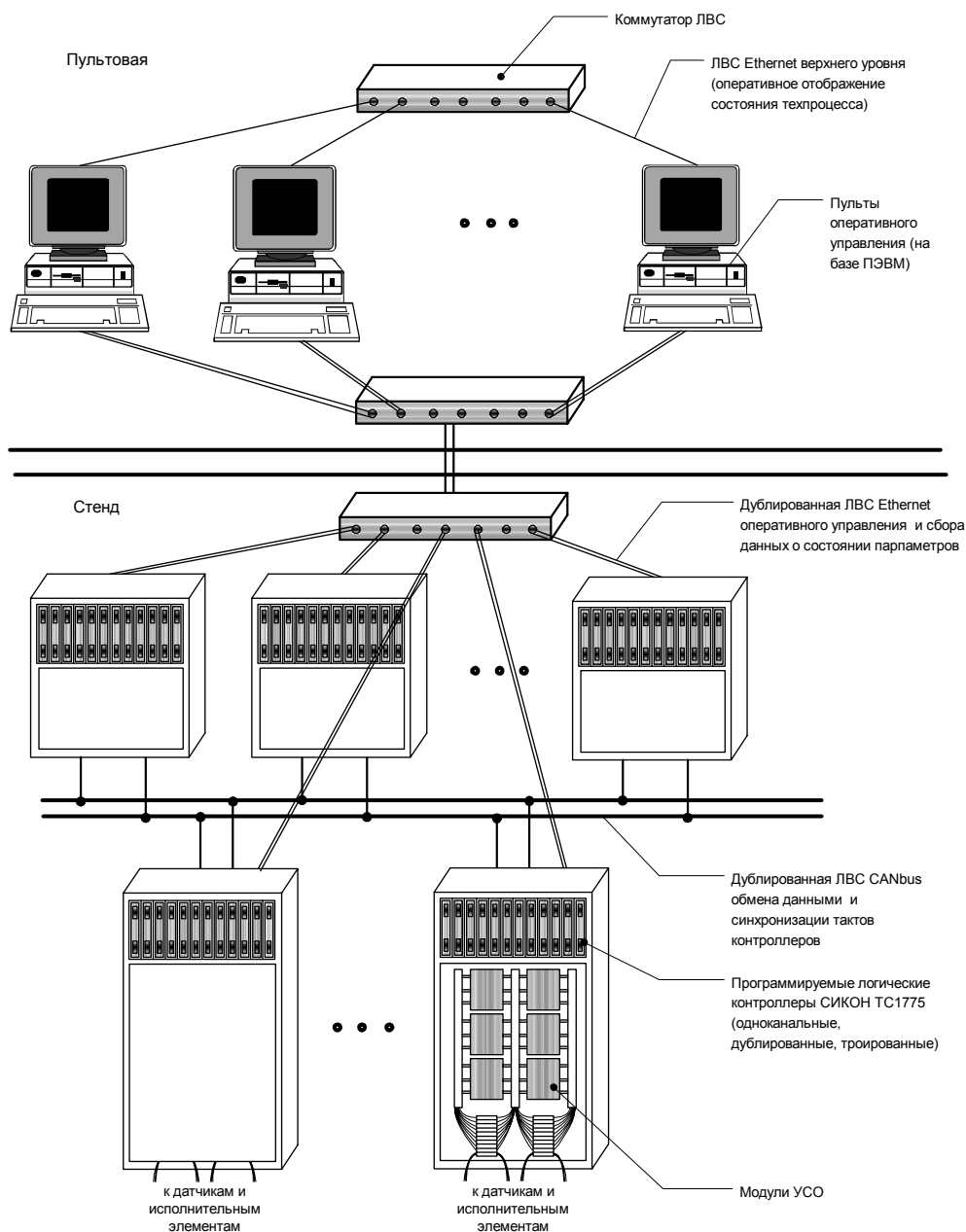


Рис. 5. Архитектура ИУС на базе контроллеров СИКОН ТС1775

В последнее десятилетие наметилась тенденция в интеграции задач измерения и управления. Этому способствует в частности развитие методов технической диагностики и аварийной защиты изделий, анализа нештатных ситуаций программными средствами экспертных систем. В этих методах используется все больше измеряемых параметров изделий ракетной техники, оборудования испытательных стендов и сигналов управления ими. В связи с этим естественным является переход к интегрированным стендовым информационно-управляющим системам (ИИУС), реализующим в единой идеологии функции управления, измерения, диагностики и аварийной защиты. Некоторые предприятия космической отрасли приступили к созданию таких систем для испытаний перспективных изделий. Показательным примером интегрированной ИИУС является система управления и аварийной защиты созданная НИИХИММАШ для испытаний 3-ей ступени РН «Русь» (рис.6).

Основной особенностью этих структур является соединение в одном крейте модулей, обеспечивающих выполнение всех перечисленных ранее задач. До сих пор эти задачи реализуются в основном самостоятельно в соответствии с принятой в отрасли организацией управления, разработки и производства.

Такое соединение обеспечивается высокой производительностью крейтовых контроллеров, высокой надежностью измерительной аппаратуры и наличием отдельного процессорного модуля - контроллера управления СИКОН-ТС1775.20, реализующего функции синхронизации, единого времени и наиболее ответственные задачи измерения, управления и аварийной защиты в режиме жесткого реального времени.



Рис.6. Система управления и аварийной защиты, созданная НИИХИММАШ для испытаний 3-ей ступени РН «Русь»

Литература: Алехин Е.В., Данилов Н.С., Зиновьев В.Л., Кабанов Н.Д., Кабанов П.Н., Калита А.В., Карпечев Е.В., Китаев М.Ю., Сергеев Л.А. Комплекс аппаратно-программных средств для управления технологическими процессами. Семейство СМ СИКОН. Вопросы радиоэлектроники, серия ЭВТ, выпуск 2, 2005 г.

: