

Об оптимальной структуре комплекса технических средств АСУТП

В.О. Лебедев (ООО «УМИКОН»)

Рассматривается подход к созданию оптимальной структуры комплекса технических средств АСУТП. Излагается подход к созданию АСУТП с иерархической древовидной структурой, сочетающей преимущества топологий типа «шина» и «звезда».

Ключевые слова: иерархическая древовидная структура, системно-ориентированный подход, топологии шина и звезда, оптимальность.

В настоящее время вопрос оптимизации структуры комплекса технических средств (КТС) АСУТП кажется не столь актуальным, поскольку развитие технологий полевых шин на первый взгляд сняло вопрос выбора структуры полевой сети, объединяющей контроллеры, модули ввода/вывода, датчики, исполнительные механизмы в единую систему, представляющую нижний уровень АСУТП. В соответствии с шинной организацией они объединяются последовательными интерфейсами в пространственно распределенные цепочки, позволяющие экономить кабельную продукцию. Однако более детальный анализ показывает, что применение шинной структуры часто является неоптимальным. Не всегда эффективны и другие традиционные модели структурной организации КТС АСУТП. При этом оптимизация структуры КТС позволяет не только значительно повысить производительность и снизить время отклика системы, но и повысить надежность ее функционирования без затрат на дополнительное оборудование, а иногда и одновременно с их снижением.

Рассмотрим реализацию типовой задачи по созданию АСУТП объекта управления (рис. 1) — небольшо-

го цеха или участка, включающего две технологические линии, состоящие из схожих между собой агрегатов, каждый из которых управляется контуром регулирования с дополнительным контуром по возмущению. Безопасное функционирование обеспечивается блокировкой работы агрегата при выходе его параметров за аварийные уставки. Управление работой каждой линии осуществляется поддержанием правильного соотношения производительности агрегатов, а координация работы с другими линиями производится путем согласования их производительностей. Рассмотрим возможные структуры КТС АСУТП, решающих эту задачу.

Классическим решением является централизованная, звездообразная структура КТС (рис. 2), при которой сигналы от всех датчиков и исполнительных механизмов (ИМ) сводятся к одному централизованному контроллеру крейтовой конструкции.

Центральный процессор контроллера осуществляет последовательную обработку сигналов, решение задач регулирования и отработки блокировок всех агрегатов и координации между агрегатами и технологическими линиями объекта управления.

Недостатки централизованной структуры КТС АСУТП:

- значительные затраты на кабельные связи;
- высокие требования к ресурсам центрального процессора;
- низкая надежность, так как отказ любого из следующих компонентов (многоканальной платы ввода/вывода, центрального процессора, блока питания крейта) приводит к отказу всей системы или большей ее части.

Здесь и на следующих рисунках крестом большей толщины показаны фатальные для системы отказы. Крестом меньшей толщины показаны отказы, не приводящие к отказу всей системы.



Рис. 1. Объект управления

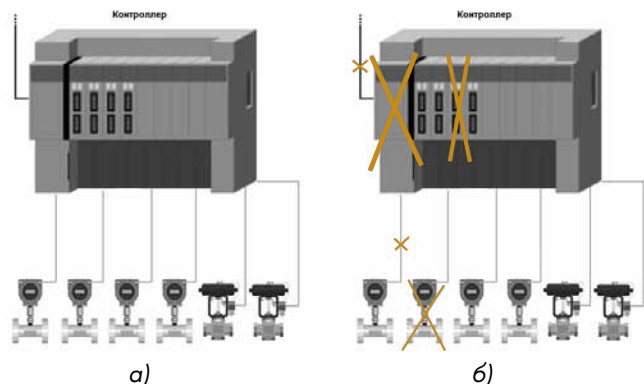


Рис. 2. Централизованная структура (звезда) КТС (а) и варианты отказов в ней (б)

К достоинствам можно отнести:

- простоту общей координации работы системы;
- высокую скорость опроса каналов за счет возможности их параллельной обработки;
- отказоустойчивость к обрыву канала связи с отдельным датчиком или ИМ.

В настоящее время популярной считается структура с применением полевых шин (рис. 3) (CAN, Fieldbus Foundation, CAN и т.д.). Датчики и ИМ имеют специальные преобразователи для работы с полевой шиной и объединены ею, например, внутри каждой технологической линии. Эта полевая шина выходит на центральный контроллер, объединяющий все технологические линии объекта. В некоторых случаях ИМ могут включать блоки регулирования с выходом на полевую шину, осуществляющие поддержку локальных контуров регулирования путем опроса выходящих на полевую шину датчиков.

Достоинства шинной структуры КТС:

- сокращение числа кабельных связей за счет последовательного опроса датчиков и ИМ;
 - распределенные вычисления при применении встроенных в ИМ регуляторов.
- Однако данная структура обладает рядом недостатков:
- последовательное объединение датчиков и ИМ полевой шиной вызывает необходимость последовательного их опроса, что снижает скорость обмена данными пропорционально числу приборов;
 - обрыв одной последовательной линии связи шины приводит к отказу всей части системы, объединенной данной линией, включая регуляторы, встроенные в ИМ;
 - отказ блока, обеспечивающего передачу данных от датчика или ИМ в шину, вызывающий большой поток ложных данных, приводит к перегрузке шины и отказу

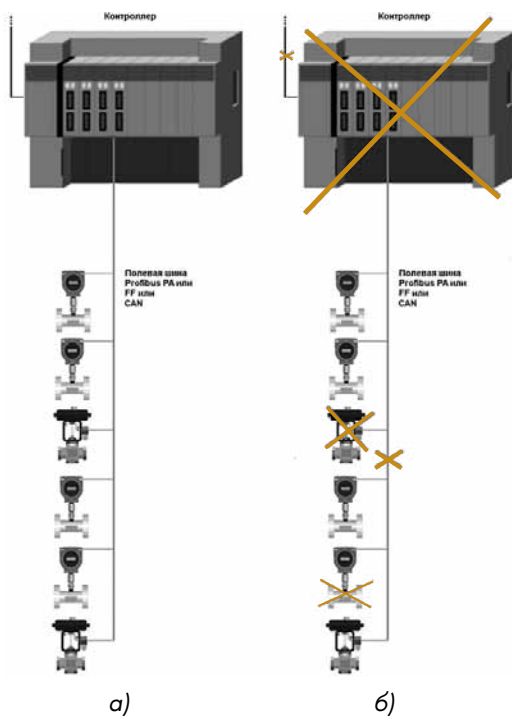


Рис. 3. Шинная структура КТС (а) и варианты отказов в ней (б)

участков структур типа «звезда» и «шина», приводящей к образованию структуры, близкой к древовидной. Действительно, рассмотрим структуру (рис. 4), в которой за регулирование и обработку блокировок каждого агрегата отвечает один небольшой контроллер, объединяющий все датчики и ИМ агрегата по схеме «звезда».

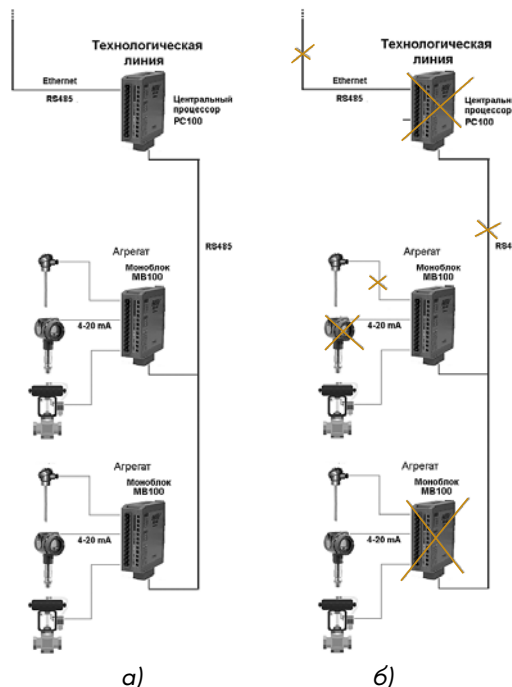


Рис. 4. Древовидная (смешанная – шина и звезда) структура нижнего иерархического уровня КТС (а) и варианты отказов в ней (б)

части системы, объединенной шиной;

- отказ центрального процессора, к которому сходятся последовательные шины от датчиков и ИМ, приводит к отказу системы в целом;
- выигрыш в стоимости системы за счет сокращения кабельных линий нивелируется ростом стоимости преобразователей шины, которым должен быть снабжен каждый датчик и ИМ.

Таким образом, шинная структура АСУТП не только не дает принципиального выигрыша по сравнению с традиционной звездообразной, но в большинстве случаев даже снижает скорость и надежность системы.

Решение задачи выбора оптимальной структуры КТС АСУТП лежит в комбинации

участков структур типа «звезда» и «шина», приводящей к образованию структуры, близкой к древовидной. Действительно, рассмотрим структуру (рис. 4), в которой за регулирование и обработку блокировок каждого агрегата отвечает один небольшой контроллер, объединяющий все датчики и ИМ агрегата по схеме «звезда».

Контроллеры агрегатов в рамках одной технологической линии объединены единой шиной, выходящей на модуль центрального процессора, координирующий работу этой линии. В свою очередь все центральные процессоры линий могут быть объединены по шинной или звездообразной структуре с вышестоящим процессором, обеспечивающим координацию работы технологических линий между собой и взаимодействие с вышестоящим уровнем, например, с АРМ оператора (рис. 5). Данная структура оптимальна по быстродействию, надежности и цене. Рассмотрим каждую из этих составляющих подробнее.

Быстродействие:

- опрос датчиков и ИМ каждого агрегата осуществляется параллельно своим от-

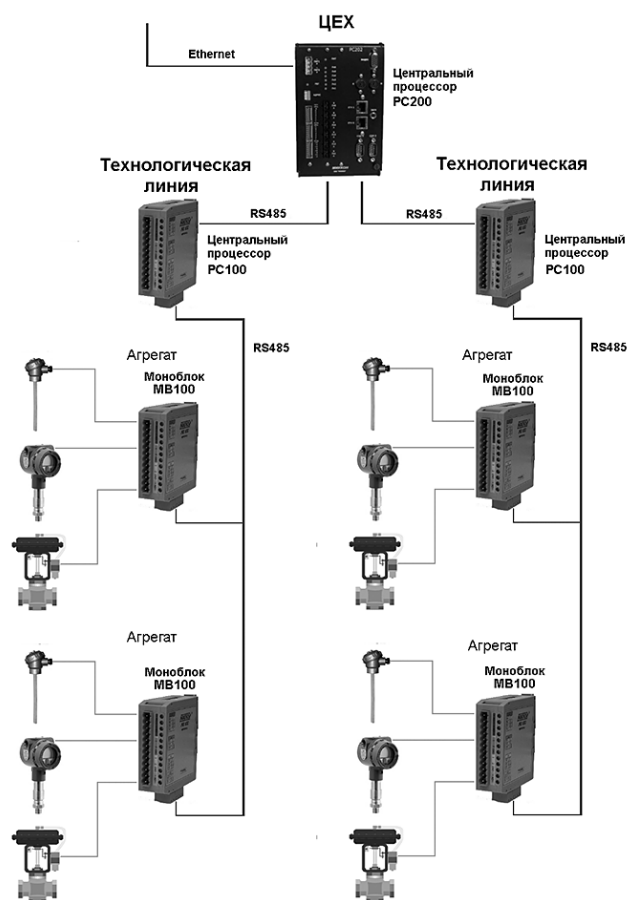


Рис.5. Древовидная иерархическая структура КТС

дельным процессором, что позволяет достичь максимального быстродействия на уровне агрегата, то есть там, где оно более всего необходимо;

— обработка данных и выработка управляющих сигналов внутри одной технологической линии осуществляется ее центральным процессором, координирующим работу агрегатов линии и взаимодействующим с процессором верхнего уровня. Последний занимается координацией работы линий в рамках цеха в целом.

Данное распределение вычислительной нагрузки и информационных потоков обеспечивает оптимальное использование вычислительных мощностей по всем иерархическим уровням системы управления, позволяя получить минимальные гарантированные такты обработки всех возможных событий в системе.

Надежность:

— отказ процессоров верхнего уровня (производственной линии и выше) и связей с ними никак не влияет на работоспособность контроллера управления агрегатом, на котором лежит задача поддержания параметров агрегата в допустимых границах и отработка блокировок при выходе их за аварийные границы;

— к полному отказу системы управления агрегатом не приводит обрыв связи с одним из датчиков или ИМ;

— на работу контроллера агрегата не влияет отказ контроллера другого агрегата;

— контроллер производственной линии сохраняет работоспособность при отказе контроллера верхнего уровня, контроллеров других линий или отдельных контроллеров агрегатов.

Таким образом, древовидная структура КТС АСУТП обеспечивает максимальный уровень надежности системы, включая возможность замены ее компонентов верхних уровней, даже без применения резервирования.

Стоимость:

— датчики могут подключаться к контроллерам агрегатов напрямую без преобразователей шинных интерфейсов, что снижает общую стоимость коммуникации;

— минимизированы длины кабельных линий связи: датчики — контроллеры агрегата, контроллеры агрегатов — контроллеры производственной линии, контроллеры производственной линии — контроллер цеха;

— стоимость процессоров уровня линий и верхнего уровня может быть снижена, так как вычислительная нагрузка на них невысока.

Таким образом, может быть минимизирована стоимость всех компонентов системы.

На приведенном примере показана оптимальность древовидной структуры КТС АСУТП. Сформулируем общий подход к созданию подобных структур. Очевидно, что система управления должна быть разделена на уровни иерархии. На нижнем уровне иерархии необходимо выделить подсистемы, характеризующиеся наименьшим числом сигналов и наибольшими скоростями обмена данными. Для технологического объекта число таких подсистем может быть достаточно большим.

Этап выделения подсистем нижнего уровня иерархии является наиболее ответственным в процессе создания древовидной структуры. Каждая подсистема должна соответствовать некоторому фрагменту объекта управления, который должен быть максимально приближен к закрытой системе, в которой замыкаются быстродействующие связи. Методика выделения подсистем и построения иерархической структуры базируется на системно-ориентированном подходе [1, 2] и теории закрытых систем [2].

Следующий уровень иерархии формируют подсистемы, объединяющие подсистемы нижнего уровня. Численность его подсистем будет меньше, чем на предыдущем и т.д. На этом уровне иерархии должны оставаться коммуникационные связи, позволяющие объединить в замкнутую систему несколько подсистем предыдущего уровня, взаимосвязанных между собой. На данном уровне коммуникационные связи будут характеризоваться меньшей информационной интенсивностью по сравнению со связями внутри нижележащих систем.

Таким образом, каждый новый уровень иерархии объединяет все большее число сигналов, но имеет все более низкую скорость обмена данными.

Отметим, что подобный подход к организации системы управления не является чем-то новым. Вот уже несколько тысячелетий подобную структуру имеют государственные формы образования и военные формирования, промышленные производства и общественные организации. В настоящее время уровень развития технических средств и ПО АСУТП позволяют реализовать эту проверенную временем структуру управления для автоматизированных и автоматических систем.

Представленный метод построения структуры КТС АСУТП, базирующийся на системно-ориентированном подходе, позволяет выбрать оптимальную структуру не только КТС, но и всей АСУТП в целом. Метод в течение нескольких лет апробирован на ряде

находящихся в эксплуатации систем управления такими объектами, как обжиговые печи, дымососы, компрессорные установки с сопутствующими резервуарами и др.

Список литературы

1. Власов В.А., Лебедев В.О. и др. Системно-ориентированное программирование как средство решения задач реального времени // Промышленные АСУ и контроллеры. 1999. №1.
2. Лебедев В.О. Опыт создания и применения семейства алгоблочных языков технологического программирования как результат системно-ориентированного подхода к инструментальным средствам разработки АСУ ТП // Промышленные АСУ и контроллеры. 2007. № 3,4.

Лебедев Владислав Олегович — канд. техн. наук, ведущий инженер кафедры «Автоматика» НИЯУ МИФИ, генеральный директор ООО «УМИКОН».
E-mail: lebedev-vo@yandex.ru.



КОМПАНИЯ FLUKE: КУРС НА САМЫЕ НАДЕЖНЫЕ ПРИБОРЫ В МИРЕ

Компания Fluke является мировым лидером в области измерительного оборудования и измерительных технологий. Со дня основания в 1948 г. деятельность компании Fluke была направлена на создание и усовершенствование измерительных приборов и технологий. Приборы Fluke используются при установке электронного оборудования, обслуживании оборудования и помещений, для прецизионных измерений и контроля за качеством электроэнергии.

Fluke является мультинациональной корпорацией со штаб квартирой в г. Эверетт (США). Производство размещено в США, Великобритании, Азии и Нидерландах. Центры продаж и обслуживания расположены в Европе, Северной и Южной Америке, Азии и Австралии. В более чем 100 странах работают авторизованные дистрибьюторы Fluke. В России и странах СНГ подразделения Fluke – Fluke Industrial и Fluke Precision Measurements – представлены сетью дистрибьюторов.

Номенклатура изделий Fluke предназначена для профессионалов в различных сегментах рынка. Это услуги по установке и обслуживанию промышленного и электронного оборудования, измерение электрических параметров и температуры, качество воздуха в помещениях, калибровка, биомедицинское оборудование.

Представляем вниманию читателей интервью со специалистами компании Fluke, отвечающими за развитие бизнеса в России и странах СНГ, Ольгой Игоревной Ушаковой - координатором по маркетинговым коммуникациям и Александром Викторовичем Бардаковым - техническим специалистом Fluke CIS.

Ключевые слова: измерительные приборы, надежность, промышленная автоматизация, качество, энергосбережение.

Пожалуйста, выделите ключевые события рынка промышленной автоматизации за последние 10 лет.

Ушакова О.И., Бардаков А.В. Степень автоматизации промышленности и уровень сложности оборудования существенно выросли за последнее десятилетие. Критически важными требованиями стали точность и безотказность работы оборудования, ведь помимо эффективности самих производств от этого зависят безопасность и жизнь людей.

Расскажите о наиболее значимых событиях в жизни и деятельности Вашей компании (новые продукты, проекты, разработки) за последние 10 лет.

Ушакова О.И., Бардаков А.В. Компания Fluke всегда оказывала определяющее воздействие на рынок уникальных технологий тестирования и в настоящее

время является мировым лидером в области производства компактных профессиональных электронных инструментов для тестирования. Каждый новый завод, офис, больница или другой объект, строящийся сегодня, нуждается в высокоточных измерительных приборах. Приборы Fluke — это портативность, надежность, безопасность, простота использования и соответствие самым жестким стандартам качества.

Отметим наиболее значимые продукты и разработки компании Fluke за последние годы.

1. Оригинальные запатентованные технологии и решения Fluke в области тепловидения и уникальные модели тепловизоров. Важнейшее преимущество тепловизоров заключается в возможности выявлять проблемные места оборудования с безопасного рас-