

## ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Э.Л. Ицкович (ИПУ РАН)

*Рассматривается классификация современных промышленных контроллеров. Приводятся их основные характеристики и свойства, знание которых необходимо заказчикам при их выборе для построения систем автоматизации. Выделяются тенденции их развития.*

*Ключевые слова: классы промышленных контроллеров, свойства промышленных контроллеров, тенденции развития контроллеров.*

Центральное звено любых систем автоматизации производства — микропроцессорный промышленный контроллер. Это название объединяет разнообразные универсальные и специализированные микропроцессорные средства контроля и управления. Десятки отечественных и десятка зарубежных фирм производят промышленные контроллеры, которые распространяются и используются на российских предприятиях. В последние годы основное развитие контроллеров основывалось на вновь появляющихся возможностях используемой в них микропроцессорной техники, на широкой международной стандартизации отдельных программных и технических компонентов контроллеров, на все увеличивающихся запросах предприятий к более полной и совершенной автоматизации производства.

В статье рассматриваются современные классы промышленных контроллеров, их важные для заказчиков свойства и тенденции развития.

### Классификация промышленных контроллеров

Существующее в настоящее время огромное разнообразие типов промышленных контроллеров можно упорядочить их классификацией по признакам, определяющим их отдельные, важные для заказчиков свойства. Выделение для каждого контроллера его классификационных особенностей фактически указывает его место среди множества прочих типов контроллеров, обозначает его отличия от них и выделяет группы контроллеров разных производителей, совпадающих по большинству классифицируемых признаков.

#### Классификация контроллеров по их мощности

Под этим обобщенным термином интегрируются характеристики центрального процессора, объемы разных видов памяти, число портов и сетевых интерфейсов, общие свойства контроллеров, определяющих их возможности. Обычно основным показателем, косвенно характеризующим мощность контроллера и одновременно являющимся одной из важнейших

его характеристик, является число входных/выходных каналов (как аналоговых, так и дискретных), которые могут быть подсоединены к центральному процессору контроллера. По этому показателю контроллеры подразделяются на ряд классов, часто обозначаемых следующими терминами:

- *наноконтроллеры*, имеющие до нескольких десятков входов/выходов;
- *микронтроллеры*, рассчитанные примерно до сотни входов/выходов;
- *малые контроллеры*, включающие примерно несколько сотен входов/выходов;
- *средние контроллеры*, использующие примерно до нескольких тысяч входов/выходов;
- *большие контроллеры*, обладающие примерно несколькими тысячами и более входов/выходов.

Требования автоматизируемого объекта всегда четко фиксируют необходимое число входных/выходных каналов контроллера, что позволяет достаточно точно указать класс контроллеров по мощности, среди которого следует производить отбор искомого контроллера, чтобы не допустить излишних затрат и удовлетворить заданным требованиям.

К этой классификации контроллеров примыкают сведения о том, какой из контроллеров каждого класса выпускается производителем как единичное автономное средство, а какой является модификацией серии (линейки) однотипных контроллеров. В последнем случае контроллеры различаются классом мощности, то есть указанными выше параметрами, но имеют общие программные средства, язык программирования, набор инструкций, состав интерфейсов и портов, возможности резервирования компонентов. Если системы автоматизации должны состоять из ряда контроллеров, отличающихся по числу входов/выходов, то для их построения целесообразно и технически, и экономически отбирать контроллеры из одной серии. Многие производители выпускают до десятка и более модификаций контроллеров одной серии.

*Классификация контроллеров по их специализации*

Наибольшее распространение имеют *универсальные контроллеры*, которые не фиксируют заранее область их применения, а могут быть использованы для реализации любых заданных заказчиком функций в пределах имеющейся мощности центрального процессора, числа и наименования каналов входа/выхода. К ним относится большинство контроллеров средней и большой мощности. Иногда для усиления его вычислительных свойств он снабжается еще и математическим сопроцессором.

Все более широкое распространение получают *специализированные контроллеры, реализующие определенный вид функций* и имеющих для этого заранее встроенное прикладное ПО. Большинство вариантов нано- и микроконтроллеров относятся к этому классу. Они имеют заранее прошитые в их памяти определенные программы работы, а изменению при эксплуатации подлежат только параметры этих программ. Число и набор блоков ввода/вывода таких контроллеров определяется реализуемыми ими функциями.

Ниже приведен перечень наиболее распространенных типов специализированных по выполняемым функциям контроллеров:

- контроллеры — многоканальные регуляторы (различные варианты ПИ- и ПИД-регулирования);
- контроллеры блокировок взаимосвязанных механизмов (программное управление: включение/выключение, переключения группы совместно работающих механизмов);
- контроллеры — тепловычислители (расчет количества тепловой энергии в проходящих по ряду трубопроводов в единицу времени теплоносителях: воде, конденсату, пару разного вида: сухому, влажному, насыщенному);
- контроллеры учета расходов газов и жидкостей (учет приведенного к стандартным условиям по температуре и давлению расходов газа и жидкости, проходящих по ряду трубопроводов).

В последние годы начал развиваться данный тип специализированных контроллеров, ориентированный уже на средние и большие контроллеры (то есть на контроллеры, обладающие существенной вычислительной мощностью):

- контроллеры, реализующие контроль и управление многосвязанными объектами на базе нейросети;
- контроллеры, реализующие управление на базе прогнозирующей модели объекта (предикт-регуляторы);
- контроллеры, реализующие адаптивные и самонастраивающиеся ПИД регуляторы, регуляторы нечеткой логики.

Существуют *специализированные контроллеры, выделяемые областью их применения*. К ним, например, относятся:

- телемеханические контроллеры, предназначенные для распределенных на значительные расстояния систем автоматизации. Они отличаются особой про-

работкой программных и технических компонентов передачи информации на большие расстояния беспроводными линиями связи: УКВ-радиоканалами с обычными или транковыми радиостанциями;

- контроллеры, предназначенные для систем противоаварийной защиты [1]. Они отличаются высокой готовностью и отказоустойчивостью, имеют особые варианты диагностики и резервирования, сертифицированы по стандартам IEC 61508 и IEC 61511, подтверждающим безопасность их работы в цепях противоаварийной защиты.

*Классификация контроллеров по техническим структурным отличиям*

Все многообразие структур промышленных контроллеров можно подразделить на отдельные, ниже перечисленные варианты их реализации:

- класс бескорпусных, встроенных в оборудование контроллеров и класс автономных контроллеров в самостоятельных корпусах. Встраиваемые контроллеры выпускаются на раме без специального корпуса, поскольку они монтируются в общий кожух оборудования (агрегат, машину, прибор) и являются его неотъемлемой частью. Автономные контроллеры помещаются в защитные корпуса, рассчитанные на разные условия окружающей промышленной среды. Корпуса автономных контроллеров могут быть как собственной разработки производителя контроллеров (что наблюдается все реже), так и стандартные (обычно, стандарт Евромеханика). Конструктивное исполнение корпусов может быть любым: стойка, рама, башня, настольное исполнение, шкаф. Стандартные корпуса имеют широкий диапазон вариантов исполнения на разные условия окружающей промышленной среды: температуру, пыль, влагу, вибрацию, электромагнитные помехи и пр.;

- класс контроллеров компактной моноблочной структуры, у которых все компоненты, включая блоки ввода/вывода, находятся в одном корпусе, и класс контроллеров распределенной структуры, у которых часть или все блоки ввода/вывода могут быть конструктивно отделены от центральной части контроллера, вынесены на значительные расстояния и соединены с ней последовательной шиной или полевой сетью. В последнее время получают распространение модификации распределенных блоков ввода/вывода, имеющих микропроцессор для решения простейших задач контроля и управления (например ПИД-регулирования), что снижает нагрузку на связывающую их с центром сеть и на центральный процессор, а также повышает реактивность управляющих воздействий;

- класс панельных контроллеров со встроенной в их корпус рабочей станцией оператора (монитором, клавиатурой, печатью и т.д.), оснащенных соответствующим ПО этой станции, и класс контроллеров, выходные сигналы которых никак не отображаются в самом контроллере, а передаются внешним средствам. Они имеют физические порты, соединяющие их с другой аппаратурой, и сетевые интерфейсы, которые через сеть связывают их с другими средствами автома-

*Всякая новизна больше состоит из множества известных элементов, чем новых.*

Силован Рамишвили

тизации, в частности, с рабочими станциями операторов. Существует промежуточный вариант частично панельного контроллера, включающий текстовый дисплей и ряд управляющих кнопок только для местной настройки параметров программы контроллера.

Следует выделить класс контроллеров с модульной, наращиваемой структурой. Контроллеры данной структуры собираются в единый, объединяемый шиной моноблок из отдельных конструктивно оформленных модулей, которыми являются центральный процессор (центральных процессоров может быть несколько), модуль питания, модули портов и интерфейсов, разнообразные модули ввода/вывода. Такая модульная структура контроллера является достаточно гибкой и требует минимум затрат при необходимости модифицировать отдельные характеристики контроллера в процессе его эксплуатации, поскольку состоит из замены только некоторых его модулей. Этот вариант, кстати, позволяет компоновать контроллер по заданным заказчиком требованиям из существующего набора модулей, объединяемых стандартной шиной.

*Классификация контроллеров по программным структурным отличиям*

Все промышленные контроллеры по близости их ПО к РС могут быть подразделены на два класса: РС-совместимые (часто называемые «промышленные компьютеры») и РС-несовместимые контроллеры.

Основные отличия этих классов контроллеров:

— РС-совместимые контроллеры имеют архитектуру IBM PC; базируются на той же, что и РС, компонентной базе; работают под одной из ОС РС; взаимодействуют со всем наработанным для РС ПО и реализуют его по мере необходимости и при наличии соответствующей мощности в контроллере; программируются на любых языках, используемых для программирования РС; в основном ориентированы на информационный обмен с другими средствами, как и РС, через сеть Ethernet;

— РС-несовместимые контроллеры имеют специфические ОС РВ, точно отслеживающие требования наиболее динамичных промышленных объектов; они почти не пользуются стандартами ОС Windows в части ПО и не могут применять наработанные для РС программы; в сетевых взаимосвязях они в основном ориентированы на стандартные промышленные и полевые сети.

Характер приведенных структур программных свойств рассматриваемых классов контроллеров определяет сравнительные достоинства и недостатки каждого класса:

— РС-совместимые контроллеры по сравнению с РС-несовместимыми контроллерами в целом обладают большей мощностью, легче стыкуются с различ-

ными SCADA-программами и СУБД, открыты для большинства стандартов в областях коммуникаций и программирования, они в среднем дешевле, проще обслуживаются и ремонтируются;

— РС-несовместимые контроллеры по сравнению с РС-совместимыми контроллерами гораздо лучше учитывают требования промышленной автоматики; их ОС полностью соответствуют ряду требований РВ; они имеют все наработанные в промышленности способы диагностики и горячего резервирования, обеспечивающие повышенную надежность работы контроллеров; они широко используют связи с промышленными и полевыми сетями.

Приведенное выше краткое перечисление программных особенностей этих двух классов контроллеров обобщенно определяет рациональные области применения каждого из них:

— РС-несовместимые контроллеры целесообразнее применять на нижних иерархических уровнях автоматизации отдельных агрегатов и механизмов. На этих уровнях наблюдаются особенно строгие специфически промышленные требования к средствам автоматизации, а необходимость открытости к стандартам программирования и к СУБД, требования больших вычислительных ресурсов почти или совсем отсутствуют;

— РС-совместимые контроллеры целесообразнее применять на верхних иерархических уровнях автоматизации участков, цехов и производства в целом. Здесь слабеет строгость требуемой промышленной специфики вычислительных средств автоматизации и усиливаются требования к информационной совместимости контроллеров с производственными сетями и к использованию наработанного для РС ПО.

*Классификация контроллеров по способу построения*

По способу построения контроллеры можно подразделить на два класса:

— контроллеры, произведенные из компонентов, разработанных их фирмой-производителем;

— контроллеры, собранные из типовых модулей, основанных на одном из магистрально-модульных стандартов и выпускаемых разными производителями.

При построении контроллера из фирменных компонентов его изменения (модификации) возможны обычно заменой только другими компонентами этого производителя. Сами возможные изменения контроллера достаточно ограничены и заранее оговорены производителем.

При сборке контроллера из типовых модулей магистрально-модульной структуры, имеющей определенный стандартный интерфейс связи центрального процессора с другими модулями контроллера, ситуация кардинально меняется:

— открытость и широкая доступность стандарта на шину, соединяющую модули разного назначения, дает возможность выпускать в данном стандарте любые модули контроллера разным производителям, а разработчикам контроллеров дает возможность компоновать их из модулей разных фирм;

— любая модификация и перекомпоновка контроллеров становится возможной путем замены в них отдельных модулей, что удешевляет эксплуатацию контроллеров;

— сборка контроллеров из множества выпускаемых разными производителями модулей позволяет точнее учитывать конкретные технические требования заказчиков и не иметь в них лишних блоков, не нужных для данного конкретного применения;

— широкая кооперация разных производителей, поддерживающих данный стандарт на шину и работающих в этом стандарте, позволяет собирать контроллеры без привязки к конкретному поставщику модулей и иметь их широкий выбор для необходимой модификации контроллера.

Одним из продвинутых по широте распространения в мире является магистрально-модульный стандарт VMEbus (VersaBus Module Eurocard). В номенклатуру модулей VMEbus входят центральные процессоры, сетевые контроллеры, разные виды памяти, генераторы импульсов и функциональные генераторы, счетчики, таймеры, измерители электрических параметров, аналоговые и цифровые входы/выходы сигналов разных уровней, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Средства VMEbus поддерживают практически все распространенные программные продукты: ОС, языки программирования, БД, сетевые интерфейсы и т. д.

Необходимо сказать о построении блоков ввода/вывода контроллеров, которые подразделяются на классы:

— блоков ввода/вывода, разработанных конкретно для данного контроллера (или данной серии контроллеров) фирмой-производителем контроллера;

— стандартных блоков ввода/вывода, выпускаемых разными производителями для использования их в самых разных контроллерах.

К последнему классу относятся мезонинные модули ввода/вывода, выпускаемые десятками производителей в разных странах. Это малые по размерам модули, устанавливаемые на основной плате (плате-носителе). Обычно на плате-носителе помещаются четыре мезонинных модуля. Номенклатура мезонинных модулей соответствует разнообразию используемых в различных контроллерах вариантов блоков ввода/вывода:

— модули аналогового ввода/вывода на разные типовые сигналы датчиков и исполнительных механизмов;

— модули цифрового ввода/вывода на разные токи и напряжения;

— аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи;

— модули сетевых интерфейсов, обслуживающие разные сети;

— дополнительные микропроцессоры;

— счетчики и таймеры и т. п.

Стандартизация мезонинных модулей производится международной организацией VITA. Стандартизируются габариты мезонинного модуля, его при-

соединительные разъемы, дисциплины обмена между платой-носителем и мезонинным модулем. На сегодняшний день большое распространение получили две стандартные технологии мезонинных модулей: IndustryPack и MODPACK.

### Свойства промышленных контроллеров

Ниже выделены важные для заказчиков свойства промышленных контроллеров любых классов.

*Открытость контроллера к другим средствам автоматизации.*

Существенно отличает контроллеры друг от друга степень их открытости к другим программным и техническим средствам автоматизации. Открытость контроллеров определяется наличием у них интерфейсов к программным средствам, к типовым промышленным и полевым сетям; а также имеющимися у них портами последовательной связи с внешними устройствами. Чем большее число таких интерфейсов и стандартных портов имеет контроллер, тем более открытым он является. По степени открытости к программным и техническим средствам разных производителей контроллеры имеют ряд градаций:

— от максимальной открытости, заключающейся в наличии в контроллере следующих компонентов: OPC-сервера; встроенного WEB-сервера; GSM-связи с технологией SMS; портов последовательной передачи данных RS-232/422/485; интерфейса к информационной сети Ethernet; интерфейсов к ряду типовых промышленных и полевых, проводных и беспроводных сетей (например, к проводным сетям Profibus и Profinet, Foundation Fieldbus и Foundation Fieldbus HSE, Industrial Ethernet, Modbus, HART; к беспроводным сетям стандарта ISA 100.11a, WirelesHART);

— до полной закрытости, когда в контроллере не предусмотрены связи к посторонним средствам и сетям; он рассчитан на специфически фирменное ПО и имеет только порт последовательной передачи информации.

*Динамические характеристики контроллера*

По динамике работы контроллеры отличаются рядом важных для их использования характеристик:

— скоростью обработки измерительной информации;

— точностью разделения во времени отдельных событий и их протоколирования;

— временем реакции контроллера на возникающие аварийные события.

Все эти характеристики наиболее важны при использовании контроллеров для быстро протекающих ТП и для процессов с быстро развивающимися аварийными ситуациями. Они определяются параметрами центрального процессора контроллера и используемой в контроллере ОС.

В современных контроллерах средней и большой мощности часто используется одно- или двухядерный центральный процессор со следующими параметрами: 32 разряда, 500 МГц, > 100 Мбайт ОЗУ.

Преимущественно используется многозадачная ОС РВ, которая должна реагировать в заданные временные интервалы на непредсказуемый поток внешних событий. В этом ее отличие от многопользовательских ОС общего назначения, используемых в РС. ОС РВ делятся на:

— *ОС жесткого РВ*, которое гарантирует реакцию на любые события за заданное время (даже если два или более событий происходят одновременно, система должна успеть отреагировать на каждое из них в течение временных интервалов, критических для этих событий);

— *ОС мягкого РВ*, которое допускает запаздывание реакций при большом потоке событий.

В контроллерах, управляющих критичными к авариям производственными процессами, практически почти всегда надо иметь ОС жесткого РВ.

В модификациях мощных контроллеров используются также и ОС общего назначения. Однако следует сказать, что к введению ОС общего назначения в контроллеры следует относиться с осторожностью, так как они не обеспечивают режим жесткого РВ и по динамике уступают ОС РВ мягкого реального времени.

#### *Надежные свойства контроллера*

Надежность работы контроллеров обеспечивается развитыми средствами диагностики, применением корректирующих кодов, наличием и разнообразными вариантами резервирования, качеством производства самого контроллера и составляющих его компонентов.

Внутренняя диагностика компонентов контроллера производится, большей частью, с оценкой работоспособности отдельной платы и отдельной схемы памяти, зачастую с выпуском во внешнюю среду управляющего сигнала только при нормальной работе всех элементов цепи управления.

В некоторых контроллерах используются коды, определяющие и корректирующие ошибки при записи данных в память.

Дублирование в виде горячего резервирования имеется как вариант у большинства современных контроллеров. Обычно это резервирование отдельных или всех модулей контроллера. В некоторых контроллерах предусмотрена организация параллельной работы двух контроллеров со взаимным тестированием.

Выпускаются отдельные контроллеры как в дублированном, так и в троированном вариантах. Существуют контроллеры, реализующие работу центрального процессора в режиме “пара и резерв”, когда одна пара процессоров контроллера работает параллельно, а вторая пара центральных процессоров находится в горячем резерве, и если у первой пары в какой-то момент выходные сигналы начинают не совпадать, то работа безударно переключается на вторую пару, а первая тестируется на предмет выявления неисправности в одном из процессоров.

#### *Условия работы контроллера в промышленной среде*

Важным свойством контроллеров являются возможности их работы в разных промышленных средах,

которые существенно определяются отраслевой принадлежностью предприятия. Обычно современные контроллеры имеют варианты исполнения на разные диапазоны климатических свойств; разные степени загрязнения и агрессивности окружающей среды; разные уровни промышленных помех, соответствующие определенным классам международных стандартов защиты промышленной аппаратуры. Многие характеристики их работы в окружающей среде фиксируются не конкретными значениями, а названиями или аббревиатурой стандартов и классами соответствия им.

Ниже перечислены наименования необходимых защитных характеристик контроллера по основным свойствам окружающей среды и по промышленным помехам:

— диапазон температуры окружающей среды для самого контроллера и отдельно для имеющихся у него выносных блоков ввода/вывода (их температурный диапазон обычно более широкий);

— ограничения по относительной влажности воздуха при условии отсутствия конденсата;

— допустимая вибрация в диапазоне частот примерно 10...150 Гц и/или 10...500 Гц;

— защита от пыли и влаги в окружающей среде, которая определяется конструкцией корпуса контроллера;

— защита от химически активных газов в промышленной среде;

— защита от взрывоопасной среды;

— защита от электромагнитных помех;

— защита от колебаний напряжения и частоты питания переменным током.

#### *Инструментальные средства программирования контроллера*

Практически во всех современных контроллерах основное программирование функций контроллера и управления ведется на специализированных так называемых технологических языках [2]. Однако существенным являются ниже перечисленные отличия в инструментальных средствах программирования, которые сказываются на простоте и скорости разработки и тестирования программ, на использовании в них эффективных типовых алгоритмов, на возможности переноса разработанных программ на другие средства.

Применяемые технологические языки можно подразделить на два класса:

— специализированные языки для определенной серии контроллеров, разработанные производителем этих контроллеров,

— типовые языки программирования, соответствующие стандарту IEC 61131.3.

Стандарт технологических языков IEC 61131.3 определяет структуру пяти технологических языков, их синтаксис и семантику:

— LD (Ladder Diagram) — язык лестничных диаграмм. Традиционный графический язык релейных блокировок, в котором разработчик изображает необходимые релейные схемы;

— FBD (Function Block Diagram) — язык функциональных блок-диаграмм. Графический конфигуризатор с набором (библиотекой) типовых программных модулей;

— SFC — язык последовательных функциональных блоков. Язык реализации алгоритмов последовательного управления;

— ST (Structured Text) — язык структурированного текста. Язык типа Pascal, поддерживающий структурное программирование;

— IL (Instruction List) — язык инструкций. Текстовый язык низкого уровня типа Ассемблера, но без ориентации на конкретную микропроцессорную архитектуру.

Два стандартизированных языка: LD и FBD являются основными (принципиально они соответствуют специализированным языкам типа релейно-контактных схем и графическому конфигуризатору типовых программных модулей), а остальные языки служат дополнениями к ним.

Важным для эффективной реализации задач контроля и управления является мощность прилагаемой к языкам программирования библиотеки типовых программных модулей и инструкций. Ее состав значительно различается у разных производителей контроллеров. В достаточно полном виде в нее примерно должны входить типовые:

- вычислительные и логические операции;
- алгоритмы статистической обработки измеряемых данных;
- алгоритмы расчета учетных показателей;
- алгоритмы регулирования;
- совершенные алгоритмы регулирования (самонастройка ПИД-регулятора, адаптивный ПИД-регулятор и др.);
- алгоритмы воздействия на распространенные исполнительные механизмы и контроля их работы и работы регулирующих органов.

#### Тенденции развития промышленных контроллеров

При выборе конкретных контроллеров заказчику важно знать общие тенденции их развития, чтобы не приобрести морально устаревшие средства. Действительно, если даже выбранные контроллеры удовлетворяют всем сегодняшним требованиям по автоматизации конкретного объекта, но они недостаточно современны, то это может в дальнейшем при их эксплуатации (а срок службы приобретаемых средств  $\geq 10$  лет) привести к нежелательным последствиям:

- затруднениям при их модернизациях, коммуникациях с другими приборами и системами, которые могут приобретаться в будущем;
- недостатком их возможностей при необходимости внедрения в дальнейшем более совершенных алгоритмов;
- повышенными затратами на обслуживание при будущей эксплуатации контроллеров.

*Ицкович Эммануил Львович — д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией Института проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН.  
Контактный телефон (495) 334-90-21.  
E-mail: itskov@ipu.ru*

Ввиду этого необходимо при оценке разных контроллеров иметь четкие представления о современности предлагаемых вариантов, а значит учитывать существующие мировые тенденции их развития.

Анализируя происходящие в последние годы изменения в структуре, характеристиках и параметрах контроллеров можно проследить следующие тенденции их развития:

— освоение контроллерами беспроводных промышленных и полевых сетей, что существенно расширяет открытость контроллеров и упрощает их внедрение;

— оснащение контроллеров интерфейсами с сетями Ethernet и Industrial Ethernet, портами USB;

— ввод в выносные блоки ввода/вывода контроллеров микропроцессоров, что позволяет ряд простейших типовых функций контроля и управления перенести из центрального процессора контроллера в эти блоки. При этом происходит распределение отдельных типовых функций контроля и управления по ряду периферийных микропроцессоров контроллера и они могут реализовываться эти функции автономно от центрального процессора со своим циклом обработки данных;

— значительное развитие рынка нано- и микроконтроллеров ввиду их все более существенной вычислительной мощности, обусловленной использованием современных, достаточно мощных процессоров; а также их дешевизной и малыми габаритами;

— увеличение производительности контроллеров за счет разработки всевозможных программных технологий, позволяющих на уровне процессора оптимизировать обработку данных, реакции на прерывания и т.д.;

— сближение технологий построения контроллеров и PC, поскольку в ОС общего назначения для PC типа Windows NT, QNX, UNIX, Linux стали включаться ядра PV, что позволяет учесть при их работе динамические требования производственных сообщений. Это позволяет учитывать промышленную специфику функционирования контроллеров и использовать в них наработанное для PC ПО.

Кроме того, необходимо отметить прослеживаемую тенденцию перехода от анализа технических характеристик и возможностей отдельных устройств, которыми на протяжении многих лет являлись ПЛК, к рассмотрению функционала и характеристик контроллеров, являющихся компонентом системы автоматизации, включающей соответствующее операторское ПО, инструментарий программирования, взаимосвязи с типовыми информационными, промышленными, полевыми проводными и беспроводными сетями и т.д.

#### Список литературы

1. Автоматизированные системы противоаварийной защиты // Автоматизация в промышленности. 2012. №6.
2. Инструментарий для программирования контроллеров // Автоматизация в промышленности. 2012. №8.