

S7-400, может загружаться в ПЛК S7-400N и использоваться для обслуживания резервированной системы. При самом неблагоприятном стечении обстоятельств безударное включение резерва в S7-400N происходит за ≤100 мс.

Для построения S7-400N используются только ЦП типов CPU 414-4N и CPU 417-4N, по своим техническим характеристикам наиболее близкие к CPU 414-3 и CPU 417-4 соответственно. Отличие состоит в составе используемых интерфейсов и ОС. Каждый N-CPU оснащен одним комбинированным интерфейсом MPI/DP, одним интерфейсом PROFIBUS DP и двумя гнездами для установки модулей синхронизации.

ПЛК S7-400N обеспечивают расширенную поддержку технологии CiR, позволяя изменять некоторые параметры настройки ЦП, а также состав модулей ввода/вывода в монтажных стойках контроллера.

Для программирования, конфигурирования аппаратуры и систем промышленной связи, настройки параметров и диагностики ПЛК SIMATIC S7-300/ S7-400/ C7 исполь-



зуется пакет STEP 7. Кроме того, для программирования контроллеров этих типов могут использоваться инструментальные средства проектирования, включающие в состав языки программирования высокого уровня S7-SCL, S7-GRAPH, S7-HiGraph, CFC и т.д.

**Техническая поддержка в России**

Техническая поддержка продукции SIMATIC в России осуществляется региональными центрами технической поддержки A&D AS, а также российскими партнерами компании. SIEMENS A&D AS имеет свои представительства в 21 городе России. В большинстве представительств работают региональные центры технической поддержки, где можно получить технические консультации по вопросам применения продукции SIMATIC; помощь в выборе аппаратуры и ПО для решения поставленных задач автоматизации; техническую документацию, каталоги и рекламные материалы на русском языке; демонстрационные версии ПО; провести сертифицированное обучение своего технического персонала и т.д.

*Долганов Игорь Юрьевич – ведущий консультант*

*Санкт-Петербургского центра технической поддержки SIEMENS A&D AS.*

*Контактный телефон (812) 324-82-46; факс (812) 324-82-36.*

*E-mail: Igor.Dolganov@siemens.com Http://www.siemens.ru/ad/as*

**Время цикла шины – это еще не все**

**М. Ростан (Компания Beckhoff)**

Производительность системы управления невозможно определить с помощью только времени цикла промышленной шины. Как правило, время цикла шины имеет второстепенное значение, во многих случаях решающим является поведение системы с точки зрения синхронизации. Время цикла задачи ПЛК также важнее, чем время цикла шины: медленная система управления даже благодаря быстрой промышленной шине не становится действительно производительной. Для оптимального выбора шинной системы важен анализ требований к работе системы управления в РВ: в зависимости от того, стоит ли для решения прикладной задачи на переднем плане время реакции или детерминизм, необходимо по-разному выбирать параметры.

Рассмотрим систему управления (например, промышленный ПК или управляющий контроллер) с децентрализованными устройствами промышленной шины, циклически выполняющую одну или несколько прикладных программ (например, задачи ЧПУ или АСУТП). Интерфейс промышленной шины реализован в виде съемной карты с собственным процессором. Обмен данными шины с системой управления осуществляется через общую область памяти (DPRAM), к которой происходит поочередное обращение (рис. 1).

Отметим, что хотя производственные систе-

мы на базе промышленных шин различаются по своей топологии, однако для исследования параметров производительности топология имеет второстепенное значение: различия физических значений времени задержки шины для структур типа "кольцо" и "дерево" относительно небольшие.

Циклический обмен данными между центральным ведущим устройством промышленной шины и несколькими ее децентрализованными ведомыми устройствами является самым простым и распространенным. При этом для рассматриваемого случая неважно, осуществляет-

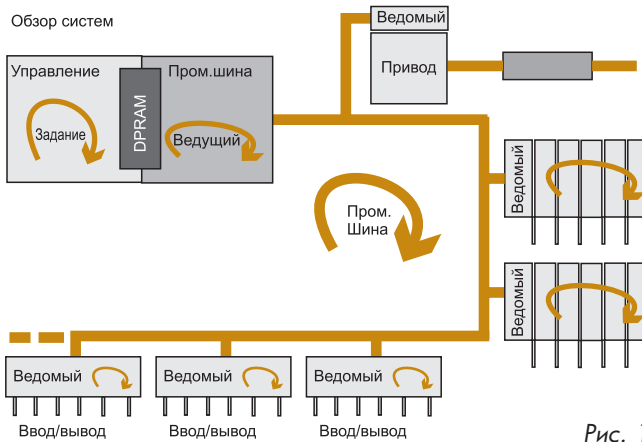


Рис. 1

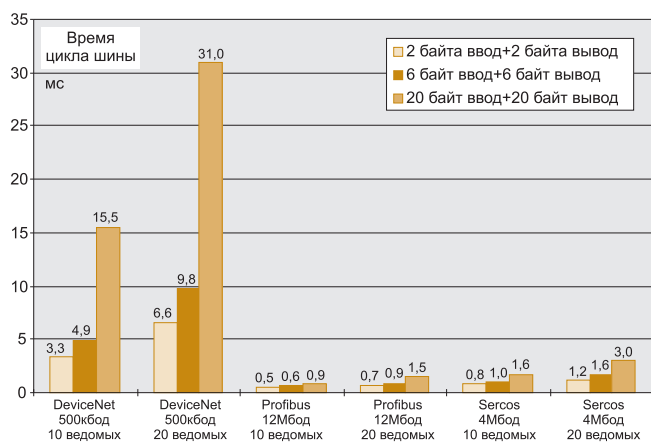


Рис. 2

ся ли обмен данными и захват шины с помощью циклического опроса (как в случае шины Profibus), режима разделения времени (например, так как в Sercos) или по принципу сдвиговых регистров (как в Interbus). Даже DeviceNet (базирующийся на CAN), которая на уровне захвата шины следует принципу Multi-Master (принцип нескольких ведущих устройств), на уровне протокола почти всегда является системой циклического опроса. Сеть CANopen, обеспечивающая обмен информацией на основе принципа Multi-Master и управления событиями, также может эксплуатироваться в строго циклическом режиме, например для управления осями.

В рассматриваемой системе управления интерфейс промышленной шины берет на себя задачу ведущего устройства, которое контролирует цикл шины, а децентрализованные устройства являются ведомыми. Они отвечают на запрос ведущего устройства и могут выполнять обмен входными данными только в такте цикла шины.

**Время цикла промышленной шины**

Время цикла промышленной шины – это самый известный параметр. Оно зависит, в первую очередь, от двух параметров: физической скорости передачи данных и эффективности протокола. На рис. 2 представлена диаграмма, отображающая значения времени цикла некоторых промышленных шин в зависимости от скорости передачи данных в бодах, числа абонентов и объема данных в байтах. При расчетах были сделаны некоторые допущения: для режима циклического опроса в сети DeviceNet загрузка шины принята, равной 80%; задержка между двумя циклами (для доступа к DPRAM) в сети Profibus принята, равной 0,3мс, Кроме того, были проведены оценки временных констант каждого протокола (например, время ответа станции) для стандартных устройств.

**Время задержки ведущего устройства**

В рассматриваемой системе интерфейсная плата имеет собственный процессор. Это ведущее устройство промышленной шины посылает выходной образ

процесса через промышленную шину к ведомым устройствам и накапливает входные данные, полученные от устройств. Входной образ процесса копируется в DPRAM управляющего компьютера, когда образ является полным. Таким образом, в циклической системе на базе промышленной шины происходит ожидание только полного цикла промышленной шины. Перезапись входных данных может задерживаться также и в результате того, что сначала необходимо дождаться разрешения доступа к DPRAM. Таким образом, время задержки ведущего устройства соответствует времени задержки доступа к DPRAM и составляет величину порядка 0,1...3 мс.

**Время цикла системы управления**

Производительность промышленной шины должна быть в разумном соотношении с производительностью системы управления. Разумным параметром для определения производительности системы управления в данном случае является время цикла системы управления для типичных вариантов применения. Время цикла системы управления складывается из суммарного времени выполнения задач ПК (если система управления базируется на ПК) или ПЛК. Для типичных вариантов применения времени цикла систем управления на базе ПК в большинстве случаев выбираются, равными 2...10 мс, а при "классических" решениях на базе ПЛК, равными 10 .. 20 мс.

**Задержка прохождения ведомого устройства**

В большинстве случаев на ведомых устройствах также работает процессор с соответствующим микропрограммным обеспечением, которое циклически опрашивается промышленной шиной. Затем микропрограммное обеспечение опрашивает входы ведомого устройства и актуализирует его выходы. Если ведомые устройства строятся по модульному принципу, то в их состав входит локальная шина, соединяющая модули ведомого устройства с устройством промышленной шины, контроллером узла шины. Хотя эта локальная шина – очень быстрая, но ей необходимо в зависимости от конфигурации 0,1...2 мс для обновления данных.

**Интерфейсы: синхронный или асинхронный режим работы**

Рассматриваемая система управления на базе промышленной шины является многопроцессорной. Как правило, задачи выполняются на различных процессорах циклически, реже делят процессорное время на основе управления событиями (прерываниями). Проще всего инициировать процессы в асинхронном режиме: как циклические, так и управляемые событиями процессы обращаются к общей области памяти, они могут обрабатываться независимо друг от друга за счет разнесения по времени. Даже сама промышленная шина в данном случае может интерпретироваться как распределенная общая область памяти.

В качестве альтернативы различные процессы можно синхронизировать. Со стороны ведомого устройства это означает, что цикл микропрограммного обеспечения или локальной шины согласован с циклом промышленной шины. Входные данные, поступающие на входы ведомого устройства, считываются им во время цикла микропрограммного обеспечения, но актуализированные выходные данные возвращаются системе управления только во время следующего цикла промышленной шины.

Особенно интересным является синхронизация ведущего устройства промышленной шины (интерфейсной карты) и работы управляющего ПК. Для быстрых шин их цикл и цикл задачи управления каждый раз чередуются, и задача каждый раз получает актуальные входные данные. Выходы переписываются непосредственно после завершения задачи во время следующего цикла промышленной шины. Для очень быстрых задач (например, задачи ЧПУ для позиционирования осей) или для относительно медленных шин также можно копировать входные/выходные данные в начале цикла выполнения задачи, а потом запускать цикл шины. Хотя при этом входные данные задачи и окажутся старше на один цикл шины, однако задача управления не будет ждать шины.

Значения времени реакции системы управления и ее детерминизм исследуются далее с помощью различных вариантов синхронизации и выбора характеристик промышленной шины.

**Непрерывный асинхронный режим работы, "среднескоростная" шина**

В этом сценарии время цикла шины равно времени цикла задачи ПЛК. Цикл промышленной шины не синхронизирован по отношению к циклу системы управления. Локальный цикл ввода/вывода также не синхронизирован с циклом шины.

В данном случае исследуется время реакции системы на любой входной сигнал (рис. 3). Рассмотрим наихудший случай. На вход локальной шины ведомого устройства поступили входные данные. Теперь необходимо дождаться выполнения локального цикла микропрограммного обеспечения ведомого устройства, чтобы считать входные данные и актуализировать выходные. Однако передать полученные данные промышленной шине возможно только во время следующего опроса со стороны промышленной шины.

После завершения цикла промышленной шины входная информация находится в ведущем устройстве промышленной шины (в интерфейсной карте управляющего ПК), который копирует данные в DPRAM управляющего компьютера и вновь деблокирует DPRAM – для этого необходима задержка работы ведущего устройства шины. Однако очередной

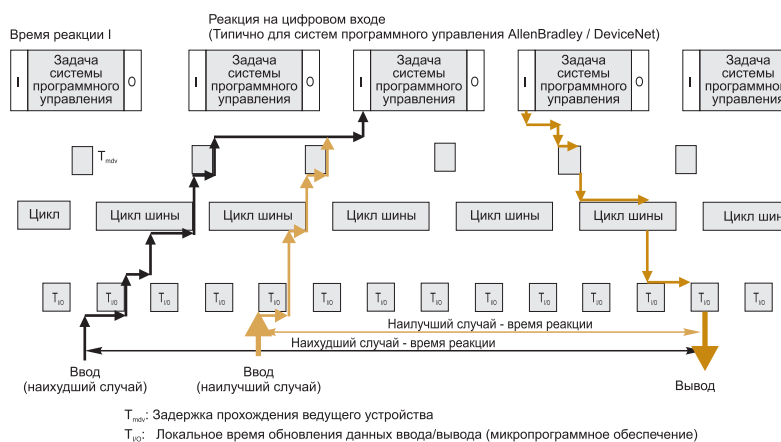


Рис. 3

цикл задачи ПЛК начал выполнение не за долго до того, как интерфейсная карта деблокировала DPRAM, т.е. входные данные пока не доступны для задачи ПЛК. Теперь цикл системы управления не будет завершен, пока входные данные не будут восприняты и обработаны ПЛК. Это случится только в следующем цикле выполнения задачи ПЛК. Далее выходные данные из ПЛК должны вернуться к ведомому устройству промышленной шины. В наихудшем случае необходимо исходить из того, что доступ к аппаратным выходным каналам открыт также неудачно: старт следующего цикла ведущего устройства пропускается задачей ПЛК, далее необходимо дожидаться нового цикла промышленной шины. Теперь происходит передача выходных данных ведомому устройству, но пропущено начало локального цикла ввода/вывода ведомого устройства, и придется ждать начала следующего.

Как видно из рис. 3, время реакции в такой системе при неудачном раскладе составляет в сумме более четырех циклов шины или соответственно несколько циклов задач ПЛК. Даже фазовая флуктуация между идеальным случаем и наихудшим случаем (критерий для детерминизма рассматриваемой системы) лежит в диапазоне времени двух задач ПЛК. Это показывает, что в этом случае тяжело говорить о присущем системе детерминизме выбранной промышленной шины.

**Непрерывный асинхронный режим работы, "более быстрая" шина**

Предпримем попытку сделать систему более быстро реагирующей благодаря характеристикам промышленной шине: "среднескоростная" промышленная шина из предыдущего сценария заменяется быстрой, которая по сравнению с первым случаем имеет в два раза меньшее время цикла. По-прежнему сохраняется асинхронный режим работы всей системы.

При сравнении рис. 3 и 4 очевидно, что хотя время реакции и улучшилось приблизительно на 20...25%, однако "наилучший случай" в обоих случаях одинаковый. В целом, скорее разочарывающий ре-

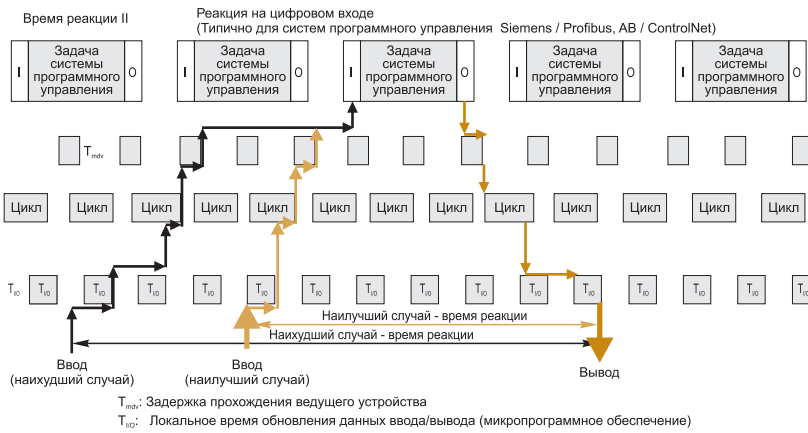


Рис. 4

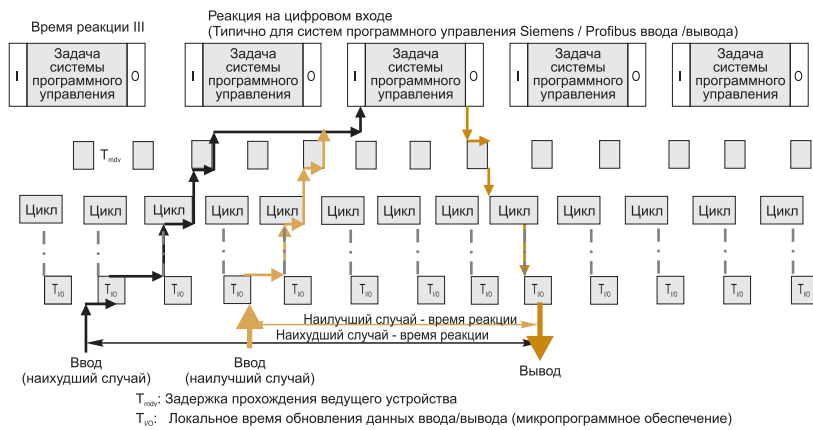


Рис. 5

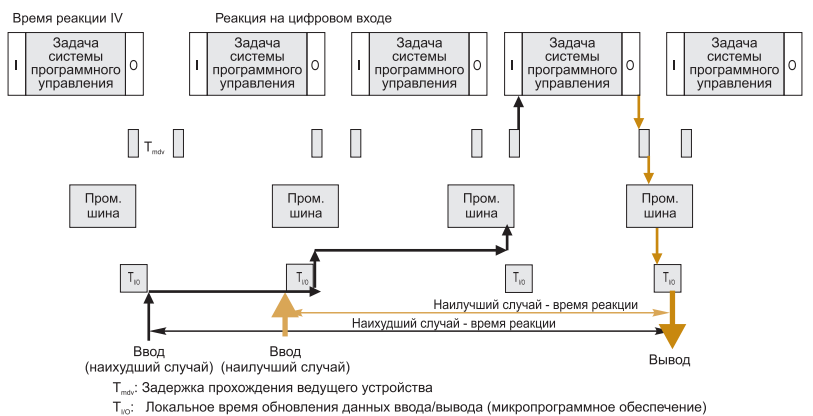


Рис. 6

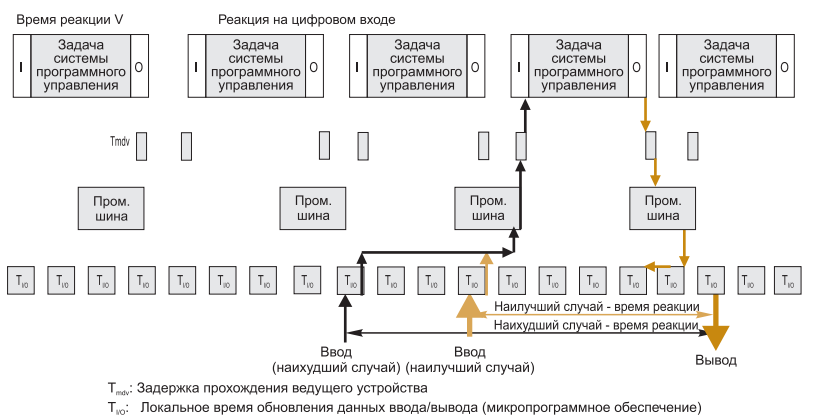


Рис. 7

зультат, так как в данном случае шина была в два раза быстрее. Далее можно увидеть, что входные данные некоторых циклов шины не обрабатываются, так как в эти периоды времени не осуществляется старта задачи ПЛК. То есть шина может передать новые выходные данные только в каждый второй или третий свой цикл. Таким образом, хотя промышленная шина и быстрее, но она частично неэффективна.

**Ведущее устройство работает в асинхронном режиме, ведомое устройство синхронизировано**

Попытаемся улучшить результат благодаря введению механизмов синхронизации. Сначала с помощью цикла промышленной шины синхронизируется цикл микропрограммного обеспечения ведомого устройства (локальное обновление данных ввода/вывода). Это приводит к улучшению характеристики с точки зрения реакции на входные данные: выходы ведомого устройства всегда актуализируются непосредственно после получения новых данных и оперативно передают данные шине (рис. 5). В соответствии с этим улучшается также детерминизм системы.

**Быстрая шина, полностью синхронизированная**

В данном случае цикл промышленной шины также синхронизирован с задачей ПЛК. Характеристика на этапе вывода оптимальна, выходы детерминировано устанавливаются самым быстрым образом. Правда, со стороны ввода все еще проходит несколько циклов задачи ПЛК (и циклов шины) до тех пор, пока может быть обработана входная информация. Хотя детерминизм системы хороший (он соответствует времени задачи), но время реакции остается в целом неудовлетворительным (рис. 6). Также интересно, что время реакции лишь незначительно улучшилось благодаря быстрой шине (1 мс вместо 5 мс).

**Ведущее устройство синхронизировано, ведомое устройство работает в асинхронном режиме**

Хотя асинхронный режим работы микропрограммного обеспечения ве-

домого устройства относительно цикла шины со стороны вывода несколько невыгодный, за то со стороны ввода доступна также информация, которая появляется между "растянутыми" циклами шины. С точки зрения временных соотношений (рис. 7) задача ПЛК выполняется медленно по сравнению с локальным циклом микропрограммного обеспечения, но улучшается время реакции системы.

**Многозадачная система, полностью синхронизированная**

Дальнейшего улучшения времени реакции и детерминизма можно достичь только благодаря укорачиванию времени цикла задачи ПЛК. При заданной производительности центрального процессора этого проще всего достичь благодаря многозадачной системе управления: задача, критичная с точки зрения времени выполнения, компонуется в короткие подзадачи, синхронизируемые с быстрой промышленной шиной. Тогда все остальные прикладные элементы можно реализовать в виде более медленных задач. Этот сценарий имеет оптимальные значения времени реакции при одновременном оптимальном детерминизме (рис. 8). Такова обычная архитектура системы управления TwinCAT.

**Обмен информацией, управляемый по событиям**

До сих пор рассматривались циклические системы промышленных шин. Однако некоторые системы (например, CANopen или DeviceNet) можно также эксплуатировать в режиме управления событиями. Для DeviceNet это означает режим эксплуатации Change of State (изменение состояния). Изменение состояния входа оценивается как событие и сообщается автоматически без запроса со стороны ведущего устройства.

Результаты экспериментов для системы CANopen с обменом информацией, управляемым по событиям, показывают, что, несмотря на сравнительно небольшую скорость передачи данных ~500 кБод, время реакции приближается к характеристикам системы Profibus. Правда, Profibus имеет такое время реакции для всех входов, в то время как в системе CANopen при большой нагрузке на шину приходится считаться с задержками.

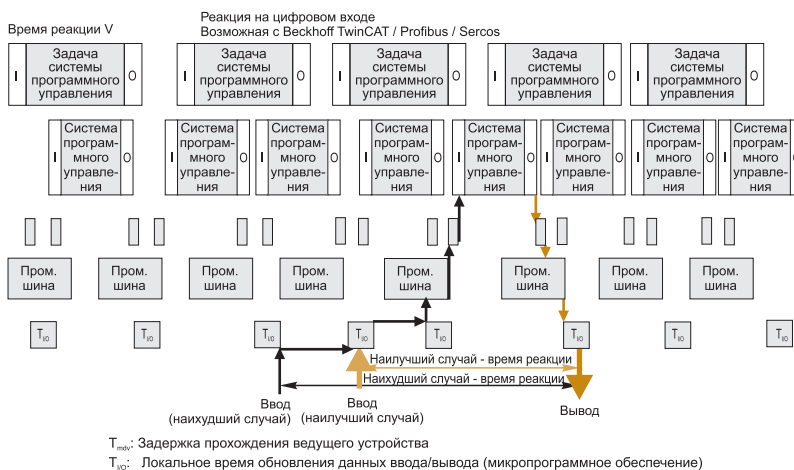


Рис. 8

параметра – времени цикла промышленной шины. Как правило, время цикла шины имеет второстепенное значение, во многих случаях решающим является поведение системы с точки зрения синхронизации. Время цикла задачи ПЛК также важнее, чем время цикла шины: медленная система управления даже благодаря быстрой промышленной шине не становится действительно производительной.

Синхронизация, в первую очередь, улучшает детерминизм системы, но не обязательно ее время реакции. Шины со спонтанным обменом информацией, управляемые по событиям, имеют очень малое время реакции. Оптимальное время реакции при незначительной фазовой флуктуации достигается только при тщательном согласовании компонентов системы. Для этого требуется знание различных временных факторов, а также система, позволяющая производить такой "тюнинг". При этом короткое время реакции – это только один из многих критериев для определения производительности системы. Для многих прикладных задач определяющим может быть детерминизм.

При рассмотрении результатов измерений следует учитывать, что фазовая флуктуация, проявляющаяся на осциллограммах, представляет собой разницу между минимальным и максимальным временем реакции на внешние события. Эта фазовая флуктуация никогда не сможет стать меньше времени цикла задачи ПЛК. Она не соответствует фазовой флуктуации циклической, замкнутой через шину цепи регулирования, например в системе регулирования привода.

Для оптимального выбора или соответственно "тюнинга" шинной системы важен анализ требований к работе системы управления в РВ: в зависимости от того, стоит ли для решения прикладной задачи на переднем плане время реакции или детерминизм, необходимо по-разному выбирать параметры.

**Выводы**

Исследования различных способов синхронизации системы и выбора характеристик промышленной шины привели к следующим результатам.

Производительность системы управления невозможно определить с помощью одного единственного

*Мартин Ростан – менеджер отдела "Системы на базе промышленных шин" компании Beckhoff.*

*Контактный телефон (095) 980-80-15.*

*E-mail: info@beckhoff.ru Http://www.beckhoff.ru*