

СИСТЕМА ТЕМПЕРАТУРНОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ NI CompactRIO.

И.А. Степаненко, В.А. Симонова, П.М. Михеев

Лаборатория-практикум «Современные системы автоматизации научных исследований», Физический факультет и МЛЦ МГУ им. М.В. Ломоносова. step@list.ru, mikheev@femto.phys.msu.ru

Новые технологические решения в сфере автоматизации значительно упрощают и ускоряют разработку промышленных систем управления. На примере создания системы температурного контроля, демонстрируются основные преимущества системы реконфигурируемого управления и сбора данных CompactRIO и среды разработки LabVIEW.

1. Введение

Тема промышленных приложений волнует многих. В условиях жесткой конкуренции и динамичного рынка, даже самые консервативные предприятия не могут позволить себе отказаться от столь мощного средства эволюции, как автоматизация. Эпоха агитации за автоматизацию давно прошла. И теперь остро встает вопрос: «Как?» В настоящее время предложено достаточное количество технологических концепций, однако их внедрение часто вызывает трудности. В особенности это касается низкоуровневой части полной системы автоматизации – АСУТП (автоматизированная система управления технологическими процессами).

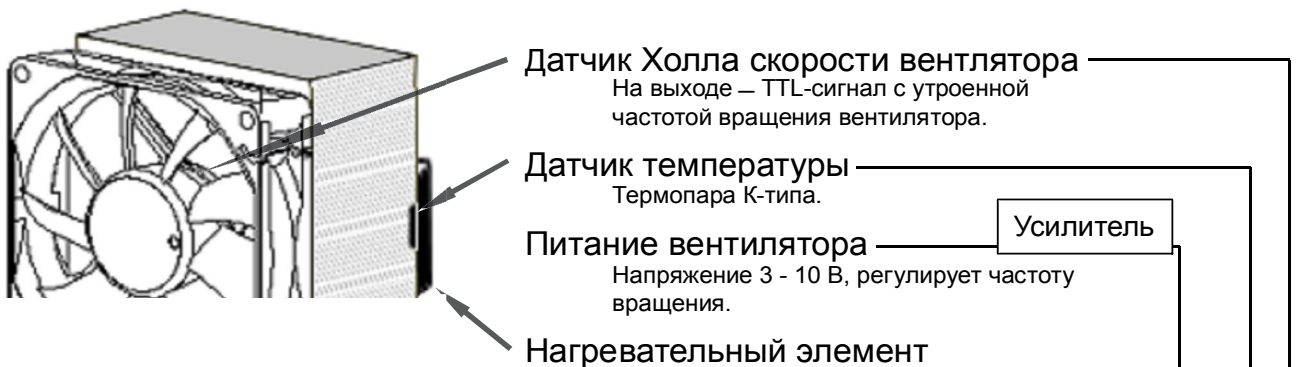
АСУТП относятся к первичной группе задач управления промышленным предприятием. В сегодняшней интерпретации, нижнюю ступень в иерархии управления производством занимает контроллерное оборудование, которое затем объединяется с системами типа SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) или DCS (Distributed Control Systems). Эти системы принадлежат классу HMI (Human-Machine Interface – человек-машинный интерфейс), то есть обеспечивают двустороннюю связь «оператор – оборудование», а также полную интеграцию с другими информационными системами предприятия.

Однако в реальной жизни дело обстоит не так просто. На подавляющем большинстве российских предприятий преобладают «лоскутные» распределенные АСУТП, состоящие из несвязанных между собой подсистем, которые создавались в разное время разными людьми с использованием оборудования различных производителей. Всеобщая, полная и комплексная переделка системы автоматизации обычно долго реализуется и требует слишком больших затрат. Поэтому, при создании и особенно при модификации АСУТП, целесообразно использовать универсальные гибкие программные средства и реконфигурируемые аппаратные решения, обладающие широкими коммуникационными возможностями.

Учитывая вышесказанное наряду с общими структурными соображениями [1], можно сформулировать технические требования к современным подсистемам АСУТП:

- выбор оптимального, с точки зрения эффективности и надежности, удовлетворяющего международным стандартам контроллерного оборудования;
- выбор оптимального, с точки зрения компактности и защищенности от внешних факторов, конструктива, удовлетворяющего международным стандартам.
- обеспечение широкого температурного диапазона работы технических средств локальных систем автоматического управления;

- защита контрольно-измерительных и информационных каналов от внешних воздействий, а также усиление передаваемых сигналов;
- поддержка стандартных каналов обмена технологической информацией между отдельными автоматизированными объектами и централизованной системой управления и контроля;
- возможность обмена данными по информационным каналам в реальном времени;
- обеспечение высокоэффективного человеко-машинного интерфейса в системе визуализации и мониторинга [2];
- эффективное, с точки зрения временных затрат, реконfigurирование, настройка, а также поиск и устранение неисправностей.



В лаборатории-практикуме «Современные системы автоматизации научных исследований» разработана демонстрационная подсистема температурного контроля, удовлетворяющая всем перечисленным требованиям.

Технологическая задача подсистемы – поддерживать заданную оператором температуру среды путем изменения параметров системы охлаждения. Схема установки представлена на рисунке 1. На основе показаний датчика температуры и датчика скорости вращения вентилятора, подсистема должна подать необходимое (для поддержания заданной температуры) напряжение питания на вентилятор.

2. Оборудование

В качестве контролирующего и управляющего устройства использовалась реконfigurируемая контрольно-измерительная система National Instruments

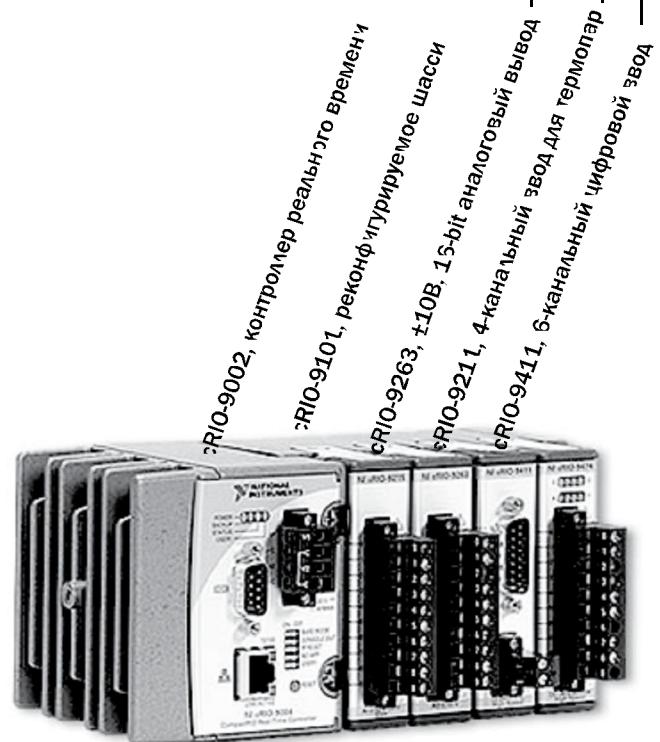


Рис. 1 Схема установки

CompactRIO. Основная масса требований предъявлена именно к ней.

CompactRIO представляет собой надежную и компактную промышленную систему управления и сбора данных, включающую в себя:

- контроллер реального времени на базе промышленного процессора, поддерживающего операции с плавающей точкой. В контроллере используется промышленный процессор класса Pentium с частотой 200 МГц, на котором выполняются приложения LabVIEW Real-Time Module с детерминированным временем исполнения операций. Огромная библиотека функций, поставляемая с LabVIEW, доступна для эффективной разработки собственных многопоточных контрольно-измерительных систем, работающих в режиме жесткого реального времени;
- реконфигурируемое шасси с встроенной ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема) на один миллион логических вентилей. Цепи ПЛИС представляют собой реконфигурируемую вычислительную машину, осуществляющую параллельную обработку данных и исполняющую приложения, созданные с помощью LabVIEW FPGA module, на аппаратном уровне микросхемы. На базе ПЛИС можно разрабатывать свои собственные схемы управления и сбора данных с тактированием и синхронизацией процессов с точностью до 25 нс. ПЛИС соединена со всеми модулями ввода/вывода, установленными в шасси, по топологии звезда, что обеспечивает возможность прямого доступа к каждому из них, и позволяет осуществлять их гибкую и точную синхронизацию;
- большой набор модулей ввода/вывода различного типа, начиная от термодатчиков с диапазоном измерения сигналов ± 80 мВ и заканчивая 250 VAC/VDC универсальными модулями цифрового ввода;

Система CompactRIO разработана для использования в жестких условиях и в ограниченном пространстве. Она может использоваться в диапазоне температур от -40 до $+70$ °С, в потенциально опасном и взрывоопасном окружении (Class I, Div 2) и выдерживают ударные нагрузки до 50 g.

Контроллер реального времени обладает набором стандартных средств коммуникации с другими информационными системами. В обычном режиме взаимодействие контроллера и ПК происходит по Ethernet-соединению (10/100 Мбит/сек). При этом на ПК выполняется клиентская часть приложения LabVIEW Real-Time. Поддержка шины RS-232 (с технологией VISA), TCP/IP, UDP по Ethernet и основных сетевых служб (таких как SMTP E-mail, DataSocket...) предоставляет гораздо более широкие возможности интеграции с внешними системами. Контроллер обладает встроенными WEB и FTP серверами. WEB-сервер позволяют публиковать в сети панельные приложения, исполняемых на контроллере, тем самым реализуя человеко-машинный интерфейс, предоставляющий удаленным пользователям возможность осуществлять мониторинг и управление приложением.

В качестве мобильного варианта человеко-машинного интерфейса и дополнительного универсального средства коммуникации использовался КПК (карманный персональный компьютер) HP iPAQ hx2410, подключаемый по шине RS-232 (COM-порт) к контроллеру CompactRIO. Преимущества этого решения:

- Компактная переносная система визуального отображения информации, подключаемая к CompactRIO по необходимости;

- Интеграция с беспроводными сетями Wi-Fi и Bluetooth с использованием встроенных возможностей КПК;
- Доступность и универсальность оборудования (серийные КПК);
- Высокая эффективность (с точки зрения временных затрат) и относительная простота разработки приложений для КПК с использованием LabVIEW PDA module.

Таким образом, реализовано три варианта человеко-машинного интерфейса (см. рисунок 2)

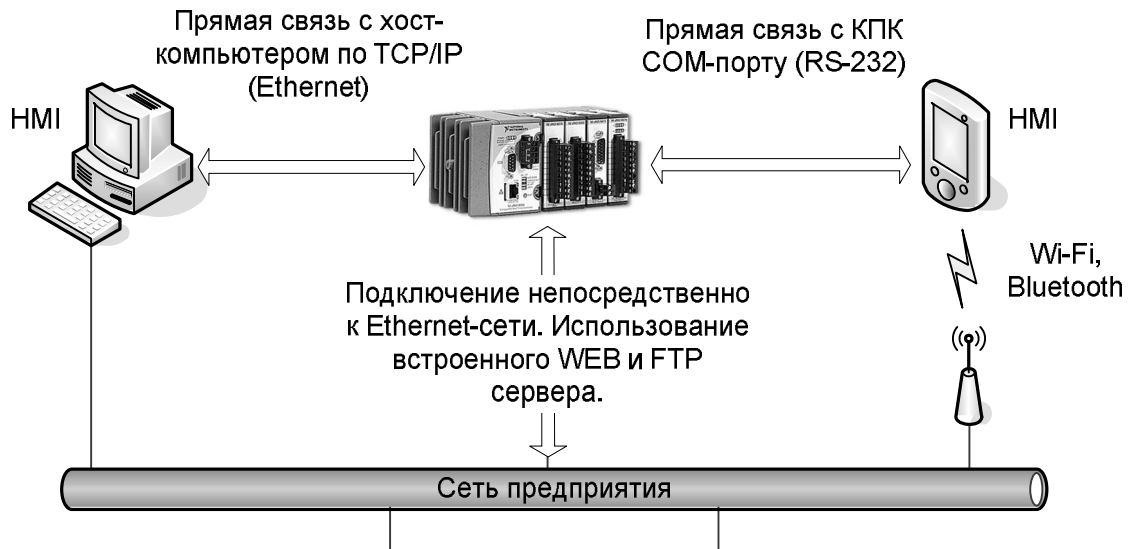


Рис. 2 Три варианта интеграции подсистемы

3. Разработка программного обеспечения

Регулируемый процесс нагревания/охлаждения представляет собой стандартную систему с обратной связью. Один из наиболее распространенных в промышленности алгоритмов управления такими процессами – PID-регулирование (пропорционально-интегриро-дифференциальное регулирование) [3]. Контроллер сравнивает измеренную величину с заданной, на основе их разности, или «ошибки», вычисляется необходимое значение управляемого параметра. Учитывается также история процесса и скорость изменения величины ошибки. Популярность этого алгоритма объясняется его устойчивой производительностью при непостоянных внешних условиях, а также относительной простотой реализации и настройки.

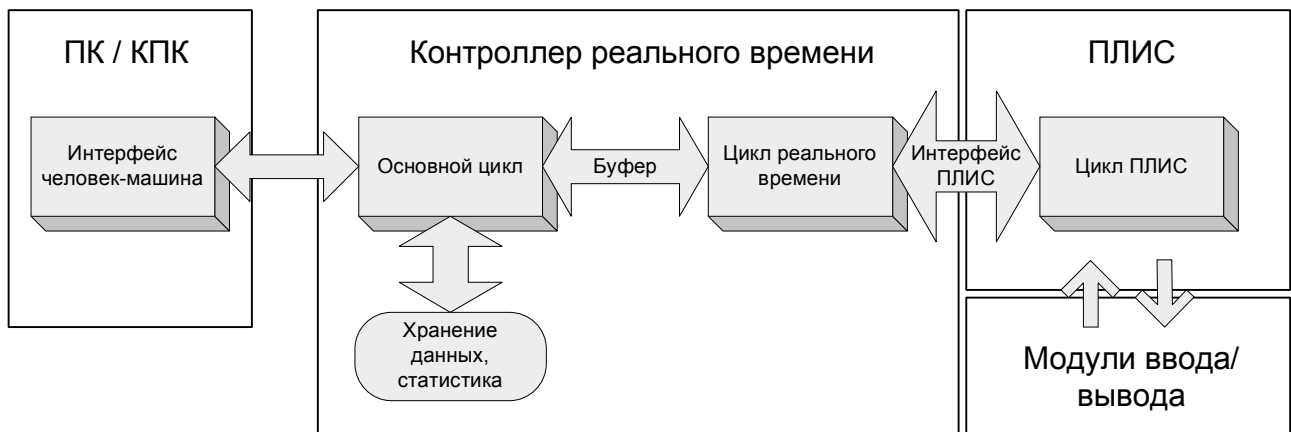


Рис. 3 Программная архитектура подсистемы

Управляющий алгоритм системы температурного контроля организован в *цикле реального времени* (см. рисунок 3) и представляет собой двухэтапное PID-регулирование. Использовалась готовая реализация PID-алгоритмов из пакета NI PID Control Toolset, входящего в состав LabVIEW Real-Time module. На первом этапе контролируемым параметром является температура нагревателя, а управляемым – скорость вращения вентилятора, на втором этапе – скорость вращения вентилятора и напряжение на вентиляторе соответственно (см. рисунок 4).

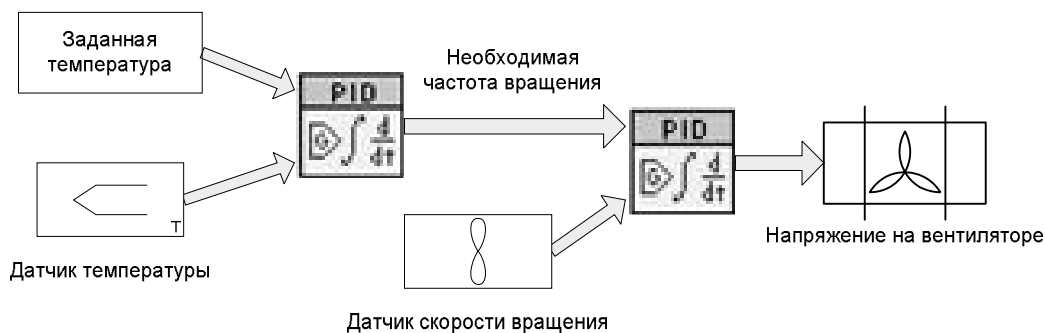


Рис. 4 Схема управляющего алгоритма

В *цикле ПЛИС* реализован параллельный сбор данных с датчиков температуры и скорости вращения, а также вывод управляющего напряжения, которое (через усилитель постоянного тока) питает вентилятор. Показания датчика Холла скорости вращения вентилятора представляют собой цифровой TTL-сигнал с утроенной частотой вращения вентилятора. Измерение этой частоты реализовано в *цикле ПЛИС*, ее значение передается в цикл *реального времени*.

Между *циклом реального времени* и *основным циклом* организован буферизованный обмен данными. *Основной цикл* выполняет следующие функции:

- Организация взаимодействия с человеко-машинными интерфейсами (с КПК по шине RS-232, с ПК по Ethernet с использованием приложения-клиента на ПК, с ПК через WEB-интерфейс);

- Ведение статистики и ее публикация в интерфейсах человек-машина, а также в файлах, доступных по FTP;
- Предоставляет возможность быстрой и эффективной модификации интерфейсной части приложения, не затрагивая управляющую часть (*цикл ПЛИС* и *цикл реального времени*).

Приложение-клиент для КПК разработано с помощью LabVIEW PDA Module, с использованием высокоуровневых функций для работы с шиной RS-232, Wi-Fi и Bluetooth, поставляемых с LabVIEW.

4. Вывод

Разработанная подсистема температурного контроля АСУТП лишь поверхностно демонстрирует преимущества использованного оборудования и программного обеспечения. Тем не менее уже очевидно, что контрольно-измерительная система NI CompactRIO совместно со средой разработки NI LabVIEW, удовлетворяет требованиям широчайшего круга промышленных задач и обладает огромными возможностями интеграции.

Литература

1. В.С. Громов, А.В. Покутный Р.Л. Вишнепольский, В.Н. Тимофеев «Интегрированные системы автоматизации для отраслевых применений», Мир компьютерной автоматизации, 3/2001
2. Кристофер Уильсон, «Разработка графических динамических пользовательских интерфейсов для АСУТП», Real-Time Magazine, 4/95
3. Graham C. Goodwin, Stefan F. Graebe, Mario E. Salgado "Classical PID Control", Control System Design, Prentice Hall PTR