

# Программно-аппаратный комплекс для физических измерений

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В статье описан многоканальный программно-аппаратный комплекс физических измерений, предназначенный для научных установок и лабораторных стендов. Приведено описание аппаратных решений и применённого оборудования.

## ВВЕДЕНИЕ

Процессы автоматизации с применением современной контрольно-измерительной и вычислительной техники, идущие на научно-произ-

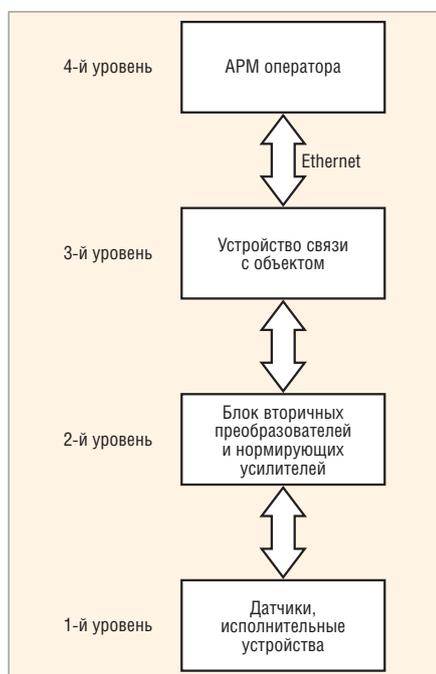


Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса



Рис. 2. Шкаф вторичных преобразователей и весовых терминалов

водственных фирмах, выходят на более высокий качественный уровень, предъявляющий всё более жёсткие требования к стендам и установкам, на которых проводятся научные исследования. Современную научно-техническую базу невозможно представить без высокого уровня автоматизации, уменьшающего влияние человеческого фактора и позволяющего поднять проведение эксперимента на более высокий качественный уровень. Это относится как к прикладной, так и к фундаментальной науке.

Сегодня на рынке средств автоматизации и контрольно-измерительной техники представлен широкий спектр приборов и устройств отечественных и зарубежных фирм: от простых средств автоматизации до комплексных, системных решений; от первичных датчиков и исполнительных устройств до функционально законченных, автоматизированных рабочих мест.

При выборе средств автоматизации для распределённых систем управления, разрабатываемых в научно-производственных предприятиях, на первое место выходит не только соотношение цена/качество, но и сроки поставки, гарантии, сервисное обслуживание и техническая поддержка. Необходимо также, чтобы все комплектующие, используемые в канале измерения, были заказаны у организаций, которые могут поставить откалиброванные приборы с необходимыми нормативными документами (паспорта на комплектующие, сертификаты соответствия, свидетельства о поверке и т.д.).

Автоматизация процесса измерений всегда была актуальной. Проведение различных физических измерений в реальном масштабе времени, сбор, архивирование, фильтрация и

анализ полученной информации – всё это является частью любого физического эксперимента. Однако разработка и изготовление подобных комплексов всегда уникальны, хотя задачи, решаемые ими, в общих чертах ничем не отличаются от задач управления технологическим процессом в промышленности.

## НАЗНАЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА

Программно-аппаратный комплекс (далее комплекс) предназначен для решения задач физических измерений и позволяет измерять температуру, давление (абсолютное и относительное) и механическое усилие. Общее число измерительных каналов может быть доведено до 64, а количество измерительных каналов в каждой физической группе можно изменить.

Для более полного представления о комплексе рассмотрим его применение в лабораторной установке (далее установка), на которой проводились исследования поглощающей способности сорбентов при электрохимической очистке растворов в процессе электролиза, при различных температурных режимах. В таблице приведены технические характеристики измерительных каналов.

## ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКСА

В разработанном комплексе можно выделить четыре уровня (см. рис. 1):

- первичные средства измерения (датчики температуры, датчики силы (тензодатчики) и датчики давления), шаговые двигатели, концевые выключатели;
- вторичные преобразователи, нормирующие усилители, весовые терминалы (шкаф вторичных преобразователей);
- устройство связи с объектом, контроллер узла шины (шинный контроллер) модули аналогового и дискретного ввода (шкаф УСО);
- автоматизированное рабочее место оператора (АРМ оператора).

Конструктивно первичные преобразователи (датчики) могут нахо-

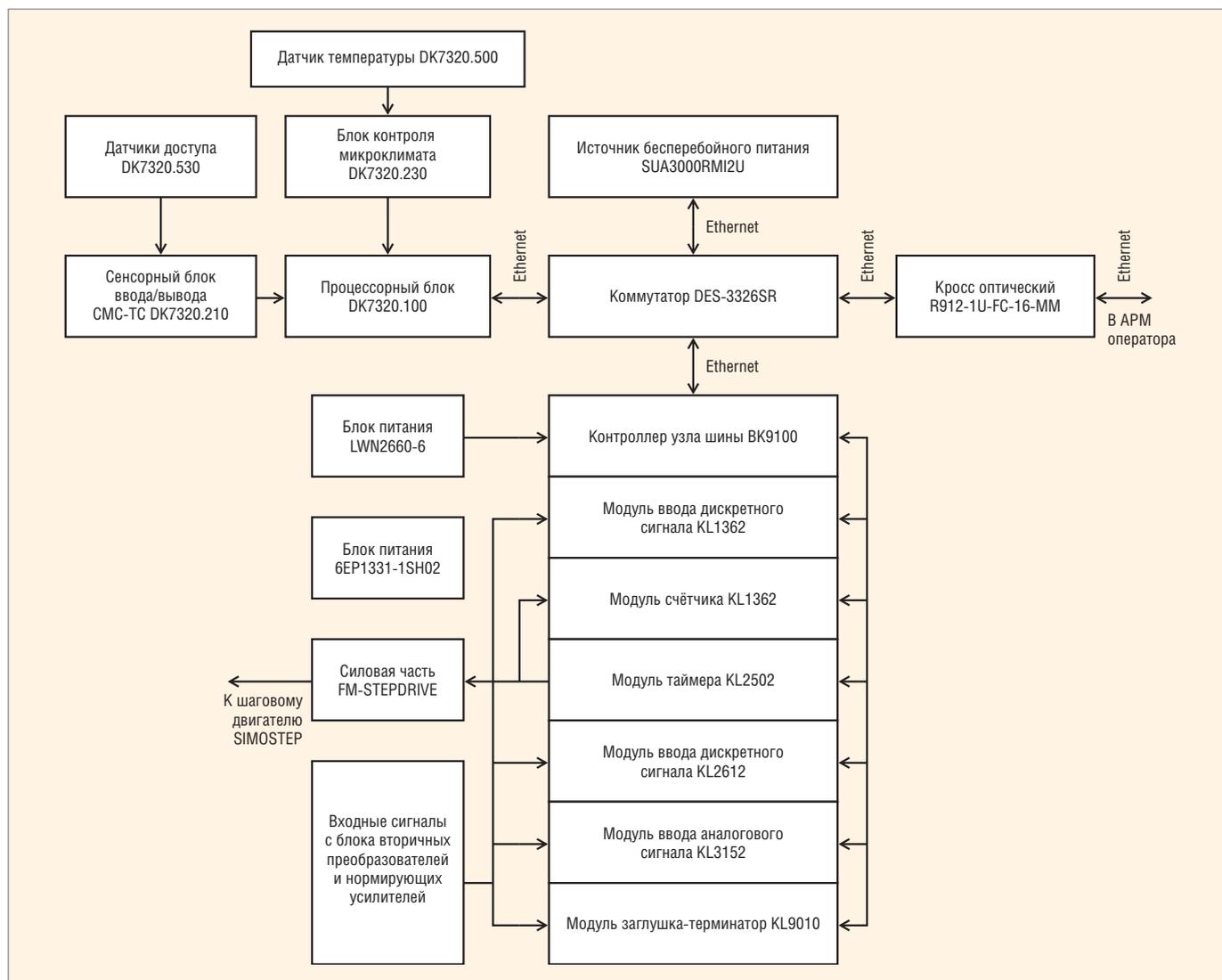


Рис. 3. Функциональная схема шкафа УСО

даться в различных точках исследуемого объекта или в измерительной вставке. В шкафу вторичных преобразователей и весовых терминалов (см. рис. 2) размещены вторичные преобразователи, источники питания и весовые терминалы.

Выходные сигналы всех измерительных каналов представляют собой токовую петлю 4...20 мА. Все измерительные каналы независимы друг от друга и имеют отдельное питание; входные и выходные цепи измерительных каналов должны быть гальванически развязаны.

Каналы измерения температуры и давления построены на базе комплектующих фирмы WIKA, которая предлагает широкий спектр электронных и механических приборов для измерения и контроля температуры и давления, а также всё необходимое оборудование для поверки и калибровки измерительных каналов температуры и давления.

В установке использованы датчики температуры (термопреобразователи сопротивления) типа TR201, TR720, TR603 и нормирующие преобразователи T19.30. Схема подключения в измерительную цепь – трёхпроводная. Номинальная статическая характеристика – Pt100. Каналы измерения абсолютного и относительного давления собраны на базе преобразователей давления типа S-10 и S-11 фирмы WIKA. В состав каждого канала измерения температуры и давления входит источник питания типа A-VA-1.

Каналы измерения дифференциального давления построены на базе датчиков DMD 331 фирмы BDSSENSOR. Датчики включены вместе с источником питания LZS-61V-241 24VDC/1A. Каналы измерения силы построены на базе весовых терминалов ТВ-003/05Д (версия программного обеспечения SC-00X). К весовым терминалам подключаются весоизмерительные датчики типа C2 (S-образный датчик сдвига). Каналы измерения силы были откалиброваны на предприятии-изготовителе.

**Технические характеристики измерительных каналов комплекса**

№ группы каналов	Количество измерительных каналов	Измеряемая величина	Диапазон изменения параметра	Максимальная погрешность измерения
1	4	Температура	0...50°C	±0,5% ВП
1	1	Температура	0...200°C	±0,5% ВП
1	5	Температура	0...600°C	±0,5% ВП
2	10	Абсолютное давление	0...2,5 бар	±0,5% ВП
2	15	Дифференциальное давление	0...1 бар	±0,5% ВП
3	4	Механическое усилие	0...10000 Н	±1% ВП

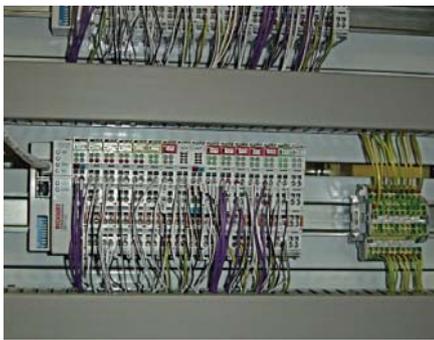


Рис. 4. Модули фирмы Beckhoff в шкафу УСО



Рис. 5. Шкаф УСО

Конструктивно всё оборудование размещено в настенном шкафу SAR83071 фирмы SAREL, где установлены четыре весовых терминала ТВ-003/05Д, 10 нормирующих преобразователей Т19.30, 20 источников питания А-VA-1 и 15 источников питания LZS-61V-241 24VDC/1A.

Функциональная схема шкафа УСО приведена на рисунке 3. Шкаф предназначен для приёма и обработки аналоговых сигналов от шкафа вторичных преобразователей и весовых терминалов и их передачи в виде цифровых сигналов по оптоволоконным линиям связи или по сети Ethernet. Функциональным ядром шкафа УСО являются клеммные модули фирмы Beckhoff (см. рис. 4).

Модули серии BUS Terminal обеспечивают достаточно экономичную организацию шкафов типа УСО. «Набор» или «Станция» состоят из базового контроллера промышленной шины (Bus Coupler) и модулей ввода-вывода. К одному контроллеру шины

можно подключить до 64 модулей ввода-вывода. А при использовании модулей расширения К-bus количество подключаемых модулей возрастает до 255. Модули стыкуются один за другим в произвольной последовательности, образуя прочную наборную конструкцию. Контроллер узла шины выбран типа BK9100. Управление контроллером и сбор информации осуществляются через коммутатор DES-3326SR по каналу Ethernet. Питание контроллера осуществляется от источника питания LWN 2660-6.

Выходной сигнал 4...20 мА каждого измерительного канала с блока вторичных преобразователей поступает на вход модуля ввода аналогового сигнала KL3152. Для коммутации питания (включения реле) в шкафу вторичных преобразователей и весовых терминалов задействованы модули вывода дискретного сигнала KL3152. Концевые выключатели, которые могут быть расположены в измерительной вставке, подключаются к модулям ввода дискретного сигнала KL1362.

Источник бесперебойного питания (ИБП) типа SUA3000RMI2U обеспечивает электропитанием все устройства, входящие в состав шкафа УСО. В случае полного пропадания входного сетевого напряжения, ИБП поддерживает работоспособность шкафа УСО не менее 30 мин. Данный ИБП позволяет корректно завершить процесс измерения параметров при проведении научного эксперимента в случае внезапного отключения внешнего электропитания.

Источник бесперебойного питания оснащён интерфейсом Ethernet, обеспечивающим передачу следующей диагностической информации:

- режим работы ИБП (от сети или от аккумулятора);
- значение выходного напряжения;
- степень заряда аккумулятора;
- время работы аккумулятора при данной подключенной нагрузке;
- частота входного напряжения.

В комплексе предусмотрено управление силовой частью FM-Stepdrive (приводом) фирмы Siemens. Для управления данным приводом в шкафу УСО установлены модуль таймера KL2502 и модуль счётчика KL1362.

В шкафу УСО также расположен мультиконтрольный блок (МКБ), предназначенный для отслеживания состояния дверей, контроля темпера-

туры воздуха внутри шкафа и управления вентилятором для поддержания заданной температуры. МКБ обеспечивает передачу следующей диагностической информации:

- состояние дверей (закрыты или открыты);
- температура внутри шкафа;
- состояние вентилятора (остановлен или работает).

Для защиты от перегрузок по току и перенапряжения в шкафах установлен автомат защиты фирмы Schneider Electric. Внешний вид шкафа УСО показан на рисунке 5.

Поскольку все выходные сигналы шкафа вторичных преобразователей и весовых терминалов имеют токовый выход 4...20 мА, изменение числа каналов в физических группах комплекса сводится к доработке шкафа вторичных преобразователей и весовых терминалов и подключении дополнительных первичных преобразователей (датчиков) к соответствующим измерительным каналам.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Управляющее программное обеспечение для управляющего персонального компьютера, совместимого с IBM PC, разработано в среде Delphi 7 и работает под управлением ОС Windows XP.

Программное обеспечение состоит из четырёх независимых программ:

- программы проверки каналов измерения;
- программы проверки источника бесперебойного питания;
- программы проверки мультиконтрольного блока;
- программы научного эксперимента.

Программа проверки каналов измерения выполняет следующие функции:

- управление контроллером BK9100;
- считывание аналоговых сигналов с первичных преобразователей (датчиков), их преобразование в соответствующие величины и вывод на экран;
- контроль обрыва электрических цепей;
- контроль короткого замыкания электрических цепей;
- включение/выключение шкафа вторичных преобразователей и весовых терминалов.

При появлении неисправностей программа проверки каналов измерения выводит информацию о проблемах на экран.

Главная экранная форма программы проверки каналов измерения представлена на рисунке 6.

Программа проверки источника бесперебойного питания позволяет контролировать степень заряда аккумуляторных батарей, входное и выходное напряжение, мощность потребления, оставшееся время работы в автономном режиме при незапланированном отключении входного напряжения и общую работоспособность.

Программа проверки мультиконтрольного блока отображает температуру в шкафу УСО, работоспособность вентиляторов и контролирует состояние дверей (открыто, закрыто). В программу встроены три теста работоспособности мультиконтрольного блока. ПО позволяет в короткие сроки проверить работоспособность шкафа УСО и устранить возникшие в процессе отладки неисправности.

Программа научного эксперимента выполняет следующие функции:

- сбор, фильтрацию и отображение результатов измерения в графическом виде;



Рис. 6. Экранная форма программы проверки каналов измерения

- цветовую сигнализацию оператору (выделение красным цветом) в случае сбоя по какому-либо каналу либо в случае отклонения измеряемой величины от допустимого значения;
- фиксирование текущих показаний датчиков при проведении эксперимента, а также архивирование полученных результатов.

В целом программно-аппаратный комплекс представляет собой функционально законченную систему.

Комплекс показал хорошие эксплуатационные характеристики и позволил повысить точность и надёжность измерения физических параметров в научных установках и лабораторных стендах при проведении физических экспериментов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.wika.ru>.
2. <http://www.promimport.ru>.
3. <http://www.tenso-m.ru>.
4. <http://www.beckhoff.ru>.

