

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**РЕФЕРАТ
ДЛЯ УНИВЕРСИАДЫ "ЛОМОНОСОВ"**

**ПО ТЕМЕ
МЕДЛЕННЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ
МЮОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДЕТЕКТОРОВ
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**

Выполнил студент 413 группы Грибков Д.Ю.
Научный руководитель: Чепурнов А.С.

Москва, 2020.

Основной инструмент исследований в физике высоких энергий на встречных пучках — 4л-детекторы, имеющие слоистую структуру. Примером служит работавший на Большом электрон-позитронном коллайдере (LEP) детектор DELPHI [1] (**DE**tector with **L**epton, **P**hoton and **H**adron **I**dentification). Целью его работы было высокоточное определение частиц, рождающихся в e^+e^- столкновениях. LEP проработал с 1989 по 2000 год, а сейчас его кольцевой туннель служит для Большого адронного коллайдера (LHC).

LHC начал свою работу в 2008 году, с тех пор провел два сеанса работы, а в данный момент остановлен для модернизации к третьему сеансу. На LHC находится детектор CMS (**C**ompact **M**uon **S**olenoid) [2], который имеет схожую конструкцию с DELPHI. Эти детекторы имеют цилиндрическую форму и концентрическую структуру. Они включают в себя следующие функциональные блоки: ближайший к пучку внутренний трековый детектор, необходимый для точного определения вершины, электромагнитный калориметр, адронный калориметр и внешнюю часть детектора — мюонная подсистема. Мюоны из всех рождаемых при столкновении частиц имеют максимальный пробег в веществе, не считая нейтрино, поэтому детектирующая их подсистема расположена после всех слоев детектора. Мюонная подсистема в этих детекторах сделана слоистой — газовые детекторы перемежаются слоями железа, которые замыкают магнитное поле от сверхпроводящих магнитов.

Любой детектор в физике высоких энергий — большой и сверхсложный объект. Детектор CMS, например, 21 метр в длину и 15 метров в диаметре, а масса его при этом составляет 14 000 тонн. Работу детектора обеспечивают три основные системы: система сбора данных система синхронизации и система медленного контроля. У каждого детектора в физике высоких энергий есть медленно меняющиеся параметры, которые необходимо контролировать во время его работы. У мюонной подсистемы такими параметрами являются высокое и низкое напряжение питания, температура и давление газа в газоразрядных трубках.

Система медленного контроля делится на три логических уровня: нижний уровень — непосредственно датчики и устройства ввода-вывода, средний уровень — программируемые логические контроллеры и верхний уровень — сбор и хранение данных, диспетчеризация и человеко-машинный интерфейс (Рис. 1). Все эти уровни объединяются в сеть с помощью полевых шин, например RS-485 с протоколом Modbus RTU, Profibus или CAN-bus с протоколом CANopen. На верхнем уровне используется специальное ПО для диспетчеризации SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), которое обеспечивает сбор, управление и хранение данных в реальном времени.

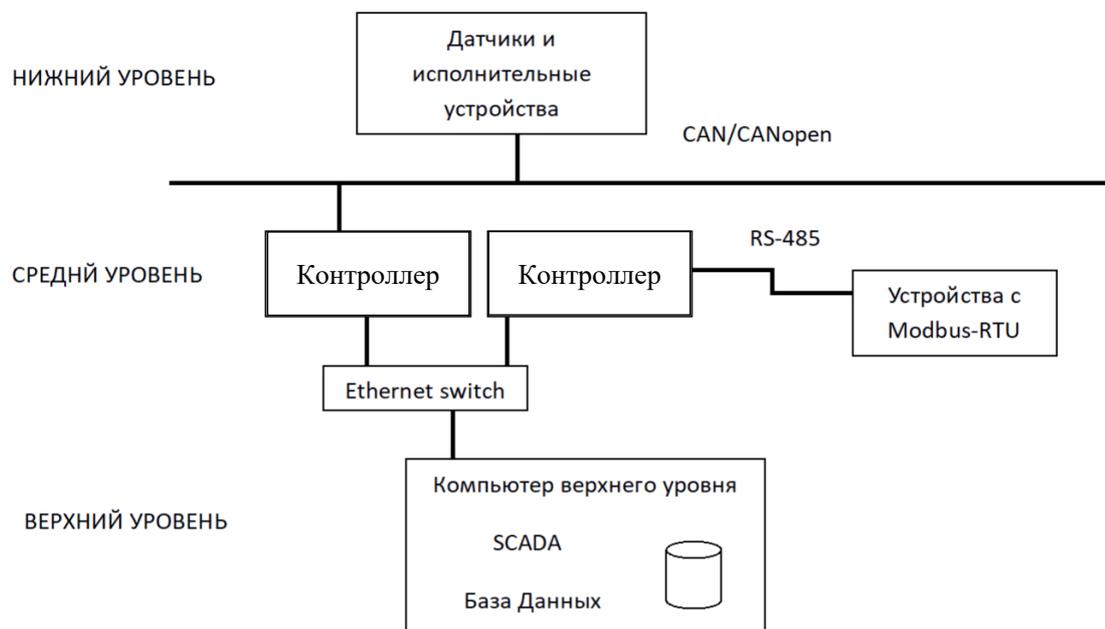


Рис. 1. Трёхуровневая система медленного контроля.

В детекторе CMS для контроля медленно меняющихся параметров мюонной подсистемы используется коммерческое оборудование фирмы CAEN, а на верхнем уровне — промышленная SCADA WinCC OA (ранее называемая PVSS), выпускаемая Siemens. [3]

В данный момент на базе лаборатории физики высоких энергий (ЛФВЭ) Объединенного Института Ядерных Исследований (ОИЯИ) с 2013 года идет строительство коллайдера протонов и тяжелых ионов NICA. Целью работы коллайдера является исследование барионной материи, а также кварк-глюонной плазмы. На коллайдере будут работать два детектора — детекторы MPD (Multi-Purpose Detector) и SPD (Spin Physics Detector). Детектор SPD будет изучать спин частиц при столкновении пучков ядер легких элементов. [4] НИИЯФ МГУ активно участвует в этом проекте, разрабатывает систему медленного контроля для мюонной подсистемы детектора SPD.

Структура мюонной подсистемы детектора SPD похожа на описываемую выше, а в данный момент испытывается прототип (Рис. 2), для которого необходимо спроектировать систему медленного контроля. Эта система должна удовлетворять следующим требованиям: надёжность, современность, масштабируемость, а также консистентность данных.

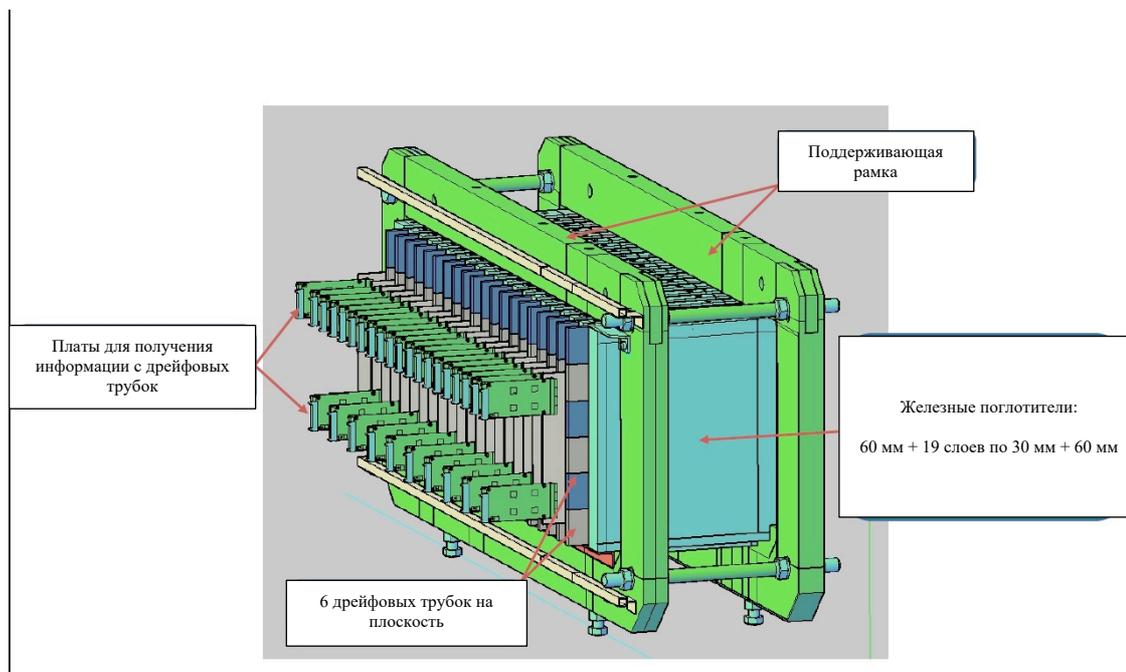


Рис. 2. 3D модель прототипа мюонной подсистемы детектора SPD.

В качестве полевой шины была выбрана промышленная шина CAN-bus с протоколом CANopen, так как она обеспечивает синхронную последовательную передачу, возможность работы в реальном времени, высокую помехоустойчивость и надежный контроль ошибок.

В качестве SCADA-системы для управления оборудованием прототипа мюонной системы рассматривались две некоммерческие системы EPICS и Tango Controls и одна коммерческая система - WinCC OA от Siemens. Несмотря на широкое распространение в системах управления большими экспериментальными установками и ускорителями, система EPICS больше не поддерживается.

Tango Controls [5] не является готовым решением, а лишь определяет протокол связи, интерфейс прикладных программ (API) и предоставляет набор инструментов и библиотек для создания ПО для систем управления на различных языках программирования (C++, Python, JAVA). Логика системы построена вокруг программной концепции устройств и классов устройств, которым в соответствие ставятся физические устройства. Это уникальная особенность Tango Controls, отличающая ее от других программ SCADA, которые обычно рассматривают систему управления как набор сигналов и считывание/запись значений. Устройства создаются серверами устройств. Серверы устройств - это объекты, реализующие набор классов устройств. Классы устройств отвечают за преобразование аппаратных протоколов связи в коммуникацию Tango Controls.

Система графического интерфейса, аварийной ситуации, контроля доступа и прочее реализовано с помощью языка Python. Решение для архивации событий предлагается коллаборацией Tango Controls — система HDB++.[6]

WinCC OA [7] является коммерческой SCADA-системой, поэтому находится куда ближе к «коробочному» решению, чем Tango Controls. Представляет своего рода конструктор, который позволяет как использовать наработки Siemens, так и придумывать и воплощать собственные решения на языке C. Активно используется в экспериментах CERN на LHC.

Система позволяет распараллелить процессы (каждый процесс в системе называется менеджером), запустив их на разных компьютерах с разными ОС, которые связаны с собой по протоколу TCP.

WinCC OA имеет следующую структуру: главный менеджер (процесс) называется Event Manager (EV), он занимается управлением всех остальных менеджеров, а также следит за происходящими событиями, представляет собой ядро системы. Устанавливает связи между Драйверами (менеджеры непосредственных устройств, с которых снимаются/передаются данные), базой данных (менеджер DB), графическим интерфейсом пользователя (менеджер UI), а также менеджерами сценариев (менеджер CTRL) и прочими. Каждый из этих менеджеров может быть запущен на разном ПК, которые вообще могут находиться в разных местах.

Первым шагом в работе по созданию системы медленного контроля прототипа мюонной системы является реализация макета системы контроля газовой подсистемы (Рис. 3). Газовая система обеспечивает стабильное наполнение газовых детекторов смесью аргона и углекислого газа. Газы из двух баллонов поступают в буферный объём с помощью регуляторов расхода R1 и R2, где перемешиваются и попадают непосредственно в детектор. Электромагнитные клапаны (V1-V5) и датчики давления (M1-M4) помогают автоматизировать этот процесс. Также, для безопасности используются датчики кислорода в атмосфере (C2).

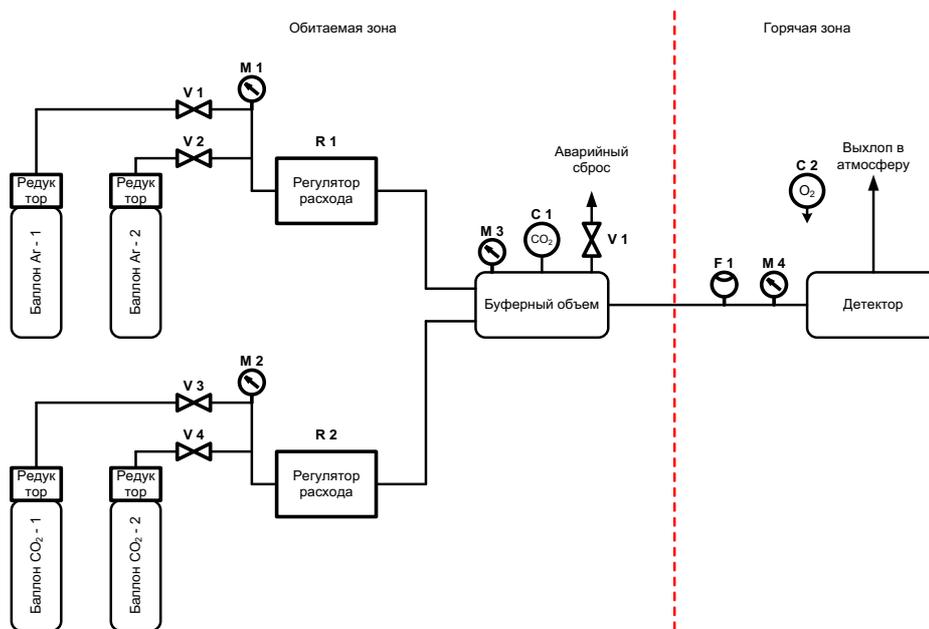


Рис. 3. Газовая подсистема прототипа мюонной системы.

Результатом работы является разработка системы медленного контроля прототипа мюонной системы, запуск двух параллельных систем верхнего уровня (Tango Controls и WinCC OA), а также разработка макетного стенда газовой подсистемы. На этом стенде будут проведены проверки работы верхнеуровневых систем для сравнения их между собой, чтобы выбрать наилучшее решение.

Разработка системы медленного контроля для прототипа мюонной системы имеет большую практическую значимость для будущей разработки системы медленного контроля непосредственно мюонной системы детектора SPD, а также для любых других будущих детекторов, которые будут разработаны в ОИЯИ и НИИЯФ МГУ.

Литература:

1. Heuser, J.M.: Construction, Operation and Application of the DELPHI Pixel Detector at LEP2, Dissertation at Bergische Universität-Gesamthochschule Wuppertal, WUB-DIS 99-1
2. CMS Collaboration, «CMS Physics : Technical Design Report Volume 1: Detector Performance and Software», Geneva : CERN, 2006. - 521 p.
3. CMS Collaboration, «The CMS experiment at the CERN LHC», J.Instrum. 3 (2008) S08004
4. I. Savin, A. Efremov, D. Peshekhonov, A. Kovalenko, O. Teryaev, O. Shevchenko, A. Nagajcev, A. Guskov, V. Kukhtin and N. Toplilin, «Spin Physics Experiments at NICA-SPD with polarized proton and deuteron beams», EPJ Web of Conferences, 85 (2015) 02039
5. TANGO Controls: <http://www.tango-controls.org>

6. R. Bourtembourg et al. «HDB++: a new archiving system for Tango" WED3O04, Proceedings of ICALEPCS'15, Melbourne, Australia (2015).

7. Siemens WinCC OA: <https://www.winccoa.com>