

*Отдел Радиоэлектроники
2015-2016
Отчёт и Планы*

В.Л. Головцов
Научная Сессия Отделения Физики Высоких Энергий
ФГБУ «ПИЯФ»
23.12. 2015

Отдел радиоэлектроники 2015- 2016 . Перечень работ

№	Название системы	Проект	Функции	Состояние 2015 <u>План 2016</u>
1	Процессор Поиска Треков (ППТ) Мюонной Системы Супердетектора КМС	Модернизация L1 Мюонного Триггера при номинальной светимости БАК $1 \cdot 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$	Отбор мюонных треков по их качеству в заданной области Мюонной Системы КМС	Стенд на базе стандарта с микроархитектурой для телекоммуникационных вычислений (MicroTCA), Лабораторные образцы ППТ *** <u>Экспериментальные образцы ППТ</u>
2	Система Распределения Высоковольтного Питания HVDS 3200	Установка R3B – NeuLAND широкоапертурный нейтронный спектрометр	Распределение высоковольтного питания на фотоумножители	Выпуск серии на 1000 каналов <u>Поставка серии 1000 каналов в GSI,</u> <u>выпуск серии 2000 каналов</u>
3	CROS3-N (CROS3 Система Считывания МодельN)	Эксперименты Нейтрино-4 и Polfusion	Оцифровка аналоговых сигналов детекторов. Сбор данных в самозапуске или по внешнему сигналу	Разработка и внедрение системы <u>Сбор данных в экспериментах, развитие системы</u>
4	Система Высоковольтного Питания (ВВП) для Мюонных Камер с Газовым Электронным Умножением (ГЭУ)	Модернизация L2 Мюонной Системы при высокой интенсивности БАК $5 \cdot 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$	Распределение высоковольтного питания на электроды мюонных камер с ГЭУ	Лабораторные образцы системы ВВП *** <u>Экспериментальные образцы системы ВВП</u>

*** - Результаты работы получены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения проекта, реализуемого по Соглашению от 17 октября 2014 г. № 14.610.21.0004, идентификатор ПНИЭР RFMEFI61014X0004.

Особенности модернизации L1 Мюонного Триггера

Причины модернизации

- Увеличение светимости БАК вплоть до $\sim 2 \cdot 10^{34} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$, при этом количество наложений данных (pile-up) может возрасти до 50.
- Ожидаемое увеличение интенсивности на входе L1- триггера ~ 6 раз

Задача модернизации

Сокращение интенсивности L1-триггера без существенной потери эффективности

Следствия

1. Стандартизация и гибкость технологического обеспечения

- Новый стандарт электроники с микроархитектурой для телекоммуникационных вычислений - MicroTCA (Micro Telecommunication Computing Architecture).
- Применение развитых FPGA (ПЛИС), мощность которых позволяет применять сложные реконфигурируемые алгоритмы и высокоскоростные последовательные каналы ввода-вывода.
- Применение современных высокоскоростных оптических каналов связи.

2. Развитие алгоритмов триггерной обработки данных

- Параллельные структуры обработки данных трех мюонных детекторов на уровне процессоров поиска треков.
- Выделение зоны перекрытия торцевой и центральной мюонных систем КМС для параллельной триггерной обработки данных.

Стратегия модернизации L1 Мюонного Триггера



Реализованный Мюонный триггер

Модернизируемый Мюонный триггер

КСК - Катодные стриповые камеры, ДК - дрейфовые камеры, КРП - Камеры с резистивными пластинами
 ТМС - Торцевая мюонная система, ЦМС - Центральная мюонная система,
 ЛТ - Логика треков, ЛТМ - Логика трековых моделей

Философия реализованного триггера имеет некоторую избыточность – три независимых мюонных системы, объединяемые на уровне глобального триггера.

В модернизированном триггере объединение производится ранее - на уровне процессоров поиска треков (ППТ), где предполагается более качественный отбор треков по информации всех трех систем. Введен отдельный ППТ для зоны перекрытия (ПРК)

Создание стенда на базе MicroTCA



Шасси Vadatech VT892



Характеристики системного шасси VT892 :

- Первичный блок питания мощностью 1000 Вт.
- Установочные места для 12 модулей AMC двойной ширины, 2 контроллеров, 2 вторичных источников питания.
- Интеллектуальный интерфейс IPMI для управления энергопотреблением модулей шасси и/или их отдельных узлов и других сервисных функций.
- Объединительная панель VT892-123-000-000, связь точка-точка



Контроллер MCH



Характеристики системного контроллера MCH тип UTC002-110-101-080 :

- Обеспечение связи рабочей станции стенда со всеми съёмными блоками шасси, используя доступ либо по сети Ethernet, либо по интерфейсу PCIe непосредственно от рабочей станции через соответствующие адаптеры.
- Выполнение функций менеджера объединительной панели и менеджера системного шасси



Вторичный
Источник Питания



Характеристики вторичного источника питания тип UTC010-200-000-010 :

- Полезная мощность 700 Вт.
- Преобразование выходного напряжения -48 В первичного блока питания в -12 В и + 3.3 В, требуемые для питания модулей системного шасси.

+ Рабочая Станция

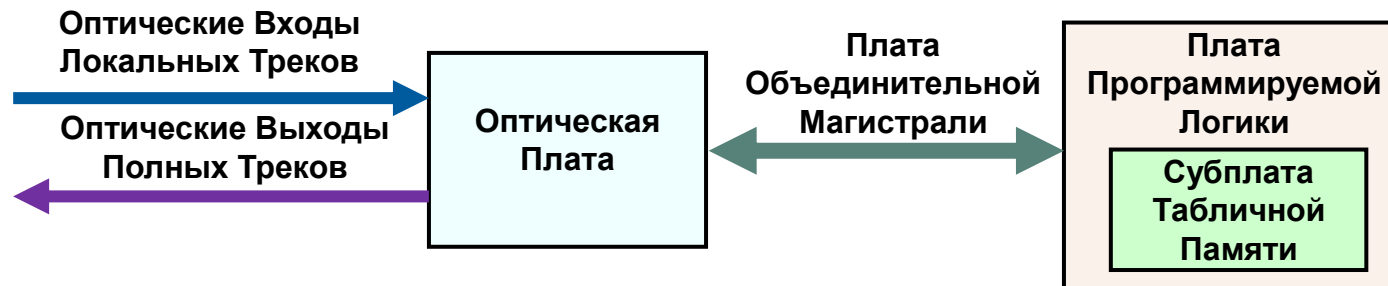


Характеристики рабочей станции :

- Операционная системы LINUX + необходимое программное обеспечение.
- Материнская плата ASUS p9X79w PCI-E 3.0 16X.
- Процессор Intel Core i7-3820 Sandy Bridge-E, 3.6 ГГц, 4 ядра.
- Жесткий диск HDD 1ТБ, Hitachi Deskstar 7K1000.D 3.5ю
- Видеокарта Gigabyte GV-N520D3-1GI.
- Монитор BenQ G2320HDB, диагональ 23" TFN TN, разрешение 1920x1080.

Сумма затрат на оборудование стенда - 1.2 млн. руб.

Структура и выбор элементной базы лабораторного образца ППТ



Структура лабораторного образца ППТ

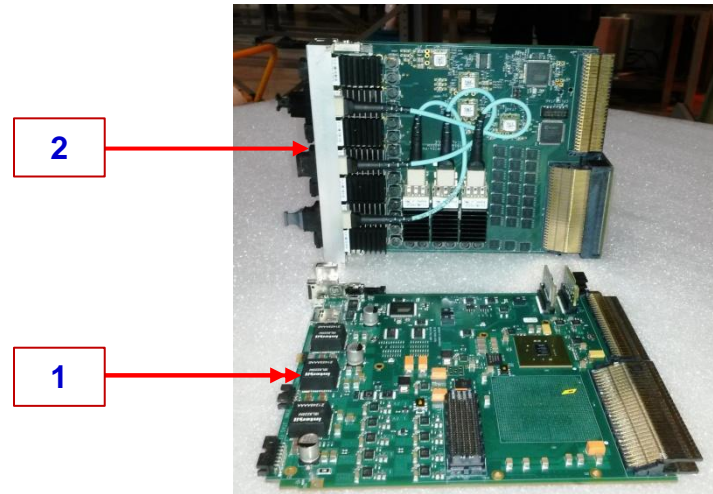
Сравнительные характеристики основных элементов Реализованного ППТ и модернизируемого ППТ

№	Параметр	Реализованный ППТ	Модернизируемый ППТ
1	Число входных оптических каналов/ Скорость передачи	15 / 2 Гб/с	80/ 10 Гб/с
2	Серия ПЛИС (FPGA), Основные параметры	Xilinx Virtex 5 Логических ячеек - 12 тыс. DSP Процессоров - 128 Память - 7 Мб Трансиверов - 16/ 3.6 Гб/с Входов/выходов - 680	Xilinx Virtex 7 Логических ячеек - 700 тыс. DSP Процессоров - 3.6 тыс Память - 52 Мб Трансиверов - 80/ 13 Гб/с Входов/выходов - 1 тыс
3	Число адресных бит табличной памяти для ассигнования изгибающего момента P_T	22	30
4	Стандарт	9U VME	MicroTCA

Создание лабораторных образцов ППТ



Лабораторный образец ППТ



Платы Лабораторного Образца ППТ :
1 - Плата Программируемой Логики
2 - Оптическая Плата

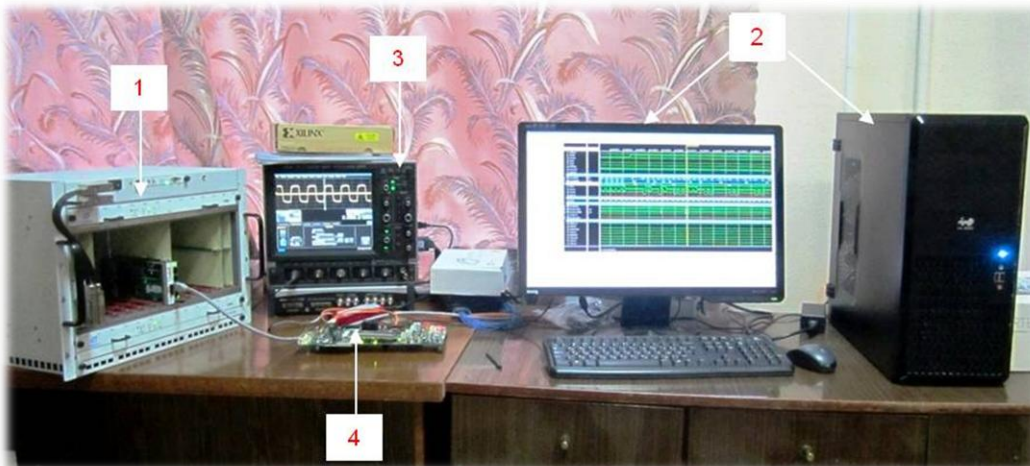
Плата Программируемой Логики :

- Virtex-7 XC7VX690T FPGA (ПЛИС)
- LUT на мезонинной карте с адресным пространством 30 бит

Оптическая Плата :

- 7 12-канальных оптических приемников Avago AFBR-820BEZ
 - 3 12-канальных оптических трансмиттера Avago AFBR-810BEZ
- Всего обеспечивается 80 оптических входов и 28 оптических выходов со скоростными характеристиками 10 Гб/с

Исследовательские испытания лабораторных образцов ППТ



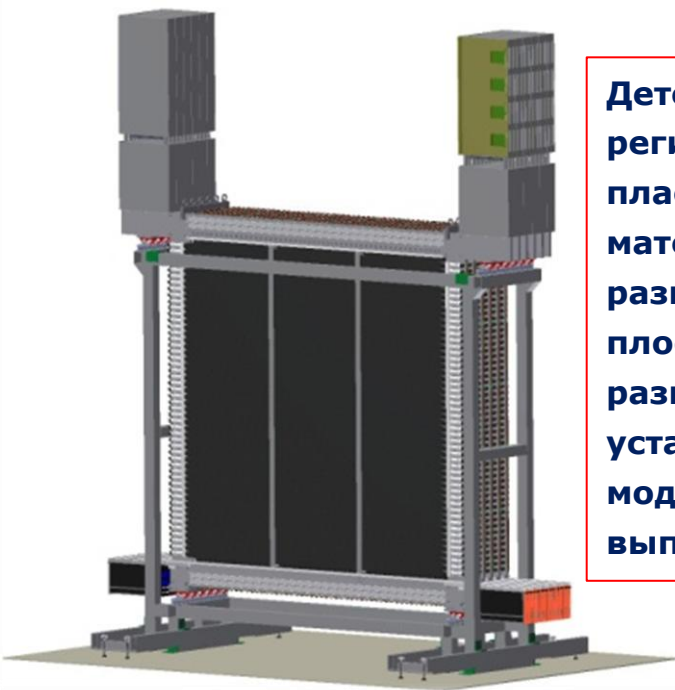
- 1 - Шасси MicroTCA с объединительной платой, контроллером и источником питания.
- 2 – Рабочая станция.
- 3 – Цифровой осциллограф.
- 4 - Исследуемая плата

Стенд проверки лабораторных образцов ППТ

Исследовательские испытания лабораторных образцов ППТ проводились в соответствии с Программой и Методиками испытаний, разработанными и утвержденными на этапе 2 выполнения данной работы. Пункты испытаний и соответствующих им методик включают проверку технической и конструкторской документации, проверку платы программируемой логики, объединительной платы, табличной памяти, оптической платы. Кроме того осуществлялась проверка функциональности с использованием загружаемых трековых моделей. В итоге делается вывод о соответствии характеристик исследуемых лабораторных образцов ППТ пунктам программы, методик испытаний и технического задания. В дальнейшем при разработке, создании и исследованиях экспериментальных образцов ППТ потребуются реальные трековые модели, регистрируемые мюонной системой КМС на пучке повышенной интенсивности БАК.

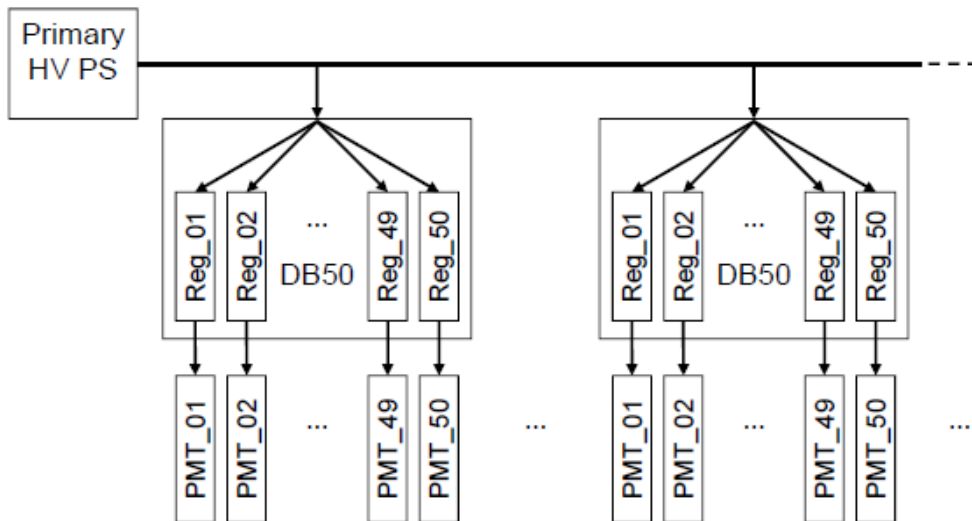
Система распределения высоковольтного питания HVDS3200

Многоканальная система HVDS3200 обеспечивает распределение высоковольтного питания для 3200 фотоумножителей (PMTs) нейтронного времяпролетного спектрометра NeuLAND с индивидуальным понижающим регулированием напряжения и особенностями мониторингования значений напряжения и тока для каждого отдельного канала. Две такие системы должны обеспечить 6000 будущих PMTs детектора NeuLAND. Работа производится в рамках Соглашения о сотрудничестве между FAIR GmbH и ФГБУ «ПИЯФ». Этап 2015 - производство серии 1000 каналов HVDS.



Детектор NeuLAND показывает высокую эффективность регистрации за счет применения высоко гранулированных пластмассовых сцинтилляторов и отсутствия нечувствительного материала конвертера. Детектор состоит из 3000 модулей размером $5 \times 5 \times 250 \text{ см}^3$, объединенных в 30 сдвоенных плоскостей по 100 модулей каждая, $\times 250$ см активный лицевой размер 250 см^2 и полную глубину 3 м. В эксперименте R3B установка NeuLAND будет состоять из двух детекторов по 3000 модулей, разнесенных на различное расстояние от мишени для выполнения специфических условий программы эксперимента.

Структура и характеристики системы HVDS3200



Структура системы

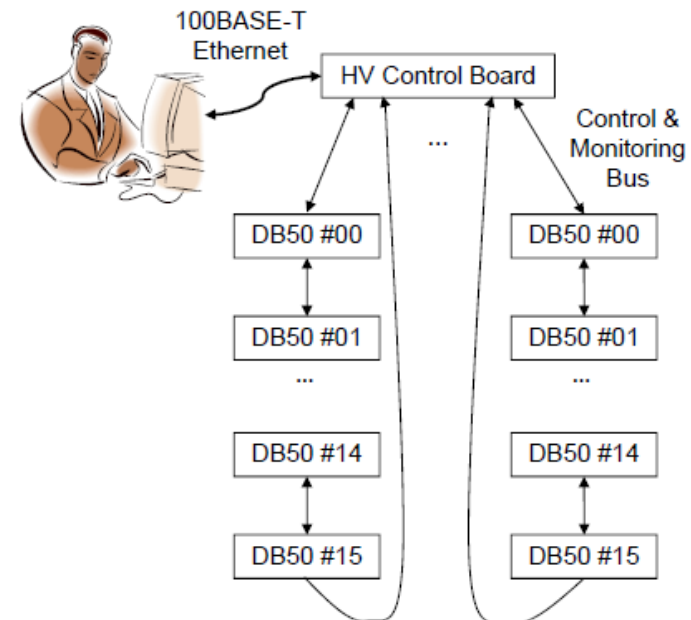


Схема управления системой

Система состоит из двух модулей:

1. DB50 (Distribution Board 50) - 50-канальный распределитель высоковольтного питания.
2. HV Control Board (HVCB) - модуль управления системой.

Система использует Головной источник высоковольтного питания (Primary HV PS), параметры которого по напряжению и току соответствуют данному числу каналов.

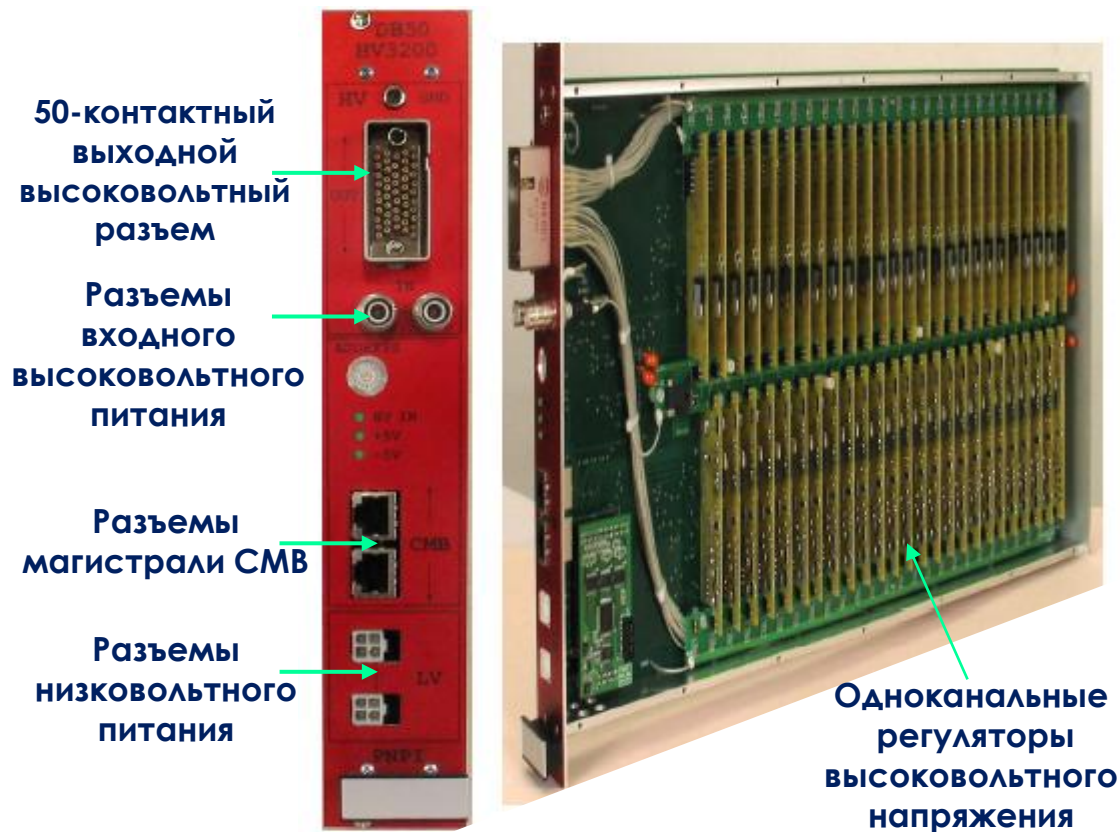
Характеристики PMT Hamamatsu R8619:

- Напряжение анод- катод (max) 1500 В
- Средний ток анода(max) 0.1 мА
- Максимальный ток делителя при 1500 В 0.4 мА

В каждом канале HVDS3200:

- Регулировка напряжения 0...1500 В; 0,1%
- Максимальный ток 0,5 мА
- Мониторирование тока 0,1%
- Мониторирование напряжения 0,1%
- Стабильность (за 24 часа) 0,1%

Модули системы HVDS3200



Система HVDS3200: итоги 2015 , планы 2016



Facility for Antiproton
and Ion Research
in Europe GmbH



В течение 2015 года осуществлялось производство серии в 1000 каналов системы. Поставка серии (20 модулей DB50) намечена на февраль 2016 г. Осуществлялось обслуживание пресерии в 200 каналов системы, поставленной в GSI в декабре 2014 года для работы с прототипом детектора NeuLAND

Разработка - 2015 программного обеспечения (ПО) системы:

- Штатное EPICS IOC ПО для FAIR/GSI
- ПО для калибровки под Windows XP
- Платформонезависимое ПО (Python) для калибровки и мониторинга

В течение 2016 года будут проводиться работы по производству серии системы в 2000 каналов
Будут продолжены работы по созданию программного обеспечения системы.

Применение мюонных камер с ГЭУ в детекторе КМС

В настоящее время область значений псевдобыстрот $2.4 > |\eta| > 1.6$ КМС не имеет резервирования детекторами с высоким временным и пространственным разрешением. Приемлемым решением проблемы является создание и применение детектора запуска регистрации мюонов в ТМС на основе камер с газовым электронным умножением (ГЭУ). Это должно повысить эффективность работы модернизированной мюонной системы КМС при высокой светимости пучков БАК - $5 \times 10^{34} \text{ см}^2\text{с}^{-1}$. Элементом задела данного направления работы является система высоковольтного питания (ВВП) для мюонных камер с ГЭУ. На данном этапе исследуются созданные лабораторные образцы системы ВВП.

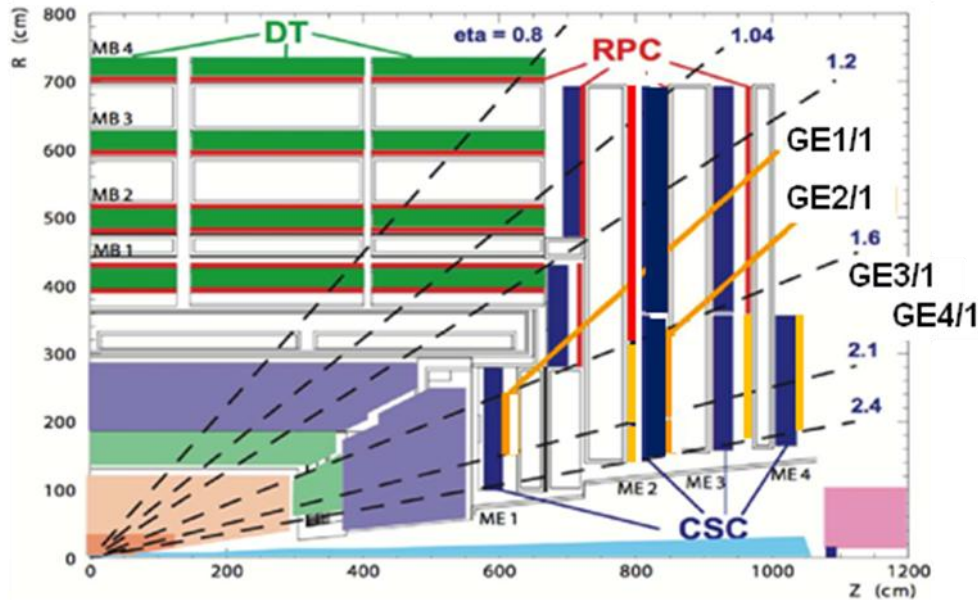


Рисунок показывает планируемое размещение мюонных камер с ГЭУ (GE1/1, GE2/1, GE3/1, GE4/1), резервирующих мюонные камеры КСК (CSC) станций ME1÷ME4 в диапазоне псевдобыстрот $2.4 > |\eta| > 1.6$.

Основные технические требования на камеры с трехкаскадным ГЭУ:

- Номиналы напряжений -3760V, -2860V, -2410V, -2060V, -1620V, -920V -500V
- Разрешение установки напряжения - 1В
- Максимальный ток в канале 100 мкА
- Разрешение измерения тока 100 нА

Разработка лабораторного образца системы ВВП мюонных камер с ГЭУ

Напряжения на электроды трехкаскадного ГЭУ подаются с активного высоковольтного делителя, разработанного в ФГБУ «ПИЯФ». Данная разработка представляет собой высокоомный резистивный делитель, в котором питание электродов отдельных ГЭУ подается через каскады (повторители) на полевых или биполярных транзисторах. Характерной особенностью такого схемотехнического решения являются низкое начальное потребление тока (около 50 мкА) и независимость напряжений на электродах ГЭУ от загрузки камер ионизирующими частицами.

Блок питания камеры с ГЭУ содержит семь сенсоров-регуляторов для регулирования напряжения и мониторингования значения выходного тока и напряжения

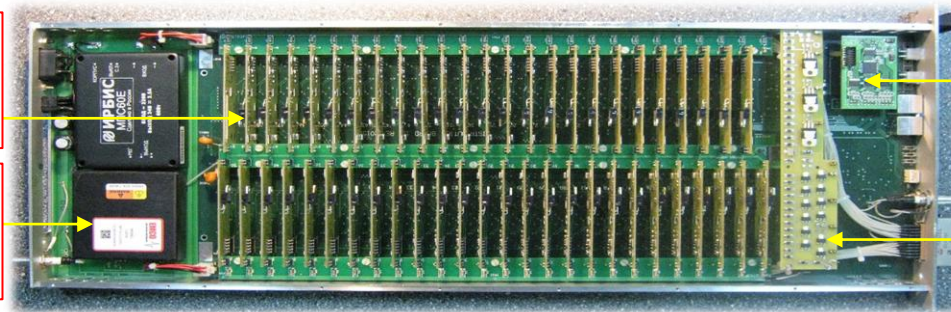


Исследования лабораторных образцов системы ВВП камер с ГЭУ

Семь блоков питания камер с ГЭУ (лабораторных образцов системы ВВП) были реализованы как 50-канальный модуль распределитель DB50 с встроенным источником высоковольтного питания.

Одноканальные
Сенсоры/
Регуляторы

Источник
Высоковольтного
Питания



Плата
управления
магистрали CMB

Активный
Высоковольтный
Делитель

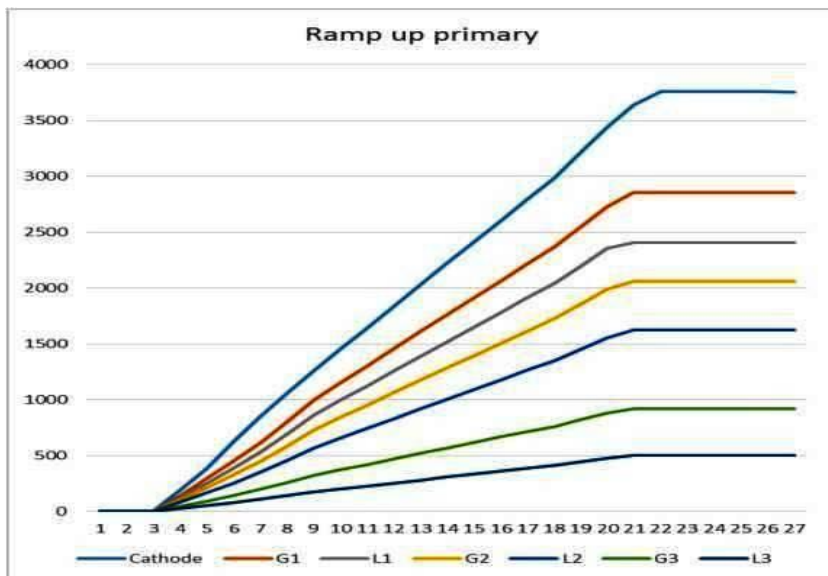
Распределитель высоковольтного питания DB50 -модуль Евромеханики размером:46 x 262 x 525 мм (ШхВхД) с полным набором из 50 сенсоров - регуляторов, обеспечивающих питание семи камер с ГЭУ



Исследовательские испытания проводились на специальном испытательном стенде, включающем рабочую станцию, калибровочную резистивную нагрузку, программное обеспечение и среду управления-считывания системы HVDS3200: магистраль управления CMB и модуль управления HVCSB

Исследовательские испытания проводились в соответствии с программами и методиками, разработанными и утвержденными на 2 этапе выполнения данной работы. Исследовательские испытания проводятся для трех характеристик, определяющих работоспособность объекта испытаний: регулирования высоковольтного напряжения, измерение выходного высоковольтного напряжения, измерение выходного тока

Лабораторные образцы системы ВВП : итоги 2015 , планы 2016



Электрод камеры с ГЭУ	Напряжение (В)
1	- 3760,3
2	-2860,7
3	-2409,1
4	-2060,8
5	-1620,3
6	-920,4
7	-500,9

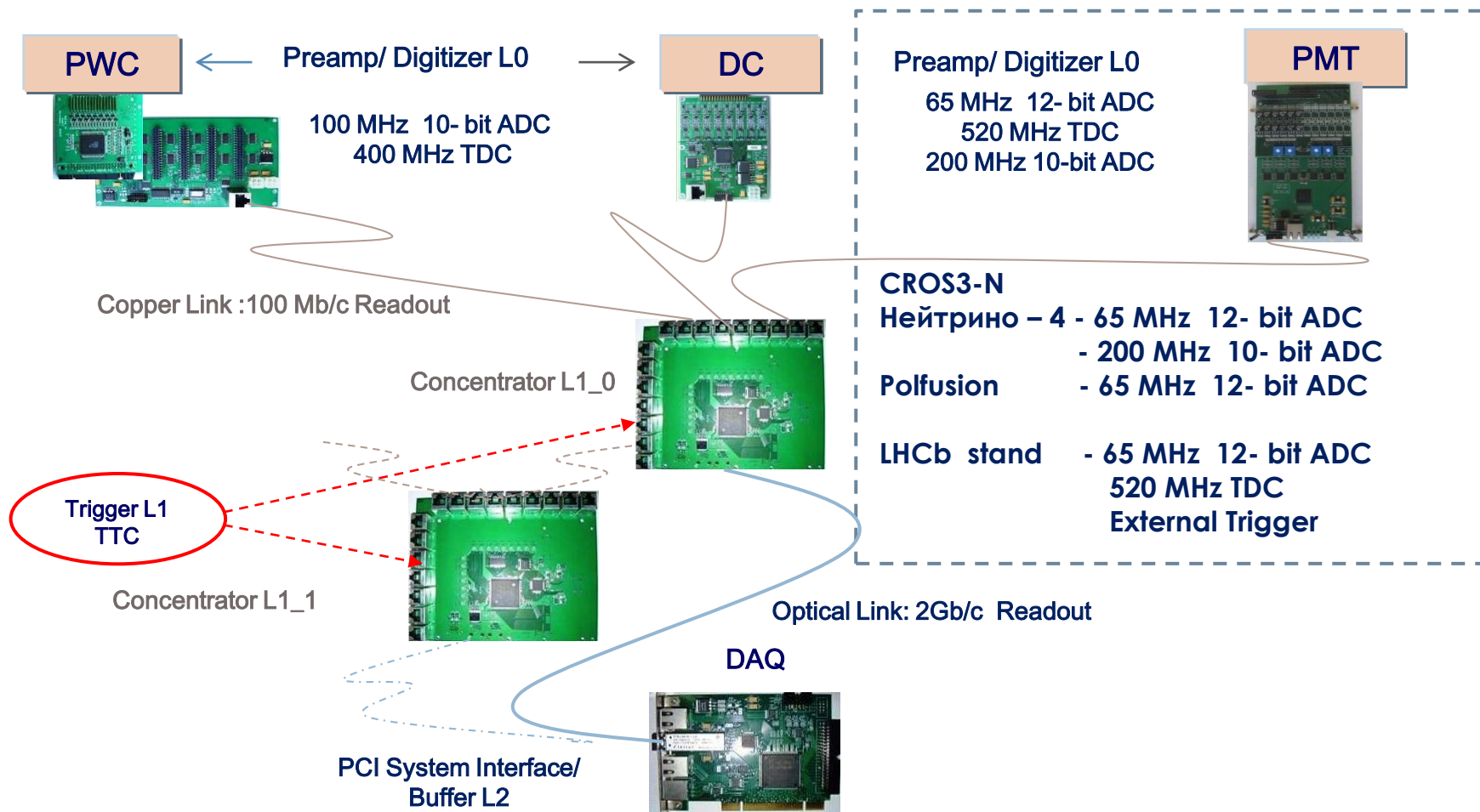
Установка выходных напряжений до номинальных значений (ramp up primary) семи слоев мюонной камеры с ГЭУ (cathode, G1, L1, G2, L2, G3, L3) в соответствии с техническим заданием для одного из лабораторных образцов системы ВВП.

В течение 2015 года осуществлялось производство и исследовательские испытания лабораторных образцов системы ВВП мюонных камер с ГЭУ.

Результаты исследовательских испытаний показали соответствие характеристик лабораторных образцов техническому заданию. Экспериментальных образцов системы ВВП мюонных камер с ГЭУ

Этап 2016 года - производство и исследовательские испытания экспериментальных образцов системы ВВП мюонных камер с ГЭУ. Для испытаний экспериментальных образцов будет использоваться совместная работа с реальными прототипами мюонных камер с ГЭУ

Развитие семейства систем считывания CROS3



В экспериментальных установках применяется 5 разновидностей систем CROS3:
LAND (GSI), НЭС → OLYMPUS (DESY) , BGO-OD at ELSA (Bonn),
LHCb Test Stand (ПИЯФ) в эксплуатации с 2006 г.
2013 : Прототип системы для эксперимента Нейтрино – 4
2014 - 2015: Системы для экспериментов Нейтрино – 4 и Polfusion

Система считывания CROS3-N: 2015

Эксперимент POLFUSION:

- написано и отлажено Firmware для контроля целостности прохождения данных;
- протестировано и подготовлено для работы в эксперименте Polfusion 13 карт ASF-48P (624 канала).

Эксперимент НЕЙТРИНО - 4:

- написано и отлажено Firmware для конфигурируемой карты ASF 48cfg для варианта 200MHz, 10bit, 24 канала с проверкой целостности прохождения данных;
- по просьбе экспериментаторов подготовлено и отлажено несколько вариантов Firmware со специфической триггерной логикой. Протестировано и подготовлено 4 карты.

LHCb stand:

- написано и отлажено Firmware для карты ASF-48sc для работы с внешним триггером и встроенным TDC (520MHz, 1.92ns time bin) с проверкой целостности прохождения данных;
- протестировано и подготовлено для работы в эксперименте LHCb stand 4 карты ASF-48sc (192 канала).

2016 - сбор данных в экспериментах, развитие системы

С Новым годом!

