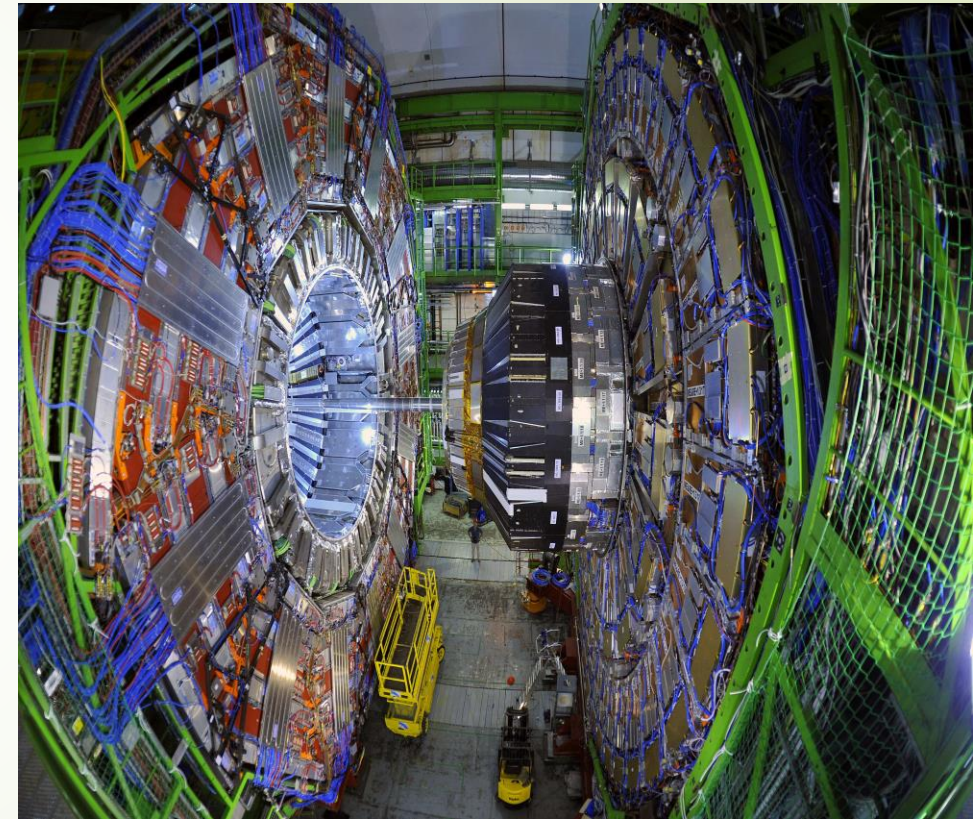
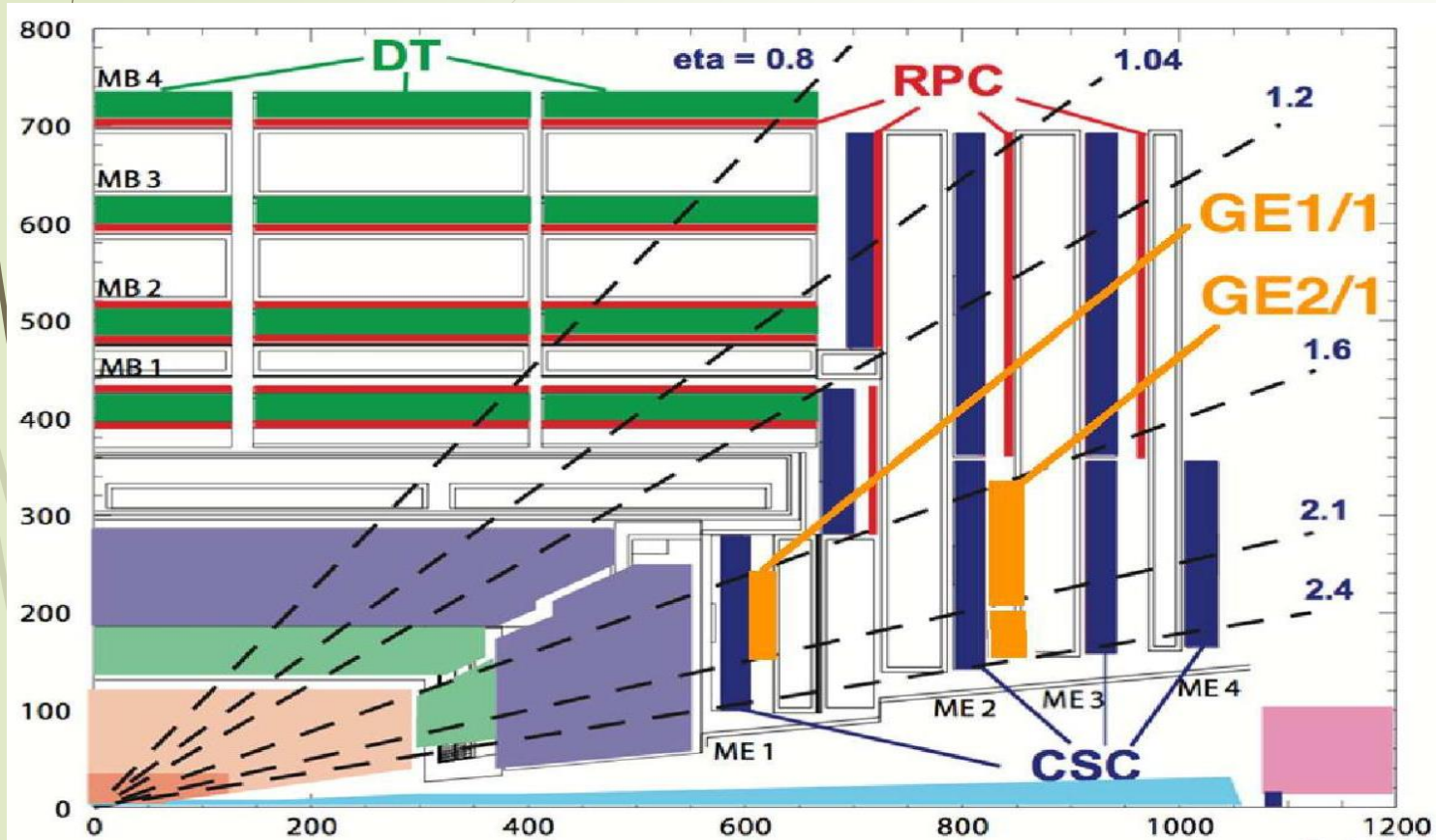


**Высоковольтная система мюонного
торцевого детектора эксперимента CMS
(состояние и модификация)**

**The CMS muon endcap High Voltage System
(status and upgrade)**

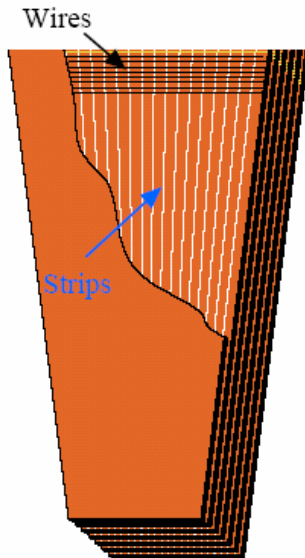
24.10.2017. С. Волков

Структура мюонного детектора эксперимента CMS



Структура мюонного детектора. Сегментация камер по высоковольтному напряжению. Основные требования к высоковольтному питанию.

Conceptual design of a CMS EMU CSC



trapezoidal chambers
 length up to 3.4 m
 width up to 1.5 m
 6 planes per chamber
 9.5 mm gas gap (per plane)

 6.7 to 16.0 mm strip width
 strips run radially to measure ϕ -coordinate with $\sim 100 \mu\text{m}$ precision

 50 μm wires spaced by 3.2 mm
 5 to 16 wires ganged in groups
 wires measure r-coordinate

 gas Ar(40%)+CO₂(50%)+CF₄(10%)
 HV-3.6 kV ($Q_{\text{cathode}} \sim 110 \text{ fC}$, $Q_{\text{anode}} \sim 140 \text{ fC}$)

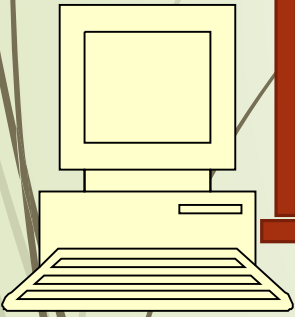
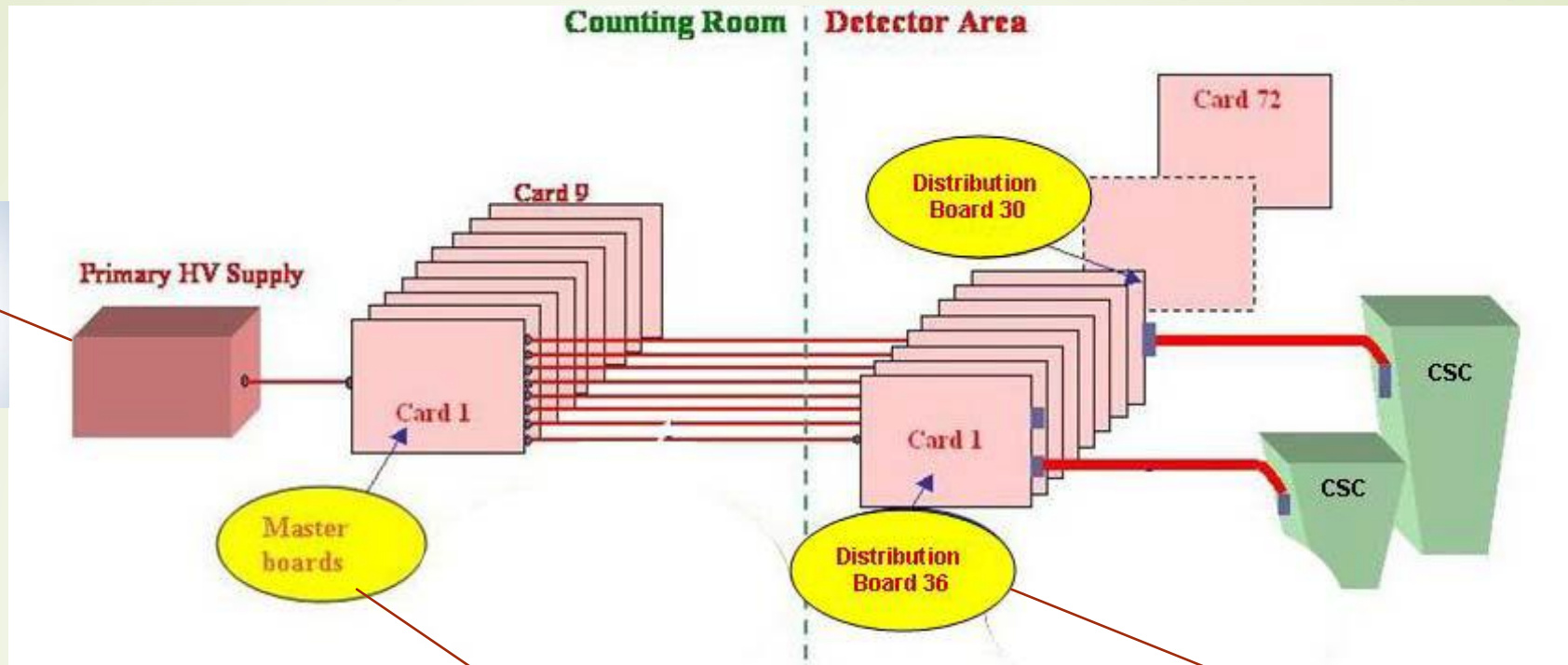
Chambers	ME1/1	ME1/2	ME1/3	ME2/1	ME3/1	ME4/1	ME4/2
Number of chambers	72	72	72	36	36	36	72
Planes per chamber	6	6	6	6	6	6	6
Number of HV segments per chamber	1	2	3	3	3	3	5
Overall numbers of HV segments for muon endcaps							
13392							

Технические требования на систему высоковольтного напряжения для мюонных камер торцевого детектора CMS

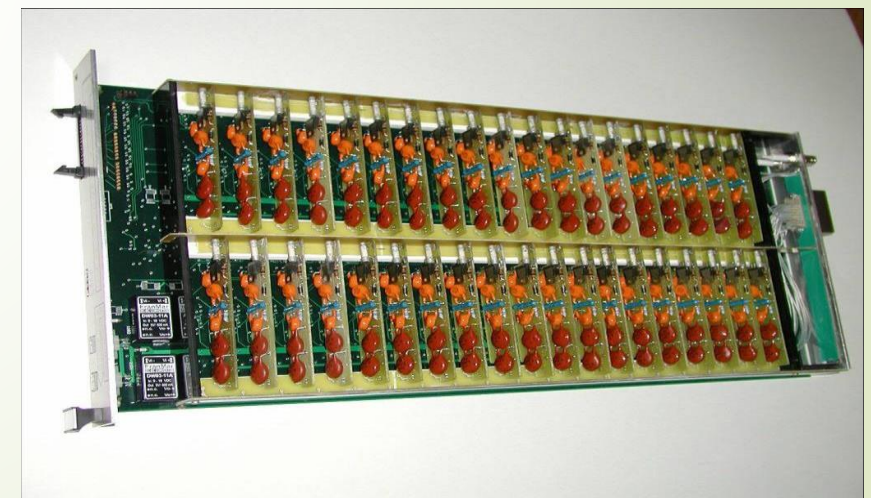
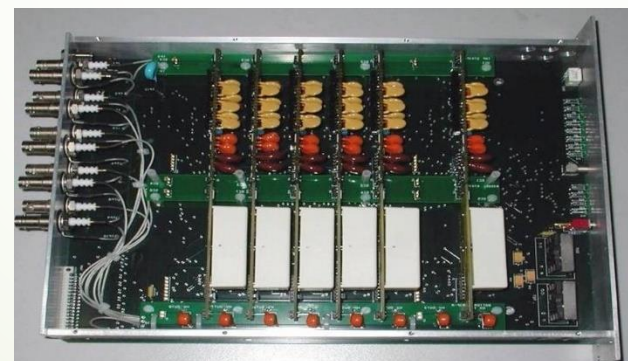
№	Параметр	Значение
1	Максимальное значение напряжения питания V_{max}	4000 В
2	Диапазон регулирования напряжения питания в канале	$(V_{max} - 1000 \div V_{max})$ В
3	Разрешающая способность регулирования напряжения	≤ 50 В
4	Разброс значений напряжения по каналам	≤ 20 В
5	Максимальный выходной ток I_{max}	100 мкА
6	Скорость отключения канала при искрении (трип) Пороговое значение тока при искрении	Программируемая, ≤ 1 с Программируемое $1 \div 100$ мкА шаг изменения порога 1 мкА
7	Максимальное значение пульсации напряжения	10 мВ р-р, полоса 100 Гц \div 20 МГц
8	Точность измерения напряжения индивидуально по каналам	≤ 10 В в диапазоне $0 \div V_{max}$
9	Точность измерения выходного тока индивидуально по каналам	≤ 100 нА при токах ≤ 1 мкА $\leq 10\%$ при токах > 1 мкА
10	Разброс значений измеряемого тока по каналам	$\leq 10\%$

Концепция построения высоковольтной системы (UF/PNPI option)

Low profile / High power
Rack-mount type
HV power supply
AU series



Interface **PCI**
PCI-express
USB(LHCb)



Полная конфигурация высоковольтной системы.

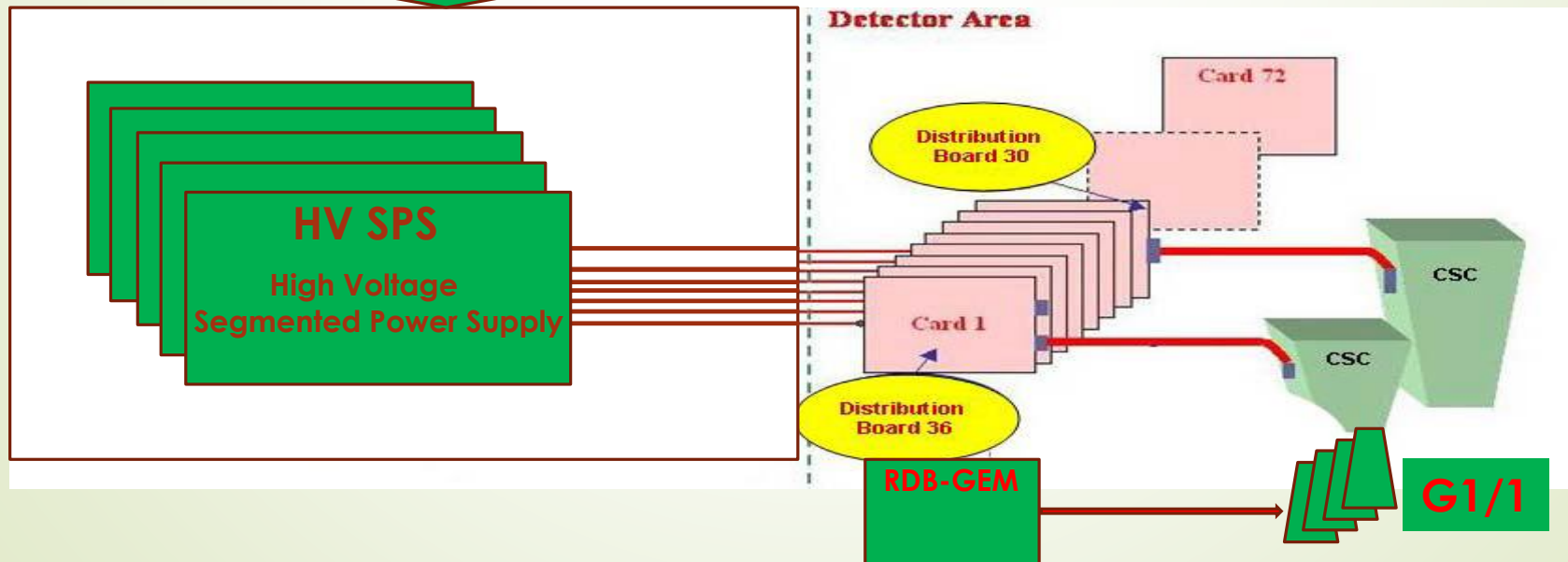
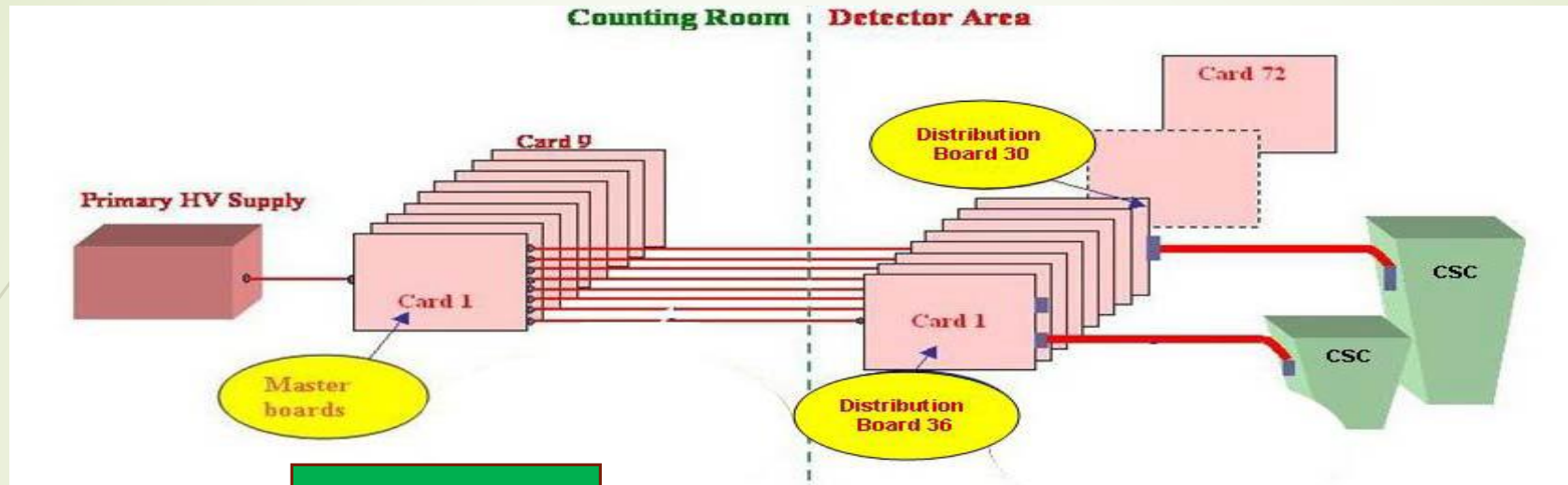
Primary supply	-	8
Master board	-	50
Distributer board	-	320

По утверждению экспертов: За более чем 10-ти летний срок работы высоковольтная система показала высокую надежность и удобство в эксплуатации.

Зачем нужна модернизация высоковольтной системы?

1. В связи с повышением светимости LHC (**HL-LHC**) возрастают токи в камерах и, как следствие, должна быть повышена нагрузочная способность высоковольтных блоков по выходному току.
При максимальных нагрузках камер особенно в критическом режиме оказываются главные распределители (Master Boards).
2. В мюонном детекторе вводится новый тип камер, выполненных по Triple GEM технологии (144 камеры по 7 высоковольтных сегментов) **требующих дополнительно 1008 высоковольтных каналов для их питания.**
3. Мюонной коллаборацией принято решение заменить ранее используемые для высоковольтного питания камер **ME1/1 модули (на базе CAEN системы) на вариант UF/PNPI системы.**
4. Некоторые высоковольтные компоненты (радиодетали) сняты с производства, что в перспективе приведет к трудностям с ремонтом модулей.

Концепция модернизации высоковольтной системы

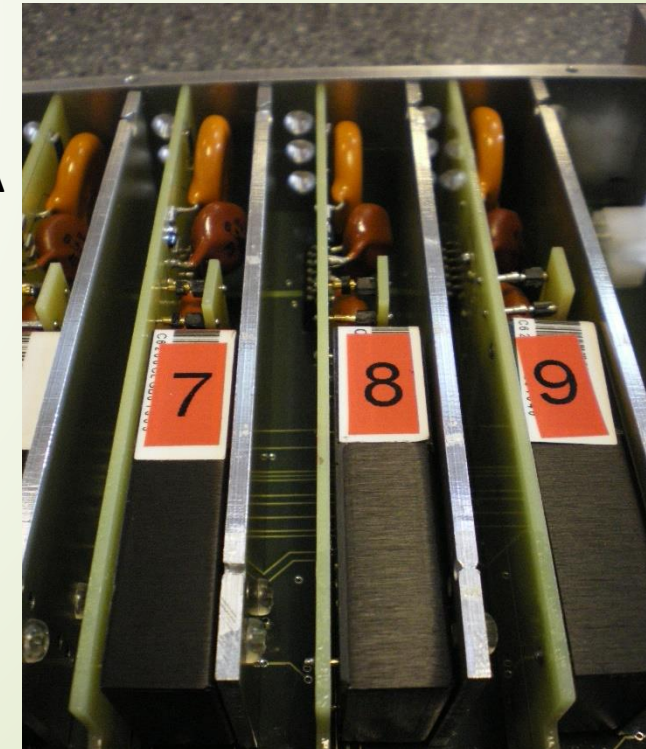
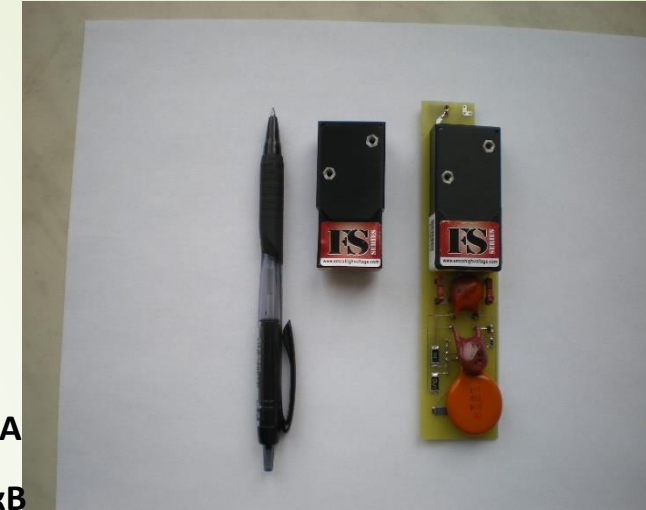


Модуль HV SPS

Высоковольтный сегментированный источник напряжения

1. Технические характеристики HV SPS.

Число выходов высоковольтного напряжения	- 9
Максимальное выходное напряжение по каждому выходу	- 4кВ.
Максимальный выходной ток по каждому выходу	- 2.5мА
Диапазон управления выходным напряжением	- 0В- 4кВ
Точность установки выходного напряжения	+/- 1В
Точность мониторинга выходного напряжения	+/- 1.5В
Точность мониторинга выходного тока	- 10 мкА
Пульсации	не более - 100мВ
Защита от перегрузок по напряжению и току - программируется.	
Переключение полярности +/-	- программируется
Модуль работает под управлением Linux PCI-express Host карты.	



UF/PNPI HV sub-system for G1/1 station

CERN-LHCC-2015-012
CMS-TDR-013
30 September 2015
CMS TECHNICAL
DESIGN REPORT
FOR
THE MUON ENDCAP
GEM UPGRADE



HV SPS

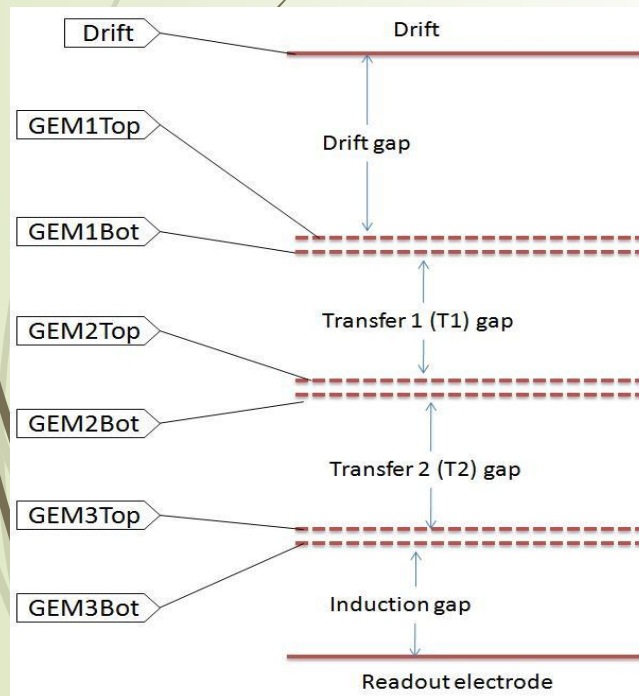
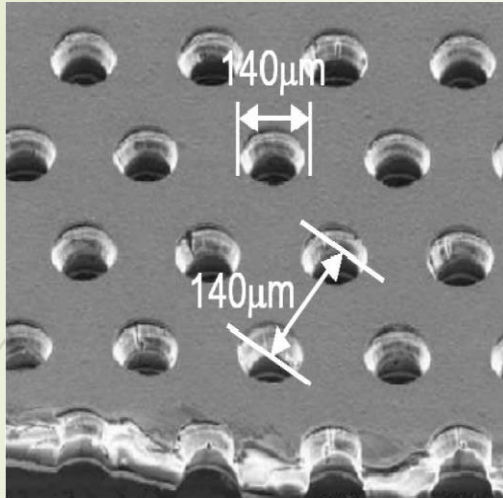
Обеспечивает высоковольтное питание
9-ти RDB-GEM



RDB-GEM

Обеспечивает высоковольтное питание
4-х GEM камер

Specification of the UF/PNPI GE1/1 HV system.



Number of output channels in the system $144 \text{ chambers} * 7 \text{ outputs} = 1008$ channels

Output channel organization 4 chambers per distribution board

Nominal output voltages

-3760 V Drift Catode

-2860 V GEM1 TOP

-2410 V GEM1 BOT

-2060 V GEM2 TOP

-1620 V GEM2 BOT

-920 V GEM3 TOP

-500 V GEM3 BOT

Absolute maximum voltage between top and bottom foil of the GEM 450 V

Absolute maximum voltage across drift, transfer and induction regions 2000 V

Voltage settings, resolution, each output 1 V

Voltage adjustment, individually for each output $V_{nominal} \pm 100 \text{ mV}$

Maximum output current per output, $I_{max} 150 \mu\text{A}$

GEM current leak tolerance up to two shorted segments per chamber, $100 \mu\text{A}$ leakage current

Individual output turn-off (trip) timeout

Programmable, with the step of 20 ms, up to 5 sec

Trip level software programmable From $1 \mu\text{A}$ to $150 \mu\text{A}$

Trip Level setting resolution $1 \mu\text{A}$

Voltage measurement, individually for each output via software, resolution 1 V

Current measurement, individually for each output via software, resolution $1 \mu\text{A}$

Rate of voltage change 2 to 100 V/s

Maximum HV ripple 20 mV p-p, bandwidth: 100 Hz to 20 MHz

CMS-GEM HV System REVIEW

Февраль 2015

1. UF/PNPI collaboration.



205KSF

2. INFN/CAEN company collaboration



270KSF

Approved for GE1/1

UF/PNPI HV system Master boards and ME1/1 HV power upgrade



HV SPS

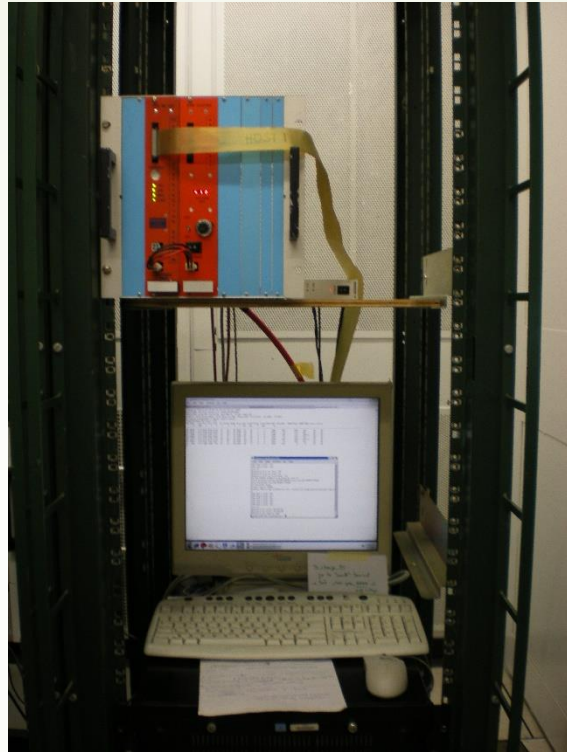


RDB-36

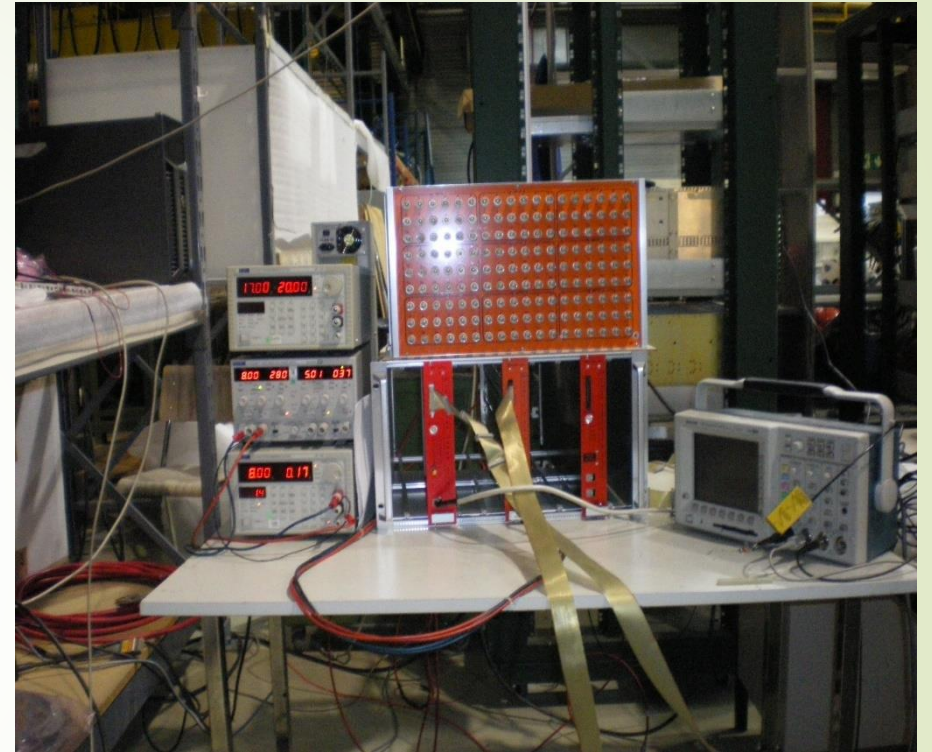
Испытания прототипов модулей высоковольтной системы



Стенд для калибровки
высоковольтных модулей
(CERN, BLD.904)



Прототип системы высоковольтного
питания(UF/PNPI) для CMS GEM
детектора
(CERN, пучок SPS)



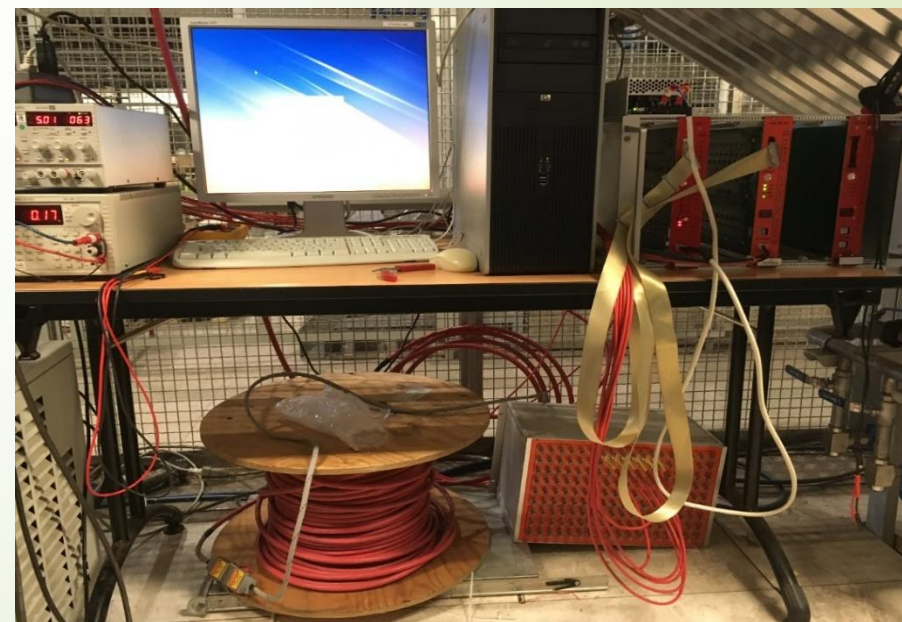
Прототип системы высоковольтного
питания(UF/PNPI) для CMS CSC
(CERN, BLD.904)

Тесты прототипа высоковольтной системы на установке GIF++ в ЦЕРНе



Gamma Irradiation Facility GIF++ at CERN

**BEAM UP TO 100 GEV/C, 14TBQ CESIUM
SOURCE ATTENUATION FACTOR FROM ZERO
TO 50.000**



Результаты тестов мюонных камер M1/1 и M2/1 пучке GIF++

UF/PNPI- VS- CAEN

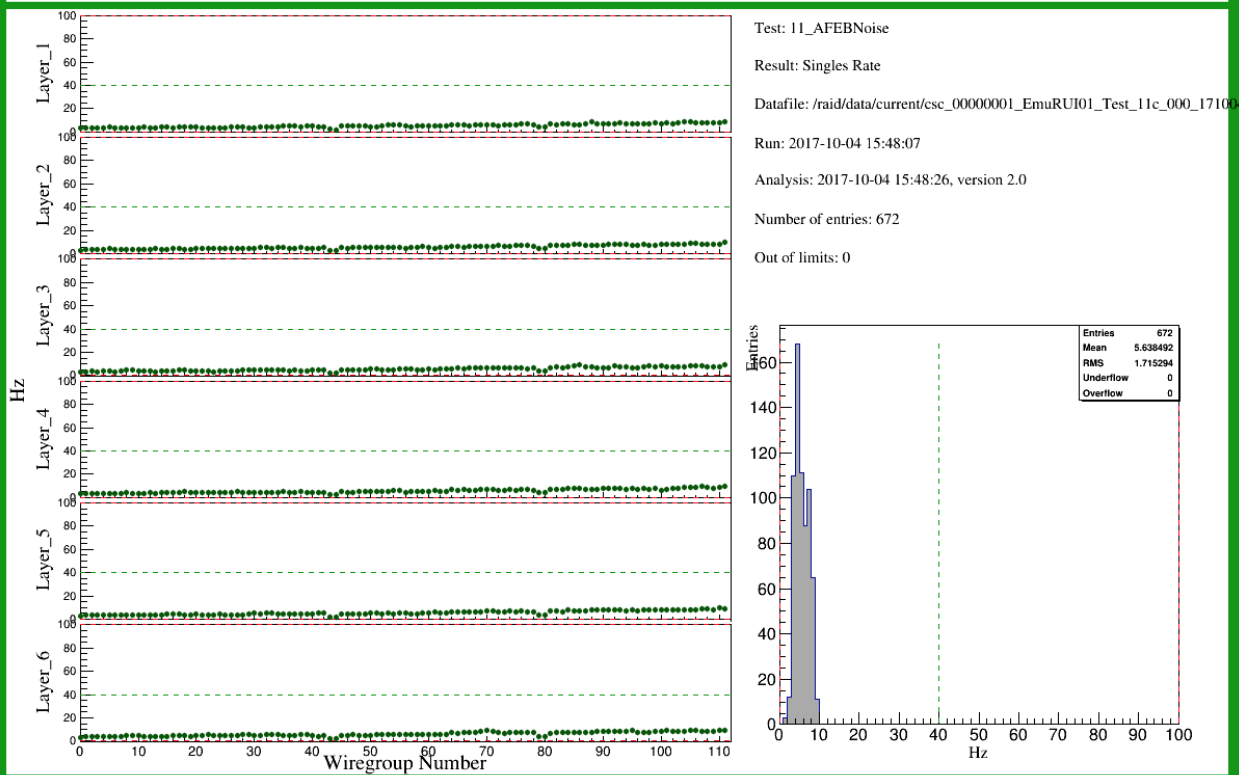
- Testing with two chambers:
 - ❖ ME1/1
 - ❖ ME2/1
 - ❖ 100 meter HV cable to ME1/1 chamber (mimicking P5 setup)

Tests:

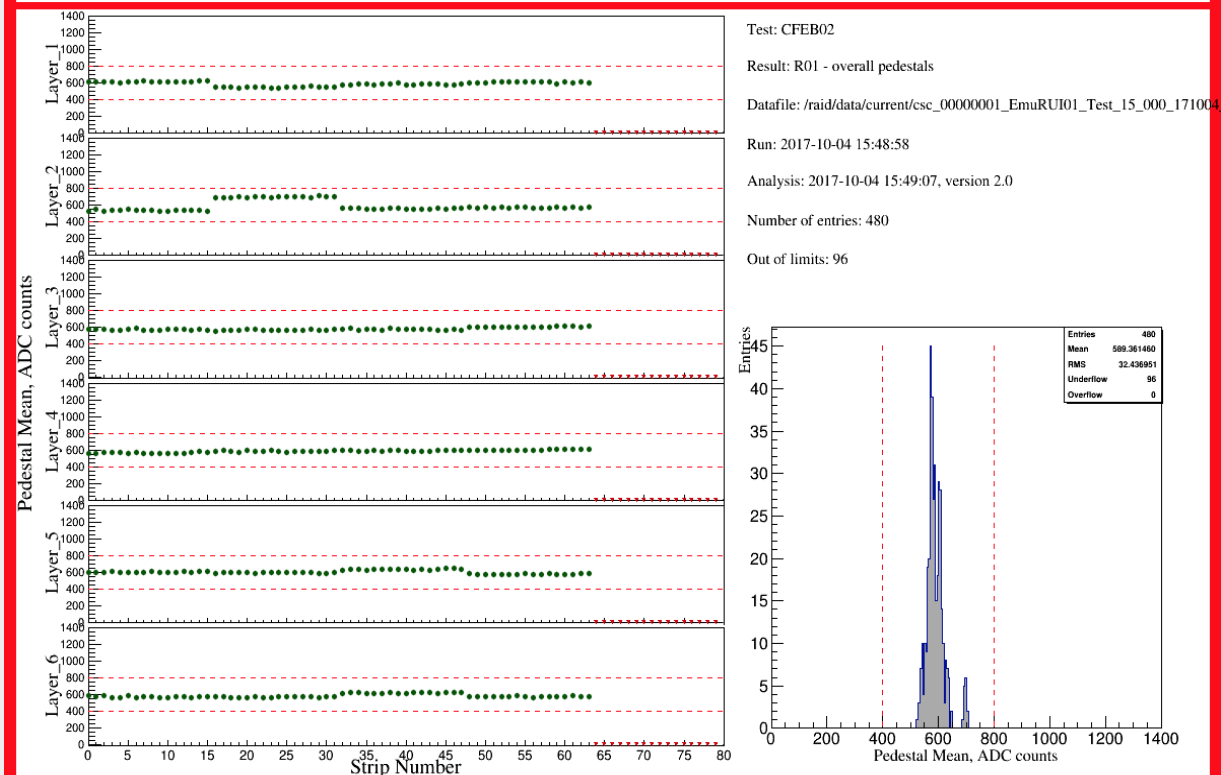
- test 40 with external trigger and TMB dumps (beam on, source off)
- This lets us monitor the following:
 - ❖ chamber efficiency
 - ❖ gain (cluster charge)
 - ❖ resolution
 - ❖ CFEB pedestals
- This test was done at
 - ❖ ME1/1 test voltages: 2800V, 2900V, 2950V
 - ❖ ME2/1 test voltages: 3500V, 3600V, 3700V
- Dark rates (tests 11, 11c, 15, 27s) with single-layer trigger
- Above tests done with TMB dumps
- tests with source (high current)
- monitor current measurement stability in ME1/1

Результаты тестов прототипа высоковольтной системы

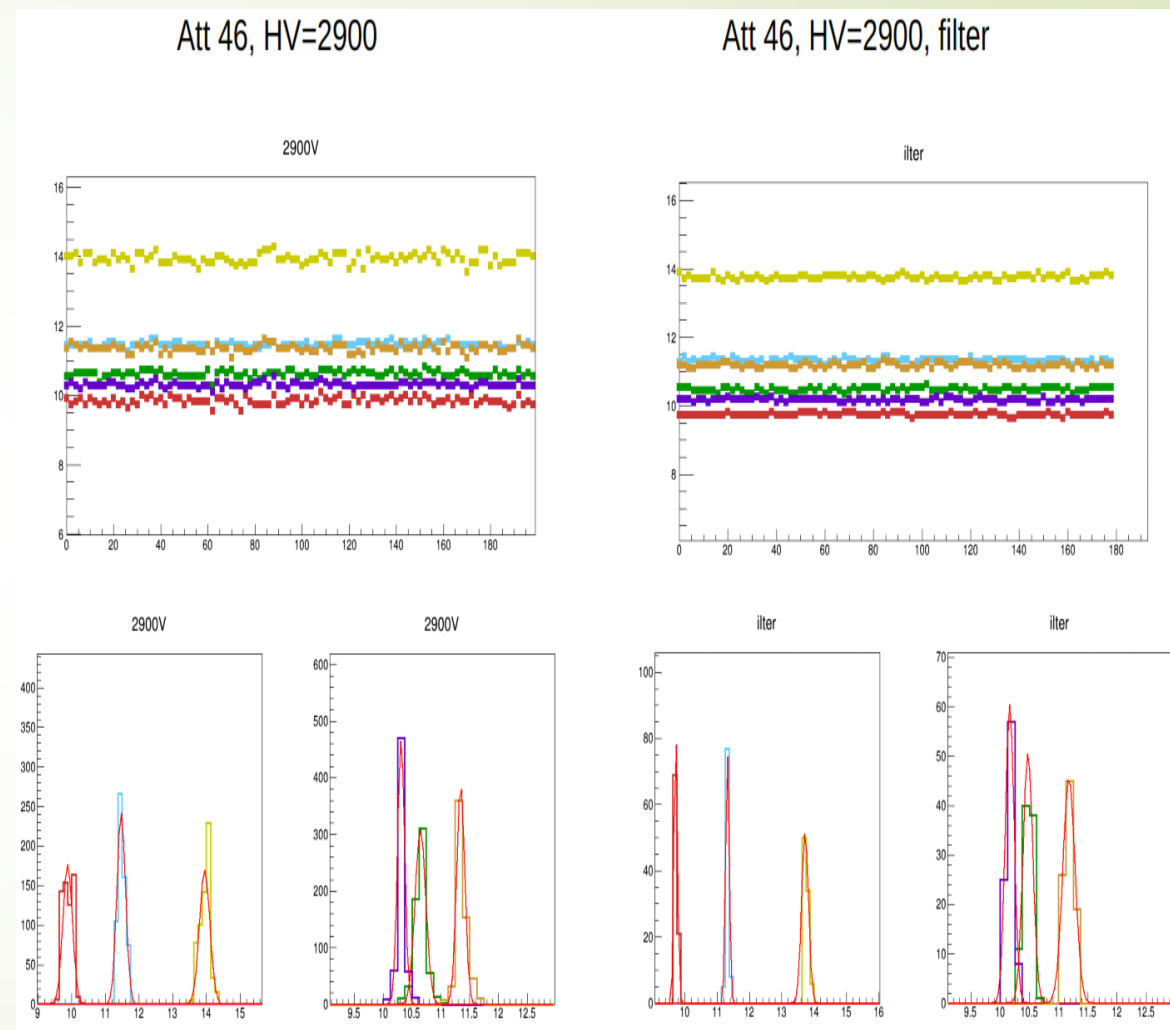
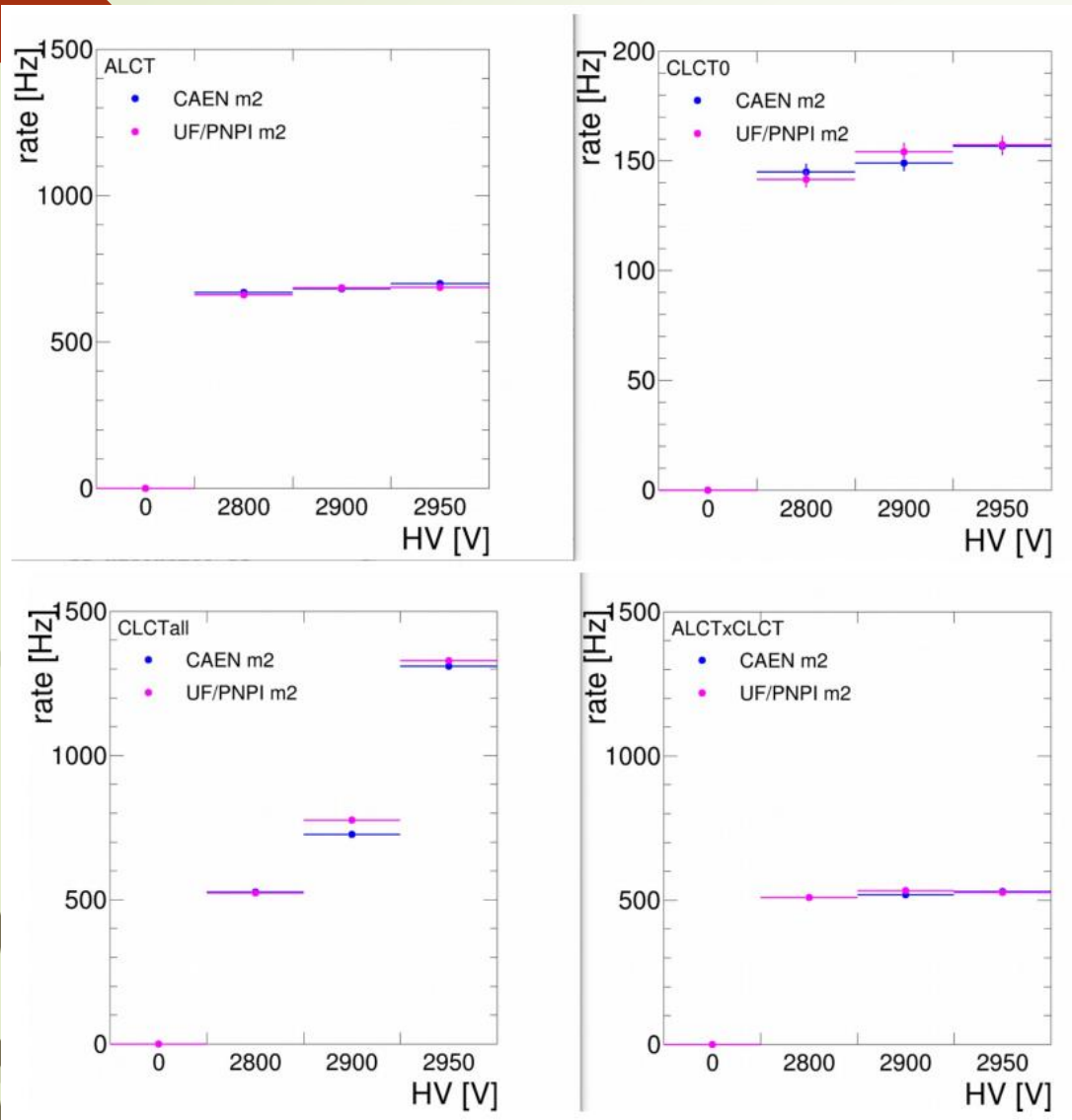
ME+2.1._17_: 11_AFEBNoise Singles Rate




ME+2.1._17_: CFEB02 R01 - overall pedestals



Результаты тестов прототипа высоковольтной системы





Характеристики камер при работе с прототипом UF/PNPI высоковольтной системы практически не отличаются от характеристик при работе камер с HV CAEN

Performance of chambers with UF/PNPI prototype is very similar to that with CAEN reference system

Mass production in PNPI

HV SPS 47 unit
RDB36 16 unit

Budget Profile for Muon HV system upgrade

Date of availability	Amount	Currency
2017	9	млн. руб.
2018	10	млн. руб.
2019	8	млн. руб.

Budget Profile for ME1/1 upgrade

Date of availability	Amount	Currency
2017	4	млн. руб.
2018	6	млн. руб.
2019	4	млн. руб.
Итого	41	млн. руб.



Комментарии, вопросы, замечания приветствуются

Благодарю за внимание

