

МАГНИТНО-КРИОГЕННАЯ СИСТЕМА САТЕЛЛИТНОГО ГЕЛИЕВОГО РЕФРИЖЕРАТОРА ДЕТЕКТОРА MPD ПРОЕКТА NICA

Хабибуллин Р. Р.

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, ул. Ак. Балдина, 4

e-mail: habibullin@jinr.ru

Ускорительный комплекс NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility)- это новый ускорительный комплекс, который создаётся на базе Объединённого института ядерных исследований (Дубна, Россия) в рамках мегасайнс проекта с целью изучения свойств плотной барионной материи.

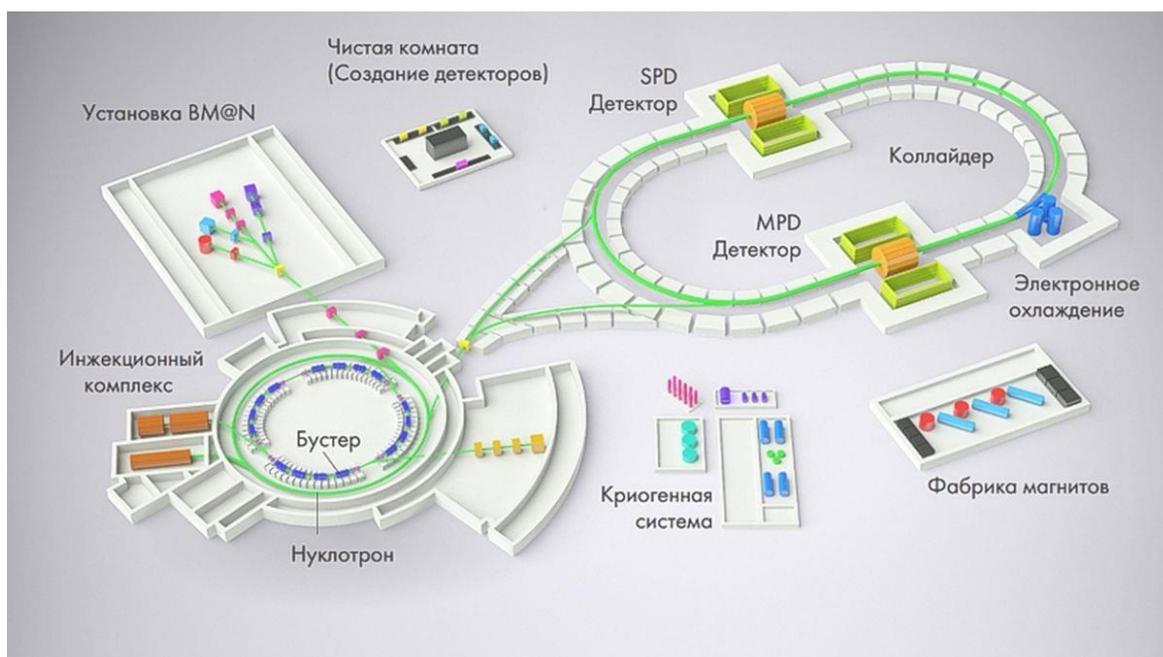


Рис. 1. Схема ускорительного комплекса NICA

Задачей ускорительного комплекса является обеспечение экспериментов на встречных пучках тяжелых ионов, вплоть до золота.

Комплекс NICA включает в себя инжекционный комплекс тяжелых ионов, сверхпроводящий бустерный синхротрон (Бустер), сверхпроводящий синхротрон Нуклотрон и коллайдер, состоящий из двух вертикально разнесенных сверхпроводящих колец.

В коллайдере NICA предусмотрены две точки взаимодействия: одна для изучения столкновения тяжёлых ионов на MPD детекторе, другая для поляризованных пучков для эксперимента на установке SPD.

Физическая программа детектора MPD на ускорительном комплексе NICA нацелена на:

- Изучение уравнения состояния ядерной материи при высоких плотностях;
- Частичное восстановление киральной симметрии;
- Обнаружения фазового перехода, включая возможность обнаружения сигналов деконфайнмента кварков;
- Изучение свойств кварк-адронной фазы вещества;
- Поиск критической точки на фазовой диаграмме.

Такая физическая программа предполагает детальное изучение свойств всех частиц, рождающихся в результате соударения ионов в коллайдере. Задачи идентификации сорта каждой частицы и измерение ее импульса являются основными для детектора MPD. Для прецизионных и высокоэффективных измерений детектор MPD должен иметь набор самых современных и высокоэффективных детектирующих систем. Детектор в целом имеет классическую цилиндрическую структуру (рис. 2, 3) с наружными балками ярма (Yoke), криостатом со сверхпроводящей обмоткой соленооида диаметром 4,6 м и длиной 7,5 м, коаксиально расположенными в ней детекторами (ECal, TPC, TOF), а также торцевыми детекторами (CPCTraker).

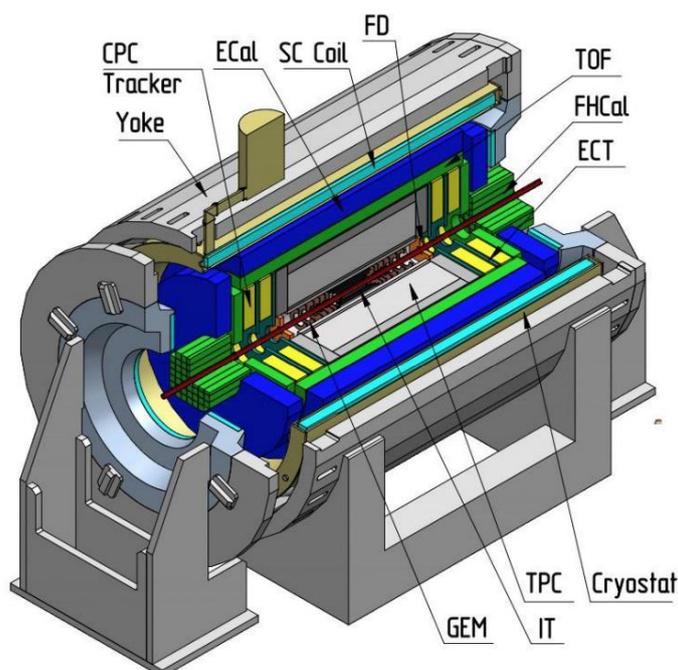


Рис. 2. 3D модель детектора MPD проекта NICA



Рис. 3. Фото детектора MPD с многоярусной платформой

Магнитно-криогенная система (МКС) спутникового гелиевого рефрижератора детектора MPD является одной из наиболее важных систем. Основными задачами магнитно-криогенной системы спутникового гелиевого рефрижератора детектора MPD являются:

1. Равномерное охлаждение сверхпроводящей обмотки до уровня 4,5K, охлаждение экранов, токовводов детектора до азотного уровня;
2. Обеспечение высокого вакуума в изоляционном объеме соленоида;
3. Достижение азотных и гелиевых температур;
4. Обеспечение электропитания сверхпроводящей обмотки детектора MPD;

Также в плане управления, сбора данных, бесперебойной и надежной работы детектора решаются следующие задачи:

1. Сбор, отображение и регистрация основных текущих параметров состояния магнитных систем, а также вспомогательных систем детектора;
2. Скоординированное управление режимами работы сверхпроводящего магнита в нормальной, предупредительной и аварийной ситуациях;
3. Обмен информацией с основной системой управления NICA.

МКС включает в себя следующие основные элементы:

- Сверхпроводящий многоцелевой детектор MPD;
- Сателлитный гелиевый рефрижератор;
- Контрольный криостат (Дьюар);
- Станция MFS;
- Вакуумная система;
- Азотный и гелиевый нагреватель;
- Контрольный шкаф системы управления (автоматического управления);
- Система электропитания детектора MPD.

Все элементы МКС смонтированы на технологической площадке непосредственно над детектором MPD.

Сателлитный гелиевый рефрижератор

Сателлитный гелиевый рефрижератор (СГР) дроссельного типа обеспечивает жидким гелием контрольный криостат, а через него сверхпроводящую обмотку соленоида детектора MPD. Он представляет собой сосуд Дьюара с вакуумной теплоизоляцией (рис. 4), в котором размещены две ванны – с жидким азотом и гелием и 4 теплообменника на гелиевом потоке и 1 на азотном.

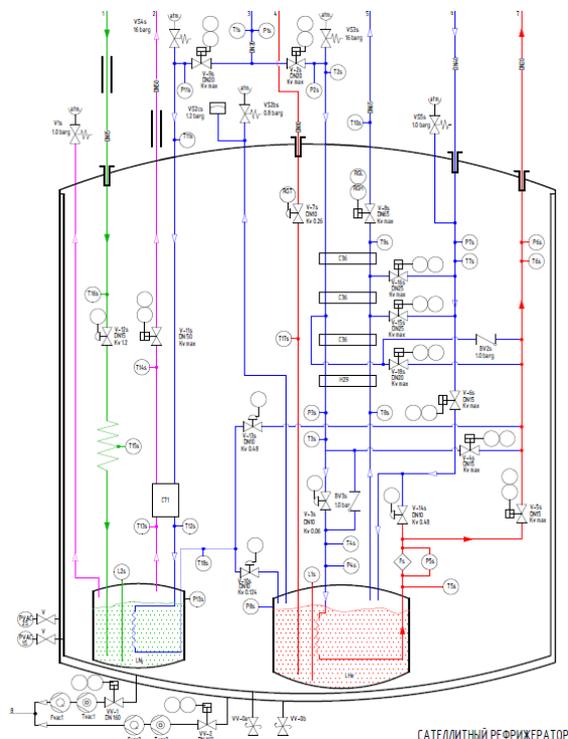


Рис. 4. Общий вид и принципиальная схема сателлитного гелиевого рефрижератора детектора MPD

Сателлитный гелиевый рефрижератор имеет холодопроизводительность 100 Вт при температуре 4,5 К. Нормальное рабочее давление сжатого гелия на входе, в зависимости от режима работы составляет 13 бар (абс) (23 бар max). СГР обладает оптимальными ступенями охлаждения, обеспечивающий максимально быстрое охлаждение детектора до температуры 4,5 К.

Контрольный криостат (Дьюар)

Основная задача контрольного криостата (Дьюара) заключается в контроле термометрии на входе/выходе потока азота и гелия, а также в стабильном расходе гелия для ввода электроэнергии на низкотемпературные тоководы (рис. 5).

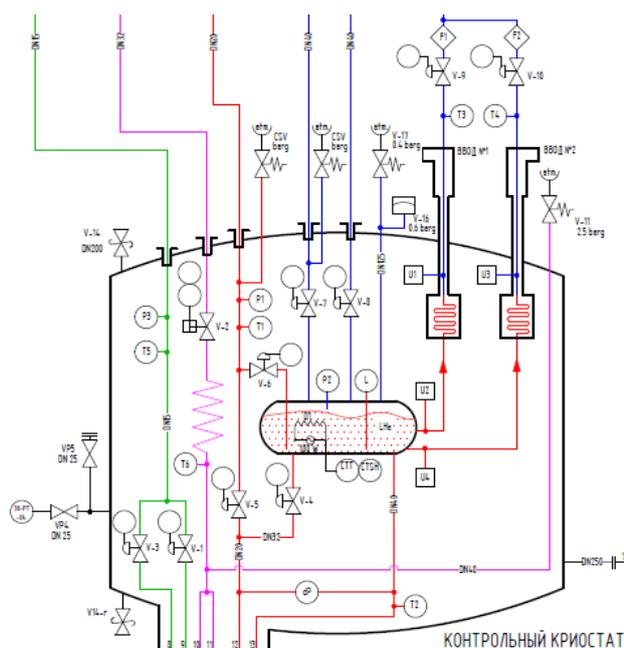


Рис. 5. Общий вид и принципиальная схема контрольного криостата (Дьюара)

Магнитная промывочная станция (MFS)

«Magnet Flushing Station»(MFS) предназначена для охлаждения/прогрева азотных экранов соленоида детектора MPD, а также в сателлитный гелиевый

рефрижератор поступающего с азотного резервуара (танк). MFS необходим для контроля необходимого максимального градиента температуры в соленоиде как во время охлаждения, так и во время нагревания.

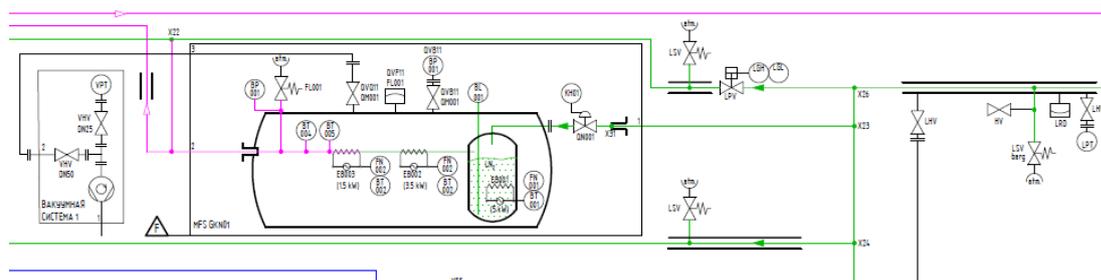


Рис. 6. Общий вид и принципиальная схема MFS

Вакуумная система

Вакуумная система магнитно криогенной системы детектора MPD включает:

- Вакуумный пост объема соленоида MPD и контрольного криостата (Дьюара) (рис. 7) состоящий из:

- пластинчато-роторного насоса – SogevacSV 300B – 2 шт;
- вакуумного насоса типа Рутс RuVacWSU251 – 1шт;
- турбомолекулярного высоковакуумного насоса TurboMAGiNTE-GRAMAGW 2200 IP;

- пластинчато-роторный насос гелиевого нагревателя - 1 шт.;
- пластинчато-роторный насос азотного нагревателя - 1шт.;
- пластинчато-роторный насос MFS - 1 шт.;

- пластинчато-роторный (1 шт.) и 2 турбомолекулярных насоса сателлитного гелиевого рефрижератора для разных откачиваемых объемов.

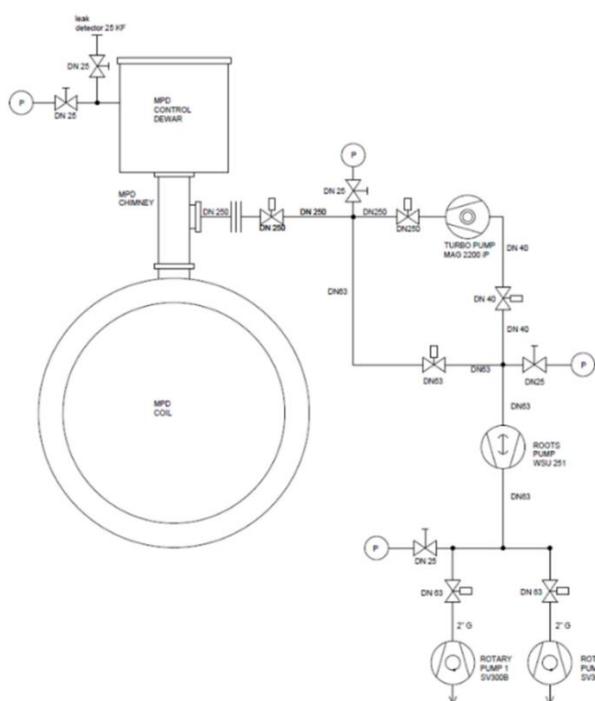


Рис. 7. Общий вид и принципиальная схема вакуумной система магнитно-криогенной системы детектора MPD

Система магнитного управления

Комната главной системы управления – это система управления коллайдера NICA. ASG и JINR предстоит координировать связи между этими двумя системами (рис. 8). Протоколы будут согласованы с поставщиком на этапе проектирования.

MCS имеет трехуровневую структуру:

- нижний уровень: датчики (тензодатчики, термометры, датчики напряжения и т.д.)
- средний уровень: контроллеры, отвечающие за сбор, обработку, выполнение алгоритмов управления, формирование сигналов управления исполнительными устройствами и взаимоблокировку с другими системными контроллерами и серверами верхнего уровня.
- верхний уровень: серверы общего управления системой, визуализации, регистрации и обмена данными с главной системой управления

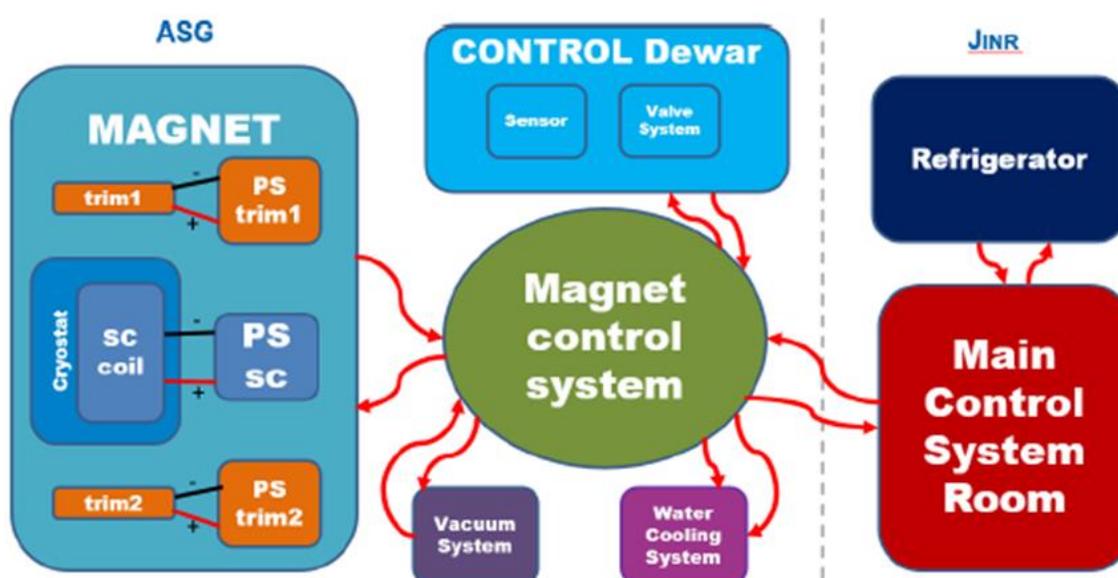


Рис. 8. Схема системы магнитного управления