



Вячеслав Клюхин (НИИЯФ МГУ)

Анализ новых данных измерений плотности магнитного потока в стальных блоках ярма магнита СМS

«Ломоносовские чтения», Москва

1 апреля 2024

План доклада

- Краткое описание детектора CMS.
- Описание модели магнитной системы детектора CMS.
- Расположение потоковых катушек в сечениях стальных блоков ярма магнита CMS.
- Форма тока быстрого разряда соленоида CMS.
- Сравнение формы сигналов, индуцированных в потоковых катушках, и процедуры интегрирования плотности магнитного потока в сечениях стальных блоков ярма магнита CMS в двух зарегистрированных случаях быстрого сброса тока сверхпроводящего соленоида CMS.
- Сравнение значений реконструированной начальной плотности магнитного потока с ее расчетными значениями в сечениях стальных блоков ярма магнита CMS.
- Заключение.

Цель исследования

- В сеансе III на Большом адронном коллайдере новая аппаратура, считывающая сигналы с 22 потоковых катушек, размещенных на стальных блоках ярма магнита CMS, зарегистрировала 22/03/2023 сигналы в 14 потоковых катушках при случайном быстром сбросе тока соленоида со значения 18,164 кА, соответствующего рабочей центральной плотности магнитного потока 3,81 Тл, до нуля.
- Предыдущий быстрый сброс тока соленоида CMS был выполнен принудительно 28/08/2006 со значения 19,14 кА (4,01 Тл) до нуля.
- Спустя 18 лет, появилась возможность сравнить форму сигналов, индуцированных в потоковых катушках в двух аналогичных случаях быстрых сбросов тока соленоида, и проверить справедливость оценки вкладов вихревых токов в амплитуды индуцированных сигналов.



Superconducting coils inside the cryostats – in dark grey; Inner tracker – in green; Electromagnetic calorimeter – in light grey; Hadronic calorimeter – in yellow; Muon chambers – in light blue; Magnet yoke – in dark grey; Radiation protection shield – in violet.



Трехмерная модель детектора CMS включает в себя сверхпроводящий соленоид с магнитной индукцией 3,81 Тл диаметром 6 м и длиной 12,5 м и стальное ярмо магнита весом 10000 т с внешним диаметром 15 м. Полный ток в соленоиде составляет 39,6 МА-витков. Энергия, запасенная в магнитной системе при поле 3,81 Тл составляет 2,28 ГДж. Вклад центральной части ярма магнита в величину центральной плотности магнитного потока составляет 7,97%. Вклад передних стальных элементов и стального пола экспериментального зала составляет 0,03%.



YE-2 YE-1

Размещение потоковых катушек (черные линии) в сечениях стальных блоков ярма магнита CMS.



Зависимость тока сверхпроводящего соленоида СМS от времени при быстром сбросе тока с рабочего значения 18,164 кА (3.81 Тл) до нуля.



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB0/TC и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля.

01/04/2024



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB0/L1 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросе тока соленоида со значения 18,164 кА до нуля.

01/04/2024



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB-1/L1 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля.

01/04/2024



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB-1/L2 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля.

01/04/2024



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB-2P/L1 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля. 01/04/2024 Вячеслав Клюхин - НИИЯФ МГУ 12



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB-2P/L2 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля. 01/04/2024 Вячеслав Клюхин - НИИЯФ МГУ 13



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB-20/L1 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля. 01/04/2024 Вячеслав Клюхин - НИИЯФ МГУ 14



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB-20/L2 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля. 01/04/2024 Вячеслав Клюхин - НИИЯФ МГУ 15



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB-20/L3 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля. 01/04/2024 Вячеслав Клюхин - НИИЯФ МГУ 16



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB-2N/L2 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля. 01/04/2024 Вячеслав Клюхин - НИИЯФ МГУ 17



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YB-2N/L3 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля. 01/04/2024 Вячеслав Клюхин - НИИЯФ МГУ 18



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YE-1/1 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля.

01/04/2024



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YE-1/2 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля.

01/04/2024



Изначальные форма сигнала в потоковой катушке YE-2/1 и интегрированная плотность магнитного потока при сбросах тока соленоида со значений 18,164 (сплошные линии) и 19,14 кА (пунктир) до нуля.

01/04/2024

Сравнение измеренных и расчетных значений плотности магнитного потока

- Из приведенных выше значений интегрированной плотности магнитного потока был вычтен паразитный вклад вихревых токов в эти значения, который по оценкам, произведенным ранее, составляет в блоках колец ярма магнита CMS 6,3 ± 4,5 % и в блоках торцевых дисков ярма 5,9 ± 3,2 %, в среднем. Этот вклад обозначен на каждом из приведенных выше графиков.
- Откорректированные таким образом значения (meas) сравнены с расчетными (calc) и отношения (meas-calc)/calc приведены в % для каждой из потоковых катушек, использованной в анализе двух быстрых сбросов тока со значений 18,164 и 19,14 кА до нуля
- В этих двух случаях отношения (meas-calc)/calc близки друг к другу, что свидетельствует о корректном описании магнитного потока в стальном ярме с помощью модели магнита CMS при данных значениях тока.
- Полученные отношения соответствуют сравнению измеренных и расчетных значений плотности магнитного потока, проведенному ранее при стандартном снижении тока соленоида с рабочего значения 18,164 кА до нуля.

Заключение

- В сечениях 14 из 22 потоковых катушек впервые измерена плотность магнитного потока с помощью интегрирования сигналов в катушках, индуцированных при быстром сбросе тока соленоида CMS с рабочего значения 18,164 кА до нуля.
- Отношение (meas-calc)/calc, в среднем, составляет -6,0 ± 6,1% в стальных блоках колец ярма магнита CMS и -1,0 ± 0,9 % в блоках торцевых дисков ярма, что сравнимо с отношениями -4,3 ± 6,6 % и 2,1 ± 3,5 %, соответственно, полученными ранее для тех же 14 катушек при стандартном снижении тока соленоида с рабочего значения 18,164 кА до нуля.
- Форма индуцированных сигналов повторяет полученную 18 лет тому назад форму сигналов, зарегистрированную с помощью другой аппаратуры при быстром сбросе тока соленоида со значения 19,14 кА до нуля.

Спасибо за внимание!