

## СИСТЕМА КОРРЕКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СИНХРОТРОНА НА 300 МЭВ

В. Н. ЕПОНЕШНИКОВ, Б. Н. КАЛИНИН, В. Н. КУЗЬМИН

Необходимость коррекции магнитных характеристик ускорителя вытекает из следующих соображений:

1. Сборка магнитопровода производится с определенной точностью, поэтому всегда возможен разброс в таких важных характеристиках поля, как средние уровни в секторах и медианная поверхность.

2. При проектировании и сборке магнитопровода невозможно заранее полностью учесть влияние таких факторов, как вихревые токи, остаточное намагничивание и изменение магнитной проницаемости с ростом поля, поэтому важно иметь возможность скорректировать их влияние на форму орбит в течение всего цикла ускорения и особенно в моменты времени, близкие к моменту инжекции частиц.

3. В процессе запуска ускорителя необходимо корректировать ряд характеристик магнитного поля, чтобы ослабить влияние различных устройств, вносимых в воздушный зазор электромагнита после магнитных измерений.

Система коррекции магнитных характеристик синхротрона на 300 Мэв состоит из следующих цепей: коррекция радиальной составляющей поля в прямолинейных промежутках, коррекция эффективных углов секторов, коррекция магнитной медианной поверхности, регулировка среднего для всей машины показателя спадания поля, расширение радиальной области допустимых значений показателя спадания поля.

Все характеристики магнитного поля корректируются при помощи постоянного поля вблизи момента инжекции. Корректирующие поля создаются системой витков, расположенных непосредственно в воздушном зазоре ускорителя, на ярме магнитопровода и в прямолинейных промежутках.

Полюсные обмотки расположены в воздушном зазоре электромагнита непосредственно на полюсных поверхностях. Они включают в себя витки обмоток коррекции медианной поверхности, полувитки обмоток расширения радиальной рабочей области и регулировки среднего показателя спадания поля.

Витки (провод ПЭЛ-0,75 мм) вложены в пазы каркаса из электрокартона толщиной 1,75 мм. Пазы в каркасе были изготовлены при помощи специального циркульного приспособления с резаком. Пазы прорезаны по концентрическим окружностям относительно равновесной орбиты через 3 мм с точностью  $\pm 1$  мм. Всего на полюсной обмотке рас-

положено 63 витка. Провод покрывался клеем БФ-4 и вкладывался в пазы. Для механической прочности верх картонного каркаса проклеен хлопчатобумажной тканью.

После предварительного обезжиривания полюсов магнита и просушки каркасы приклеивались к полюсным поверхностям клеем БФ-4.

Все соединения витков в обмотки производились проводом МГШВ-0,5 мм<sup>2</sup> через клеммосборники, расположенные на торцевых поверхностях секторов. Обмотки коррекции медианной поверхности расположены на верхнем и нижнем полюсах магнита и состоят из 21 витка каждая. Витки равномерно размещены по полюсу через 9 мм. Направление тока в полувитках нижнего полюса противоположно направлению тока в полувитках верхнего полюса. Регулировка медианной поверхности в каждом секторе осуществляется независимо.

Обмотки регулировки среднего для всей машины показателя спада поля расположены на верхнем и нижнем полюсах секторов и состоят из 15 полувитков на каждом полюсе, размещенных по полюсной обмотке равномерно через 9 мм. Для того, чтобы ток во всех витках имел одно направление, предусмотрены 15 обратных полувитков для каждого полюса, расположенных в окне магнитопровода. Для компенсации наведенной э.д.с. в каждую обмотку включены встречно по 8 витков, расположенных на ярме. Регулировка среднего показателя спада поля осуществляется одновременно во всех секторах на одну и ту же величину.

Обмотки для расширения рабочей области магнита состоят из 11 витков, расположенных на каждом нижнем полюсе. Размещение витков на полюсной обмотке осуществлялось по результатам магнитных измерений. Направление тока, проходящего по внешним полувиткам обмоток, противоположно направлению тока, проходящего по внутренним полувиткам.

Расширение рабочей области осуществляется одновременно во всех секторах.

На ярме каждого сектора расположены симметрично относительно средней плоскости по 20 витков, намотанных проводом ЛПРГС-0,75 мм<sup>2</sup>. Эти витки составляют обмотки для компенсации 1 и 2 гармоник несимметрии магнитного поля в воздушном зазоре и для компенсации э.д.с., наведенной в витках полюсной обмотки.

На крайние блоки каждого сектора намотаны обмотки из 17 витков (провод МГШВ-0,5 мм<sup>2</sup>) для коррекции магнитных углов секторов (ярменная коррекция). Каждая пара таких обмоток в секторе соединена последовательно. Ток в этих обмотках регулируется независимо в каждом секторе. Кроме того, для коррекции вертикальной составляющей магнитного поля в прямолинейном промежутке используются обмотки, расположенные на торцах секторов около нижнего и верхнего полюсов крайних блоков. Эти обмотки соединены последовательно по всему электромагниту и создают основное корректирующее поле. Ярменная коррекция позволяет устранить различие в корректирующем поле на отдельных прямолинейных промежутках.

Для компенсации радиальной составляющей магнитного поля в прямолинейных участках служат специальные катушки, которые надеваются непосредственно на вакуумную камеру вблизи торцов каждого сектора. В каждом прямолинейном участке пара катушек соединяется последовательно, и ток через нее регулируется независимо.

Все электрические схемы коррекций магнитного поля подведены к одному пульту управления, на котором сосредоточены измерительные приборы, потенциометры для регулировки тока, дроссели для подавления наведенных токов, сигнальные лампочки, выключатели.

Питание цепей коррекции осуществляется от регулируемых полупроводниковых источников постоянного тока. Цепи яремной коррекции поля питаются от электромашинного усилителя с током до 5 а. Остальные цепи коррекции питаются от мотор-генератора постоянного тока с напряжением 40 в.

При работе синхротрона на оптимальное излучение устанавливаются следующие токи коррекции: медианная поверхность — 40 ма, регулировка показателя поля — 30 ма, расширение рабочей области — 18 ма, 1-я гармоника неоднородности магнитного поля — 100 ма, компенсация радиальной составляющей магнитного поля на прямолинейных участках — 0 ÷ 180 ма, коррекция эффективных углов секторов: а) яремная — 200—780 ма, б) торцевая — 2460 ма.