

УДК 519.624.3

Модернизация магнита СП-40 спектрометра НИС с целью увеличения объёма однородного поля

Р. В. Полякова*, И. П. Юдин[†], И. Г. Волошина[†],
Е. Е. Перепелкин[†], Н. С. Российская[†],
А. Е. Сячин[†], Т. В. Шаврина[†]

* *Лаборатория информационных технологий
Объединённый институт ядерных исследований
ул. Жолио-Кюри, д.6, Дубна, Московская область, 141980, Россия*

[†] *Лаборатория физики высоких энергий
Объединённый институт ядерных исследований
ул. Жолио-Кюри, д.6, Дубна, Московская область, 141980, Россия*

Целью данной работы является обобщение опыта математического моделирования магнитных систем физических и электромеханических установок различного типа и выработка рекомендаций по оптимальному использованию некоторых программных продуктов, применяемых для численного моделирования задач магнетостатики. Эта работа также представляет некоторые результаты численного анализа магнитных систем физической установки НИС (ОИЯИ) с целью проработки возможностей создания магнитных систем с заданными характеристиками магнитного поля.

Ключевые слова: магнетостатика, численное моделирование.

1. Введение

В данной работе представлены результаты численного моделирования модификации спектрометрического магнита СП-40, используемого в экспериментальной установке НИС [1] Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ. Для выбранной конфигурации магнита результаты расчётов проиллюстрированы графиками двумерного и трёхмерного поля. Приведено сравнение распределения магнитных полей существующего и модифицированного магнита. Анализ этого сравнения показал, что размер области однородности магнитного поля увеличился в два раза. Это увеличение существенно облегчает процесс восстановления импульсов распадных частиц в исследуемой физической реакции (поиск пентаварков).

2. Описание системы программного обеспечения

Для математического моделирования магнитной системы на первом этапе (в двумерном случае) был использован комплекс программ КПММС-1.0 [2] численного моделирования магнитных систем, а также использовалась такая известная программа численного моделирования двумерных магнитных полей, как POISSON/SUPERFISH [3]. Как показывает опыт многолетнего использования этой программы многими пользователями, она из всех известных программ такого класса является наиболее удобной в эксплуатации и обладает высокими вычислительными (временными и точностными) характеристиками. На втором этапе (для расчёта трёхмерных конфигураций магнитной системы) расчёт магнитного поля в трёхмерном случае осуществляется методом двух скалярных потенциалов [4].

Предлагаемые численные алгоритмы и комплексы программ позволили проводить математическое моделирование магнитных систем с достаточно высокой точностью. Основным критерием хороших результатов моделирования является совпадение численных расчётов с экспериментальными данными с высокой степенью точности. Следует отметить, что практически для всех рассматриваемых

магнитных систем авторами работы были получены результаты численных расчётов, совпадающие с имеющимися экспериментальными данными не менее, чем $10^{-3} - 10^{-4}$.

3. Результаты численного моделирования спектрометрического магнита (два варианта) для установки НИС

На рис.1–2 приведены конфигурации магнита 1СП-40-4В (соответственно вариант I, II), для которых проводились численные расчёты магнитных полей, т.е. решалась фактически нелинейная обратная задача магнитостатики путём решения набора прямых задач. Целью моделирования является расчётным путём найти геометрию магнита, для которой существенно увеличилась бы область однородности магнитного поля по сравнению с существующей конфигурацией магнита. Предлагаемая модификация магнита была направлена на включение в конструкцию магнита дополнительных железных шимм. В процессе компьютерного моделирования необходимо было подобрать расположение этих шимм таким образом, чтобы максимально увеличить область однородности магнитного поля для выбранной конфигурации магнита 1СП-40-4В. Также было предложено заполнить железом отверстие, расположенное на ярме магнита, хотя при последующем моделировании оказалось, что магнитное поле сильно не изменилось (рис. 3). При этом при проведении процедуры оптимизации нужно было считаться с условием возможности создания конфигурации магнита с наименьшей затратой материальных ресурсов.

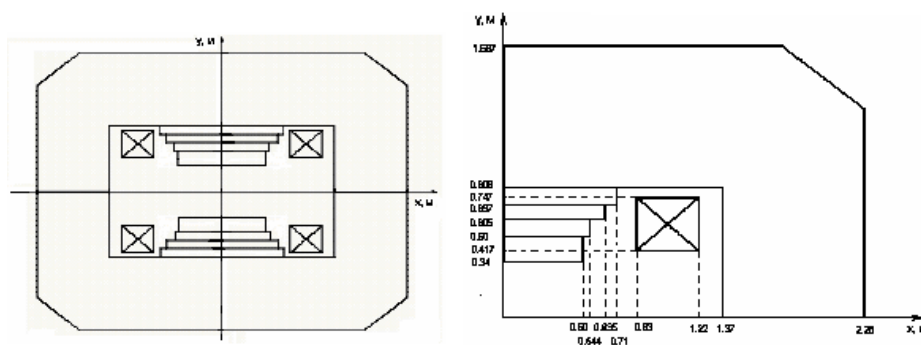


Рис. 1. Конфигурация существующего магнита 1СП-40-4В, (т.е. вариант I), разрез в плоскости XOY

Выбор конфигурации магнита 1СП-40-4В с наибольшей областью однородности магнитного поля проводился на базе исследования основных характеристик поля магнитных систем с помощью численных и графических сравнений. Так, из графиков на рис. 3 видно, что основным требованиям поставленной задачи отвечает модель магнита варианта II.

На рис. 4 приведены объёмные распределения основной $B_y(x)$ компоненты магнитного поля для двух вариантов конфигурации магнита 1СП-40-4В в трёхмерном случае. Видно, что для варианта II распределение компоненты $B_y(x)$ поля стало более однородным, т.е. существенно расширена область однородного поля. В работе [4] дано более подробное описание математического моделирования магнитной системы установки НИС.

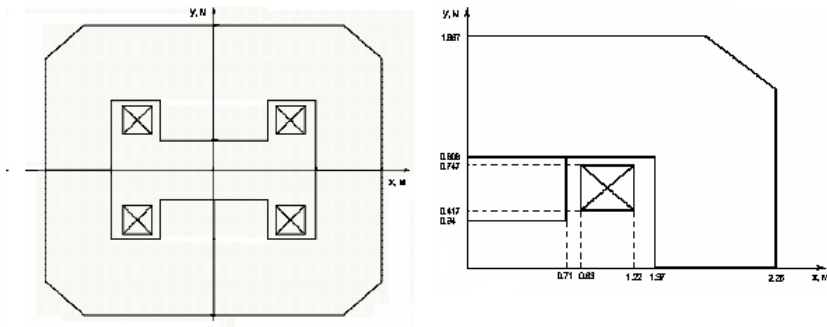


Рис. 2. Конфигурация модифицированного магнита 1СП-40-4В, (т.е. вариант II), разрез в плоскости XOY

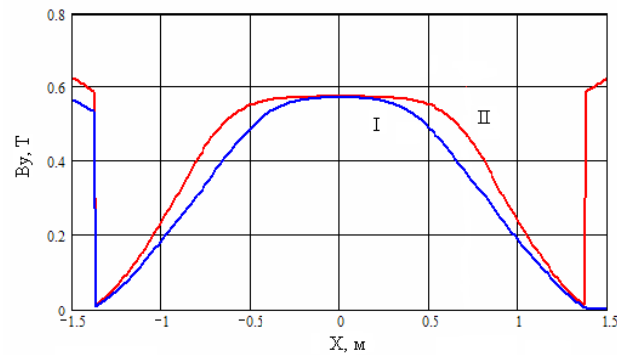


Рис. 3. Зависимости B_y при $y = 0$ для 2-х вариантов конфигурации магнита 1СП-40-4В, для тока 1100 А

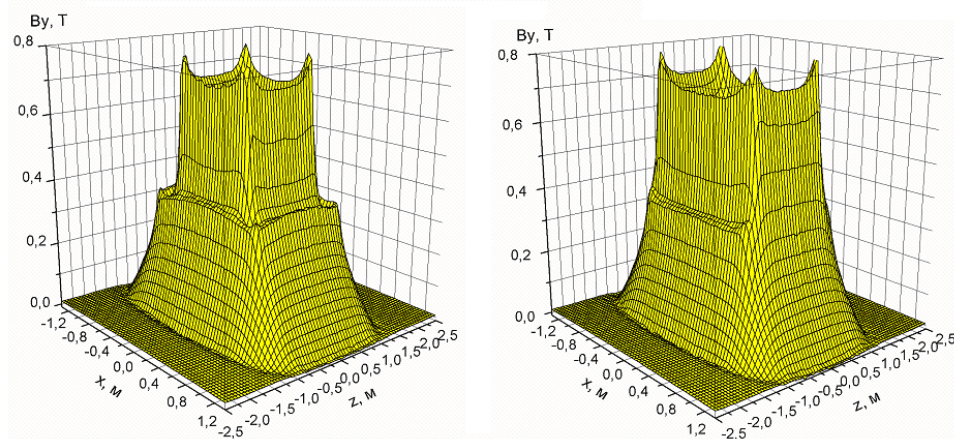


Рис. 4. Зависимости $B_y(x, 0.3, z)$ для двух конфигураций магнита, ток 1100 А

4. Заключение

Таким образом, численным путём выбрана конфигурация магнита 1СП-40-4В, для которой ширина области однородности магнитного поля увеличилась с 0.5 м

до 1,0 м, т.е. в 2 раза. Это увеличение существенно облегчает процесс восстановления импульсов распадных частиц в исследуемой физической реакции (поиск пентакварков). Приведённые расчёты магнитных систем и сравнение численных расчётов с экспериментальными данными показали, что расчётное распределение магнитного поля в большинстве случаев с точностью 1% (или менее) совпадает с экспериментальными данными. Это оказывается достаточным для проведения численной оптимизации различных конструктивных параметров магнитной системы на величину и форму (конфигурацию) магнитного поля.

Литература

1. *Strokovsky E. A., the NIS collaboration // ISHEPP XVII (XVII International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems), Dubna, Sept. 27 – Oct. 2. Book of Abstracts. — 2004.*
2. *Жидков Е. П., Лима С., Полякова Р. В. и др. Комплекс программ для моделирования магнитных систем. — Р11-93-256, Дубна. — 1993.*
3. *VECTOR FIELDS — Software for Electromagnetic Design. — <http://www.vectorfields.com>.*
4. *Юдин И. П., Волошина И. Г., Перепёлкин Е. Е., Российская Н. С. Вычислительный эксперимент для получения распределения поля спектрометрического магнита в проекте «НИС». — Препринт ОИЯИ, Р11-2006-68, Дубна. — 2006.*

UDC 519.624.3

Modernization of the SP-40 Magnet of the NIS Spectrometer with the Purpose of Increasing the Homogeneous Field Volume

**I. P. Yudin[†], R. V. Polyakova^{*}, I. G. Voloshina[†], E. E. Perepelkin[†],
N. S. Rossiskaya[†], A. E. Syachin[†], T. V. Shavrina[†]**

^{}Laboratory of Information Technologies
Joint Institute for Nuclear Research
Joliot-Curie 6, 141980 Dubna, Moscow region, Russia*

*[†]Laboratory of High Energy Physics
Joint Institute for Nuclear Research
Joliot-Curie 6, 141980 Dubna, Moscow region, Russia*

This work is aimed to generalize experience of the mathematical simulation of magnetic systems of various type physical and electromechanical installations and to work out some recommendations of the optimal use of some software products for the numerical modeling of magnetostatic problems. This work also presents some results of a numerical analysis of the magnetic systems of the JINR's physical installation NIS with the purpose of studying an opportunity of designing magnetic systems with predetermined characteristics of the magnetic field.

Key words and phrases: magnetostatic, numerical simulation.