

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С 345с
И - 498

4086/2-78

18/IX-78

9 - 11605

В.И.Илющенко, А.В.Карпунин, Ю.В.Куликов

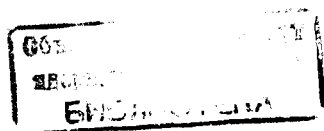
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИПОЛЯ УМШТЕТТЕРА
НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ ИЗ SmCo_5

1978

9 - 11605

В.И.Илющенко, А.В.Карпунин, Ю.В.Куликов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИПОЛЯ УМШТЕТТЕРА
НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ ИЗ SmCo_5



Илющенко В.И., Карпулин А.В., Куликов Ю.В.

9 - 11605

Моделирование диполя Умштеттера на постоянных магнитах из SmCo_5

Измерены распределения магнитного поля для нескольких конфигураций расположения постоянных магнитов в неполной геометрии диполя Умштеттера. Найдена конфигурация, обеспечивающая в апертуре 1,4 см поле с $\Delta B/B \approx 10^{-2}$ при размерах призм из постоянных магнитов $1,6 \times 1,6 \times 0,8 \text{ см}^3$, внутренние поверхности которых образуют квадрат со сторонами $2,8 \times 2,8 \text{ см}^2$. Диполь Умштеттера обеспечивает поле, напряженность которого в 1,4 раза превышает поле обычного магнитного диполя.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Ilyushenko V.I., Karpulin V.I., Kulikov Ju.V.

9 - 11605

Modelling of the Umstätter Dipole with SmCo_5 Permanent Magnets

The magnetic field distributions have been measured for several position configurations of permanent magnets in the complete geometry of the Umstätter dipole. A configuration has been found to realize in the 1.4 cm aperture the field with $\Delta B/B \approx 10^{-2}$ when permanent magnet prisms of $1,6 \times 1,6 \times 0,8 \text{ cm}^3$ had the inner surfaces forming a square with $2,8 \times 2,8 \text{ cm}^2$ sides. The Umstätter dipole guarantees a field strength of 1.4 times higher than that of the conventional one.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на ускорителях заряженных частиц применяются "теплые" и сверхпроводящие дипольные электромагниты. "Теплые" электромагниты обычно имеют массивное железное ярмо и обеспечивают однородное поле с напряженностью до $2,1 \text{ Т}$, сверхпроводящие используются только в линиях транспортировки пучков и применяются без железного ярма вплоть до полей $5 \text{ Т}^{1/}$

В 1964 году Г. Умштеттер предложил дипольный магнит новой конфигурации с апертурой ромбического сечения, который должен обеспечивать однородное поле в диапазоне до $3 \text{ Т}^{2/}$. Главной особенностью этого диполя является отсутствие насыщения железного ярма вплоть до 3 Т и эффективное использование малого магнитного сопротивления такого ярма.

В последующие годы были выполнены только расчеты распределений магнитного поля в диполе Умштеттера^{3,4/}. Экспериментальные исследования таких магнитов до сих пор не проводились.

В настоящей работе приведены результаты моделирования неполной геометрии диполя Умштеттера с применением полюсов из постоянных магнитов (SmCo_5). Распределения магнитного поля в медианной плоскости модельных магнитов измерялись тонкопленочными датчиками Холла^{5/}.

ПОЛНАЯ ОСНОВНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ДИПОЛЯ УМШТЕТТЕРА

Базовый вариант диполя Умштеттера является результатом совмещения обмоток двух электромагнитов типа "оконная рама" в общей апертуре ромбического сечения /см. рис. 1^{/4/}/. Каждая "элементарная" обмотка А или В обеспечивает поле с напряженностью B_0 . В результате векторного сложения поле в магните С /диполь Умштеттера/ будет равно $B = \sqrt{2} \cdot B_0$. Если в апертуре магнита Умштеттера поле равно $B = 3 \text{ Т}$, то на полюсах $B_0 = 2,1 \text{ Т}$. При этом сталь имеет $\mu / 3 \text{ Т} = 3$, $\mu / 2,1 \text{ Т} = /30-50/$. В результате при $B = /2-3/ \text{ Т}$ секступольная компонента магнитного поля В должна быть на порядок меньше, чем в обычном диполе.

Для полной основной геометрии диполя Умштеттера с внутренней апертурой $9 \times 9 \text{ см}^2$ и обмотками толщиной по $3,5 \text{ см}$ имеется расчет величины $\Delta B / B^{/4/}$. В работе^{/4/} было также показано, что в результате модификации основной геометрии можно получить магнит с нулевыми секступольными и декапольными гармониками.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИПОЛЯ УМШТЕТТЕРА С ВНУТРЕННЕЙ АПЕРТУРОЙ $2,8 \times 2,8 \text{ см}^2$

Моделирование осуществлялось в стальном яре с внешним диаметром $8,2 \text{ см}$, которое использовалось

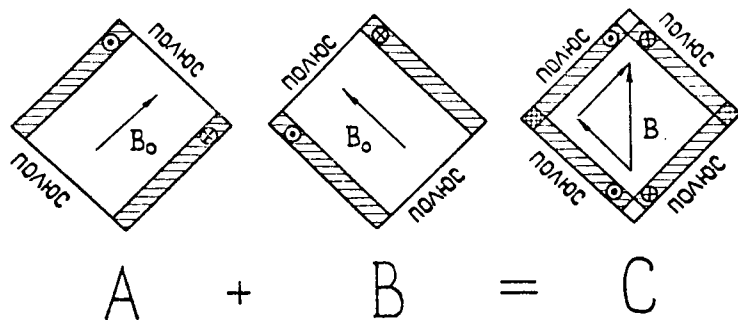


Рис.1. Формирование магнитного диполя Умштеттера.

ранее в квадрупольной линзе^{/6/}. Размер призм из SmCo_5 с энергетическим произведением $/BH/_{\text{max}} \approx 18 \text{ МГс} \cdot \text{Э}$ составлял $1,6 \times 1,6 \times 0,8 \text{ см}^3$. Напряженность магнитного поля у поверхности изолированных призм равна $/2600 \pm 300/ \text{ Э}$.

Распределения магнитного поля для пяти конфигураций расположения постоянных магнитов приведены на рис. 2. Конфигурации в-д являются некоторыми частными приближениями к полной геометрии диполя Умштеттера.

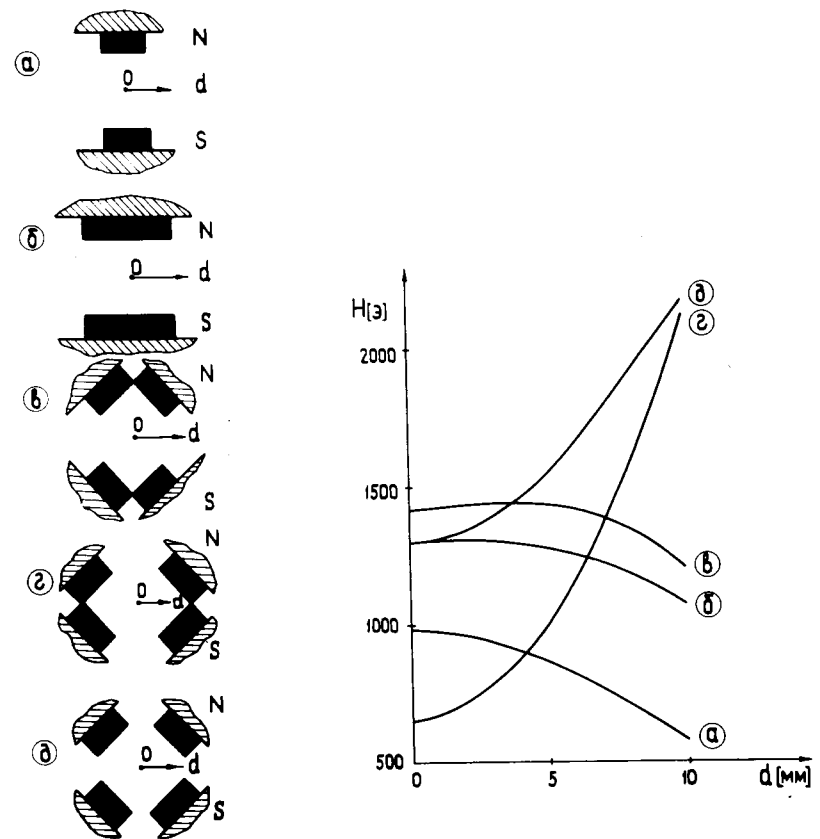


Рис.2. Модельные конфигурации магнитов и распределения магнитного поля, измеренные в медианной плоскости.

При сближении полюсов до образования апертуры $1,6 \times 1,6 \text{ см}^2$ поле в центре увеличивается до 2500 Э. Распределение имеет форму δ и на расстоянии 0,7 см напряженность возрастает до 4000 Э. Таким образом без угловых элементов, имеющих в электромагнитном варианте удвоенную плотность тока, в апертуре, "закрытой" со всех сторон постоянными магнитами, однородное поле получить не удается.

Оптимальным вариантом, который дает поле с разбросом $\Delta B/B \approx 10^{-2}$ в апертуре $\phi 1,4 \text{ см}$, является кон-

фигурация ϵ . Отношение полей в центре $\frac{B(\epsilon)}{B(a)} \approx 1,45$ при

расчетном значении $B/B_0 = 1,4$ для идеального диполя Умштеттера.

Из сравнения измеренных распределений магнитного поля можно сделать вывод о том, что для конфигурации, промежуточной между ϵ и δ , должно существовать распределение с однородным полем в апертуре до $\phi 2,0 \text{ см}$. Тем не менее, при моделировании этой промежуточной конфигурации получаются только распределения с двумя точками перегиба, т.е. задача на максимум при нуле первой производной не решается.

Таким образом, в результате модельных измерений найдена конфигурация ϵ /рис. 2/, которая в неполной геометрии диполя Умштеттера обеспечивает однородное магнитное поле в апертуре с $\phi 1,4 \text{ см}$ при полной апертуре $2,8 \times 2,8 \text{ см}^2$.

В дальнейшем предполагается осуществить моделирование обоих вариантов полной геометрии диполя Умштеттера и квадрупольной линзы Панофского, а также измерить гармонический состав магнитных полей в указанных магнитах.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность И.А.Шелаеву за постановку задачи и В.С.Алфееву за обсуждение результатов модельных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Elioff T. et al. *IEEE Trans., MAG-13, No.1, 1977, p.283.*
2. Jacob U., Umstätter H.H. *CERN Report MPS/Int., RF 64-14, 1964.*
3. Leeb K. *Umstätter H.H. CERN, 66-7, 1966.*
4. Umstätter H.H. *IEEE Trans. NS-20, 1973, p. 273.*
5. Илющенко В.И., Карпунин А.В., Куликов Ю.В. *ОИЯИ, 10-10970, Дубна, 1977.*
6. Илющенко В.И. и др. *ОИЯИ, P9-11422, Дубна, 1978.*

Рукопись поступила в издательский отдел
29 мая 1978 года.