

УДК 621.384

ОПТИМИЗАЦИЯ ВИГЛЕР-МАГНИТА ДЛЯ ДЕМПФИРУЮЩЕГО КОЛЬЦА ЛИНЕЙНОГО КОЛЛАЙДЕРА

А.З. БАБАЯН, Д.Ю. МЕЛКУМЯН, В.Ц. НИКОГОСЯН

Ереванский физический институт им. А.И.Алиханяна

(Поступила в редакцию 21 апреля 2006 г.)

Проведен трехмерный расчет оптимизации виглера с постоянными магнитами. Разработанная модель оптимизации обеспечивает существенное уменьшение нелинейности магнитного поля в рабочем зазоре виглера. Предложенная оптимизация виглера выполнена на примере демпфирующего кольца (ДК) TESLA и может быть использована при проектировании ДК интернационального линейного коллайдера.

1. Введение

В связи с ограниченной шириной полюса виглер-магнита, область однородного магнитного поля в поперечном направлении недостаточно широка, что приводит к уменьшению динамической апертуры [1]. Одним из способов уменьшения нелинейности магнитного поля виглера является увеличение ширины полюса. Для уменьшения нелинейности поля ширина полюса была увеличена с 40 мм до 60 мм, но при этом конструкция виглера не была изменена полностью [2]. Осевые и верхние магниты были изменены соответственно с изменением размеров полюса, в то время как боковые магниты не были изменены. Это обеспечивает увеличение однородности магнитного поля региона, но приводит к увеличению стоимости и веса виглера.

Целью настоящей работы было увеличение однородности магнитного поля в рабочей области зазора путем оптимизации профиля полюсов виглер-магнита. Рабочий зазор и габариты виглер магнита при этом остаются без изменения. Выполненная оптимизация позволила на порядок улучшить однородность магнитного поля.

2. Оптимизация конструкции виглер-магнита

Основные параметры виглер-магнита с шириной полюса 60 мм следующие. Виглер состоит из гибридной структуры с постоянными магнитами с длиной периода $\lambda = 400$ мм и с фиксированным зазором 25 мм. Поперечное сечение равно 220×385 мм². Полюс изготовлен из малоуглеродистой стали с размерами $100 \times 60 \times 100$ мм³ (L×W×H) и с симметричным 5 миллиметровым па-

зом, нависающим над зазором. Осевые, боковые и верхние магниты с размерами $100 \times 60 \times 95 \text{ мм}^3$, $100 \times 50 \times 95 \text{ мм}^3$ и $100 \times 60 \times 50 \text{ мм}^3$, соответственно, изготовлены из материала NdFeB, имеющего остаточную магнитную индуктивность $M_r \sim 1.15 \text{ Т}$.

Железные пластины толщиной 30 мм закрывают виглер со всех сторон и служат магнитным ярмом. В пластинах сделаны щели для вакуумной камеры размером $25 \times 120 \text{ мм}^2$. На рис.1 для иллюстрации показаны два периода виглер-магнита. Полная длина одного сегмента виглера равна 5.26 м и содержит 12 полных периодов плюс два полупериода концевых полюсов [2].

Оптимизация конструкции виглера достигается посредством пазов, выполненных на поверхности полюса, симметрично вдоль центральной оси по всей его длине, как показано на рис.2. Были рассмотрены различные конфигурации поверхности полюса. Оптимизация была достигнута посредством четырех пазов, которые имеют различную глубину и ширину. Суммарная глубина пазов каждого полюса составляет 0.45 мм. Таким образом, величина зазора в центре полюса равна 25.9 мм. Магнитное поле B_0 в центре полюса падает на ~2%. Расчеты выполнены с использованием программы 3D Radia [3].

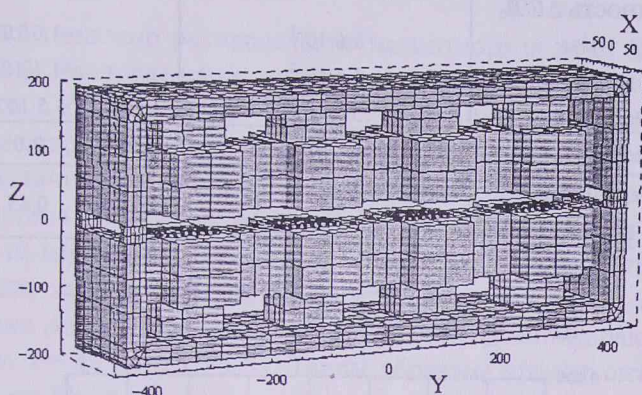


Рис.1. Виглер-магнит на 2 периода с разобранными боковыми пластинами.

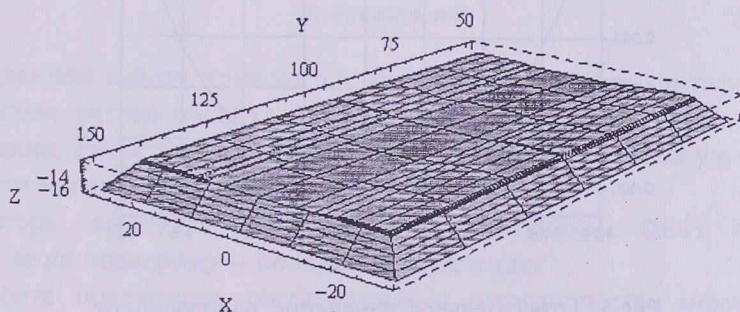


Рис.2. Поверхность оптимизированного полюса с 4 пазами.

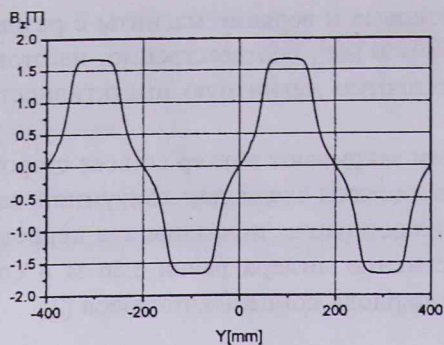


Рис.3. Вертикальное поле вдоль оси Y вилгера.

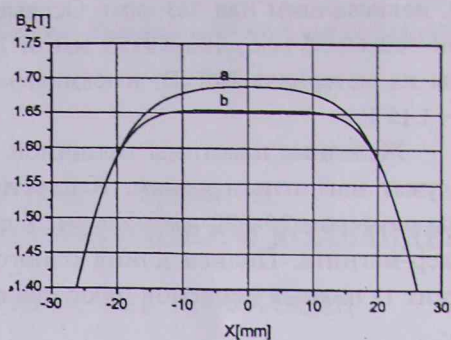


Рис.4. Распределение поперечного поля $B_z(x)$ в плоскости $Z=0$ в центре полюса: а – без оптимизации, б – с оптимизацией.

Табл.1. Сравнительные результаты для полюса шириной 60 мм.

Ампл. поля B_0 [Т]	Без оптимизации 1.68	С оптимизацией 1.65
Однородность $\Delta B/B_0$		
$X = \pm 1$ мм	$3.6 \cdot 10^{-5}$	$-1.0 \cdot 10^{-5}$
$X = \pm 5$ мм	$1.1 \cdot 10^{-3}$	$-1.1 \cdot 10^{-4}$
$X = \pm 10$ мм	$5.9 \cdot 10^{-3}$	$5.5 \cdot 10^{-4}$
Спад поля B_0 (%)	—	2.0
Результирующая глубина пазов (мм)	—	0.45

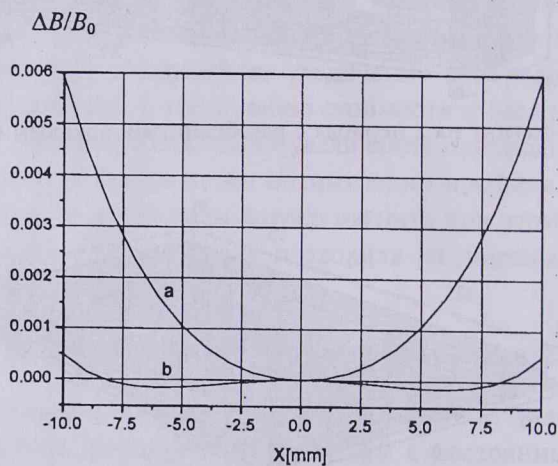


Рис.5. Относительное изменение однородности поля в поперечном направлении в центре полюса: а – без оптимизации, б – с оптимизацией.

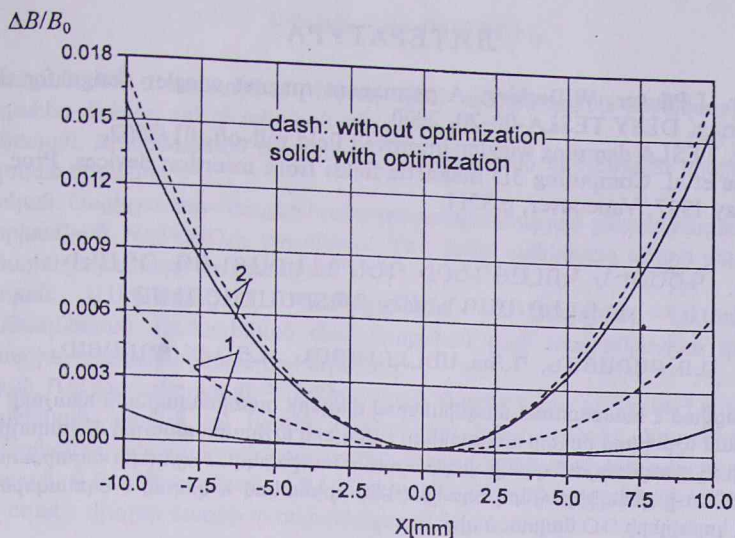


Рис.6. Относительное изменение однородности магнитного поля в поперечном направлении в различных точках вдоль оси Y : 1- $Y=80$ мм, 2- $Y=46$ мм — при значении поля $B_z=1.0$ Т.

На рис.3 показано распределение магнитного поля B_z вдоль оси Y для значений $X=Z=0$. Распределение поперечного поля $B_z(x)$ в плоскости $Z=0$ в центре полюса с оптимизацией и без оптимизации представлено на рис.4. Сравнительные характеристики магнитного поля $\Delta B/B_0$ в поперечном направлении для различных значений Y в продольном направлении показаны на рис.5,6. Величина неоднородности поля без оптимизации для области $-10 \text{ мм} \leq X \leq 10 \text{ мм}$ составляет $\Delta B/B_0 \leq 5.9 \cdot 10^{-3}$ (рис.5.). При оптимизации для той же области величина $\Delta B/B_0$ улучшается в десять раз и не превышает $5.5 \cdot 10^{-4}$. Графики $\Delta B/B_0$ с оптимизацией и без оптимизации практически идентичны в точке $Y=46$ мм ($B_z=1$ Т). Таким образом, эффект оптимизации начинается с точки $Y=46$ мм, растет в направлении центра полюса ($Y=100$ мм) и в центре достигает максимума.

3. Заключение

В данной работе приводится разработанная модель оптимизации магнитного поля виглер-магнита посредством пазов, выполненных на поверхности полюса. Расчеты выполнены 3D программой и показали улучшение однородности магнитного поля ~ 10 раз.

Авторы выражают благодарность сотрудникам DESY N.Walker и W.Decking за их поддержку и полезные обсуждения.

Работа поддержана соглашением о сотрудничестве между DESY и YerPhI, заключенным 06.12.2002.

ЛИТЕРАТУРА

1. M.Tischer, J.Pfluger, W.Decking. A permanent magnet wiggler design for the TESLA damping ring, DESY TESLA-00-20, 2000.
2. M.Tischer. TESLA damping wiggler-improved field roll-off, 01/2002.
3. P.Elleuame et al. Computing 3D magnetic fields from insertion devices. Proc. of PAC97 Conf., May 1997, Vancouver, p.3511.

ԳԾԱՅԻՆ ԿՈՆԱՅԴԵՐԻ ԴԵՄՊԻՆԳՆԵՐՈՂ ՕՂԱԿԻ ՎԻԳԼԵՐ-ՍԱԳՆԻՍԻ ՕՊՏԻՄԱԼԱՑՈՒՄԸ

Ա.Զ. ԲԱԲԱՅԱՆ, Դ.ՅՈՒ. ՄԵԼԿՈՒՄՅԱՆ, Վ.Յ. ՆԻԿՈԳՈՏՅԱՆ

Ներկայացված է հաստատուն մագնիսներով վիզլերի օպտիմալացման եռաչափ հաշվարկը: Օպտիմալացման մշակված մոդելը ապահովում է վիզլերի աշխատանքային միջակայքում մագնիսական դաշտի ոչ գծայնության զգալի փոքրացում: Առաջարկված վիզլերի օպտիմալացումը կատարված է TESLA-ի դեմպինգային օղակի (ԴՕ) օրինակով և կարող է օգտագործվել միջազգային գծային կոլայդերի ԴՕ նախագծելիս:

WIGGLER-MAGNET OPTIMIZATION FOR LINEAR COLLIDER DAMPING RING

A.Z. BABAYAN, D.YU. MELKUMYAN, V.TS. NIKOGHOSYAN

Optimization results of a permanent magnet wiggler by 3D field calculation are presented. The developed model of optimization provides a significant decrease in the magnetic field nonlinearity in a wiggler gap. Proposed wiggler optimization is executed on the example of a TESLA damping ring (DR) and can be used at designing of International Linear Collider DR.