CALCULO DO CAMPO POTENCIAL PRODUZIDO POR UMA LENTE PRISMATICA QUADRADA

Maurício Urban Kleinke, Ross Alan Douglas e Mário A. Bica de Moraes

Instituto de Física "Gleb Wataghin", UNICAMP

Neste trabalho são calculados os campos quadrupolares para lentes prismáticas quadradas, que tem como estrutura proposta uma série de arames longitudinais, com um incremento de potencial constante entre arames vizinhos. São apresentados resultados sobre o desvio dos potenciais calculados em relação à um potencial hiperbólico perfeito.

Quadrupolo, Lente Prismática Quadrada.

Introdução

O campo eletrostático quadrupolar é utilizado em dispositivos para a focalização de feixes de partículas carregadas. Campos quadrupolares exatos são produzidos por quatro eletrodos paralelos de seção hiperbólica aos quais são aplicados potenciais simétricos. Esta configuração é de difícil confecção e alinhamento, ocupando uma área bastante extensa no interior da lente.

Recentemente Douglas(1) mostrou que um campo quadrupolar exato pode ser produzido por uma estrutura quadrada com variação linear do potencial aplicado nos seus lados.

No presente trabalho são calculados os campos quadrupolares para lentes prismáticas quadradas, LPQ, onde a variação do potencial não é linear, mas sim produzido por um número finito de arames paralelos, com um incremento de potencial constante entre dois arames vizinhos. Esta estrutura é de mais fácil confecção e alinhamento, apresentando ainda a vantagem de uma área pequena na região do campo.

Modelo Matemático

A estrutura proposta para a formação de uma LPQ consiste em um prisma quadrado cujas laterais são formadas por uma série de arames retilíneos condutores. O feixe de íons ou elétrons atravessa a lente quadrada no sentido longitudinal, paralelo aos arames. O potencial entre dois arames vizinhos difere por um incremento constante. Nos extremos de cada lateral são aplicados potenciais simétricos (+VO e -VO), sendo que o incremento é dado por 2*VO/(N-1), onde N é o número de arames em cada lateral. A lente construída desta forma apresenta uma estrutura do potencial simétrica, com o potencial sendo nulo nas linhas medianas perpendiculares aos arames.

O modelo matemático proposto para o cálculo do potencial gerado pela LPQ, supõe inicialmente que o comprimento dos arames é infinito, com as seguintes condições de contorno: a)que o potencial na casca do arame seja o potencial ao qual o arame está submetido; e b)que o potencial máximo no interior da lente não ultrapasse VO. Estas condições de contorno são satisfeitas pela equação abaixo

$$V = Va*(1-\ln(d/r)*C) \qquad (1)$$

onde V é o potencial em um ponto à uma distância d do eixo de um arame com um raio r, submetido à um potencial Va. C é uma constante de integração, utilizada no cálculo da estrutura completa.

O cálculo dos potenciais no interior da LPQ é feito através da seguinte equação:

$$V(x,y) = \sum_{l=1}^{4} \sum_{n=1}^{N} V(l,n) \qquad (2)$$

onde V(x,y) é um potencial em um ponto (x,y) no interior da lente e V(l,n) é o potencial em (x,y) devido ao n-ésimo arame do l-ésimo lado calculado segundo a eq. 1.

Todos os programas foram desenvolvidos em um computador VAX-11/780 da Digital, no Centro de Computação John Rogers, no Instituto de Física "Gleb Wataghin", da UNICAMP.

Resultados Obtidos

As equipotenciais no interior da lente são calculadas a partir da equação 2, sendo que a figura 1 apresenta um corte da LPQ mostrando as equipotenciais de 1,5,10,...,70% de VO, calculadas para uma lente com nove arames por lateral e a razão entre o diâmetro dos arames e a distância entre os vizinhos (centro a centro), RDD, igual a 0,01.

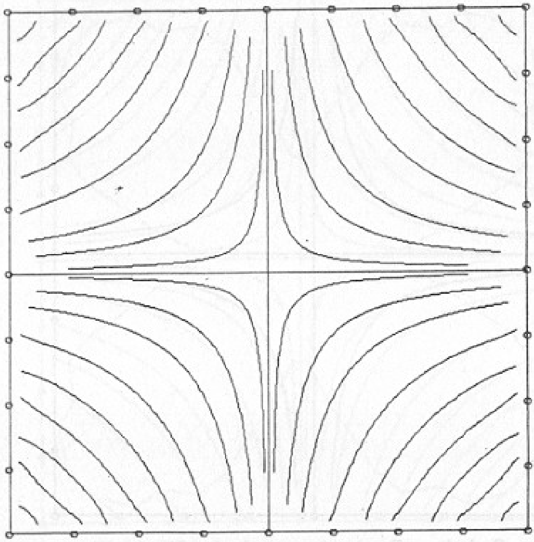

Fig. 1. Curvas equipotenciais calculadas para equipotenciais de 1,5,10,...,70% de VO, em uma LPQ com 9 arames por lateral.

O potencial da lente é nulo nas medianas, e muito pequeno em sua proximidade. A seguir será analisada a proximidade deste potencial com um potencial hiperbólico.

No cálculo do desvio entre o potencial calculado para a LPQ e um potencial hiperbólico exato, D, admite-se que um ponto da diagonal da lente é solução comum aos dois potenciais. O valor de D é calculado pela expressão abaixo:

D = ((Vc - Vh(xc,yc)**2))**(1/2)/Vc (3)

Vh(xc,yc) = (xd x yd)/(xc*yc)*Vc (4)

onde xd e yd são os pontos da diagonal, xc e yc são os pontos que resolvem a equação 2 para um potencial Vc dado, e Vh é o potencial hiperbólico exato.

Na figura 2 são apresentados os cálculos de D para a equipotencial de 5% de VO (fig. 2.(a)) da lente apresentada na fig. 1. A fig. 2(b) mostra um polígono formado por retas que cruzam a equipotencial no ponto em que o desvio se torna maior que 1%. Na área interna do polígono o desvio é menor que 1%, para a equipotencial dada.

A estrutura poligonal apresentando a região em que D é menor que 1% (para a lente da fig.1), é apresentada na figura 3. Uma região muito grande da lente apresenta um desvio menor que 1%, o que é significativo da eficiência do modelo proposto.

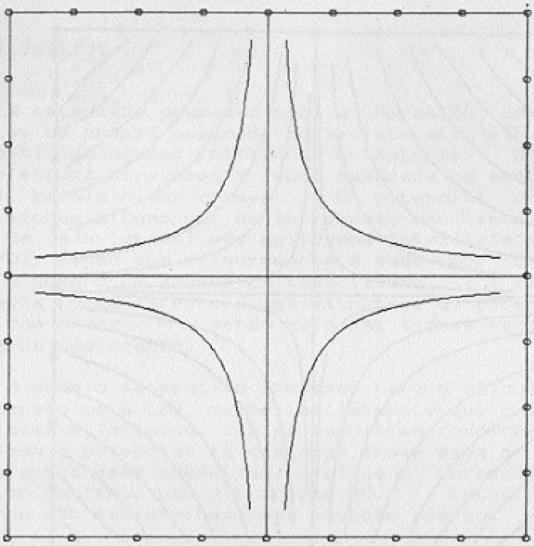

Fig. 2.(a). Equipotencial de 5% de VO.

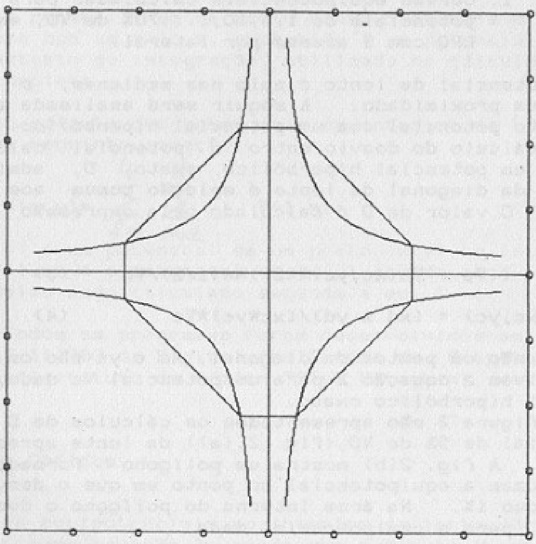

Fig. 2.(b). O polígono no interior do qual o desvio da equipotencial em relação ao potencial hiperbólico exato é menor que 1%.

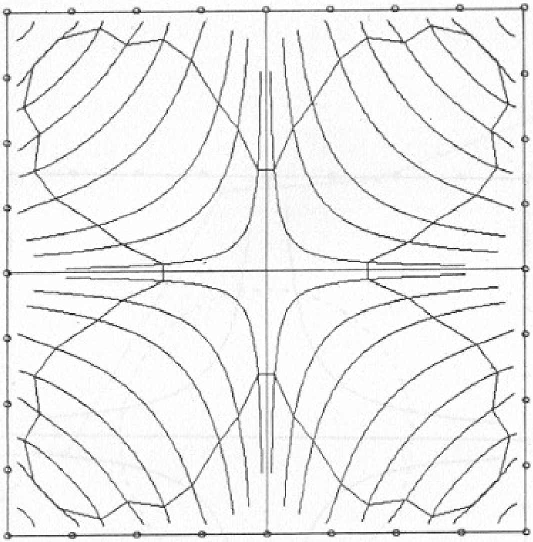

Fig. 3. Polígono indicativo do desvio entre o potencial calculado e o potencial hiperbólico exato. Na região interior do contorno poligonal o desvio é menor que 1%.

Foram realizados estudos variando-se o número de arames (entre 3 e 12) e a RDD (0,01, 0,05 e 0,1); tendo o modelo apresentado as características discutidas a seguir.

O desvio do potencial da LPQ (em relação ao pot. hip.) é função de N e da razão entre o diâmetro e a distância entre dois arames vizinhos. Com o aumento do número de fios, diminui o desvio, aumentando a área do polígono que demarca a região de melhor acerto. Por simplicidade de apresentação, o polígono da figura 2.(b) pode ser substituído por um círculo, com a origem no centro da lente e o raio igual à distancia entre o centro e o ponto em que o desvio passa a ser maior que 1%. A figura 4 mostra o círculo em substituição ao polígono para o potencial da fig. 2.(a).

Lentes com número de arames ímpares apresentam desvios menores que com arames pares. Sendo ímpar o número de arames, existe um arame que apresenta o potencial zero, facilitando a conformação do campo e tornando o cálculo mais preciso.

Quanto menor a razão diâmetro/distância, melhor é o acerto do modelo nos potenciais mais próximos ao centro da lente, que são os potenciais que mais interessam no processo.

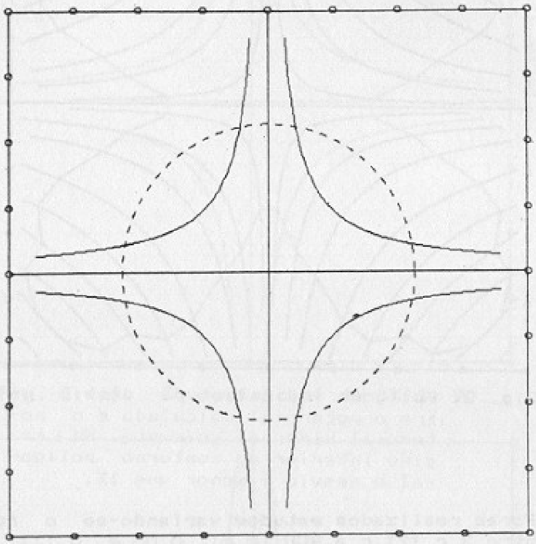

Fig. 4. O círculo representa a região com desvio menor que 1%, em substituição (por simplicidado do cálculos comparativos) ao polígono.

Na figura 5 é apresentado o gráfico da razão entre a área do círculo (ou seja, região com desvio menor que 1%) e a área total da lente vs. o número de arames; para a equipotencial de 5% de VO, N ímpar e valor do RDD igual a 0,1.

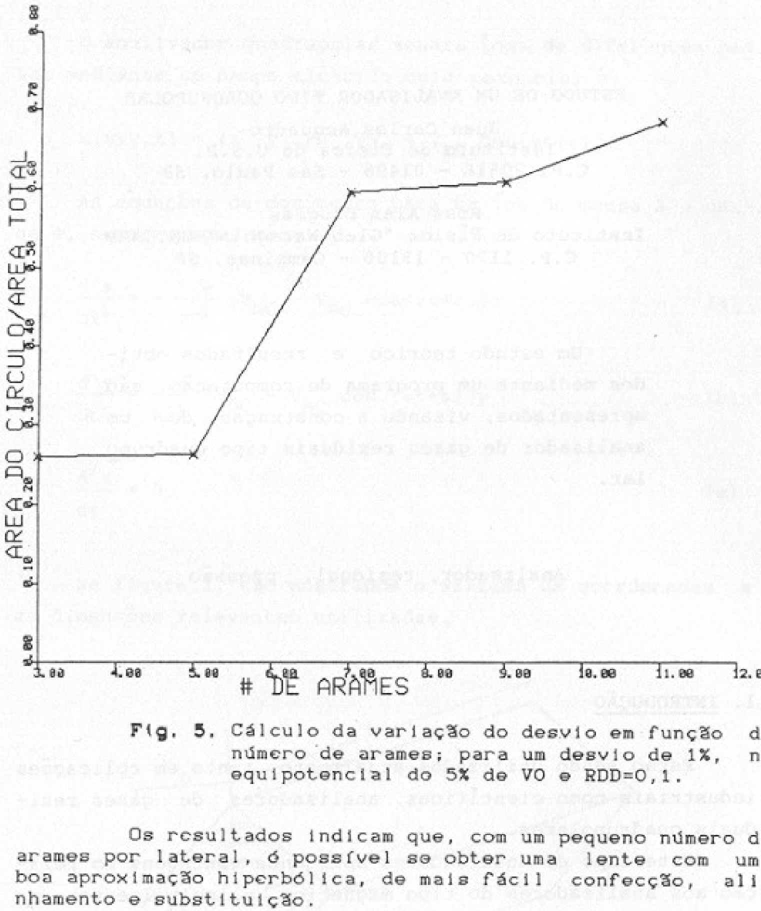

Fig. 5. Cálculo da variação do desvio em função do número de arames; para um desvio de 1%, na equipotencial do 5% de VO e RDD=0,1.

Os resultados indicam que, com um pequeno número de arames por lateral, é possível se obter uma lente com uma boa aproximação hiperbólica, de mais fácil confecção, alinhamento e substituição.

Bibliografia

1. R.A. Douglas, "Um Novo Método de Alta Precisão para produzir Campos Quadripolares. I Encontro Latino-Americano de Espectroscopia de Massas, 20 e 21 de março de 1986, Rio de Janeiro.