

CARACTERIZAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO EXPERIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA ÓPTICA DO ANEL DE ARMAZENAMENTO DO LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON (LNLS)

Rodrigo Laiola Guimarães

Graduando do curso de Engenharia de Computação, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES - rodrigolaiola@bol.com.br

Liu Lin

Dra. do grupo de Física de Aceleradores, Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS - Orientadora - liu@lnls.br

Ruy Hanazaki do Amaral Farias

Dr. do grupo de Física de Aceleradores, Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS - Orientador - ruy@lnls.br

INTRODUÇÃO

O LNLS opera um anel de armazenamento de elétrons de 1,37 GeV utilizado como fonte de radiação síncrotron. A radiação síncrotron é emitida por partículas carregadas relativísticas, no caso elétrons, quando são aceleradas. O anel é formado por uma série de ímãs com funções separadas (dipolos, quadrupolos e sextupolos) e trechos retos sem campo. A esta combinação de elementos denominamos rede magnética do anel, responsável pelo campo guia que define a órbita fechada ideal (dipolos) e uma região de estabilidade em torno dela (quadrupolos). Além disso, existem ao longo da rede uma série de pequenos dipolos utilizados para correções localizadas da órbita (ímãs corretores), assim como monitores de posição do feixe. Neste trabalho apresentamos estudos relacionados com a caracterização e otimização do experimento de medida da matriz de correção de órbita para obtenção da óptica do anel de armazenamento do LNLS. O objetivo final do experimento é medir as funções de focalização e demais parâmetros dos elementos que compõem a rede magnética do anel. Tendo em vista que o comportamento do feixe de elétrons depende dos elementos da rede magnética, é relevante o interesse em determinarmos com precisão a óptica do anel de armazenamento do LNLS. A medida precisa dos parâmetros ópticos nos permite restaurar a simetria da máquina, o que traz como consequência o aumento da aceitação do anel e os respectivos aumentos na eficiência de injeção e tempo de vida dos elétrons.

METODOLOGIA

O experimento de medida da matriz de correção de órbita do anel do LNLS consiste na criação de pequenas perturbações (“kicks”) pelas corretoras na trajetória dos elétrons e na coleta de medidas pelos monitores de posição (BMP's). A primeira fase do projeto consistiu na elaboração de um programa para o cálculo do máximo “kick” nas corretoras (em mrad) dado o desvio ótimo da órbita ideal (em mm, dentro da região de linearidade dos BMP's) e a rede magnética. Este programa foi implementado na linguagem de programação C e utilizou o formalismo de matrizes de transferência, dado que a ação de cada um dos elementos da rede magnética sobre o feixe de elétrons pode ser descrita por uma matriz que embute os efeitos de deflexão e focalização de cada um deles. Nessa representação foi utilizada a aproximação linear, onde foram considerados somente termos de 1ª. ordem, e não foram considerados os efeitos dispersivos e de acoplamento entre os deslocamentos radiais e verticais. Determinados os máximos “kicks”, realizamos várias medidas onde analisamos a repetibilidade utilizando o mesmo conjunto de parâmetros tanto para o mesmo feixe como de feixe para feixe. Analisamos também o efeito sobre as medidas da ciclagem nas corretoras, o efeito dos sextupolos e de diferentes “kicks”. Antes de cada medida da matriz medimos as sintonias betatron, a corrente armazenada e a energia dos elétrons do feixe. Para a realização dessas medidas foi utilizado o programa DiagMaq que foi desenvolvido no LNLS.

RESULTADOS

Na otimização dos vários parâmetros utilizamos como referência a dispersão das medidas em face da resolução do sistema de monitoração da órbita, que é da ordem de 2×10^{-6} m. O primeiro parâmetro otimizado foi o tempo de espera entre a atuação dos corretores e a medida das órbitas, que deve ser de pelo menos 800ms. No teste da repetibilidade sob efeito da ciclagem nas corretoras, notamos que com ciclagem, o desvio ficou em 10×10^{-6} m nas corretoras verticais fortes (ACV) e horizontais (ACH), e $1,5 \times 10^{-6}$ m nas verticais fracas (ALV). Sem ciclagem, foram de 5 a 10 vezes maiores. As amplitudes máximas dos deslocamentos medidos foram de 4mm para as ACV's, 3mm para as ACH's e 1mm para as ALV's. No estudo da linearidade para “kicks” simétricos e “kicks” proporcionais, notamos que os desvios de órbita foram maiores que a repetibilidade das medidas. Na verificação da influência dos sextupolos,

obtemos que com ele, os desvios foram de 35×10^{-6} m para as ACH's, 45×10^{-6} m para as ACV's e 10×10^{-6} m para as ALV's. No teste da repetibilidade de feixe para feixe, foram feitas medidas com o mesmo conjunto de parâmetros sempre que um novo feixe era injetado. Obtemos desvios de 30×10^{-6} m para as ACH's e ACV's, e 10×10^{-6} m para as ALV's, enquanto para um mesmo feixe, ficaram em 10×10^{-6} m, 10×10^{-6} m e $1,5 \times 10^{-6}$ m respectivamente. No teste da sensibilidade do método a variação dos quadrupolos, notamos que variações de $0,02 \text{m}^{-2}$ já produziam diferenças de órbita maiores que a repetibilidade.

CONCLUSÕES

A ciclagem dos corretores melhorou em muito a repetibilidade das medidas. Adotamos 5 ciclos como um número suficiente para termos pequena dispersão nas medidas. De feixe para feixe, percebemos que a repetibilidade foi pior que para medidas realizadas utilizando-se o mesmo feixe. Isto se deve ao fato de que entre uma injeção e outra os ímãs passam por um processo de ciclagem e rampeamento. Das medidas efetuadas variando as corretoras ACH's pares, fizemos uma extrapolação e descobrimos que de uma injeção para outra, a variação da força de focalização de um par de quadrupolos é da ordem 4 partes em 1000. Para "kicks" simétricos, "kicks" proporcionais e no teste de influência dos sextupolos, obtemos desvios maiores que a repetibilidade. Concluímos que este efeito é devido à ação dos sextupolos que, mesmo zerados, possuem um campo magnético remanescente. Este campo, de comportamento não-linear, introduz uma focalização dependente da posição transversal do feixe. Assim, há uma variação nas funções de focalização amostradas pelas diversas órbitas produzidas pelos diferentes "kicks". Uma sugestão para simular este efeito em um programa de minimização, é modelar os sextupolos como quadrupolos variáveis, tomando-se cuidado na interpretação dos resultados, pois para cada medida obteríamos um valor diferente para este "quadrupolo". Sugerimos também que o monitor MP01B seja revisado visto que em grande parte dos dados coletados foi o que apresentou maior dispersão entre os pontos.

Agência Financiadora: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS - Campinas - SP - Brasil - www.lnls.br

Trabalho do 12o. Programa Bolsas de Verão do LNLS

Palavra-chave 1: Radiação síncrotron

Palavra-chave 2: Aceleradores de partículas

Palavra-chave 3: Ímãs