

SELEÇÃO PÚBLICA FAPESP E MCTI/FINEP/FNDCT – PROPOSTAS PARA INOVAÇÃO - PAPPE-PIPE III 2015

ANEXO 1

LISTA DE DESAFIOS TECNOLÓGICOS

Identificação dos Desafios Tecnológicos

Fontes de luz síncrotron são equipamentos de pesquisa de grande porte para a produção de feixes de radiação eletromagnética de amplo espectro (infravermelho, visível, ultravioleta e raios-x) e de alta intensidade – uma “lâmpada universal”. O Brasil foi pioneiro, entre os países em desenvolvimento, ao projetar e construir a primeira fonte de luz síncrotron do hemisfério sul, que hoje opera em 1.37 GeV e possui 18 estações experimentais abertas a pesquisadores acadêmicos e industriais de toda a América Latina. Esta fonte, de segunda geração, colocou-nos em condições de desenvolver pesquisa avançada a nível internacional nos anos 90, atingindo cerca de 1600 usuários. Como uma instalação aberta de pesquisa básica e aplicada, a primeira no Brasil, o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) tem desempenhado um papel importante na integração nacional e regional, sendo que 16% dos usuários que utilizam as instalações são oriundos de outros países da América Latina.

Passada a fase em que o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron adquiriu a tecnologia de luz síncrotron, o LNLS está trabalhando agora no projeto de uma nova fonte de luz síncrotron de terceira geração, o Sirius, um acelerador síncrotron de 3 GeV e 0.28nm radiano de emitância, que será a melhor do mundo na sua classe. Esta nova fonte terá brilho comparável ou melhor do que todas aquelas em construção ou recentemente construídas nas Américas, Europa e Ásia, permitindo que o Brasil se mantenha competitivo pelos próximos 20 anos. O projeto e a construção de muitos dos principais equipamentos do sistema serão brasileiros, assim como o foram para a primeira fonte em operação no LNLS. No entanto, ao contrário do passado, o envolvimento da indústria nacional neste novo projeto será muito mais intenso e fundamental para o sucesso.

Por esse envolvimento e pelas demandas do projeto, identificou-se no momento de sua concepção equipamentos, dispositivos e sistemas com alto grau de complexidade, não encontrados em prateleiras ou sob encomendas mas que pudessem ser desenvolvidos por empresas no Brasil, chamados de **Desafios Sirius**, que seguem descritos abaixo:

1. Trem de Monitoramento de Túnel

Introdução

Equipamentos da complexidade e custo de um acelerador como o Sirius, cuja hora parada pode atingir dezenas de milhares de reais, requer elementos de diagnóstico que minimizem a necessidade de acesso ao túnel do acelerador ou que forneçam informações que possam auxiliar nos preparativos da manutenção, aumentando a eficiência dos trabalhos e reduzindo o tempo de máquina parada. Diversos sensores estão previstos para

serem instalados de forma permanente no túnel e servirão para coletar informações importantes sobre temperatura, fluxo de água, pressão de vácuo, etc. Entretanto, a instalação de sensores permanentes em um túnel de 500 m não é uma tarefa simples e qualquer mudança de posição ou quantidade requer um trabalho significativo. A ideia de um veículo capaz de percorrer todo o túnel e transportar os mais diversos tipos de sensores e equipamentos parece uma forma rápida e flexível de adicionar capacidade de sensoriamento e diagnóstico.

O desafio proposto é projetar e construir um veículo com movimentação em trilhos suspensos para monitorar o funcionamento do acelerador dentro do túnel de blindagem. O veículo deverá ser capaz de coletar imagens de alta definição, imagens térmicas, temperatura do ambiente, radiação, vibração, sons, etc. Deverá também permitir adição de futuros sensores para outras aplicações além de ser capaz de monitorar suas próprias condições (carga da bateria, velocidade, etc.). Deverá ainda conter todos os dispositivos para uma operação segura dentro de um túnel com equipes de manutenção trabalhando.

O software de controle deverá permitir varreduras para coletas de dados, comparação de imagens em datas diferentes, posicionamento preciso das câmeras, operação pré-programada autônoma, operação manual. No caso do veículo se operado por bateria, o software deverá também gerenciar as recargas automaticamente.

O LNLS já possui alguns protótipos desenvolvidos, incluindo o sistema de trilhos, que usa os suportes das calhas elétricas como forma de sustentação. O trabalho da empresa contratada será aperfeiçoar o sistema de trilho e desenvolver a mecânica, o hardware e o software do trem de monitoramento e seus vagões.

Um aspecto importante que ainda não foi analisado é a durabilidade dos componentes eletrônicos no ambiente do túnel do acelerador. Entretanto, mesmo que o uso com a máquina ligada tenha que ser restrito, ainda pode ser útil uma ferramenta como essa.

Parâmetros Técnicos

Uma lista preliminar de características técnicas seria:

- Capacidade de carga de até 30Kg por vagão
- Até 5 vagões
- Alimentação por bateria ou trilho eletrificado em baixa tensão
- Comunicação em tempo real
- Dispositivos de segurança contra colisões
- Velocidade entre 2 e 5 m/s
- Precisão de posicionamento de 0.2mm

- Software com rotinas de comparação de imagens (antes e depois)
- Operação manual e automática

Aplicações no LNL5

Monitoramento ao longo dos 500 m do túnel do acelerador (temperatura, radiação, vibração, imagens, imagens infravermelho, som, etc.)

Auxílio nas manutenções (ferramentas, comunicação, checagem visual).

Aplicações fora do LNL5

Aceleradores de partículas em outros países, estádios de futebol, túneis em estradas, instalações industriais.

Estágio atual

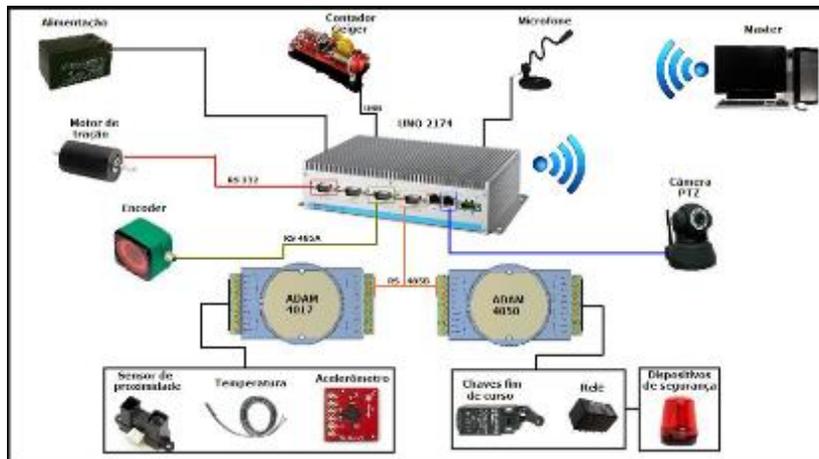


Figura 1: Configuração de hardware usada no protótipo atual.

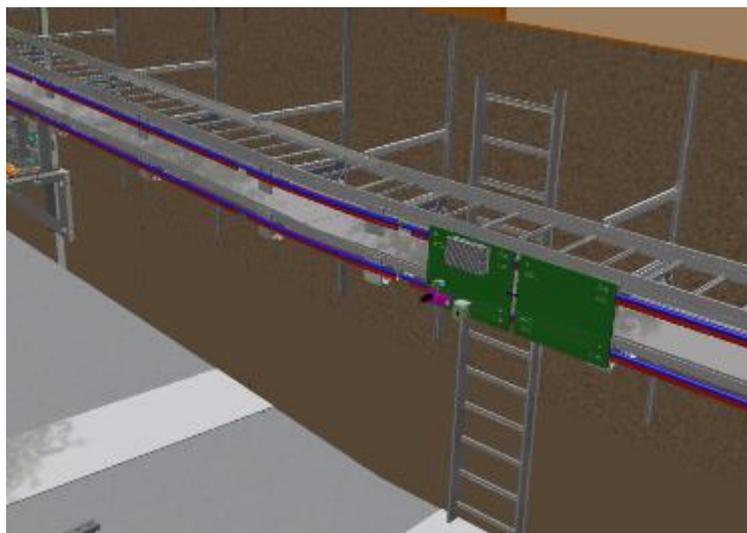


Figura 2: Configuração atual do trilho (azul) preso aos suportes das eletrocalhas e dois vagões (verdes) instalados.

2. Robô Comandado Por Laser Tracker

Introdução

A nova Fonte de Luz Síncrotron em construção no LNLS terá 518 metros de circunferência e permitirá a instalação de até 40 linhas de luz. Ao longo desses 518 metros serão instalados 1200 magnetos responsáveis por manter os elétrons na trajetória correta. Vários desses magnetos são pré-montados em berços que são instalados sobre pedestais de concreto. O alinhamento entre berços adjacentes deve ser feito com precisão melhor que 100 micrometros e os mecanismos de precisão que realizam esse alinhamento exigem que os pedestais de concreto sejam alinhados com precisão da ordem de 3mm. Cada pedestal pesa cerca de 6 toneladas e é fundamental que a marcação no piso para instalação desses pedestais seja muito bem feita para se evitar qualquer possibilidade de retrabalho.

O objetivo principal é desenvolver um dispositivo capaz de fazer marcas no piso para serem usadas como referência de instalação de equipamentos. Esse dispositivo deve ser baseado em uma plataforma robótica padrão, deve ser capaz de se localizar usando um Laser Tracker, deve atingir uma precisão de posicionamento da ordem de 1 mm e marcar os pontos a partir de um banco de dados.

O maior trabalho desse desafio se refere ao desenvolvimento de um dispositivo para fazer as marcas de precisão no piso, no sistema de comunicação entre o robô e o computador e no software de controle. Consideramos o uso da plataforma robótica NEXUS 10008 uma alternativa interessante.

Parâmetros Técnicos

- Operação sem fio
- Posicionamento por Laser Tracker
- Precisão de +/- 1 mm no ponto marcado
- Capacidade de identificação do ponto marcado
- Funcionamento seguro
- Operação à distância de até 30 m da base (Laser Tracker e Computador)
- Código aberto

Outras considerações

- Interrupção do movimento em caso de perda do sinal do LT.

- Interrupção do movimento em caso de grande discrepância entre a leitura do LT e a leitura dos encoders das rodas.
- Possibilidade de marcação extra em torno do ponto central, compatível com marcação múltipla e ou marcação de pontos próximos.
- Possível dispositivo de limpeza do local antes da marcação, como por exemplo um jato de ar.
- Rotina de teste. Talvez seja útil ter uma rotina pronta para marcar um pequeno quadrado de 100mm x 100mm para ter certeza de que todos os eixos estão funcionando corretamente.
- Flexibilidade de programação
- Ao término da marcação dos pontos listados, devemos ter a opção de repetir toda a operação.

Aplicações no LNLS

Instalação de suportes dos aceleradores, linhas de luz, cabanas de proteção radiológica e equipamentos industriais em geral.

Levantamento topográfico do piso do acelerador e do hall experimental.

Aplicações fora do LNLS

Sinalização de solo, ciclovias, campos de futebol e quadras esportivas. Levantamento topográfico de pisos industriais, ruas, estacionamentos, etc.

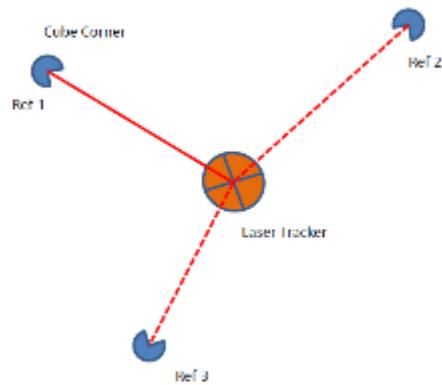
Demanda

Uma unidade do equipamento. Desenvolvimento de hardware e software de um (1) pequeno robô alimentado por bateria e comunicação sem fio, comandado por um computador externo, capaz de se orientar a partir das coordenadas fornecidas por um Laser Tracker, capaz de marcar pontos no piso com precisão da ordem de 1 mm para instalação de equipamentos ao longo do túnel do acelerador.

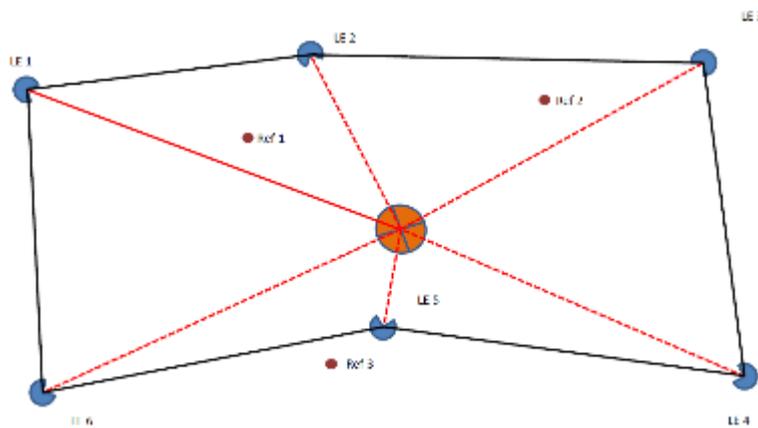
Algoritmo básico de funcionamento

Para a tarefa principal de marcar um conjunto de pontos existentes em um arquivo, estamos considerando a seguinte sequência de operação:

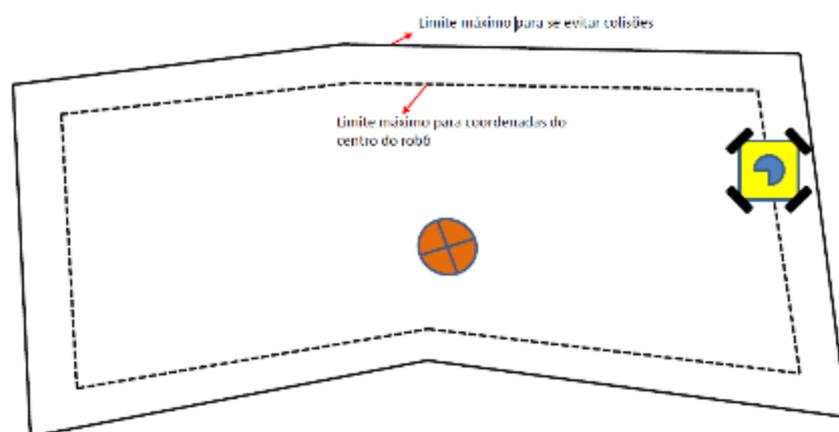
- Posicionamento do Laser Tracker: Utilização de 1, 2 ou 3 pontos de referência para localização do Laser Tracker no sistema de coordenadas do local.



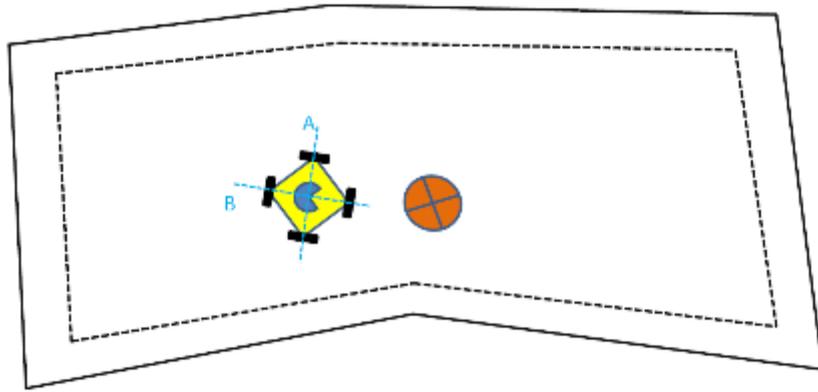
- Determinação dos limites externos: Os pontos para definição de uma poligonal para delimitação da área de atuação do robô podem ser digitados manualmente ou coletados com o Laser Tracker



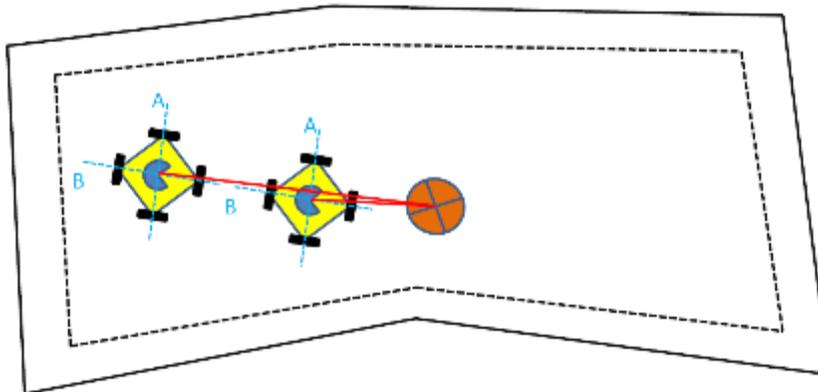
- Ajuste da poligonal: A poligonal delimitadora externa efetiva deve ser calculada levando-se em conta as dimensões do robô



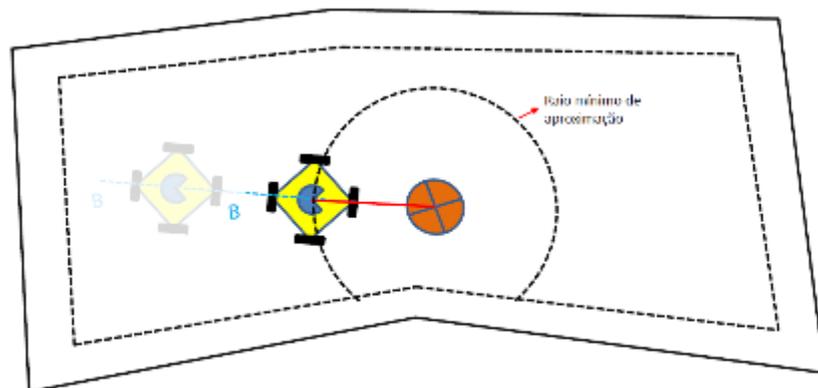
- Montagem do cube corner no robô: O cube corner deve ser montado com a projeção de seu eixo no plano colinear com um dos eixos entre as rodas.



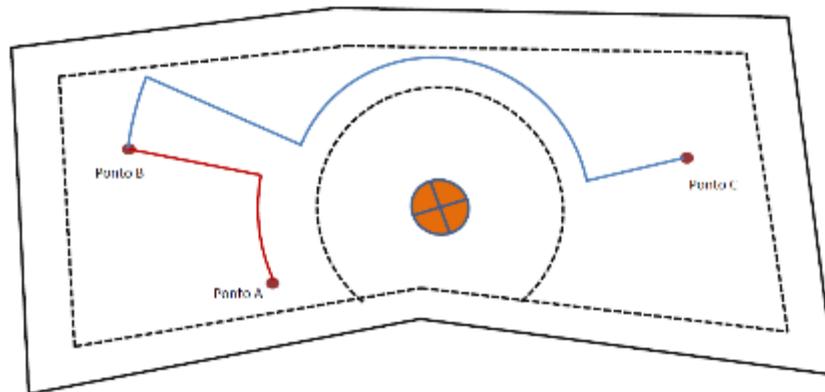
- Alinhamento do sistema de coordenadas do robô: O robô deve ser posicionado próximo ao Laser Tracker de forma a ter o eixo B aproximadamente na direção radial. Um deslocamento usando apenas as rodas do eixo A servirá para medir quão radial está o eixo B. O ângulo horizontal medido pelo LT deve ser corrigido e um novo teste de movimento radial executado.



- Determinação do raio mínimo de aproximação: Seja em função do menor ângulo vertical que o LT é capaz de medir ou pelo maior ângulo vertical que o cube corne é capaz de refletir, existe um raio limite em torno do LT que pode ser alcançado pelo robô. Após o alinhamento do sistema de coordenadas, o robô pode tentar uma aproximação lenta para descobrir esse raio.



- Rotinas de correção de trajetória: Após a inicialização do robô, cada movimentação radial, ou mesmo a tangencial, pode ser usada para verificar a orientação do robô em relação ao Laser Tracker. O importante é tentar evitar o acúmulo de desvios provocados pela imprecisão do movimento e a consequente perda do feixe do Laser Tracker



- Possibilidades de identificação dos pontos marcados: O objetivo principal do robô é marcar pontos no piso com precisão da ordem de 1mm. Isso significa que esse ponto deverá ser menor que 1mm de diâmetro, o que pode dificultar sua visualização logo após sua marcação, tornando necessário alguma marca de menor precisão, mas de maior visibilidade. Também poderia ser interessante a possibilidade de se identificar o ponto, escrevendo um código ao seu lado.



No caso de utilização desse robô pra o levantamento topográfico de um piso ou uma grande superfície, seria necessária uma rotina de geração da malha de mapeamento, respeitando os limites de movimentação.

3. Passarela sobre o Anel

Introdução

No projeto atual do prédio do Sirius, a passagem de pedestres por sobre a área do hall experimental e da blindagem dos aceleradores é feita através de sete passarelas a serem construídas em estrutura de aço com piso revestido com massa asfáltica. No atual projeto as passarelas são apoiadas apenas em suas extremidades, nas estruturas do que é chamada edificação principal. Este apoio é feito através de aparelhos que compensam as variações dimensionais da estrutura e amortecem parcialmente as suas vibrações. O vão livre a ser vencido é da ordem de 32m.

A principal preocupação nestas passarelas é garantir que, durante a circulação das pessoas, não sejam induzidas no piso do hall experimental, vibrações com amplitudes significativas. Apesar dessa ser uma solução clássica, empregada em outros aceleradores similares, alguns estudos demonstram que mesmo não tocando o piso principal, a passarela pode induzir vibrações significativas em algumas linhas de luz. Para vencer um vão livre desta montagem, a estrutura da passarela acaba ficando muito pesada, com ressonâncias em baixas frequências e grandes amplitudes.

Passarelas para pedestres são normalmente construídas em metal, concreto ou madeira, mas tem crescido o número de passarelas construídas em material compósito e uma das construções mais recentes na Espanha já é capaz de vencer um vão livre de 44 metros. A grande vantagem é o peso final, que pode ser menos da metade que uma passarela equivalente em aço. Isso eleva as frequências de ressonância e diminui a amplitude de vibração.

Requisitos Técnicos

O desafio é realizar um estudo comparativo entre diferentes possibilidades de passarelas, levando-se em conta o efeito de vibração no piso do acelerador, e desenvolver as técnicas construtivas no caso do uso de materiais compósitos. A passarela deve ser projetada para um vão livre de 32 metros e ser compatível com o projeto do prédio do Sirius, tanto do ponto de vista da sustentação como do ponto de vista de instalação. Deve atender a todas as normas de engenharia e segurança e ser projetada para uso de pedestres e equipamentos leves e servir de suporte para tubulações especificadas no projeto. Deve ser de baixa altura para não interferir na circulação de cargas na ponte rolante.

Para rascunhos do projeto, solicitar através do e-mail:

Possíveis Aplicações

- Passarelas em geral (rodovias, áreas ao tempo e com ambientes agressivos);
- Pipe racks para indústria e instalações com ambientes agressivos;

4. Sensores Hidrostáticos de Nível e Inclinação

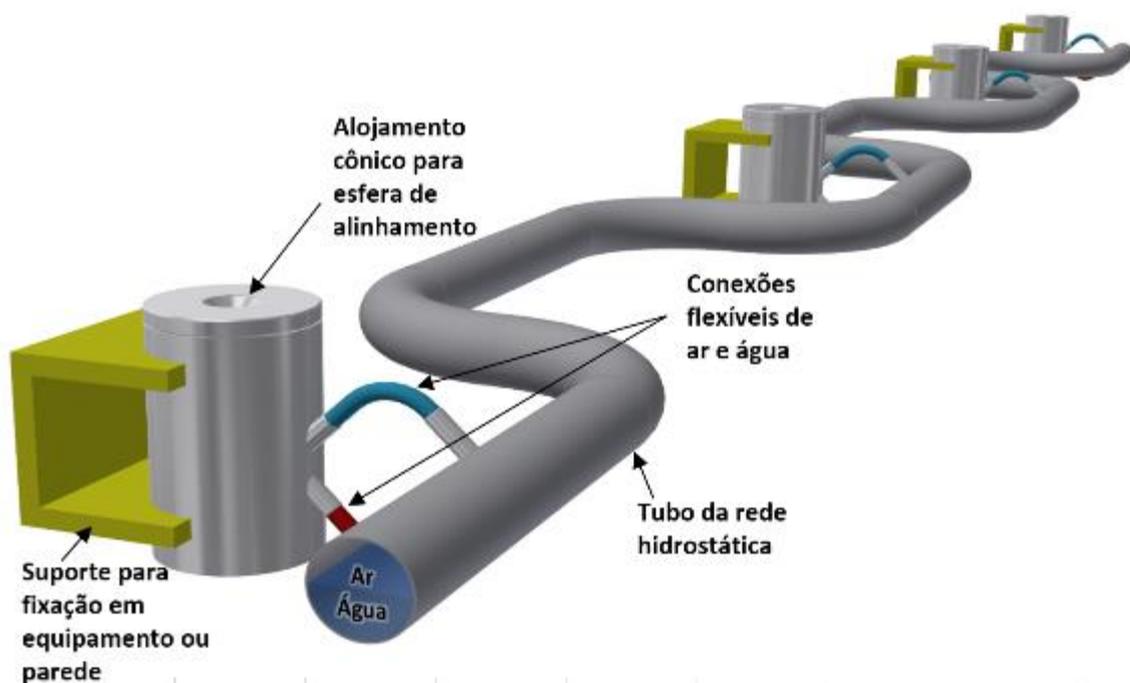
Introdução

Para a instalação, operação e manutenção dos aceleradores e linhas de luz síncrotron do projeto Sirius são necessários sensores de posição vertical (nível) e inclinação em relação à vertical gravitacional (inclinômetro bidimensional). Esses sensores serão interligados por meio de uma rede de vasos comunicantes parcialmente preenchidos com água de modo a criar uma superfície livre de referência de nível. As tecnologias hoje comercializadas possibilitam apenas o monitoramento de altura relativa entre os sensores e não incluem medidas de inclinação.

Cada sensor é constituído de:

1. Vaso hermético de aço inoxidável não magnético com dois engates hidráulicos (um para ar e outro para água);
2. Uma “cabeça sensora” da distância à superfície da água e de sua inclinação em relação ao plano da superfície da água;
3. Um sensor de temperatura da água local para correções de massa específica;
4. Um alojamento cônico para esferas munidas de canto de cubo refletor para alinhamento por laser;
5. Suporte ajustável em altura e inclinação do sensor para fixação em equipamentos, paredes ou pedestais;
6. Sistema de leitura e processamento de dados com comunicação RS485.

Os sensores serão utilizados em redes com dois ou mais sensores, interligados por um tubo metálico parcialmente preenchido com água (condutividade elétrica menor que 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Como cada sensor é hermético, são necessárias conexões flexíveis separadas com a rede hidrostática (para ar e água) conforme é mostrado na figura abaixo.



Exemplo de rede hidrostática interligando quatro sensores.

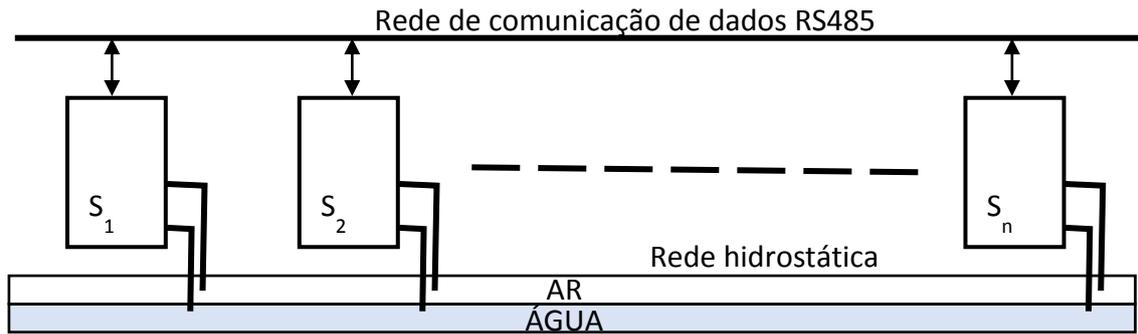


Diagrama de uma rede hidrostática, sensores de nível /inclinação e rede de dados.

Parâmetros Técnicos

Projeto mecânico

O projeto mecânico deve atender aos seguintes requisitos:

1. O sensor deve ser hermético tanto para o ar quanto para a água já que a rede hidráulica deve admitir ar em apenas um ponto, evitando erros devido a variações locais da pressão do ar ambiente;
2. As conexões com a rede hidrostática serão flexíveis e herméticas;
3. O suporte permitirá ajustes de altura e inclinação em duas direções de $5\mu\text{m}$ e $50\mu\text{rad}$;
4. A “cabeça sensora” poderá ser trocada por outra pre-calibrada, em caso de falha, sem a perda de referência com os demais sensores da rede;
5. Todas as partes externas ou em contato com a água serão executadas em aço inoxidável não magnético;
6. O sensor, incluindo as conexões elétricas, será compatível com o grau de proteção para sólidos e líquidos IP65.

Resolução e estabilidade

O sensor deverá detectar variações de nível (deslocamento vertical) e inclinação em relação à vertical (em duas direções ortogonais) dentro dos intervalos e com a repetibilidade mostradas na tabela abaixo.

Variável	Intervalo de operação	Repetibilidade

Medida de nível	10mm	$\pm 1.5\mu\text{m}$
Medida de inclinação	$\pm 10\text{mrad}$	$\pm 10\mu\text{rad}$
Temperatura	5°C a 50°C	-

Rede hidráulica

Os pontos de medição são ligados um ao outro por tubos que garantem o compartilhamento de uma superfície plana livre comum e sujeita a uma pressão atmosférica comum nos diferentes pontos de medição.

Comunicação digital

Um ponto de medida consiste de quatro valores numéricos: valor do nível, valor das inclinações em duas direções ortogonais e valor da temperatura local da água. Cada sensor terá o seu próprio sistema de leitura e processamento das medidas que serão transmitidos sob demanda por meio de uma rede RS485. Além disso o sensor responderá a outros comandos remotos, por meio da mesma rede RS485, tais como ajustes e leitura de parâmetros, histórico de falhas, etc.

Demanda

Uma instalação de luz síncrotron, como a do Projeto Sirius, utiliza aproximadamente 200 unidades dos sensores até o final da primeira fase de execução do projeto (obra civil, aceleradores e 10 linhas de luz síncrotron).

5. Banhos Térmicos

Introdução

Uma fonte de luz síncrotron de 3ª geração como o Sirius produz um feixe de luz bastante intenso, que é absorvido primariamente pelas linhas de luz. Uma linha de luz é caracterizada por uma instalação com elementos óticos (espelhos e monocromadores), mecânicos e eletrônicos que permitem o usuário realizar experimentos científicos com altíssima precisão. Devido à grande intensidade (potência) do feixe de luz e a necessidade de grande estabilidade neste feixe, todos os elementos óticos da linha necessitam de refrigeração de alta confiabilidade e estabilidade. É comum esta refrigeração ser realizada por um equipamento dedicado chamado banho termostaticado (em inglês: Thermal Baths, Circulators, recirculators chillers, etc.). Genericamente estes banhos provêm um recipiente com água/fluido de refrigeração sob a influência de um elemento resfriador, uma resistência, uma bomba para circulação e um controlador de processo. Este conjunto permite controlar a temperatura da água em um range extenso e com grande precisão e fazer com que esta água circule pelo elemento a ser resfriado/controlado.

Parâmetros Técnicos

Este desafio trata do projeto de um banho termostaticado nacional de grande precisão, custo reduzido se comparado à um equipamento importado e principalmente prover alta confiabilidade (durabilidade) com baixo custo de manutenção. Além disso visa implementar características e funcionalidades adicionais que os equipamentos comerciais padronizados não possuem.

A tabela 1 resume as especificações básicas do equipamento, detalhando parâmetros de controle refrigeração, circulação, mecânicos, elétricos e principalmente funcionalidades requeridas.

Parâmetro	Valor
Parâmetros de Controle	
Controlador de temperatura	PID comercial (marcas: Honeywell, ômega, Omron, etc) ⁻¹
Faixa de controle	-20 até 80°C
Tipo de sensor	PT-100
Precisão de controle	< 0,01 °C
Uniformidade	< 0,1 °C
Parâmetros de refrigeração e circulação	
Capacidade de refrigeração	>1 kW (@ 20°C)
Capacidade do tanque	8 litros ⁻² (5 a 10 litros)
Bomba de circulação	Interna com controle de vazão. Utilizar tecnologia de baixa manutenção a alta confiabilidade. Verificar faixa de temperatura de utilização.
Vazão de bombeamento	Regulável até 25l/min e/ou >6 m.c.a
Pressão da bomba (Max)	>6 m.c.a
Parâmetros mecânicos	
Material do gabinete	Aço inox e/ou alumínio. Se possível usar estrutura de fácil desmontagem como perfis de alumínio.
Isolamento térmico	Isolamento de alta eficiência para recipiente de liquido e mangueiras;
Saídas/entrada de água	Saídas de água com conexão 3/8" e válvula manual para abertura e fechamento. Acrescentar saída para bomba externa de maior capacidade;
Parâmetros Elétricos	

Tipo de resistência	Alta durabilidade. Tubular blindada.
Tensão de operação	220 V
Potência	<3,5 kW
Outras características e funcionalidades	
Sensor externo	Entrada para sensor de temperatura externo com chave manual para selecionar ext/int;
Entradas e saídas de controle	Entradas e saídas à relé para implementação de interlock;
Configuração flexível	Possibilidade de programação dos alarmes;
Alarmes	Alarme contra baixo nível de água, vazamento, falta de circulação e ebulição do líquido e congelamento se usado água como líquido (configurável);
Tipo de comunicação	Preferencialmente ethernet – (RS-232 aceitável);
Transporte	Possuir rodas com trava e apoio para as mãos;
<p>1- Marcas Sugeridas – outras marcas somente sob avaliação de confiabilidade</p> <p>2 – Depende da inércia térmica requerida, tamanho e potência do equipamento (8 litros será uma boa referência)</p>	

Tabela 1: especificação básica do equipamento.

Referências

[1]-http://www.lauda-brinkmann.com/downloads/manuals/Proline_RP.pdf

[2]-<https://www.polyscience.com/en/category-refrigerating-circulators-baths.php#!/category6-tab16>

[3]-<https://www.polyscience.com/circulating-baths/7-liter-refrigerated-circulator-40%C2%B0c>

[4]-<http://www.julabo.de/sites/default/files/downloads/productdatasheets/PT-BR/JULABO-F25-EH--9118625.pdf>

Demanda

Após aprovação dos protótipos estima-se uma produção inicial de 50 unidades. Como cronograma desse desenvolvimento, está previsto para julho de 2016 a entrega de um primeiro protótipo para teste das características elétricas, térmicas e para avaliação e reajustes de projeto. E dezembro de 2016 a entrega do produto finalizado para testes em

campo. Em março de 2017, está previsto a entrega de um lote com 10 cabeças-de-série para teste de robustez e utilização real em campo.

6. Impressora 3D – Manufatura Aditiva

Introdução

Sirius é uma fonte de luz síncrotron 3 GeV que está sendo construído pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). O anel de armazenamento de elétrons, principal acelerador do complexo científico, é baseado em novo projeto que deverá ter uma emitância de 0,27 nm.rad em um anel de circunferência 518 m, que contém 20 secções retas, alternadas entre 6 e 7 metros de comprimento, com 40 estações experimentais. Os aceleradores, linhas de luz e estações experimentais deverão operara na faixa de ultra alto vácuo, ou seja, sob pressões melhores que 5×10^{-10} mbar, na maioria dos trechos. Dentro deste contexto, são utilizados materiais e processos de fabricação especiais como aços inoxidáveis AISI 316 LN, cobre OFHC, compósito de matriz metálica endurecida com nano partículas de alumina (glidcop), além de materiais cerâmicos especiais.

Na fabricação dos componentes para estes equipamentos, estão presentes desde componentes relativamente simples como tubos e flanges até câmaras, absorvedores de radiação e dissipadores de calor de alta complexidade. Na figura 1 são apresentados alguns componentes como uma estação de bombeamento de vácuo (a) e um absorvedor de fótons (b).

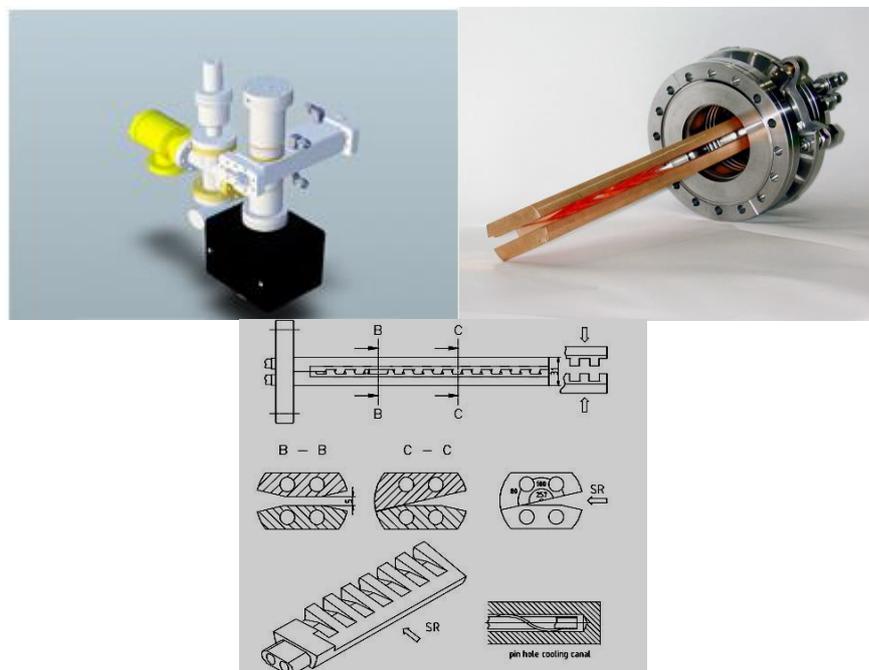


Figura 1 – Componentes de aceleradores de elétrons, (a) estação de bombeamento e (b) absorvedor de fótons, ambos para câmaras de vácuo.

Como observado na figura 1, muitas câmaras e componentes apresentam geometrias complexas que envolvem vários processos de fabricação dentre usinagem, fresamento, eletro erosão, brasagem em alto vácuo, que demandam muito tempo de fabricação e conseqüentemente custos elevados.

O objetivo deste projeto é desenvolver processos inovadores de manufatura aditiva na fabricação de peças metálicas de diversos metais e ligas, compatível para aplicação em ultra alto vácuo.

Existe uma tendência dos projetistas de componentes de aceleradores em torno do mundo, para o uso desta técnica de manufatura, porém não se tem resultados expressivos nesta área até o momento. Porém a demanda em escala nacional e mundial pode ser considerável neste nicho tecnológico.

Parâmetros Técnicos

- a) Estanqueidade para ultra alto vácuo.
- b) Peças compatíveis para uso em componentes com pressão final da ordem de 5×10^{-10} mbar.
- c) Resistente a ciclos de aquecimento de 210oC.
- d) Precisão dimensional conforme especificação de projeto de até 0,005mm.
- e) Quando aplicável, as peças devem suportar pressões de água até 3bar.

Referências do Produto (artigos, notas técnicas, figuras ilustrativas)

Solicitar ao LNLS através do e-mail duvidas.sirius@lnls.br os desenhos abaixo:

- a) Crotch or Photon Absorber;
- b) Application of Direct Metal Laser Sintering for Manufacture of Synchrotron Components.

Quantidade que será demandada pelo LNLS:

Aproximadamente 200 unidades.

7. Cabanas Experimentais

Introdução

Os objetivos do desenvolvimento, além de atender demanda do projeto Sirius, é promover a capacitação de empresas nacionais para elaboração de projeto civil/mecânico de cabanas para proteção radiológica, desenvolvimento de processos produtivos, confecção

de protótipos, bem como serviços de instalação na área experimental da nova fonte de luz síncrotron do LNLS.

Referente ao potencial de mercado, o novo anel do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) foi concebido para abrigar aproximadamente 40 novas linhas de luz, cada uma dessas contendo entre 2 e 3 cabanas. O custo médio no mercado internacional de um conjunto de cabanas para cada linha de luz é de um milhão de dólares americanos, não incluindo utilidades. As empresas interessadas em desenvolver este tipo de produto não terão apenas o Sirius como comprador ao longo dos próximos anos, poderão também explorar um mercado externo que abrange dezenas de outros aceleradores, além do potencial fornecimento de salas para abrigar equipamentos para diagnóstico médico no país. Os seguimentos com potencial interesse no desenvolvimento para a solução são caldeiraria, soldagem, serralheria e chaparia/estamparia.

O Problema

As cabanas de proteção radiológica (hutches/enclosures) das linhas de luz abrigam os componentes ópticos responsáveis pelo condicionamento espacial e espectral do feixe de luz síncrotron recebido do anel de armazenamento. Junto a este feixe, que é empregado diretamente na realização de experimentos e medidas, propaga-se também radiação gama (bremsstrahlung), oriunda da interação do feixe de elétrons com partículas residuais dentro das câmaras de ultra alto vácuo do anel. Ambos tipos de radiação são ionizantes e oferecem risco à saúde de pessoas.

A principal função dessas cabanas é, portanto, garantir que os feixes diretos ou espalhados ao longo da linha de luz resultem em níveis de radiação que estejam dentro dos limites de segurança obrigatórios. Como função secundária, por abrigar componentes de alta precisão e que necessitam de alta estabilidade mecânica, as cabanas também devem prover isolamento térmico dos componentes da linha em relação à área experimental do acelerador, permitindo, no entanto, acesso de utilidades (água, gases, ar-condicionado) a seu interior.

Essas cabanas são normalmente compostas por módulos montados de forma a prover estanqueidade à radiação, isto é, qualquer raio originado dentro de uma cabana sempre deve encontrar uma determinada espessura de material ao atravessar as paredes da mesma. Os materiais regularmente empregados para fabricação dos módulos são o aço-carbono e o chumbo, formando composições laminadas que variam de poucos mm até 60-100mm de espessura.

A Figura 1 a seguir ilustra um conjunto de linhas de luz e suas respectivas cabanas na área experimental do Sirius.

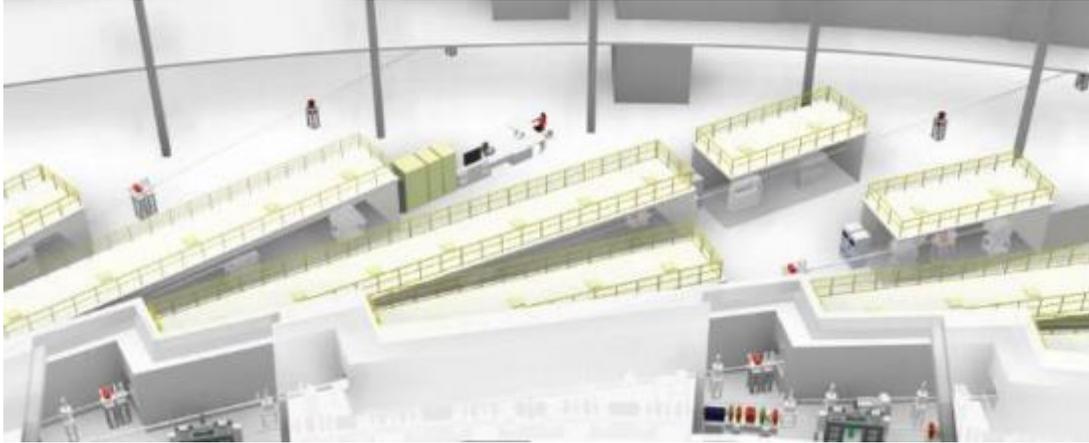


Figura 1 – Modelo 3D das linhas de luz do Sirius e seus componentes.

Parâmetros Técnicos

- Na corrente máxima de operação do anel, em 500mA, a radiação limite no exterior das cabanas não pode exceder $0.5\text{mSv/h} = 0.05\text{mrem/h}$. A especificação das espessuras necessárias para atingir esses níveis será fornecida pela equipe de radioproteção do LNLS;
- A cabana deve possuir total vedação contra o vazamento de radiação espalhada através de junções de painéis, portas, janelas, dutos, coberturas, além da junção com o piso e as paredes de concreto;

Sendo que as cabanas devem possuir:

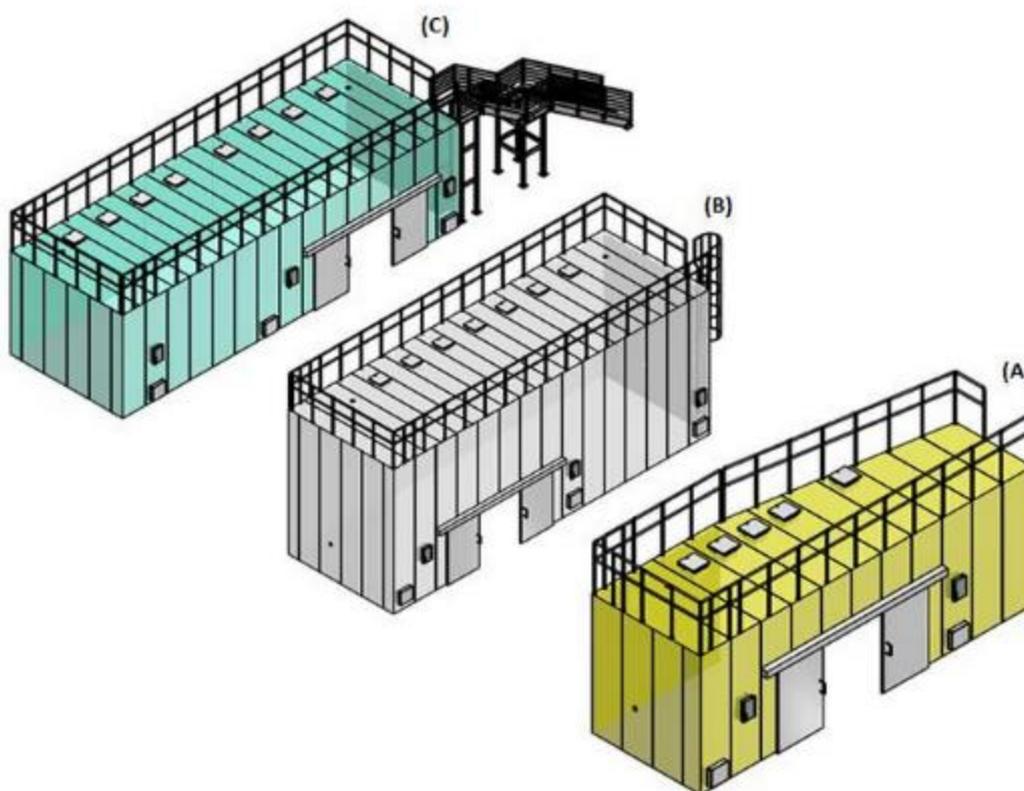
- Painéis de Chumbo envoltos a painéis/chapas de aço para bloqueio de radiação. A espessura do chumbo depende do tipo de radiação e pode variar de 4-60 mm, dependendo da posição dos módulos – lateral, teto, montante/jusante - painéis unicamente em aço também são opções funcionalmente viáveis, devendo ser mais espessos para oferecer atenuação equivalente ao chumbo;
- Módulo de painéis, portas, dutos para passagem de cabos e fluidos (gases, ventilação, nitrogênio líquido);
- A sustentação de painéis feita por pilares da própria cabana, apoiados no solo;
- Ponte rolante para cargas de até 1 tonelada.
- A incorporação ao projeto de utilidades como ar comprimido, água de processo, água gelada, alimentação elétrica e ar condicionado de precisão (estabilidade de 0.1°C), é desejável e pode ser tornar um diferencial competitivo para as empresas interessadas, mas não é mandatória.

A Tabela 1 e a Figura 2 a seguir resumem as características básicas para um determinado tipo de cabana.

Tabela 1 – Especificações básicas da cabana da linha EMA.

Enclosure designation		08-ID-A	08-ID-B	08-ID-C
Enclosure type		IVU19 FOE	IVU19 ES-8	IVU19 ES-C
Enclosure description		EMA Optics Enclosure, White Beam	EMA Magnets Endstation, Pink Beam	EMA Lasers Endstation, Pink Beam
Shielding material		Lead	Lead	Lead
SIL Drawing reference		Sirius-DRX-EMA-Hutch-001	Sirius-DRX-EMA-Hutch-002	Sirius-DRX-EMA-Hutch-001
Dimensions (m)	Height max	4.0 m	6.0 m	4.0 m
	Width max	5.6 m	5.0 m	5.0 m
	Length max	11.0 m	15.0 m	15.0 m
Shielding	Side (lateral) panels	30 mm lead	4 mm lead	4 mm lead
	Roof panels	10 mm lead	4 mm lead	4 mm lead
	Downstream wall panels	60 mm lead	4 mm lead	4 mm lead
	Guillotine	2 places on downstream wall	2 places on downstream wall	Not required
	Alignment Window	Not required	Not required	Not required
Entry 1	Position	Outboard side	Outboard side	Outboard side
	Size (m)	2.4 H x 3.0 W	2.4 H x 3.0 W	2.4 H x 3.0 W
	Type	Sliding double	Sliding double	Sliding double
	Floor groove	Yes	Yes	Yes
	PPS interfaces	Mounting plates for magnetic lock and dual position switches.	Mounting plates for magnetic lock and dual position switches.	Mounting plates for magnetic lock and dual position switches.
	Window	Not required	Not required	Not required
	Strip Curtain (internal)	Not required	Not required	Not required
Hoist	Manual 1,000 kg (double sliding rail)	Manual 1,000 kg (double sliding rail)	Manual 1,000 kg (double sliding rail)	
Labyrinths (Positioned as on drawing, sealed with anti-tamper screws except where locks/interlocks specified)	Fluids labyrinth	1 on roof	2 on roof	2 on roof
	Electrical labyrinth	2 on roof	5 on roof	4 on roof
	Air inlet labyrinth, with fan and filter	1 on roof	2 on roof	1 on roof
	Air outlet labyrinth	2 on base of sidewall	2 on base of sidewall	2 on base of sidewall
	Exhaust outlet	Not required	Not required	Not required
	User access labyrinth	4 on sidewall (2 inboard, 2 outboard)	6 in sidewall (3 inboard, 3 outboard)	6 in sidewall (3 inboard, 3 outboard)
	Liquid nitrogen labyrinth	1 on roof	2 on roof	2 on roof

Cabanas Proteção radiológica



Para a elaboração de plano de trabalho, (projeto de pesquisa) a ser apresentado para FAPESP-FINEP, deverá ser amplamente discutido e elaborado em conjunto com a equipe do LNLs, de forma a assegurar a adequação aos objetivos do desafio. Referente ao cronograma do projeto Sirius, a demanda está condicionada à montagem de 5 linhas (~15 cabanas), previstas para Outubro de 2017, e outras 8 para o início de 2018. Para que a produção dessas unidades possa ocorrer com segurança, o conceito produtivo de montagem deverá necessariamente ser demonstrado até o final de 2016, para que a produção possa ocorrer ao longo de 2017.

Referências

A seguir um conjunto de referências é apresentado para subsidiar o entendimento desta proposta. As referências [9.12] são de especial interesse pois consistem em uma chamada de fornecedores para fornecimento de cabanas para o NSLS2, uma fonte de luz síncrotron americana que encontrou recentemente em operação.

[1]-Sirius webpage - <http://lns.cnpem.br/sirius>. Consultado em: 5/11/15.

[2]-Sirius no Jacow - <https://search.cern.ch/Pages/results.aspx?k+=domain%3Daccelconf%2Eweb%2Ecern%2Ech+++%2Btitle%3A%22Sirius%22%20%20FileExtension%3Dpdf%20-url%3Aabstract%20-url%3Aaccelconf/jacow>. Consultado em: 5/11/15.

[3]-<http://www.caratelli.fr/radio-protection.html>. Consultado em: 5/11/15.

[4]-<http://www.calderlead.co.uk/product/research/hutches-synchrotron-shielding/>. Consultado em: 5/11/15.

[5]-http://www.shieldingsystems.com/modular_lead_enclosures.php. Consultado em: 5/11/15.

[6]-http://www.innospec.de/content.php?seite=seiten/galerie_de.php. Consultado em: 5/11/15.

[7]-<http://www.slac.stanford.edu/cgi-wrap/getdoc/slac-pub-10010.pdf>. Consultado em: 5/11/15.

[8]-<http://accelconf.web.cern.ch/accelconf/ipac2012/papers/thppr023.pdf>. Consultado em: 5/11/15.

[9]-NSLS2 Beamline Shielding - Statement of Work - <https://www.fbo.gov/utills/view?id=5b50f3bd00918b30dfbe61264449566a>. Consultado em: 5/11/15.

[10]-NSLS2 Lead/Steel Technical Specification - [file:///D:/ARQ/Downloads/Attach_B_Lead-Steel_Beamline_Shielding_Enclosures_Specs%20\(1\).pdf](file:///D:/ARQ/Downloads/Attach_B_Lead-Steel_Beamline_Shielding_Enclosures_Specs%20(1).pdf). Consultado em: 5/11/15.

[11]-FOB - Request For Proposal for Beamline Shielding Enclosures - NSLS2 - https://www.fbo.gov/?s=opportunity&mode=form&tab=core&id=07e8f6e85b292b35f97778c3e788f0b9&_cvview=0. Consultado em: 5/11/15.

[12]-Revised Shielding Estimates for the NSLS-II Beamlines at 3.0 GeV Beam - file:///D:/ARQ/Downloads/Attach_B17_NSLS_II_Tech_Note_40.pdf. Consultado em: 5/11/15

Possíveis interessados

<http://www.jofal.com.br/>

<http://www.tekinoxcampinas.com.br/atuacao.php>

<http://www.jphecaldeiraria.com.br/>

<http://masterquip.com.br/>

<http://www.haverbrasil.com.br/>

<http://www.caldeiraria.com.br/>

<http://www.caldeiraria.com.br/>

<http://www.caldeirariatreviso.com.br/caldeiraria/>

<http://www.codistil.com.br/index.php>

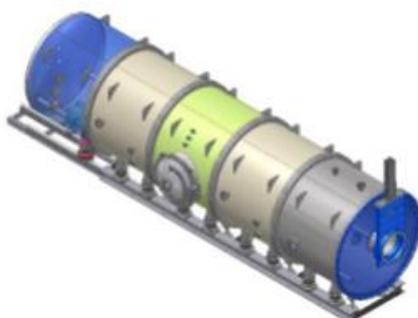
<http://www.zanini.ind.br/>

8. Câmaras de Vácuo para Elementos Ópticos

Introdução

Nas linhas de luz da nova fonte Sirius, as linhas de luz síncrotron necessitam de ambientes com pressões na faixa de ultra alto vácuo (UHV – 10^{-9} a 10^{-12} mbar) e alto vácuo (HV – 10^{-3} a 10^{-8} mbar). Por exemplo, a pressão de vácuo nos aceleradores deve ser a mais baixa possível (UHV) para que o feixe de elétrons tenha um nível aceitável de espalhamento devido ao choque com moléculas de gás e geração de radiação bremsstrahlung. Geralmente, as câmaras de vácuo dos aceleradores e linhas de luz (extração e condução da luz até as estações experimentais) são compostas de diferentes materiais e geometrias, conforme figura 1. Por exemplo, para a construção das câmaras de vácuo de das linhas de luz do projeto Sirius será utilizado aço inoxidável austenítico (316L e/ou 316LN), podendo ser feita também em alumínio e Mu-Metal, entre outros materiais, de modo a atender as diferentes exigências e necessidades para cada componente de cada linha de luz.

(a)



(b)



Figura1: Estação experimental de linha Cateretê (a) e possível câmara de amostra da linha Ipê (b) - Sirius.

O nível de pressão de vácuo desejada para cada componente dependerá de particularidades das linhas de luz, isto está relacionado a faixa de energia da luz síncrotron que se deseja utilizar. Por exemplo, as linhas de ultravioleta de vácuo são as mais exigentes do ponto de vista de pressão de vácuo, pois todos os seus componentes devem trabalhar em pressões na faixa de UHV. Já para as linhas de alta energia que podem trabalhar em pressão atmosférica e baixo vácuo, terão que trabalhar em pressões na faixa de alto vácuo (HV), ou seja, pressões menores que 10⁻⁷mbar, devido as exigências do projeto Sirius, isto se deve a fatores que visam proteger os seus elementos ópticos como os monocromadores e os espelhos, que podem trabalhar em temperaturas criogênicas, e também para manter a qualidade do feixe entregue aos experimentos evitando fontes de espalhamento e diminuição da coerência do fótons entregues na estação experimental. Além disso, nas linhas do projeto Sirius o sistema de vácuo é compartilhado diretamente com o sistema de vácuo da fonte de luz síncrotron, ou seja, não há nenhum tipo de isolamento física entre ambos (por exemplo, janelas ou qualquer outro anteparo).

Finalmente, deve-se atentar que a obtenção de pressões na faixa de ultra alto vácuo (UHV) depende de uma série de fatores dos componentes que constituem o sistema de vácuo, como: materiais utilizados na construção, cuidados durante o processo de fabricação, características superficiais das faces expostas ao vácuo, além do procedimento e grau de limpeza dos componentes.

Parâmetros Técnicos

- Tolerâncias dimensionais lineares e angulares de acordo com o desenho especificado pelo LNLS respeitando a norma NBR ISO 2768-1 ou valor especificado no desenho. As tolerâncias dimensionais deverão ser mantidas após o processo de condicionamento dos componentes.
- A verificação dimensional poderá ser feita através de um “gabarito” a ser utilizado como referência. O processo de checagem dimensional, bem como os equipamentos a serem utilizados, deverão ser previamente informados à equipe técnica do LNLS para validação e aprovação.
- A usinagem das peças poderá ser realizada com a tecnologia convencional de usinagem. Porém, está só poderá ser conduzida fazendo-se uso de fluidos de corte à base de água, para não prejudicar a futura qualidade de limpeza das peças;
- O material para a construção dos componentes deve ser o aço inoxidável austenítico ABNT 316L (ou equivalente), salvo exceções devidamente notificadas pela equipe técnica responsável no LNLS. No entanto, todo material deve ter por obrigação certificado de origem, qualidade, análise química e propriedades mecânicas. Além disso, deverão ser apresentadas análises de contraprova que atestem os resultados fornecidos com a matéria-prima;

- Todos os materiais utilizados na fabricação das câmaras deverão ser não-magnéticos ou apresentar permeabilidade magnética relativa inferior a 1,01. Toda a estrutura do material deve ser essencialmente austenítica, sendo tolerável no máximo 1 inclusão do tipo A, B e C e no máximo 1,5 inclusão do tipo D de acordo com a ASTM E 45-11a.
- Os tubos de aço Inoxidável devem seguir as especificações estabelecidas pela Norma ASTM A269 – 10 referentes à composição química, propriedades mecânicas, tolerâncias dimensionais e geométricas. Em caso de alguma tolerância conflitante com a NBR ISO 2768-1, o valor mais apertado de tolerância deverá ser utilizado. É desejável que os flanges sejam confeccionados a partir de barras forjadas. Segue desenho da câmara de amostras com alguns detalhes técnicos, de uma das linhas.
- Todas as soldas deverão ser feitas através de processo TIG do lado que ficará exposta ao vácuo, sem material de adição, sem porosidade ou trincas. Os soldadores deverão, obrigatoriamente, ter certificado de qualificação (CQS) segundo norma ASME ou equivalente e experiência mínima de dois anos com o método de soldagem TIG (Tungsten Inert Gas) em chapas e tubos de aço inoxidável.
- Algumas câmaras terão grande porte em formato retangular e/ou circular, por isso as vedações dos grandes flanges são feitas mediante fio de alumínio, que utiliza um método de construção e montagem especialmente desenvolvido pelo LNLS. Por isso, as especificações do sistema de vedação desses flanges deverão ser respeitadas, para não comprometer o uso da câmara pós-finalizada.

Referências

-LM Rozanov & Hablanian, MH (2002). Vacuum technique -

<http://books.google.com/books?id=8yEGJcTS2XgC&pg=PA79&lpg=PA79&dq=%22measurement+of+vacuum%22#PPA112,M1>. London; New York: Taylor & Francis. p. 112. ISBN -

<http://en.wikipedia.org/wiki/Special:BookSources/0-415-27351-X>. 0-415-27351-X -

http://en.wikipedia.org/wiki/International_Standard_Book_Number.

-<http://accelconf.web.cern.ch/accelconf/ipac2012/papers/weppd019.pdf>

-<https://www.prevac.eu/en/2,offer/28,machining-treatment-and-welding-compatible-with-uhv.html>

-http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/22/063/22063566.pdf

-Manufacturing and qualification of UHV chambers, <http://link.springer.com/article/10.1007/s00339-003-2278-2>.

Demanda

A demanda específica dessa classe de componentes para o Sirius, por sua vez, é estimada em torno de 80 câmaras UHV para os monocromadores e espelhos, distribuídos pelas 40 linhas de luz do Sirius, que serão construídas ao longo das próximas décadas. Sem levar em conta câmaras adjacentes: diagnósticos, câmaras experimentais, como a figura 2, além das câmaras que conectarão esses elementos e auxiliarão na condução da luz síncrotron desde a fonte até as estações experimentais.

9. Estágios Mecânicos de Precisão

Introdução

Ao longo de uma linha de luz são encontrados inúmeros estágios mecânicos, os quais são utilizados essencialmente para o alinhamento e o posicionamento de: elementos ópticos, como cristais, grades e espelhos; amostras; detectores; e acessórios. De fato, para realização de experimentos, a operação das linhas de luz depende do ajuste e do controle de determinados graus de liberdade desses itens, tanto em translação como em rotação. Para exemplificar esse tipo de aplicação, as figuras a seguir mostram as estações experimentais das linhas XRF e IMX do LNLS, com destaque para os conjuntos de movimentação das amostras, de uma câmara de ionização, de um microscópio, de um detector de fluorescência e de um detector de imagem.



Figura: Estação experimental da linha XRF.

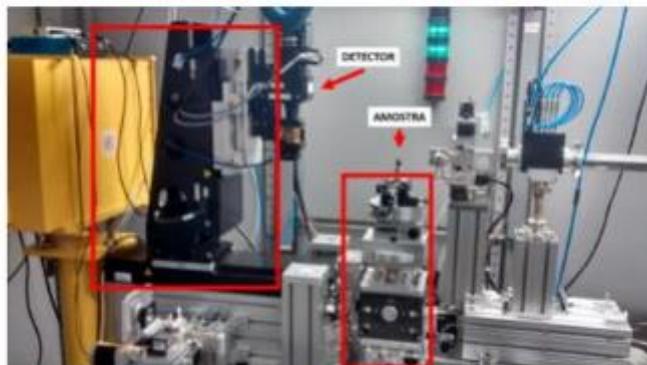


Figura: Estação experimental da linha IMX.

Parâmetros Técnicos

Especificações de precisão, repetibilidade e carga, por exemplo, variam em função da aplicação de cada um desses componentes, porém, alguns números podem ser mencionados. Primeiramente, sobre a capacidade de carga, as exigências são geralmente menores do que 100 kg, sendo, frequentemente, ainda menores do que 10 ou 20 kg. Em termos de precisão e repetibilidade, dado que o tamanho do feixe de luz (spot) do novo acelerador está entre dezenas e poucas centenas de micrometros, os componentes precisam ser posicionados dentro de frações desse tamanho, o que na prática corresponde à faixa de micrometros ou décimos de micrometros para estágios lineares. Para estágios de rotação, esses números são da ordem de milésimos de grau, ou segundos de arco.

Adicionalmente, tão importante quanto o refinamento do movimento desses estágios mecânicos é a sua pureza, isto é, sua qualidade com relação a movimentos parasitas, que são intrínsecos a qualquer movimentação. Isso, pois, em escala micrométrica, esses erros implicam em limitações fundamentais na precisão e na repetibilidade do posicionamento dos elementos de interesse. Como pode ser visto na figura a seguir, para estágios lineares tratam-se de erros de translação nos eixos perpendiculares ao movimento (retitudes) e pequenas rotações; para os rotacionais, de erros de excentricidade, tip/tilt e precessão. A qualidade almejada coloca esses erros em torno de poucos micrometros e poucos segundos de arco.

Nas figuras, encontram-se ilustrações sobre os movimentos parasitas tipicamente encontrados em estágios de movimentação. Fonte: Adaptado de www.xhuber.de.

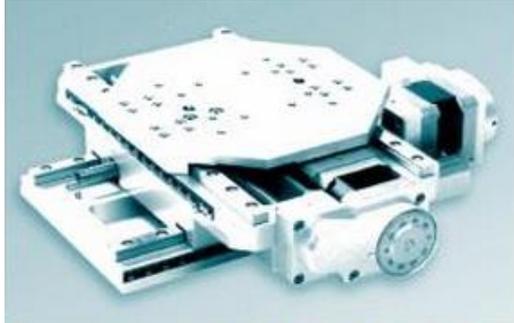


Estágios de posicionamento com estas características não são encontrados em produção por empresas brasileiras, as quais normalmente possuem produtos com funcionalidades análogas mas especificações mais relaxadas. Efetivamente, as empresas brasileiras de automação atendem quase que exclusivamente à indústria nacional, cujas aplicações tipicamente trabalham com resolução menos exigente e com foco em produtividade. Os movimentos nas aplicações das linhas de luz, por sua vez, ocupam um nicho complementar, com pouca ciclagem e baixas velocidades, demandando alta estabilidade e precisão.

O domínio dessa tecnologia de produção de precisão apresenta potencial de aplicação nos mais variados campos, dentre os quais podem-se citar: educação, pesquisa, medicina, telecomunicações e manufatura; além da própria indústria: militar e aeroespacial, eletrônica e automobilística. Este mercado já existe, principalmente fora do Brasil, sendo ocupado por empresas dos EUA, Europa e Ásia. Com o conhecimento que o time de engenharia do LNLS possui atualmente em mecânica de precisão, e com a infraestrutura de metrologia da qual a instituição dispõe, esta proposta busca desenvolver empresas

nacionais para que possam se tornar fornecedoras de sistemas de posicionamento de precisão para atender ao Sirius ao longo das próximas décadas.

Seguem nas figuras abaixo exemplos de estágios de translação e de rotação de precisão. Fonte: Adaptado de www.xhuber.de.



Referências

Encontram-se também requisitos técnicos são balizados por itens presentes nas seguintes referências:

- <http://www.xhuber.de/en/product-groups/1-positioning-devices/11-translation/>

- <http://www.xhuber.de/en/product-groups/1-positioning-devices/12-rotation/1-circle-goniometers/>

- <http://www.xhuber.de/en/product-groups/1-positioning-devices/12-rotation/1-circle-segments/>

- <http://www.newport.com/Motorized-Linear-Translation-Stage-Selection-Guide/168479/1033/content.aspx>

- <http://www.newport.com/Motorized-Rotation-Stage-Selection-Guide/140222/1033/content.aspx>

- <http://www.aerotech.com/product-catalog/stages.aspx>

- <http://www.jjxray.dk/products/positioning/linear-stages>

- <http://www.pimicos.com/web2/en/1,4,000,linear.html>

Demanda

A demanda específica dessa classe de componentes para o Sirius, por sua vez, é estimada em torno de 300 itens, de diferentes características, distribuídos pelas 40 linhas de luz do Sirius, que serão construídas ao longo das próximas décadas.

10. Bases Mecânicas Ultra Estáveis

Introdução

Nas linhas de luz, elementos optomecânicos, tais como monocromadores, espelhos, fendas e monitores de posição, definem em grande medida as características e a estabilidade do feixe que sofrerá interação com as amostras. Além disso, as estruturas das bancadas das estações experimentais são de fundamental importância para garantir a estabilidade dos experimentos.

A figura 1 mostra as estações experimentais atuais de duas linhas de luz do LNLS, DXAS e IMX, com destaque para as estruturas de blocos de granito sobre estruturas metálicas de ferro fundido.

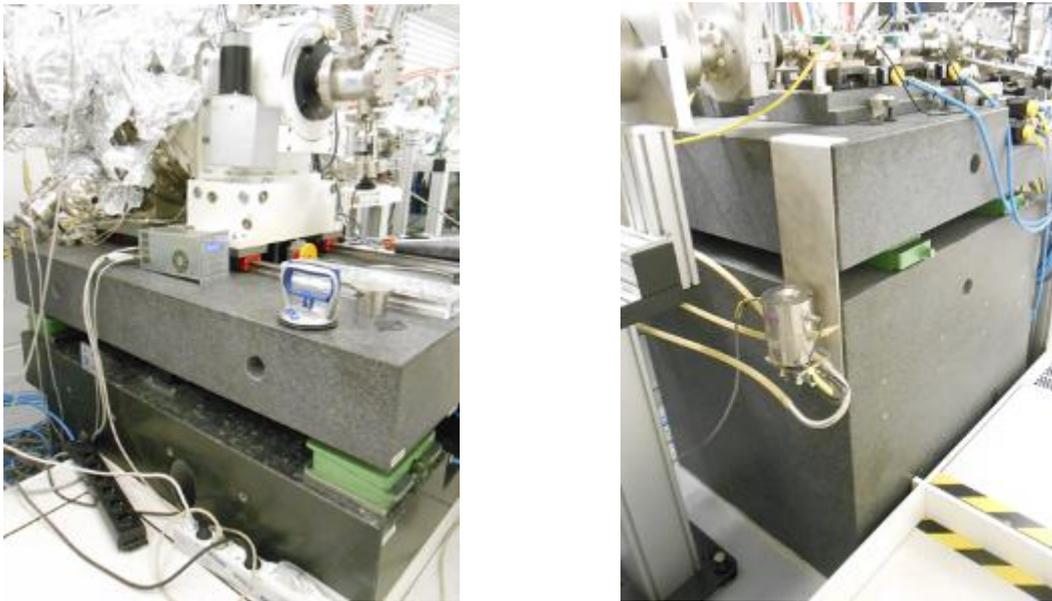


Figura 1: Monocromador (esquerda) e suporte para máscaras e BPM's (direita) na linha de luz ID16 do ESRF (Grenoble, França).

Para o Sirius, contudo, este tipo de solução é insuficiente. De fato, os experimentos propostos para as futuras linhas de luz colocam exigências críticas sobre a estabilidade, térmica e mecânica, da grande maioria de seus componentes. Com linhas de luz de mais de cem metros de comprimento e feixes de luz (spots) tão pequenos quanto poucas dezenas de nanômetros (isto é, da ordem de 0,00001 mm), esses componentes devem ser montados sobre estruturas rígidas e estáveis, e condicionados em ambientes com temperatura estabilizada em torno de 0.1°C.

Em laboratórios similares ao Sirius, o estado da arte em termos de estabilidade mecânica é alcançado por meio de grandes peças de granito, material com reconhecida estabilidade para fins de metrologia mecânica. Além do granito, materiais com propriedades similares, como granito sintético e concreto polimérico, são frequentemente utilizados e, eventualmente, tipos especiais de concreto também são aplicados. Alguns exemplos de aplicações são exibidos na figura 2, a seguir:



Figura 2: Componentes ópticos na linha de luz ID16 do ESRF na França: monocromador (esquerda) e suporte para máscaras e BPM's (centro). Na linha de luz NanoXAS do SLS na Suíça, à direita.

Parâmetros Técnicos

Algumas das principais razões que norteiam a escolha de granitos para a manufatura de sistemas que requerem precisão e estabilidade são: estabilidade dimensional, com estrutura livre de tensões internas, baixo coeficiente de expansão térmica, resistência a ácidos e oxidação, e resistência a desgaste; inexistência de rebarbas; dureza comparável à de aços temperados; elasticidade comparável à do ferro fundido; densidade comparável à do alumínio; isolamento elétrica; e, muitas vezes, insensibilidade magnética. Os granitos permitem ainda qualidades de acabamento superficial particularmente atraentes, seguindo geralmente a norma DIN 876.

Por outro lado, conforme visto na tabela 1, felizmente novas tecnologias, como concretos poliméricos, têm conseguido propriedades similares às do granito natural, e com potencial de superação. Do ponto de vista dinâmico, as características de resposta de estruturas são essencialmente determinadas pelas propriedades de massa e rigidez, responsáveis pela energia armazenada no sistema, e amortecimento, responsável pela perda de energia do sistema. Sistemas de maior massa e compostos por materiais com módulos de elasticidade maiores podem atingir ressonâncias em frequências mais altas, o que reduz o risco de amplificação de vibrações inevitavelmente presentes no solo e advindas de fontes próximas. Propriedades de amortecimento, mostradas na figura 3, por sua vez, absorvem energia e reduzem a amplitude de picos de ressonância. Do ponto de vista térmico, é preciso que os materiais tenham baixo coeficiente de expansão térmico e baixo coeficiente de condução térmica, atuando como isoladores.

Propriedade	Unidade	Granito	Concreto Polimérico	Aço	Ferro Fundido
Densidade	kg/dm ³	2,9	2,1 - 2,4	7,85	7,15
Resistência à flexão	N/mm ²	13	25 - 35	300 - 600	290
Resistência à compressão	N/mm ²	250	100 - 180	260 - 1200	720 - 1150
Coefficiente de expansão	μm/(m·K)	5 - 7	12 - 20	12	10
Condutividade térmica	W/(m·K)	3,0	1,3 - 2,0	50	50
Calor específico	J/(kg·K)	845	900 - 1100	500	500
Módulo de elasticidade	kN/mm ²	60 - 90	30 - 40	210	88 - 113

Tabela 1: Propriedades físicas de materiais utilizados em estruturas de sistemas mecânicos de precisão. Fonte: <http://www.thome-precision.com/precision-granite-parts-thome.html>.

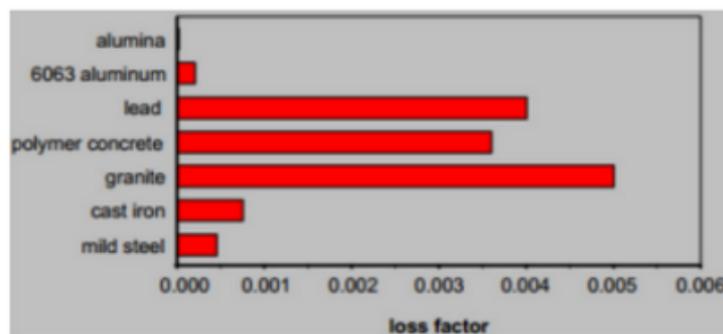


Figura 3: Fatores de perda de materiais utilizados em estruturas de sistemas mecânicos de precisão. Fonte: <http://www.mech.utah.edu/~me7960/lectures/Topic14-DesignOfMachineStructures.pdf>

Na Europa, por exemplo, podem ser encontrados diversos fornecedores com tecnologia para a produção de bases e conjuntos, mas no Brasil fornecedores similares não são conhecidos. Apesar de o Brasil contar com grandes pedreiras e com a disponibilidade de materiais sintéticos e poliméricos, o foco parece estar destinado apenas à construção civil, particularmente para arquitetura e decoração. Portanto, o uso desses materiais em produtos que aproveitem suas excelentes propriedades físicas para aplicações funcionais mais nobres ainda é muito limitado, ou inexistente. Não obstante, o grupo de engenharia do LNLS é convicto de que mediante o interesse e alguma dedicação esse nicho pode ser preenchido facilmente. Além de aplicações em instrumentação e pesquisa, essa tecnologia tem grande potencial de aplicação no setor produtivo, na composição de máquinas ferramentas, de metrologia, da indústria eletrônica e de semicondutores, no setor militar e aeroespacial, ou mesmo realimentando a construção civil a partir do desenvolvimento de novos materiais.

Esta proposta busca desenvolver empresas nacionais capazes produzir estruturas (bases inerciais) para sistemas mecânicos de precisão das futuras linhas de luz do Sirius, de acordo com as características de estabilidade exigidas. Estruturas de concreto ou material

sintético apresentam duas vantagens intrínsecas sobre aquelas de granito, a saber, permitem geometrias mais complexas em monoblocos e a presença de insertos metálicos como parte do material, enquanto que para granito natural são necessárias associações de blocos e colagens. Para algumas aplicações das linhas de luz, esse fato pode ser significativo, no entanto, não há restrições por parte do LNLS quanto ao conceito da solução, desde que seu desempenho seja satisfatório. A tabela 2 mostra alguns dos números que balizam as propriedades físicas esperadas para esses elementos, as quais deverão ser validadas por meio de análises e ensaios.

Propriedades	
Densidade (kg/dm ³)	> 2.3
Módulo de elasticidade (GPa)	> 40
Resistência à compressão (MPa)	> 100
Resistência à tração (MPa)	> 15
Coefficiente de expansão térmica (1/K)	< 10 x 10 ⁻⁶
Coefficiente de condução térmica (W/(m.K))	< 2
Fator de perda	> 0.004

Tabela 2: Propriedades físicas de materiais utilizados em estruturas de sistemas mecânicos

Referências

- <http://www.microplan-group.com/W/GB/index.htm>

- <http://www.kugler-precision.com/index.php?Home-EN>

- <http://www.thome-precision.com/precision-granite-parts-thome.html>

Demanda

Atendendo às particularidades de cada linha de luz, podem-se esperar elementos entre 0.5 e 5m³, que apenas excepcionalmente serão repetidos. Ou seja, a grande demanda será por elementos únicos, customizados as para aplicações específicas. Por isso, o domínio da tecnologia de produção é muito mais significativo do que o desenvolvimento de um produto em si. Tratando de quantidades, estima-se que cada uma das 40 linhas de luz, sendo 13 o número de linhas previstas para a primeira fase do projeto, consumirá algo entre 5 e 20 elementos desse tipo.

11. Sistema de Baking Modular para Câmaras de Vácuo

Introdução

Na nova fonte de luz síncrotron, Sirius, as câmaras de vácuo necessitam de ambientes com pressões na faixa de ultra alto vácuo (UHV – 10⁻⁹ a 10⁻¹²mbar), isso é necessário para que o feixe de elétrons tenha um nível aceitável de espalhamento devido ao choque com moléculas de gás e geração de radiação bremsstrahlung, e para as linhas de luz se deve a

fatores que visam proteger os seus elementos ópticos como os monocromadores e os espelhos de contaminantes e por trabalharem em temperaturas criogênicas. Para conseguir atingir este nível de pressão de vácuo são necessários bombas adequadas e processos que permitam chegar nessas pressões.

Um dos processos, que utilizamos é o que denominamos bakeout. Este processo consiste em aquecer as câmaras de vácuo a temperaturas superiores a 100°C, podendo chegar a até 200°C, para promover a dessorção das moléculas de água que se encontram adsorvidas a superfície interna da câmara. Essas moléculas adsorvidas saem constantemente da superfície interna da câmara, limitando a pressão final da câmara por períodos de tempo que variam de dias até meses. Para reduzir esse tempo de bombeamento exponencialmente utiliza-se o processo de bakeout. Conforme figura 1, abaixo, exemplo de câmara preparada para realizar o processo de bakeout.

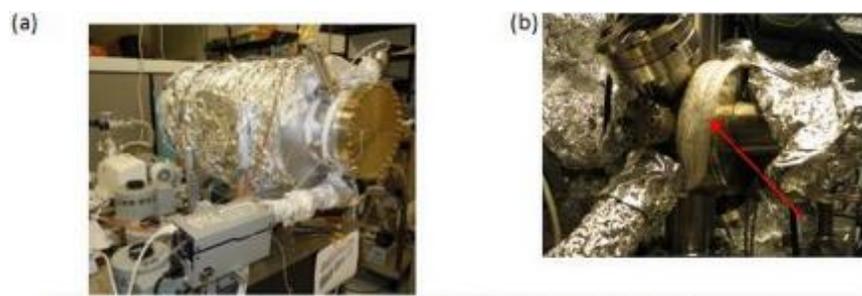


Figura 1: Estação experimental preparada para bakeout (a) e detalhe da fita de aquecimento na preparação do bakeout (b).

No processo de bakeout é necessário enrolar na câmara fitas de aquecimento, distribuir medidores de temperatura para controle e também colocar sobre toda a superfície da câmara camadas de papel alumínio para realizar a homogeneização da temperatura em toda a superfície. Esse processo na maioria dos casos é demorado e depende da ação humana na distribuição das fitas e medidores de temperatura, trazendo problemas ao procedimento como na homogeneização da temperatura. Visando facilitar e melhorar o processo, idealmente podemos colocar a câmara em um ambiente de temperatura controlada, como uma estufa, como na figura 2, reduzindo assim a dependência por processos manuais, falhas na homogeneização e na montagem do bakeout.

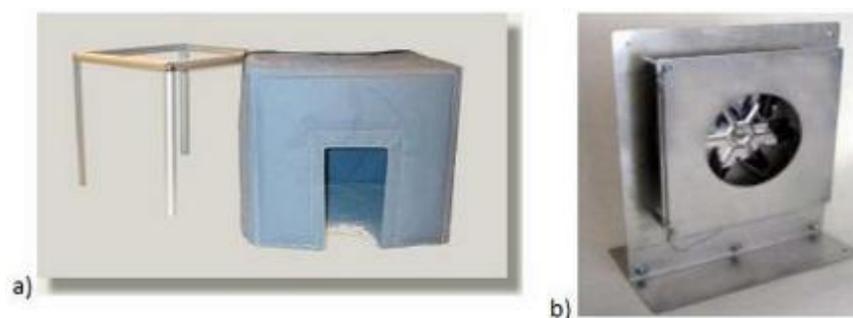


Figura 2: Cabana de bakeout modular (a) e detalhe de aquecedor com circulador de ar para aumentar a homogeneização da estufa (b).

Finalmente, o desafio é fornecer uma estufa de fácil montagem conforme a figura 3, com estrutura e mantas de isolamento, com aquecedores com circuladores de ar para aumentar a homogeneização da estufa e controladores para temperatura e tempo de bakeout. Elas devem ser confeccionadas conforme desenho da câmara enviada e atendendo a descrição abaixo.



Figura 3: Exemplo de customização e facilidade de montagem das estufas tipo cabanas.

Parâmetros Técnicos

- Sistema de controle de temperatura de 0 a 250°C, com PID programável, sistemas de rampas de aquecimento e proteção para temperaturas superiores a 250°C.
- Controle do processo de bakeout por tempo, programável para horas e dias.
- Controle local da temperatura da câmara por sensor modelo: termopar tipo K ou PT100.
- Conexões elétricas que atendam a norma NBR 5410:2004 e NR10.
- Sistema de aquecedores com recirculação de ar, com módulos com potência de 2500W e 220V e fluxo de ar de 200cbm/h, sendo que o número de módulos será definido por tamanho e necessidade de cada estufa.
- As mantas de isolamento devem ser de fácil manuseio e dobráveis, para facilitar a montagem da estufa e o acondicionamento quando não estiverem em uso.
- As mantas devem isolar o seu interior em 250°C no máximo para o exterior a 24°C, sendo que na superfície externa da estufa não ultrapasse os 60°C.
- Os encaixes entre mantas devem ser realizados via velcro e a fixação na estrutura de alumínio em olhais.
- Estrutura em alumínio para suporte das mantas e sistemas de aquecimento.

Referências

- Bakeout tents4_MAXIV: http://www.hemiheating.se/?attachment_id=1663

- http://www.hemiheating.se/wp-content/uploads/2014/09/UHV-Bakeout-Concept_rev-2014-09-16.pdf

- http://www.hemiheating.se/wp-content/uploads/2014/08/Product-sheet_Bakeout-tent1.pdf

Demanda

A demanda específica dessa classe de componentes para o Sirius, por sua vez, é estimada em torno de 20 estufas de diversos modelos atendendo as câmaras ultra alto vácuo para os monocromadores, espelhos, estações experimentais e trechos de caminho de vácuo. Elas serão distribuídas pelas linhas de luz do Sirius, que serão construídas ao longo das próximas décadas. Sem levar em conta câmaras adjacentes, que também necessitaram de estufas modulares.

12. Controlador e Driver para Motor

Introdução

Atualmente o LNLS conta com 18 linhas de luz, com aproximadamente 600 motores de passo responsáveis por posicionar amostras, espelhos, fendas, etc. O novo acelerador (SIRUS) contará com um número ainda maior de eixos – por exemplo, a linha EMA já prevê 170 motores – o que exigirá um sistema de controle de movimento robusto, preciso e principalmente flexível. Essa proposta visa a especificação de um controlador e também de um driver num sistema modular, capaz de controlar diferentes motores de passo, oferecer ajustes de micro passos, corrente e outras características apresentadas nos parâmetros técnicos.

Parâmetros Técnicos

Este desafio trata do projeto de um controlador e driver nacional de custo reduzido se comparado à um equipamento importado e principalmente prover alta confiabilidade (durabilidade) com baixo custo de manutenção. Além disso visa implementar características e funcionalidades adicionais que os equipamentos comerciais padronizados não possuem.

A tabela 1 resume as especificações básicas do equipamento, detalhando parâmetros de hardware e software.

Parâmetro	Valor
Características de hardware do controlador	
Número de eixos controlados (min)	8
Comunicação	Ethernet (compatível com DHCP) e USB

Digital I/O	16 entradas e 16 saídas optoisoladas;
Analog I/O	8 entradas de 16 bits
Entrada para leitura de Encoder	1 por eixo – Tipo: quadratura e senoidal 1Vpp
Tipo de processamento	Passível de expansão futura;
Comunicação adicional para sincronização de múltiplos controladores	Será definido; (talvez ethercat)
Portas de acesso	Debbuging, reset e outras a definir;
Compatibilidade com sistemas de controle	Compatível com EPICS
Modos de operação e outras características	
Modos de movimento	Point-to-point, jogging, linear interpolation, electronic gearing
Características do driver	
Motor	Bipolar 2 fases
Corrente (A)	Selecionável 0 a 6 A (passos de 0,1A);
Micropasso	Full step até 1/125
Corrente de repouso	25% da corrente nominal
Segurança	Proteção contra curto circuito nas fases do motor, conta corrente excessiva, temperatura.
Resistencia de fase	Mínimo de 0,1 Ω a 30 Ω
Indutância de fase	Mínimo de 0,2mH a 20 mH
Tensão dos drivers	24V a 80V
Alimentação do controlador + drivers (bastidor)	100 a 240V (automático)
Características mecânicas	
Mecânica	Bastidor 19" com ventilação, puxadores, etc.
Conector para motores	Circular a definir;
Conector para entrada de encoder	DB9;
Conector para entrada/saída digital	Terminal block;

Referências

[1]-http://www.acsmotion.com/ACS_Step-Pak_Catalog.htm

[2]-http://www.phytron.eu/antrieb/index.php?Set_ID=165&PID=54

[3]-http://www.deltatau.com/DT_Products/ProductCategories.aspx

[4]-<http://www.galil.com/motion-controllers/multi-axis/dmc-40x0>

Demanda

Após aprovação dos protótipos estima-se uma produção inicial de 1000 eixos (125 unidades de 8 eixos) para as 6 primeiras linhas do SIRIUS. Para as demais linhas pedidos escalonados segundo número de eixo por linha. Os prazos são os seguintes: Em julho de 2016, a entrega de um primeiro protótipo para teste das características elétricas, térmicas e para avaliação e reajustes de projeto. Após, em dezembro de 2016, a entrega do produto finalizado para testes em campo. Em março de 2017, previsão da entrega de um lote com 10 cabeças-de-série para teste de robustez e utilização real em campo. E em dezembro de 2017, a entrega do número total de unidades.

13. Mecânica do Núcleo de Ondulador Universal

Introdução

As características do feixe de elétrons da fonte de luz síncrotron brasileira SIRIUS são únicas, comparáveis somente às melhores fontes de luz síncrotron como o Spring-8-II, ainda em estágio conceitual. Isso nos permite, de forma muito competitiva, utilizar os chamados *double helix undulators*, ou onduladores universais[1], que foram conceitualmente apresentados há mais de três décadas[2], mas ainda não utilizados com fonte de luz. Os recentes avanços em tecnologia supercondutora são um fator importante para tornar possível a construção deste dispositivo de inserção, mas a construção mecânica ainda é um limitante.

Os onduladores universais são dispositivos magnéticos onde a posição do enrolamento dos fios é o que determina a qualidade do campo e isso leva a construção mecânica a níveis de exigência 10 vezes mais precisos que a mecânica fina convencional. Além disso, a razão de aspecto é um complicante adicional na obtenção das tolerâncias mecânicas, já que são componentes com diâmetro de aproximadamente 4cm e comprimento de até 4 metros.

Desta forma, o desafio tecnológico que aqui se apresenta é o desenvolvimento de técnicas construtivas da parte mecânico-magnética de onduladores universais supercondutores, que atinjam níveis de precisão mecânica de 30 micrometros em até 4 metros de comprimento.

Parâmetros Técnicos

A construção e montagem da mecânica do núcleo magnético dos onduladores universais supercondutores exige o desenvolvimento e/ou expansão das técnicas construtivas conhecidas atualmente. São exigidos níveis de tolerância de 30 micrometros e peças de 4

metros de comprimento. Comparativamente, a norma DIN 876 cita em sua classe mais precisa (DIN 876 / 0) tolerâncias dessa ordem, que dificilmente são atingidas após semanas de trabalho manual utilizando técnicas que não podem ser transferidas para a construção dos onduladores universais.

O núcleo do ondulador universal é constituído basicamente quatro partes: uma câmara de vácuo (parte central), dois suportes para enrolamentos dos fios supercondutores e um bloco de refrigeração externo. As figuras 1 e 2 mostram uma ilustração do núcleo do ondulador.

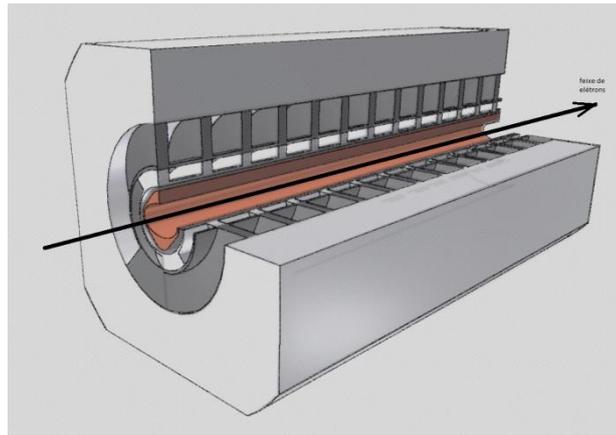


Figura 1 – Núcleo do ondulador universal. Com corte longitudinal para melhor identificação das partes.

A construção dessas partes deve ser feita de forma a atender as tolerâncias geométricas de 30 micrometros e a montagem dessas peças ao longo dos 4 metros deve manter contato térmico entre o bloco refrigerado e os suportes para enrolamento.

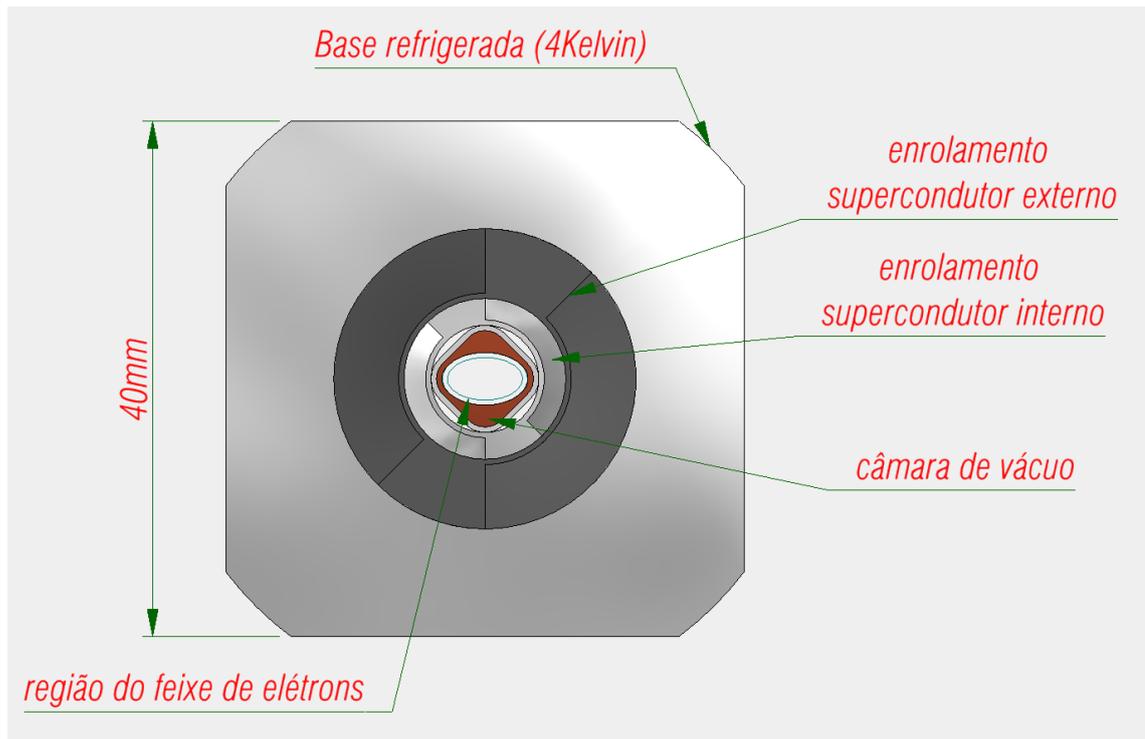


Figura 1 – Vista transversal do núcleo do ondulador.

Referências

- [1]- Y. Ivanyushenkov, Proceedings of IPAC, Dresden, Germany (2014).
- [2]- D.F. Alferov, Yu.A. Bashamakov, E. G. Bessonov, Sov. J. Tech. Phys. 21(11), (1976) 1408.