

SISTEMA DE VÁCUO DO CICLOTRON CV-28 DO IPEN

Georgi Lucki - José M.G.Santos - Antonio A. Zanchetta

Área de Danos de Radiação - CARREI

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES - IPEN

Cx.P. 11.049 - Cidade Universitária - São Paulo - SP.

O sistema de vácuo do ciclotron isócrono de energia variável CV-28 do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, compõe-se de cinco subsistemas:

- 1) Subsistema principal de alto vácuo (câmara de aceleração dos íons).
- 2) Subsistema de recirculação de ^3He .
- 3) Subsistema secundário para os dutos dos feixes e imã distribuidor.
- 4) Subsistema do alvo interno.
- 5) Subsistema dos porta-alvos.

Os problemas apresentados, tem sido o "back-streaming" da bomba de difusão principal e os vazamentos provenientes das conexões de vácuo.

Ciclotron, Vácuo, Íons.

1. INTRODUÇÃO

O conjunto ciclotron compõe-se dos seguintes sistemas:

- Refrigeração,
- Radiofrequência,
- Eletrônico de, geração, aceleração e focalização do feixe de íons,
- Comando elétricos, pneumáticos e hidráulicos e,
- Vácuo,

todos eles vitais ao funcionamento do ciclotron.

O modelo CV-28 fabricado pela The Cyclotron Corp. (TCC) de Berkeley, é um ciclotron de energia variável constituindo-se numa fonte compacta - de partículas carregadas de energia e tem grande aplicação nos campos de medicina nuclear, análise por ativação, física nuclear e principalmente na produção de radioisótopos de meia vida curta e na ciência dos materiais (efeitos da irradiação em metais, ligas, etc). O ciclotron produz feixes internos e externos, praticamente monoenergéticos de prótons, deuterons, íons de hélio-3 e hélio-4, conforme pode ser visto na Tabela I.

TABELA I
PARÂMETROS DOS FEIXES

<u>Partícula</u>	<u>Var.da Energia (MeV)</u>	<u>Corrente dos Feixes (µA)</u>		
		<u>EXTERNO</u>		<u>INTERNO</u>
		<u>E_{min}</u>	<u>E_{max}</u>	<u>E_{max}</u>
PROTONS	2 - 24	40	60	200
DEUTERONS	4 - 14	50	100	300
³ He ⁺⁺	6 - 36	5	50	135
⁴ He ⁺⁺	8 - 28	6	40	90

TOLERÂNCIA: $\pm 0,5$ MeV no limite inf. e ± 1 MeV no limite sup. da Energia
RESOLUÇÃO: 0,5% ou 50 KeV (o que tiver maior valor)

A operação do ciclotron exige o funcionamento simultâneo do sistema de vácuo e injeção do gás necessário para produzir um dos íons acima citados. Os íons são gerados na fonte do tipo PENNING e são acelerados - por meio de dois eletrodos em forma de D. Fonte de íons usa catodos aquecidos pelos próprios íons eliminando assim a necessidade de um filamento de aquecimento e sua fonte de alimentação. A simultaneidade da injeção - de gases e manutenção de vácuo relativamente alto (entre 10^{-5} e 10^{-7} Torr) põe em evidência a necessidade de um sistema de vácuo limpo e com grande capacidade de bombeamento.

Os polos de eletroímã formam as duas tampas da câmara de vácuo principal. Esta configuração permite a elevação da metade do ciclotron dando amplo acesso à região de aceleração para os serviços de manutenção. Contudo, este procedimento introduz ar com todos os poluentes principalmente partículas sólidas e vapor de água, fatores indesejáveis quando há necessidade de operar em atmosferas rarefeitas as mais limpas possível.

O feixe de íons pode ser interceptado em qualquer raio, dentro da câmara de vácuo principal, por meio de uma ponta de prova do feixe, localizada ao lado da fonte de íons. Quando feixes externos são utilizados, a ponta de prova é retirada até o limite de extração, permitindo a entrada do feixe de íons nos canais eletrostático e magnético respectivamente antes de adentrar as bobinas de, centralização e a quadrupolar de focalização no tubo de feixe principal. Em seguida o feixe percorre a câmara de vácuo secundária do ímã de distribuição, onde é defletido para um dos sete tubos secundários até incidir no alvo, na extremidade de um deles. Todo o percurso do feixe deve ser mantido num vácuo de 10^{-5} a 10^{-7} Torr o mais limpo possível para propiciar:

- a) maior eficiência do feixe, já que em ambientes mais rarefeitos, é menor a probabilidade de dispersão deste através dos choques dos íons com as moléculas dos gases residuais;
- b) menores índices de contaminação radioativa dos componentes e ambiental.

2. PROCEDIMENTO OPERACIONAL

A operação do ciclotron exige para seu funcionamento eficiente, um procedimento sequencial de quinze parâmetros dois dos quais relacionados com a atmosfera da câmara de vácuo principal e dos tubos de feixe, que passaremos a descrever com maiores detalhes. Os dois parâmetros fazem parte dos subsistemas de vácuo principal e secundário, e injeção de gases na fonte de íons da câmara de vácuo principal, conforme pode ser visto na Fig. 1. Quando da operação com íons de ^3He , é utilizado o subsistema de recuperação deste gás, (Fig.2):

Tanto o vácuo como a injeção de gases são controlados no painel geral por meio de:

- a) Painel de Vácuo - Quatro medidores de condutibilidade térmica (tipo PIRANI) monitoram a pressão dos subsistemas principal e secundário - durante a evacuação prévia; um medidor de ionização (Tipo PENNING) - monitora a pressão nas condições de trabalho que é da ordem de 10^{-5} Torr. Um dispositivo de intertravamento elétrico é conectado aos medidores impedindo o funcionamento da Radiofrequência caso a pressão da câmara de vácuo principal esteja acima do valor pre-selecionado.
- b) Painel de Controle da Fonte de Íons - Um medidor indica a corrente - do arco (de 0,1 a 0,5 A) e outro, a pressão do gás (de 100 a 550mmHg)

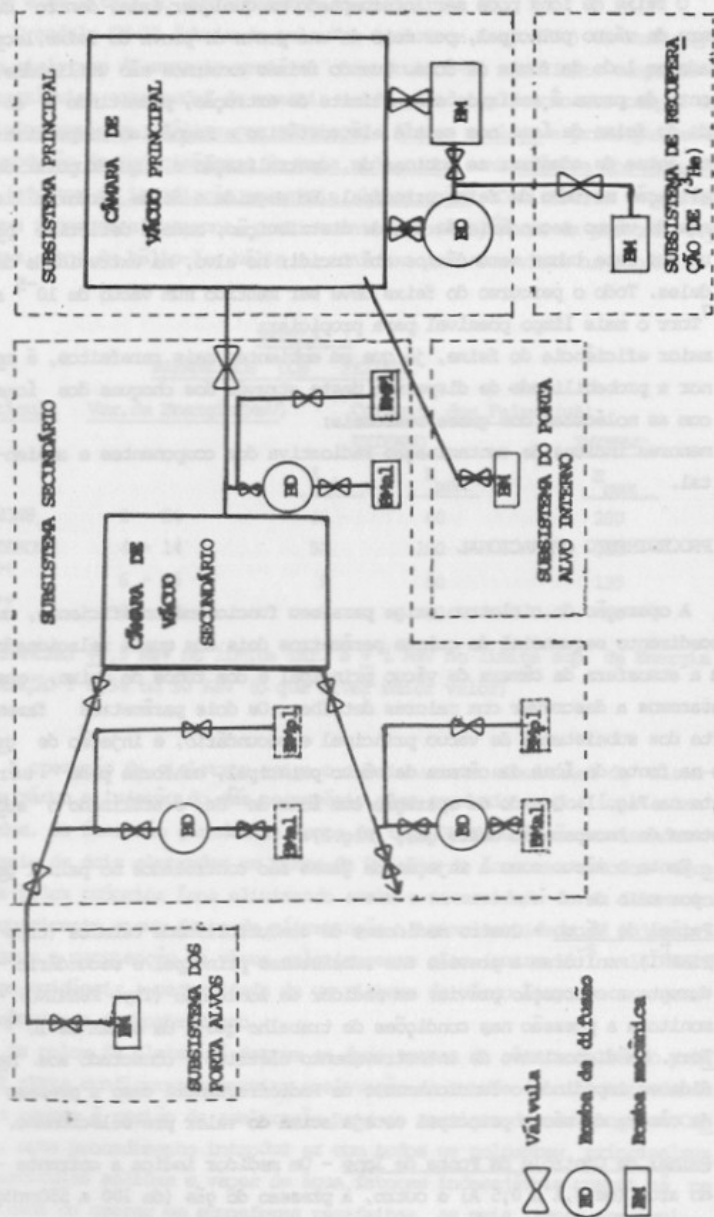


FIG. 1 - ESQUEMA GERAL DO SISTEMA DE VÁCUO DO CICLOTRON CV-28 DO IPEN

Controles permitem o ajuste da corrente, do fluxo de gás e do extrator dos íons produzidos na fonte.

O sistema de vácuo é composto por cinco subsistemas, descritos a seguir:

- 1) Subsistema Principal - é o subsistema de vácuo do maior recipiente ($0,3\text{m}^3$), localizado entre os polos magnéticos do ciclotron (23 ton), onde os íons são gerados e acelerados, denominado câmara de vácuo principal, e consiste de uma bomba mecânica e uma bomba de difusão de 25cm, com dois sensores de vácuo PENNING E PIRANI. Sobre a bomba de difusão existe uma armadilha de nitrogênio líquido com 4 litros de capacidade suficiente para uma operação de 8 horas. As características deste subsistema, bem como dos demais, constam da Tab. II.
- 2) Subsistema de Recirculação de ^3He - consiste numa bomba mecânica funcionando simultaneamente como bomba de vácuo e compressor. Durante a operação com ^3He esta bomba substitui a bomba de apoio do subsistema principal. A câmara de exaustão da bomba é estanque tanto ao vácuo como à pressão, tendo um pressostato que desliga a bomba caso a pressão alcance 1kgf/cm^2 . Um filtro de carvão ativado, para purificar o ^3He - recirculado através da câmara de vácuo principal e da bomba de difusão de 25cm está enserido nesta linha. Na saída deste filtro há uma válvula de alívio de pressão para evitar danos à linha de pressurização se houver um aumento de pressão devido à falta de nitrogênio líquido. Um reservatório de nitrogênio líquido envolve o filtro de carvão com um indicador de nível que acende uma lâmpada no painel de controle, quando o nível está abaixo do filtro. Um reservatório de ^3He é conectado, em paralelo com o cilindro de ^3He , à linha de vácuo da bomba mecânica. O gás ^3He pode ser retirado, seja do cilindro, na operação inicial, seja do reservatório nas operações seguintes, através desta linha. O gás ^3He poderá ser armazenado abrindo o reservatório à linha de compressão da bomba mecânica. O sistema de recirculação, necessário devido ao alto custo deste isótopo de hélio, é indispensável.
- 3) Subsistema Secundário - mantém as baixas pressões de operação, nos tubos dos feixes e na câmara de vácuo secundária (10^{-5}Torr) com um volume total de $0,1\text{m}^3$. O sistema consiste de 3 bombas de difusão de 10cm e duas bombas mecânicas sendo uma de pré-vácuo e outra de apoio às bombas de difusão. Permite utilizar os feixes externos sem desligar o subsistema principal.

TABELA II

CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS DE VÁCUO DO CICLOTRON

BOMBA DE DIFUSÃO DO SUBSISTEMA PRINCIPAL

Marca: NRC - Mod.: HS 10 - Diâmetro: 25cm - Vol. de óleo: 1.000 cc
Intervalo de Func.: de 10^{-3} a 10^{-9} Torr - Cap. de Bombeamento: 4.200 l/s

BOMBA MECÂNICA DO SUBSISTEMA PRINCIPAL

Marca: EDWARDS - Mod.: ED 660 - Capacidade de Bombeamento: 11 l/s

3 BOMBAS DE DIFUSÃO DO SUBSISTEMA SECUNDÁRIO

Marca: NRC - Mod.: NHS 4 - Diâmetro: 10cm - Vol. de óleo: 250 cc
Intervalo de Func.: de 10^{-3} a 10^{-9} Torr - Cap. de Bombeamento: 750 l/s

3 BOMBAS MECÂNICAS DO SUBSISTEMA SECUNDÁRIO E DE PORTA-ALVOS

Marca: EDWARDS - Mod.: ED 330 - Capacidade de Bombeamento: 5,5 l/s

BOMBA MECÂNICA DO SUBSISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DO ^3He

Marca: EDWARDS - Mod.: ED 200 - Capacidade de Bombeamento: 3,2 l/s

BOMBA MECÂNICA DO ALVO INTERNO

Marca: WELCH - Mod.: 1402 - Capacidade de Bombeamento: 5,8 l/s

TOTAL: 4 bombas de dif + 6 bombas mec. de dois estágios (10^{-4} Torr)

- 4) Subsistema do Alvo Interno - possui uma bomba mecânica de pré-vácuo - que permite colocá-lo em operação sem desligar o subsistema principal. A vantagem da utilização do alvo interno se deve às altas correntes do feixe, no interior da câmara de aceleração (vide Tabela I) impossíveis de serem obtidas (após a extração) nos feixes externos quando a eficiência pode cair de 30 a 70% conforme a partícula acelerada e sua energia.
- 5) Subsistema do Porta-Alvos - possui na extremidade de um dos 7 feixes externos uma bomba mecânica. Podem ser utilizados conjuntos de bombas em diversas configurações e capacidades de bombeamento de acordo com a necessidade de cada experimento

3. DISCUSSÃO

O sistema de vácuo fornecido pelo fabricante é suficiente para manter o ciclotron CV-28 em condições de operação aceitáveis. Com o tempo, contudo, há grande probabilidade de surgirem vazamentos de ordem variável nas mais de cem conexões existentes no sistema de vácuo, representando problemas ocasionais.

Existem, por outro lado, os seguintes problemas crônicos:

- a) Vazamento nos mancais dos 3 monitores de perfil inseridos nos tubos de feixe existentes (1 principal e 2 secundários, podendo o número crescer para 7 se todos os tubos forem utilizados. Os mancais acoplados mecanicamente a um motor elétrico, repousam sobre retentores torçoidais (O-rings) sujeitos a um rápido desgaste. Uma solução é, substituí-los por monitores de acoplamento magnéticos, com os sensores colocados em compartimentos estanques e separados dos motores.
- b) Retrodifusão (back-streaming) das bombas de difusão - apesar da armadilha de nitrogênio líquido colocada na entrada da bomba de difusão do sistema principal, que serve primordialmente para absorver os vapores condensáveis e atenuar a retrodifusão de óleo, esta persiste - sendo um dos fatores principais de poluição da câmara de aceleração de íons.

uma solução viável, seria substituição das bombas de difusão por outras (turbomoleculares, iônicas ou criogênicas) com maior capacidade de bombeamento, valendo o mesmo raciocínio para as bombas mecânicas.