

SISTEMA DE VÁCUO PARA MÁQUINA TORÓIDE COMPACTO DA UNICAMP

M. Machida, L.F. Delboni e C.R. Neto

Instituto de Física "Gleb Wataghin", Unicamp
C.P. 6165, Campinas - SP.

Uma máquina do tipo Toróide Compacto na configuração de Theta-Pinch de Campo Reverso está sendo construída em nosso laboratório. Devido a configuração fechada do tipo toroidal num sistema linear, este tipo de máquina tem se tornado bem conhecido nos últimos três anos. O sistema CT-I da Unicamp possui quatro bancos de capacitores (pré-ionização, polarização, multipolo e o principal), e o sistema de rádio frequência (30MHz, 100W) para uniformização da produção do plasma.

Todo o sistema pode armazenar em torno de 40kJ de energia descarregado no sistema em $\sim 30 \mu\text{seg}$. O sistema de vácuo composto de uma bomba mecânica duplo estágio, uma bomba difusora de quatro polegadas com "Trap" de Ni 11¹ quido alcança uma pressão de $\sim 2 \times 10^{-6}$ Torr num volume de $3,5 \text{ m}^3$. A pressão de operação é entre $10 \sim 30$ mTorr, gás He ultra puro. As características fundamentais nesta máquina são as instalações de espelhos laterais no solenóide, multipolos variáveis para 4 ou 8 polos, e chaves de descarga com interruptor elétrico do tipo "Crow-Bar".

Toróide Compacto, Vácuo, Alta Voltagem

O Toróide Compacto do tipo Theta-Pinch de Campo Reverso está em fase final de montagem no Laboratório de Plasma da

Unicamp. Devido ao interesse recente nestes tipos de máquinas^(1,2,3) associado a possibilidade de operar o Theta-Pinch Tupã I⁽⁴⁾, atualmente em operação, neste tipo de configuração propomos a construção da máquina CT-I com menor potência, porém, com uma versatilidade de operação superior a da máquina existente atualmente no laboratório.

O que diferencia basicamente os Toróides Compactos dos Theta-Pinches normais é a existência de dois espelhos laterais ao solenóide principal, de tal modo a estrangular com maior eficiência o escape de plasma pelas extremidades abertas do sistema linear. Um outro fator importante é o acoplamento de um multipolo, quadrupolo ou octopolo, na direção longitudinal ao solenóide principal, de tal modo que um campo B_θ será formada em adição ao B_z que existia anteriormente. O campo B_θ será criado pelos multipolos instalados entre o tubo de vidro e o solenóide principal e esta configuração tem mostrado que é capaz de estabilizar a instabilidade rotacional do tipo $n=2$ que anteriormente limitava o progresso dos theta-pinches convencionais.

os objetivos desta máquina são: 1) O estudo da influência dos multipolos nestas instabilidades rotacionais, isto é, um estudo experimental da influência do B_θ em termos de intensidade e uniformidade na borda exterior do plasma toroidal formado dentro do tubo de vidro; 2) A análise experimental do processo de reconexão de linhas do campo magnético para a formação da configuração do Toróide Compacto; 3) Estudo comparativo da fuga de partículas pelas extremidades entre o Tupã I e o CT-I; 4) Estudar e verificar a viabilidade de transformar o Tupã I para um sistema Toróide Compacto num futuro próximo.

O sistema está composto de quatro bancos de capacitores, polarização, pré-ionização, multipolo e o principal. As principais características destes bancos estão expostas na tabela I, bem como, as de rádio frequência e de sistema de vácuo.

Uma vista esquemática é mostrada na figura 1 com os quatro bancos de capacitores e também é mostrado o circuito equivalente do sistema na figura 2-A

Um dos desenvolvimentos técnicos desta máquina é a ins-

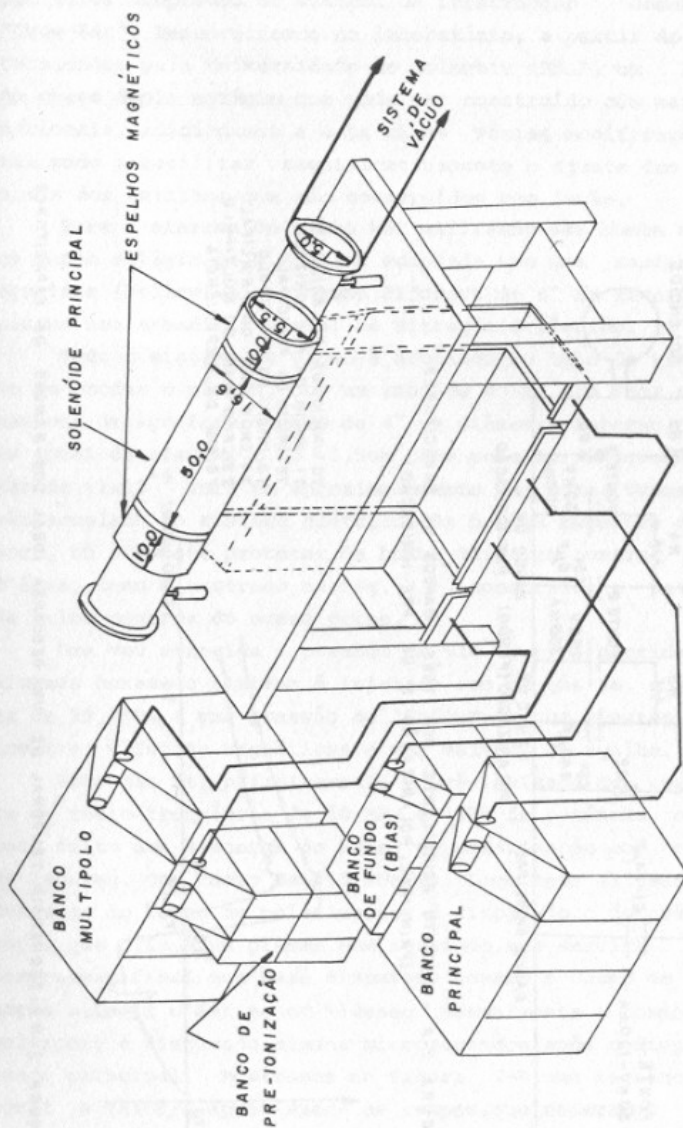


FIGURA 1 - VISTA ESQUEMÁTICA DO TORÓIDE COMPACTO I
DA UNICAMP

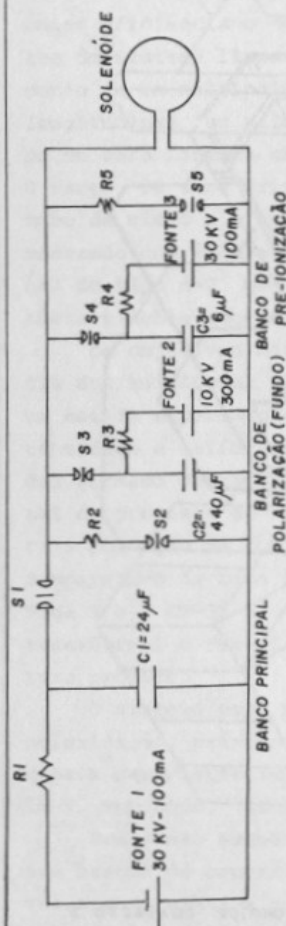


FIGURA 2-A - CIRCUITO EQUIVALENTE DOS TRÊS BANCOS DE CAPACITORES
(PRINCIPAL, POLARIZAÇÃO E DE PRE-IONIZAÇÃO)

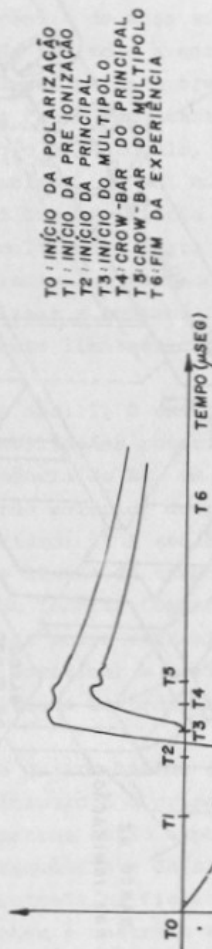


FIGURA 2-B - SEQUENCIA TEMPORAL DE UMA DESCARGA IDEAL DOS BANCOS DE CAPACITORES

talação de chaves especiais para descarregar o sistema de capacitores acoplados ao sistema de interrupção denominados "Crow-Bar". Desenvolvemos no laboratório, a partir de idéias fornecidas pela Universidade de Columbia (USA), um sistema de chave duplo estágio que pode ser construído com materiais nacionais, adicionamos a esta chave várias modificações, de tal modo a facilitar significativamente o ajuste dos eletrodos e dos gatilhos que são construídos com latão.

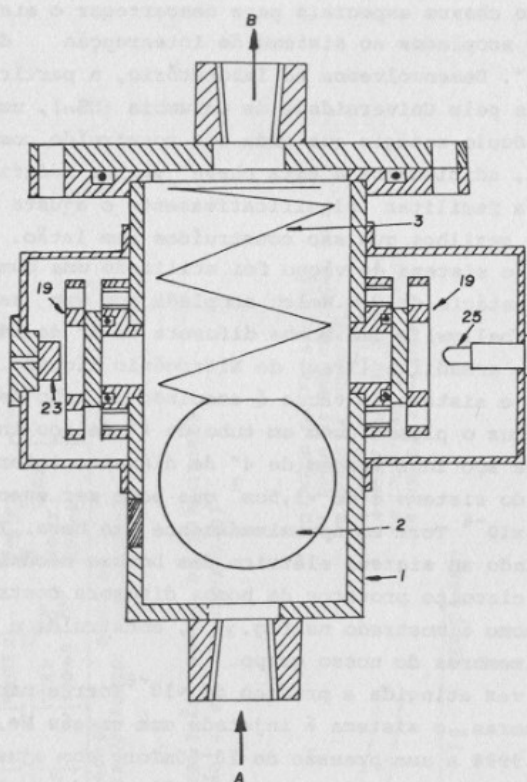
Para o sistema de vácuo foi utilizado uma bomba mecânica duplo estágio de W.M. Welch acoplada com uma sanfona de aço inox (bellow) a uma bomba difusora de 4" da Edwards que possui uma armadilha (Trap) de Nitrogênio líquido.

Todo o sistema de vácuo é acoplado ao tubo de vidro, onde se produz o plasma, com um tubo de 4" de aço inox com uma sanfona de aço inox também de 4" de diâmetro interno. O volume total do sistema é de $\sim 3,5 \text{ cm}^3$ que pode ser evacuado a pressão de $\sim 3 \times 10^{-6}$ Torr em aproximadamente uma hora. Temos também acoplado ao sistema elétrico das bombas mecânica e difusora, um circuito protetor da bomba difusora contra falta d'água, como é mostrado na fig. 3, construída e patenteada pelos membros do nosso grupo.

Uma vez atingida a pressão de $\sim 10^{-6}$ Torr e mantida por algumas horas, o sistema é injetado com um gás He, com pureza de 99,999% a uma pressão de 10-50 Torr com ajustes feitos com três válvulas magnéticas e uma válvula de agulha.

Este gás He, primeiramente é pré-ionizado com uma fonte de rádio frequência de 30 MHz e 100W de potência, e depois feito uma descarga do banco de polarização com período de 120 $\mu\text{seg.}$ com campo $B_z \sim 1,5$ KGauss. Logo após (15 $\mu\text{seg.}$) a descarga do banco de polarização, é disparado o de pré-ionização que criará um plasma bem ionizado, que servirá para a compressão final que será disparado quando o campo de polarização atingir o máximo em 30 $\mu\text{seg.}$ Normalmente o campo de multipolo é disparado alguns microsegundos após o disparo do banco principal. Mostramos na figura 2-B uma sequência temporal e valores aproximados de campos, que esperamos obter quando a máquina estiver completamente operacional.

Os sistemas de diagnósticos para esta máquina serão os



- A - ENTRADA DE ÁGUA
- B - SAÍDA DE ÁGUA
- 1 - RECIPIENTE DE LATÃO
- 2 - ÊMBOLO MÓVEL
- 3 - MOLLA PARA O ÊMBOLO
- 19 - JANELA DE VIDRO
- 23 - FOTOSENSOR
- 25 - LÂMPADA PARA O FOTOSENSOR

FIGURA 3 - SISTEMA DE PROTEÇÃO DO TIPO RELÉ DE ÁGUA
PARA O SISTEMA DE VÁCUO

seguintes:

- Sondas magnéticas múltiplas internas;
- Sonda magnética do tipo "Fluxo Excluído" (5);
- Sonda de Pressão Piezoeletrica (6);
- Câmera Conversora de Imagens rápidas (IMACON);
- Espectroscopia no visível (7);
- Interferometria com alser de CO_2 ;
- Copode Faraday.

Esperamos com estes diagnósticos obter um completo mapeamento do campo magnético dentro do tubo de plasma (sondas magnéticas), o raio de separatrix plasma-campo magnético externo (fluxo excluído), velocidade de escape das partículas (sondas PZT), densidade de fuga de partículas (copo de Faraday), densidade eletrônica do plasma (interferometria) e a rotação, densidade iônica e temperatura do plasma (espectroscopia) durante a operação da máquina.

Os diagnósticos acima, exceto pelo laser de CO_2 , já foram instalados e testados em outras máquinas estando em condições imediatas de ser testados em TC-I.

REFERÊNCIAS

- (1) Armstrong W.T., Linford R.K., Lipson J., Plahs D.A., and Sherwood E.G., Phys. Fluids 24, 2068 (1981).
- (2) Steinhaver L.C., Phys. Fluids 26, 254 (1983).
- (3) Ohi, S., Minato T., Kawakami Y., Tanijo M., Okada S., Ito Y., Kako M., Gotô S., Ishimura T., and Itô H., Phys. Rev. Letters 51, 1042 (1983).
- (4) Kayama M.E., Honda R.Y., Böckelmann H.K., Machida M., and Sakanaka P.H., Rev. Brasil. Apl. Vác. VI CBAVIC (1985).
vide na mesma sessão deste trabalho.
- (5) Tuszewski M., Phys. Fluids 24, 2126 (1981).
- (6) Machida M., Collares M.P., Honda R.Y., Sakanaka P.H., and Scheid, V.H.B., IV Japan-Brasil Symp. Sci. Techn. III, 176 (1984).
- (7) Honda R.Y., Ma.Thesis, Instituto de Física, Unicamp, Brazil (1980).

Tabela I: Parâmetros do Torus C-I

1. Solenóide de θ -Pinch

l	= 85 cm	comprimento do solenóide
ϕ_i	= 16 cm	diâmetro interno do solenóide
ϕ_e	= 15 cm	diâmetro do espelho magnético
ϕ_p	= 14 cm	diâmetro interno do tubo de pirex
L_o	= 34,2 nH	indutância sem o plasma
$\overline{L_p}$	= 28,7 nH	indutância com o plasma, com raio médio de 3cm.

2. Banco Principal

C	= 28 μF	capacitância
V	= 30 kV	tensão de trabalho
W	= 12,6 kJ	energia típica
L_p	~ 10 nH	indutância interna

3. Banco de Polarização

C	= 440 μF	capacitância
V	= 10 kV	tensão de trabalho
W	= 22 kJ	energia típica
L_p	= 2150 nH	indutância em série com o banco

4. Banco de Pré-ionização

C	= 1,5 μF	capacitância
V	= 28 kV	tensão de trabalho
W	= 0,6 kJ	energia típica
L	~ 50 nH	indutância interna

5. Banco para Octopolo

C	= 3,0 μF	capacitância
V	= 28 kV	tensão de trabalho
W	= 1,2 kJ	energia típica
L	~ 150 nH	indutância interna

6. Rádio Frequência

Frequência: 30 MHz; Potência: 100 W; Gerador: válvula 6E6KD6

7. Sistema de Vácuo

bomba mecânica: W.M.Welch - duplo estágio
 pressão mínima: 8×10^{-3} Torr.
 bomba difusora: Edwards do Brasil - 4 polegadas
 Trap de Nitrogênio líquido - capacidade 5l
 pressão mínima: 1×10^{-6} Torr.