

ELETROVÁLVULAS PULSADAS - SUA APLICAÇÃO EM SATÉLITES E EM ESPECTROSCOPIA

Ismael Emílio de Oliveira Júnior
Vladimir Jesus Trava Airolodi
Evaldo José Corat

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa postal 515
12201 - São José dos Campos, S.P. - Brasil

I - INTRODUÇÃO

Eletroválvulas têm emprego nos mais diversos ramos da tecnologia. Um deles é a engenharia espacial na qual se empregam eletroválvulas monoestáveis em sistemas de controle de atitude e órbita de satélites. Uma eletroválvula deste tipo foi desenvolvida no INPE para ser empregada no terceiro satélite brasileiro. Ela é acoplada a um propulsor de hidrazina e tem a função de permitir ou impedir o fluxo do propelente para o leito catalítico. Esta válvula é descrita neste trabalho. Mostram-se seus dados de desempenho, os quais são comparados aos de válvulas semelhantes estrangeiras. Também são comentados os processos de fabricação envolvidos em sua confecção. Por último aborda-se também o uso de eletroválvulas pulsadas em espectroscopia de gases em escoamento supersônico.

II - Descrição da Válvula

Para o projeto da eletroválvula foi empregada literatura adequada na área de eletromagnetismo [1], sobre o assunto molas [2] e sobre outras áreas de interesse.

A figura 1 mostra um esquema da eletroválvula desenvolvida no INPE.

Quando não acionada a válvula permanece fechada pela força da mola. Após ativada, a força magnética cresce; ao superar a força da mola, ela atrai o cursor para junto da bobina, abrindo a passagem para o escoamento. Quando eliminada a corrente de ativação, a força magnética decresce; ao tornar-se menor que a força da mola, inicia-se o fechamento da válvula. Vale lembrar que a movimentação da mola também provoca uma alteração na força que ela fornece.

Para que haja uma força magnética é preciso que o fluxo magnético siga um caminho específico. No caso desta eletroválvula, a figura 2 ilustra este caminho, indicado em linha mais grossa.

Para se conseguir que o fluxo magnético seguisse o caminho indicado foi necessário utilizar materiais diferentes para a construção das partes da válvula. Na região do fluxo magnético o material usado é o aço inoxidável 430, que tem boa permeabilidade magnética. As regiões onde não se deseja fluxo magnético são construídas em aço inoxidável 304.

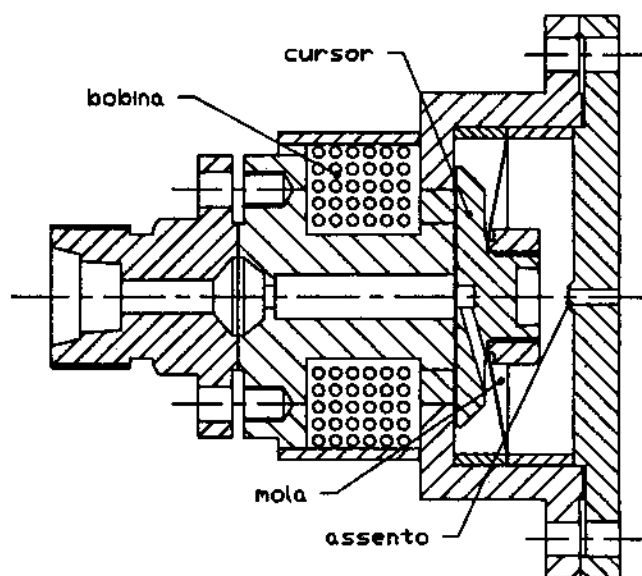


Fig. 1 - Eletroválvula monoestável.

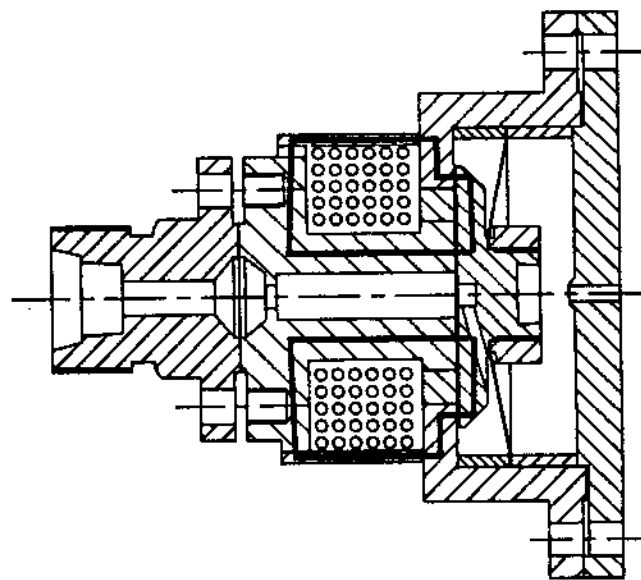


Fig. 2 - Caminho percorrido pelo fluxo magnético.

III - Desempenho da Eletroválvula.

Para a válvula projetada, a tensão nominal é de 27 V, admitindo-se uma variação de 3 V para cima ou para baixo.

Um parâmetro que se utiliza para avaliar o desempenho de uma eletroválvula é a sua resposta a um sinal de abertura ou fechamento.

Assim, foram medidos os tempos de resposta na abertura e no fechamento para a válvula em questão. Também foi calculada sua potência, tendo sido obtidos os seguintes valores:

abertura: 13,7 ms.
fechamento: 22,4 ms
potência: 4,0 W

Verifica-se que estes tempos obtidos são satisfatórios para o que se pretendia.

Para estes testes foi empregado um propulsor de hidrazina com empuxo nominal de 2N à pressão máxima de 22 bar. A tensão aplicada aos terminais da bobina foi de 24,7 V. O conjunto foi colocado em uma câmara de vácuo de 1,8 m de diâmetro por 1,95 m de comprimento, tendo sido feito um vácuo inicial menor que 10^{-3} tor. Foram efetuados com este conjunto propulsor-eletroválvula cerca de um milhão de pulsos, sem que houvesse qualquer alteração sensível no desempenho da eletroválvula. Estes pulsos tiveram duração desde 50 ms até 2000 s, o que mostra que esta eletroválvula tem grande versatilidade.

A título de comparação, valores apresentados em catálogos de empresas que fabricam eletroválvulas são mostrados a seguir.

- válvula ERNO modelo 102.1
abertura: 15 ms;
fechamento: 20 ms.
potência: 6,0 W

- válvula ERNO modelo 103.1
abertura: 15 ms;
fechamento: 20 ms.
potência: 6,0 W

- válvula MOOG modelo 50-415
abertura: 5 ms
fechamento: 5 ms
potência: 14,3 W

- válvula MOOG modelo 50-436
abertura: 15 ms;
fechamento: 15 ms.
potência: 20,5 W

- válvula MOOG modelo 50-438
abertura: 12 ms;
fechamento: 17 ms.
potência: 5,4 W

A potência citada nos casos acima é para a eletroválvula em questão é aquela necessária para manter a válvula aberta em regime permanente.

Outro parâmetro de extrema importância para uma válvula é a sua capacidade de vedação, pois vazamentos diminuem a vida do SCAO e, portanto a do satélite. Foi feita a medição do vazamento

externo desta eletroválvula em um detector adequado e o valor obtido foi menor que 10^{-6} tor.l/s, após cerca de um milhão de pulsos.

O valor máximo recomendado em literaturas internacionais é de 10^{-6} tor.l/s.

Também o vazamento interno foi medido e encontrou-se o valor 10^{-9} tor.l/s, o que está bem abaixo do máximo recomendado, que também é 10^{-6} tor.l/s.

Dispõe-se no INPE de um modelo para análise de eletroválvulas [3]. Este modelo mostra que variações no circuito magnético, tais como alterações de dimensões, mudanças no caminho do fluxo ou alterações nos materiais empregados podem ter efeitos significativos sobre o desempenho da eletroválvula. O modelo mostra também que outro componente de grande importância para a determinação dos tempos da válvula é a mola empregada. Por ser uma mola tipo prato (Belleville), pequenas variações na sua espessura têm grande influência no desempenho da válvula. Além disto, pequenas imprecisões em seu posicionamento também causam grandes alterações no desempenho da eletroválvula.

IV - Processos de fabricação

Na fabricação desta válvula vários processos de precisão foram empregados. Por exemplo, a vedação entre o cursor e seu assento deve ser tal que garanta um vazamento máximo de 10^{-6} tor.l/s, o que requer superfícies muito bem retificadas, com rugosidades superficiais da ordem de $1 \mu\text{m}$. Além disto é necessário que o alinhamento tanto linear quanto angular das peças esteja dentro de limites muito estreitos. A Figura 3 mostra um esquema desta vedação.

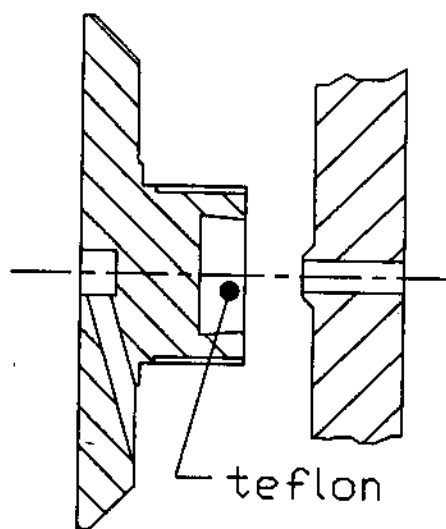


Fig. 3 - Vedação entre cursor e assento.

Também a movimentação total do cursor deve ser da ordem de 0,35 mm, o que demanda um posicionamento relativo dos componentes bastante preciso.

A mola deve fornecer os esforços de projeto, e, por ser uma mola tipo prato, seus esforços variam grandemente com pequenas movimentações, o que faz com que sua posição em relação ao cursor seja crítica. Assim, os anéis que a posicionam devem ter as dimensões muito bem controladas.

Outro processo bastante delicado é a colocação do anel isolante entre as camadas de material magnético. Como a espessura deste anel é muito pequena, processos convencionais de soldagem provocariam uma mistura entre os materiais magnético e isolante, alterando a espessura desejada e modificando as propriedades magnéticas do conjunto. Para evitar este problema a técnica empregada foi a de soldagem por feixe de elétrons. Neste caso, a espessura da região soldada (região afetada pela solda) foi de 0,5 mm, com uma profundidade de penetração de cerca de 1,0 mm. Todas as soldas necessárias na eletroválvula foram feitas por este processo. Futuramente será empregada a soldagem a laser, que afeta uma região menor ainda.

V - Uso de eletroválvulas em espectroscopia

Uma outra área de grande aplicação de eletroválvulas é a espectroscopia de gases em escoamento supersônico, ou em feixes atômicos e moleculares. O grande interesse nestas áreas se deve principalmente à possibilidade de se obter expansão supersônica de forma intermitente. Esta expansão é necessária para diminuir a temperatura dos gases de forma dinâmica, sem que haja condensação. Anteriormente isto era conseguido por meio do escoamento de feixes moleculares contínuos através de orifícios muito pequenos (com cerca de 50 μ m de diâmetro) que não permitiam obter densidades de moléculas satisfatórias, além de somar os agravantes de um alto consumo de gás com a necessidade de um sistema de bombeamento para vácuo muito potente.

Para evitar estes problemas é que se começou a usar eletroválvulas, preferencialmente com pulsos rápidos, ou seja, inferiores a 100 μ s a meia altura para orifícios de até 1 mm de diâmetro.

O uso destes dispositivos foi pela primeira vez caracterizado usando um princípio mecânico em 1966 [4], com largura de pulso a meia altura de cerca de 1 ms. Mais recentemente estes tipos de eletroválvulas evoluíram e com o mesmo princípio foi possível obter, em 1977 [5] tempos de abertura de 50 μ s e em 1978 [6] o tempo de abertura a meia altura chegou a 10 μ s. Entretanto, esses modelos são de difícil construção e não permitem taxas de repetição acima de alguns décimos de Hertz.

O aumento da taxa de repetição em espectroscopia é também muito importante e com este propósito foram desenvolvidas, mais recentemente, eletroválvulas pulsadas utilizando o princípio piezoelétrico, que conseguiram tempos de abertura de até 50 μ s [7]. Para taxas de repetição de pulsos de 5 Hz ou mais, entretanto, o menor tempo de abertura conseguido foi de 150 μ s. Uma eletroválvula com tempo de abertura de 80 μ s, alta durabilidade e taxa de repetição de 2 Hz com princípio eletromecânico foi desenvolvida e tem sido bastante útil em estudos espectroscópicos e

em estudos da dinâmica da formação e destruição de aglomerados em expansão supersônica [8].

Com o propósito de diminuir ainda mais o tempo de abertura e aumentar a taxa de repetição foram testadas eletroválvulas pulsadas utilizando circuitos magnéticos fechados, conforme o princípio descrito no início deste trabalho. Com este princípio é possível usar um sistema massa-mola mais leve e com constantes de mola mais elevadas que os demais. Alguns testes preliminares foram realizados e verificou-se que o circuito magnético apresentou-se bastante rápido, de forma a responder a pulsos elétricos com tempos abaixo de milissegundo, com bobina de baixa indutância. Para uma resposta rápida em abertura é necessário que a força produzida seja suficiente para abri-la com a altura do levantamento desejável, mas ao mesmo tempo é preciso que esta força cesse antes de o êmbolo tocar no corpo da eletroválvula, proporcionando uma rápida resposta de acionamento do êmbolo (abre/fecha da válvula). Desta forma, o tempo de resposta da eletroválvula passa a ser limitado apenas pelo sistema massa/mola que, se tiver massa pequena e constante de mola elevada, será grandemente reduzido.

VI - Referências

- [1] H. C. Roters: Electromagnetic devices, John Wiley and Sons, 1967, USA.
- [2] Associated Spring Corporation: Handbook of Mechanical Spring Design, A. S. C., 1950, USA.
- [3] I. E. de Oliveira Jr.: Modelagem do Funcionamento de um Sistema de Jatos de Gás Frio para Controle de Atitude de Satélites. INPE-4163-RPE/541, 1987.
- [4] K. Bier e O. Hagen: in Rarefied Gas-Dynamics, vol 2, pp 260 (1966)
- [5] W. R. Gentry e C. F. Giese: The journal of chemical physics, vol 67, pp 5389 (1977)
- [6] W. R. Gentry e C. F. Giese: Review of scientific Instruments, vol 45(5), pp 595 (1978)
- [7] Lasertechnics Model LPV - Manual de instruções
- [8] V. J. Trava-Airoldi, E. J. Corat, M. E. Sbampato, A. M. dos Santos e C. C. Ghizoni: Journal of applied physics, vol 63(10), pp 5169 (1988)