

Aula 23: Atuadores externos empregados em determinação, navegação e controle de atitude: Bobinas Magnéticas.

Bobinas Magnéticas

Bobinas magnéticas, ou eletromagnetos, são usados para gerar momentos dipólos magnético para controle de atitude e de momento angular. Também são usados para compensar polarizações residuais do satélite e neutralizar derivas de atitude devido aos distúrbios de torques ambientais.

Considere uma única espira plana circunscrita a uma área, A , por onde flui uma corrente, I . Então, o *momento magnético*, \mathbf{m} , é definido por

$$\mathbf{m} = I\mathbf{A}\mathbf{n} \quad (17)$$

onde \mathbf{n} é um versor normal ao plano da espira. O sentido positivo do momento magnético é dado pela regra da mão direita; isto é, o sentido do momento magnético é dado pelo polegar da mão direita quando os dedos da mão direita apontam no sentido da corrente elétrica. Para uma bobina com N espiras, pelo princípio da superposição, tem-se

$$\mathbf{m} = NI\mathbf{A}\mathbf{n} \quad (18)$$

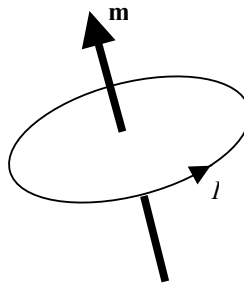


Fig. 47 – Momento magnético devido à corrente na espira.

O *momento dipolo magnético* depende do material que está circunscrito à bobina e é definido por

$$\mathbf{d} = \mu\mathbf{m} \quad (19)$$

onde μ é a permeabilidade do material do núcleo. No sistema internacional de unidades a permeabilidade do espaço livre, μ_0 , tem o valor $4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$. Logo, para uma bobina ou eletromagneto circunscrevendo uma área plana, A , o momento dipolo magnético é dado por

$$\mathbf{d} = \mu(NI)\mathbf{A}\mathbf{n} \quad (20)$$

Assim, o exame da Eq. 20 mostra que para gerar um dado requisito de momento, devem ser selecionados adequadamente parâmetros tais como: material do núcleo, μ ; configuração da bobina, N e A ; e nível de corrente, I . A seleção é ditada pelos requisitos de missão e são influenciadas por considerações tais como peso, consumo de potência, e

volume. A escolha do material do núcleo é o parâmetro de projeto o mais importante. Os materiais ferromagnéticos, tais como Permalloy (78% de níquel, 22% de ferro), e Permendur (50% de cobalto, 50% de ferro) têm permeabilidades muito elevadas e, quando usados como materiais do núcleo, conduzem-nos a uma redução substancial no consumo de potência assim como no volume. Entretanto, os materiais ferromagnéticos têm curvas de magnetização que saturam em valores relativamente baixos de intensidade de campo magnético aplicado e exibem não-linearidade e histerese. Além disso, em materiais ferromagnéticos, a permeabilidade é uma função do valor da intensidade de campo magnético (veja, por exemplo, Jackson, 1965). Conseqüentemente, com núcleos ferromagnéticos, é difícil prever exatamente o momento dipolo magnético e, por isso, não são usados com muita frequência. As bobinas magnéticas na maioria dos satélites têm núcleos do "ar".

O material do elemento que carrega a corrente é escolhido com base no peso e na habilidade de dissipar o calor gerado pela corrente sem um impacto adverso nas propriedades elétricas. Para o exemplo, SAS-3 (*Small Astronomy Satellite-3*) usou as bobinas com fio de alumínio no.18 com 1.02 mm de diâmetro. A tabela 12 resume as informações pertinentes a respeito das bobinas magnéticas do eixo de giro que voaram em algumas missões representativas.

A previsão exata dos torques de controle magnéticos requer fornecimento de corrente constante nas bobinas. O controle da corrente é necessário por duas razões: a tensão da fonte pode flutuar consideravelmente ($\pm 30\%$ em torno da nominal para algumas missões), e a resistência do enrolamento muda com temperatura.

A Fig. 48 mostra o sistema eletrônico usado para acionar a bobina do eixo de giro do satélite SAS-3 (Mobley, *et al.*, 1974). A corrente na bobina é controlada em malha fechada detectando a queda de tensão através do resistor de realimentação, R_{fb} . A mudança no sentido da corrente é realizada através de um relé de chaveamento operado remotamente. No SAS-3, a bobina do eixo de giro tinha dupla finalidade: quando a potência da fonte de corrente constante era desligada, a bobina era comutada automaticamente para gerar um pequeno dipolo magnético para neutralizar a deriva de atitude do eixo de giro.

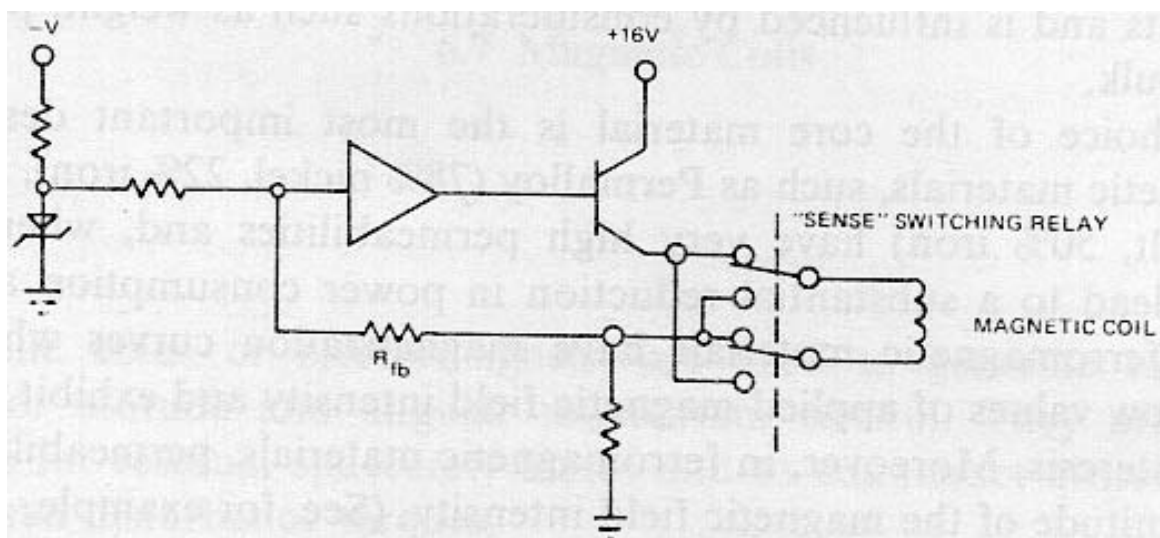


Fig. 48- Fonte de corrente constante usada para controle da bobina magnética no SAS-3.

Tab. 12 - Características de bobinas magnéticas do eixo de giro em missões representativas

Satélite	Momento angular do Satélite (kg.m ² /s)	Máximo Dipolo (W.m)	Máxima Taxa de Precessão num campo de 24 A/m normal ao eixo de giro (°/h)	Observações
SAS-3 (<i>Small Astronomy Satellite-3</i>)	4,465	$6,28 \cdot 10^{-5}$	69,3	260 espiras; Corrente Máx.: 0,6 A; Consumo Máx.: 10 W.
OSO-8 (<i>Orbiting Solar Observatory-8</i>)	342,6	$5,33 \cdot 10^{-5}$	0,75	360 espiras; Corrente Máx.: 0,075 A.
AE-3 (<i>Atmosphere Explorer-3</i>)	127,7	$2,94 \cdot 10^{-4}$	11,3	Duas bobinas, cada uma com 500 espiras; Consumo Máx.: 12 W.