

## **Aula 14: Sensores de posição empregados em determinação, navegação e controle de atitude: Sensores de Estrelas: Descrição do *hardware* para sensores de estrelas.**

---

### **Sensores de Estrelas**

Sensores de estrelas medem as coordenadas de estrelas no sistema fixo no satélite e fornecem a atitude quando estas coordenadas observadas são comparadas com direções conhecidas de estrelas, obtidas de um catálogo de estrelas. Geralmente, os sensores estelares são os sensores de atitude mais precisos, atingindo precisão da ordem de segundos de arco. Entretanto, essa capacidade impressionante é obtida a um custo considerável. Os sensores de estrelas são pesados, caros e requerem mais potência que a maioria dos outros sensores de atitude. Além disso, os requisitos de *software* são extensos porque as medidas devem ser processadas e identificadas antes que as atitudes sejam calculadas. Os sensores de estrelas também padecem da ocultação e interferência do Sol, Terra e outras fontes brilhantes. A despeito dessas desvantagens, a precisão e versatilidade dos sensores de estrelas têm levado a aplicações numa variedade de diferentes ambientes de atitudes. Estas aulas apresentam uma descrição da operação e construção de sensores de estrelas e, uma descrição detalhada de dois sensores representativos: O varredor de estrelas de fenda em V (*V slit Star Scanner*) usado na missão OSO-8 e o Rastreador de Estrelas de Cabeça Fixa (*Fixed Head Star Tracker*) usado e/ou planejado para as missões SAS-3, HEAO-1, HEAO-C e MAGSAT.

#### **Descrição do *hardware* para sensores de estrelas**

Dispositivos sensores e rastreadores de estrelas podem ser divididos em três grandes classes:

- varredores de estrelas (*star scanners*), que utilizam da rotação do satélite para funções de busca e sensoriamento;
- rastreadores de estrelas com estruturas móveis (*gimbaled star trackers*), que buscam e capturam estrelas através de uma ação mecânica e
- rastreadores de estrelas de cabeça fixa (*fixed head star trackers*), que possuem capacidades de busca e rastreamento eletrônicos sobre um campo de visada limitado.

Os sensores de cada uma dessas classes consistem dos seguintes componentes, como está ilustrado na Fig. 37 para um varredor de fenda em V:

- sombreador solar (*Sun shade*);
- um sistema óptico;
- um dispositivo de definição de imagem que define a região do campo de visada que é visível para o detector;
- o detector e
- uma eletrônica associada.

Adicionalmente, os sensores com estruturas móveis possuem tais estruturas com vistas a posicionamento angular.

A luz espúria é o maior problema dos sensores de estrelas. Então, um sombreador solar efetivo é crítico para o desempenho do sensor de estrela. Dispositivos para impedir

que a luz do Sol atinja o detector (*baffles*), cuidadosamente projetados, são usados para minimizar a exposição do sistema óptico a luzes refletidas por partículas de poeira, exaustão de jatos e por partes do satélite. Mesmo com sombreadores solares eficientes, os sensores de estrelas geralmente são inoperantes dentro de uma faixa que varia de 30 a 60 graus do Sol.

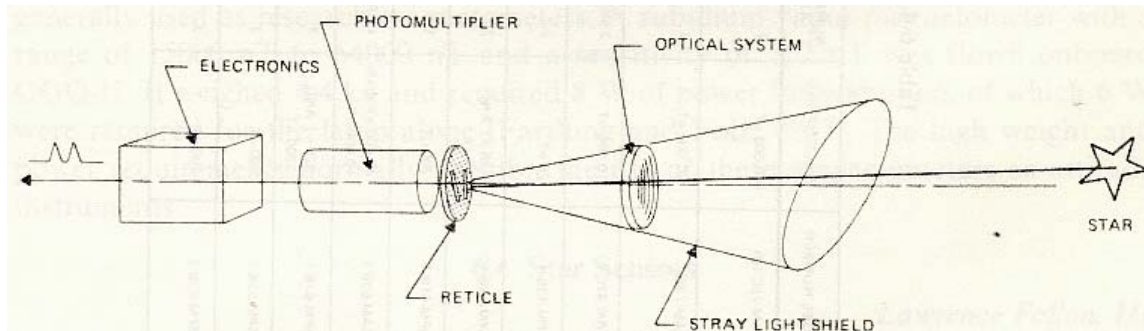


Fig. 37 – Diagrama simplificado de um sensor de fenda em V.

O *sistema óptico* do sensor de estrelas consiste de uma lente que projeta uma imagem do campo estelar sobre o plano focal. O *dispositivo de definição de imagem* seleciona uma porção da imagem do campo estelar, no campo de visada do sensor, que será visível para o detector. Essa porção é conhecida como *campo de visada instantâneo* (IFOV – *instantaneous field of view*). O dispositivo de definição de imagem pode ser um reticulado consistindo de uma (ou mais) fenda transparente gravada sobre uma placa opaca, ou, ainda, um tubo dissecador de imagens onde o IFOV é varrido eletronicamente sobre o FOV. O *detector* transforma o sinal óptico (isto é, toda luz que não é bloqueada pelo dispositivo de definição de imagem) em um sinal elétrico. O detector que é utilizado mais frequentemente é o *fotomultiplicador*. Detectores de estado sólido são também muito empregados, mas eles são mais ruidosos que os fotomultiplicadores. Finalmente, o conjunto de eletrônica filtra o sinal amplificado recebido do fotomultiplicador e executa muitas funções específicas para o sensor de estrelas particular.

*Varredores de estrelas* usados em satélites em rotação são os mais simples de todos os sensores de estrelas porque não tem partes móveis. O dispositivo de definição de imagem empregado nesse tipo de sensor consiste de uma configuração em fenda, tal como o arranjo de fendas em V, mostrado na Fig. 37. A rotação do satélite causa a varredura da esfera celeste pelo sensor. Quando a imagem da estrela, no plano focal, cruza por uma fenda, a estrela é sentida pelo detector. Se o sinal óptico amplificado, transferido do detector para a eletrônica, está acima de um valor de limiar, então um pulso é gerado pela eletrônica significando a presença da estrela. A precisão desse sensor está relacionada com a largura das fendas e é da ordem de 0,5 a 30 minutos de arco, apesar de que existem modelos mais precisos. Os varredores de estrelas tem sido usados com sucesso em muitas missões, incluindo os satélites da série OSO e SAS. A tabela 5 lista as características de vários tipos de varredores de estrelas. O varredor de estrelas da missão OSO-8 é descrito mais adiante.

A interpretação das medidas de varredores de estrelas torna-se incrivelmente difícil se o movimento do satélite desvia-se da condição nominal de giro uniforme de corpo

rígido, sem nutação. Por exemplo, os dados do varredor de estrelas do SAS-3 são úteis apenas nos intervalos de tempo onde a rotação do satélite era constante. A taxa nominal de 1 rpo (aproximadamente  $0,07^\circ/\text{s}$ ) está no limite inferior para a interpretação bem sucedida dos dados do varredor de estrelas. Problemas de ruído e geração de sinais falsos de cruzamento de estrelas são maiores a esta taxa que as taxas de 2 ou 3 rpo. A interpretação dos dados do varredor de estrelas do SAS-3 é virtualmente impossível durante as partes da missão onde a taxa de rotação variou rapidamente.

Tabela 5 – Parâmetros de varredores de estrelas representativos

Sensor	Detector	Configuração	Sensibilidade (magnitude visual)	FOV ( $^\circ$ )	Precisão calibrada ( $1\sigma$ )	Referência
Lab. De Física Aplicada Sensor de estrelas para SAS-1, 2 e 3	Fotomultiplicador	N	Mais brilhante que +4	5 por 10	$\pm 1$ minuto de arco	Fountain, 1972
Ball Brothers Research Corp. CS-103 Varredor de estrelas para OSO-8	Fotomultiplicador	V	-3,5 a -2,0	5 por 10	$\pm 0,1^0$	Wetmore <i>et al.</i> , 1974 RCA, 1975
Ball Brothers Research Corp. CS-201 Varredor de estrelas para OSO-8	Estado sólido (silício)	V	+1,4 a -1,4	Cada fenda 25,0 por 0,41	$\pm 0,5^0$	-
Honeywell Spars Sensor de estrelas	Estado sólido (silício)	6 fendas	Mais brilhante que +3,15	8,8 comp.	$\pm 2$ segundo de arco	Scott e Carool, 1969
Honeywell Block 5D/DSMP Strapdown Varredor de estrelas	Estado sólido (silício)	6 fendas	Mais brilhante que +3,7	10,0 comp.	$\pm 2$ segundo de arco	-