

## Aula 15: Sensores de posição empregados em determinação, navegação e controle de atitude: Sensores de Estrelas: Descrição do *hardware* para sensores de estrelas (cont.).

### Descrição do *hardware* para sensores de estrelas (cont.)

Os *rastreadores com estruturas móveis*, ilustrado na Fig. 38, são preferencialmente utilizados quando o satélite deve operar numa variedade de atitudes. Esse tipo de rastreador tem um campo óptico de visada muito pequeno (usualmente menor que 1 grau). Entretanto, o movimento das estruturas possibilita ao sensor um campo de visada efetivo muito maior. Por exemplo, os rastreadores de estrelas de alinhamento grosseiro das missões OAO possuíam tais estruturas para poder cobrir uma área com um ângulo de meio cone de  $43^\circ$  (NASA, 1970). Os rastreadores com estruturas móveis normalmente operam com um número relativamente pequeno de estrelas alvos (p.e., 38 para os rastreadores da OAO).

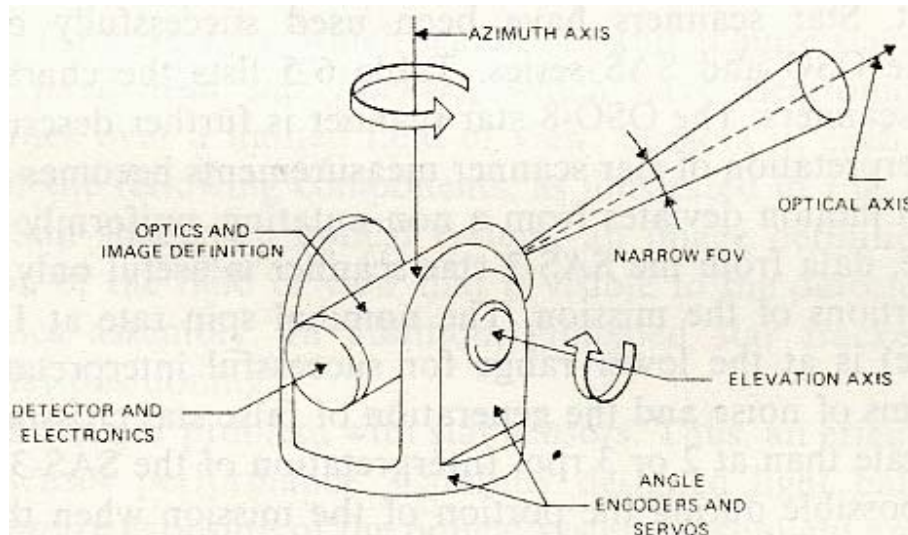


Fig. 38 – Rastreador de Estrela com Estruturas Móveis.

Diferentes tipos de dispositivos de definição de imagem são utilizados em rastreadores com estruturas móveis com o objetivo de determinar a posição da estrela em relação a posição central, ou *null*, do pequeno FOV. As estruturas se movem no intuito de manter a imagem da estrela centrada no pequeno FOV. A posição da estrela é dada, então, pelas posições angulares das estruturas. Alguns dispositivos de definição de imagem empregam uma varredura óptica ou eletrônica do pequeno FOV para obter informações sobre a posição da estrela. Por exemplo, um tubo dissecador de imagem de pequeno FOV pode executar essa função. Outro tipo de dispositivo de varredura é um sistema óptico consistindo de um prisma e uma fenda. Um prisma óptico rotativo gera uma refração da imagem da estrela que passa por uma fenda no formato de um L. À medida que o prisma rotaciona, a imagem da estrela segue uma trajetória circular sobre a fenda. O prisma óptico é projetado de tal maneira que o raio do círculo cresce se a imagem da estrela diverge da posição nula. A eletrônica determina a posição da estrela com relação à posição nula

comparando a diferença de tempo entre cruzamentos pela fenda e pela fase da rotação do prisma.

Um tipo de rastreador com estruturas móveis não usa nenhum dispositivo de definição de imagem mas, ao invés disso, reflete uma imagem desfocada da estrela sobre quatro fotomultiplicadores dispostos numa matriz quadrada. A posição da estrela é determinada comparando os sinais de saída dos quatro fotomultiplicadores. Esse sistema tem a vantagem da simplicidade. Entretanto, ele padece de desvantagens: variações de temperatura e alterações de características dos fotomultiplicadores devido ao envelhecimento podem introduzir desvios sistemáticos; a não uniformidade de luzes de fundo ou a presença de uma segunda estrela no pequeno FOV causam sérios erros.

Os erros na determinação da posição da estrela com relação à posição nula e os erros na determinação dos ângulos das estruturas afetam a precisão total dos rastreadores com estruturas móveis. A precisão típica varia de 1 a 60 segundos de arco, excluindo o desalinhamento do rastreador. A maior desvantagem dos rastreadores com estruturas móveis é que a ação mecânica das estruturas reduz a confiabilidade a longo prazo. Além disso, freqüentemente a montagem das estruturas é grande e pesada.

Em satélites que mantêm uma direção fixa inercialmente é comum o emprego de rastreadores de estrelas com estruturas móveis que têm uma única estrela como alvo. A posição de Polaris e Canopus perto dos pólos norte celeste e sul da eclíptica<sup>1</sup>, respectivamente, fazem com que estas estrelas sejam particularmente úteis. A localização de Canopus faz com que ela seja especialmente útil como uma direção de referência para determinar a rotação em torno da linha do Sol. Um sistema de referência de atitude baseado nas posições do Sol e de Canopus foi usado nas missões Mariner, Surveyer e Lunar Orbiter (NASA, 1970). O rastreador Polaris usado no ATS-6 (Moore e Prenskey, 1974) foi adaptado de um rastreador Canopus. Uma desvantagem séria de rastreadores que utilizam uma única estrela alvo é que eles podem, ocasionalmente, rastrear uma estrela errada ou luzes espúrias refletidas por partículas, tais como pedaços da pintura do satélite.

*Rastreadores de estrelas de cabeça fixa* usam uma varredura eletrônica para vasculhar seus campos de visada e capturar estrelas. São geralmente menores e mais leves que os rastreadores com estruturas móveis e não tem partes móveis. O dispositivo de definição de imagem usado pelos rastreadores de estrelas de cabeça fixa é, geralmente, um dissecador de imagens, vidicons têm sido bastante utilizados e, recentemente, os dispositivos de carga acoplada (CCD – *charge coupled devices*) se mostraram muito promissores e começaram a predominar. Um rastreador de estrelas com dispositivo de carga acoplada é essencialmente um sistema óptico combinado com uma cadeia de elementos fotosensíveis, que podem ser varridos digitalmente, cujas saídas alimentam um microprocessador. Tal rastreador opera integrando um padrão de carga correspondendo a imagem do campo da estrela no plano focal do sistema óptico. O padrão é lido serialmente linha a linha por um conversor analógico-digital e então é alimentado num microprocessador. Rastreadores de estrelas incorporando essa tecnologia já foram construídos, por exemplo, pelo JPL – *Jet Propulsion Laboratory* (Salmon e Goss, 1976).

---

<sup>1</sup> O sistema de coordenadas inercial mais comum é o *sistema de coordenadas celeste*. Um dos eixos desse sistema de coordenadas, centrado no satélite e passando pelos pólos celestes sul e norte, é definido como sendo paralelo ao eixo de rotação da Terra. Então, o polo norte celeste está a aproximadamente 1° da brilhante estrela Polaris (estrela polar)