

PROJETO DE UM RADIÔMETRO SOLAR DE EQUIVALÊNCIA ELÉTRICA

C. C. Farias, R. C. S. Freire, G. S. Deep, J. S. R. Neto
DEE - CCT - UFPb - Av. Aprígio Veloso, Nº 882, C.P. Nº 10 004 Campina Grande - Pb.

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho o projeto de um radiômetro solar de equivalência elétrica. Analisa-se a implementação do radiômetro a partir de uma estrutura auto-equilibrada por fonte controlada de corrente. Neste tipo de radiômetro, utiliza-se dois sensores termo-resistivos, um pintado de preto que absorve a radiação e outro de branco para compensar a variação da temperatura ambiente.

INTRODUÇÃO

Os radiômetros de diferença de temperatura (por exemplo, os pirômetros a termopilha), têm sido usado em aplicações onde há necessidade de medições de radiação solar. Estes instrumentos são relativamente estáveis, fáceis de operar e respondem com rapidez adequada as mudanças no fluxo da radiação incidente. Entretanto, eles necessitam de calibrações regulares relativamente complicadas, pois o aumento da temperatura do sensor é função das condições ambientais, da sua geometria e inclinação, além disso, a maioria desses instrumentos é importada e têm custo elevado [1]. Um método de medição mais acurado e reprodutível é o método da equivalência elétrica, onde a energia elétrica produz um aumento na energia interna de um sensor equivalente à absorção da radiação incidente. Neste princípio o sensor não muda sua temperatura por conta das condições ambientais, de sua inclinação ou de sua geometria.

Os sensores utilizados na medição de radiação solar podem ser classificados em sensores térmicos e em sensores fotoelétricos. Nos sensores térmicos a variação da temperatura do sensor é proporcional a absorção da radiação incidente sobre o mesmo. Estes sensores respondem a energia total absorvida, sendo portanto não seletivos a distribuição espectral de energia e apresentam uma resposta temporal lenta, enquanto que, os sensores fotoelétricos são seletivos a distribuição espectral de energia e sua temperatura não varia devido a absorção da radiação incidente, como nos sensores térmicos, todavia, apresentam uma rápida resposta temporal [2].

Deste modo, as características desejadas para um sensor de radiação solar (uma resposta temporal rápida e uma ampla resposta espectral) não são encontradas no mesmo tipo de sensor. Se a variação da temperatura de um sensor térmico, devido a incidência de uma radiação, resultar na variação de uma propriedade física do sensor (por exemplo, resistência elétrica), pode-se converter esta variação em termos de tensão ou corrente elétrica, medindo-se de modo indireto, a radiação incidente no sensor.

RADIÔMETRO SOLAR DE EQUIVALÊNCIA ELÉTRICA

O princípio da equivalência elétrica consiste no ajuste da intensidade de corrente elétrica através do sensor, de acordo com a variação da intensidade da

radiação, objetivando manter a sua temperatura constante e, conseqüentemente, sua resistência elétrica. Em outras palavras, uma variação na potência térmica produzida pela radiação no sensor, é substituída por uma variação igual e de sentido oposto na potência elétrica dissipada no mesmo, de modo a manter a sua temperatura constante. Medindo-se a variação da corrente elétrica através do sensor, pode-se determinar a variação de sua potência elétrica dissipada por efeito Joule e, conseqüentemente, a intensidade da radiação incidente sobre o mesmo.

A variação da resistência elétrica do sensor termo-resistivo em função da temperatura ambiente é indesejável, entretanto, pode utilizar dois sensores, um pintado de preto (para absorver a radiação) e o outro de branco (que, teoricamente reflete toda radiação incidente) para compensar essa variação.

Na Figura 1 apresenta-se uma configuração de um radiômetro de equivalência elétrica, onde uma fonte de corrente controlada por tensão é usada para manter a temperatura do sensor constante. Uma característica importante do sensor termo-resistivo é a sua constante de tempo térmica, pois o tempo de resposta do radiômetro depende dessa constante. Ela foi determinada experimentalmente por diversos métodos, ficando em torno de 15 s [3]. Quando o sensor é colocado numa configuração com realimentação negativa, essa constante de tempo é reduzida pelo ganho de malha fechada, ficando em torno de 600 ms [4]. Esses sensores devem ser geométrica e termicamente idênticos e devem estar no mesmo ambiente térmico, para que as variações de suas resistências elétrica devida a temperatura ambiente seja a mesma.

A temperatura do sensor é função da corrente elétrica que o atravessa, da radiação incidente e da temperatura ambiente. Quando a temperatura ambiente ou a radiação varia, há uma tendência de variação da tensão sobre o sensor, variando a tensão de saída do amplificador, que controla o valor da corrente através do sensor de modo a manter a tensão entre seus terminais constante e igual a V_{ref} .

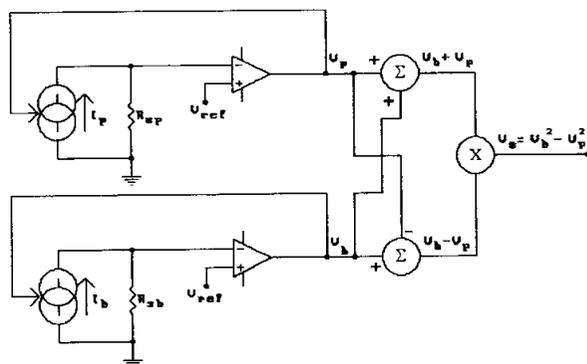


Figura 1.- Diagrama de um radiômetro de equivalência elétrica.

Na situação de regime permanente, a temperatura do sensor e a potência térmica dissipada por efeito Joule, devem ser constantes, desse modo pode-se escrever que:

$$P_i = P_{ci} + P_{ti} + P_{hi} \quad (1)$$

onde: $i = b, p$; e os índices b e p referem-se ao sensor pintado de branco e ao sensor pintado de preto, respectivamente. P_i é a potência total dissipada no sensor e P_{ci} , P_{ti} e P_{hi} são as potências no sensor devidas a corrente elétrica que o atravessa, a temperatura ambiente e a intensidade da radiação, respectivamente.

Substituindo-se P_{ci} por $R_s I_i^2$ e P_{hi} por αAH , onde α é o coeficiente de absorção de radiação do sensor, H é a intensidade da radiação incidente e A é a superfície do sensor exposta a radiação, tem-se:

$$P_i = R_s I_i^2 + P_{ti} + \alpha_p AH \quad (2)$$

Se, com radiação nula, faz-se com que a tensão de saída do amplificador da estrutura que contém o sensor preto V_p seja igual a tensão V_b do amplificador que contém o sensor branco, então $P_p = P_b$. Como P_{tb} e P_{tp} são iguais pois os sensores são geométrica e termicamente idênticos, e estão no mesmo ambiente térmico, então:

$$R_s I_b^2 + \alpha_b AH = R_s I_p^2 + \alpha_p AH \quad (3)$$

Rearranjando os termos, tem-se:

$$H = \frac{(V_b - V_p)(V_b + V_p)kR_s}{(\alpha_p - \alpha_b)A} \quad (4)$$

Onde, $I_i = kV_i$, é a corrente elétrica através do sensor, e k é igual para as duas estruturas. Como k , A , α_b , α_p e R_s são constantes, então a intensidade da radiação incidente H , pode ser medida pela estrutura apresentada na Figura 1.

CONCLUSÕES

Apresentou-se, de modo simples e eficaz o projeto de um radiômetro de equivalência elétrica, utilizando sensores termo-resistivos para a monitoração da intensidade da radiação solar. Os resultados obtidos tem sido satisfatórios. Outras estruturas encontram-se em fase de teste e os resultados serão oportunamente relatados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Palz; W. (1981); **“Energia Solar e Fontes Alternativas”**, Editora Hermus, São Paulo, SP.
- [2] Lobo; P. C. **“An Electrically Compensated Radiometer”**. Solar Energy, Vol 36. Nº 03, pp 207-216, 1986.
- [3] Rocha Neto; J.S. et alli **“Characterization of Dynamic Response of Thermo-Resistive Sensors”**, IMTC'92 - IEEE Inst. and Meas. Tech. Conf. 1992 - New York - U.S.A. - pp 121-125.
- [4] Rocha Neto, J.S.; **“Caracterização de Sensores Termo-resistivos”**, Tese de Doutorado, COPELE - CCT - UFPB, Novembro de 1994.