

SISTEMA PARA DOSIMETRIA DE FEIXE DE ELÉTRONS NA IRRADIAÇÃO DE EFLUENTES EM MODO CONTÍNUO

Fábio Eduardo da Costa
Paulo Roberto Rela

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
TEA - Supervisão de Aplicações
Travessa R, 400 Cidade Universitária São Paulo SP
Tel: (011)816-9277 Fax: (011)816-9186

RESUMO

Para o controle e aquisição de dados da Planta Piloto de Tratamento de Efluentes Industriais com Feixe de Elétrons, instalada no IPEN, fez-se necessário o desenvolvimento de um sistema dosimétrico utilizando um calorímetro com leitura contínua e em tempo real.

I. INTRODUÇÃO

Aceleradores de elétrons de alta energia têm sido usados em numerosas aplicações; esta tecnologia aplicada ao tratamento de efluentes industriais mostrou-se vantajosa em muitos aspectos. O IPEN, através de sua Planta Piloto de Tratamento de Efluentes Industriais com Feixe de Elétrons, tem obtido resultados promissores neste setor. A busca de um maior controle dos parâmetros, que influenciam na dose absorvida pelo efluente, levou à necessidade de se obter respostas mais rápidas e confiáveis do conjunto dosimétrico.

O sistema dosimétrico desenvolvido, um calorímetro, tem como princípio, que a deposição de energia em um meio eleva a temperatura deste; desta forma podemos associar com alguma eficiência uma relação da temperatura com a dose absorvida. Amplamente utilizados, os calorímetros se utilizam desta propriedade e, dentro de certos limites, apresentam bons resultados.

O calorímetro utilizado é similar ao descrito na literatura [1], com as alterações predominantes nos elementos sensores de temperatura, que foram substituídos por circuitos integrados dedicados à medida de temperatura e do sistema de entrega de dados, que na sua forma mais simples pode utilizar um multímetro digital de uso comum para se efetuar a medida da dose.

A determinação da dose absorvida na água que circula no sistema vale-se do princípio de que a radiação deposita uma quantidade de energia na água, elevando a temperatura desta.

Sabe-se que para elevar a temperatura de um grama de água de 1 °C devemos depositar uma energia de

4,18 J. Isto corresponde em termos de dose absorvida na água a 4,18 kGy [2].

II. CIRCUITO ELETRÔNICO

Para medida da diferença de temperatura utilizou-se um sensor de temperatura da água antes desta entrar na caixa de irradiação e logo após esta.

Os circuitos integrados sensores de temperatura em substituição aos termistores normalmente utilizados, enviam suas informações a um circuito eletrônico subtrator, que evitando as conversões feitas por circuitos analógicos digitais realiza uma única transformação deste tipo, minimizando desta forma o erro do conversor analógico digital disponível que tinha um número de bits insuficiente para a precisão desejada.

A medida da diferença de temperatura está centrada em um circuito integrado transdutor de temperatura em corrente elétrica, eletronicamente linearizado com precisão garantida pelo fabricante que assegura que cada componente foi ajustado individualmente a laser. O circuito integrado é o AD590J da INTERSIL/GE [3] que através de um circuito externo de linearização limita a um máximo de 0,05 °C de não linearidade na curva de tensão x temperatura para uma variação máxima da temperatura de 25 °C.

O esquema elétrico, com exceção da fonte simétrica de + 5 V e - 5 V está representado na Figura 1, onde pode-se ver a disposição dos sensores de temperatura de entrada e saída. A saída do circuito pode ser levada a

um multímetro digital onde a título de exemplo, uma leitura de 41,8 mV representa o equivalente em dose absorvida de 4,18 kGy.

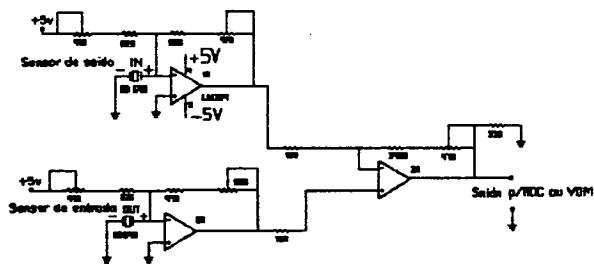


Figura 1:
Esquema elétrico do calorímetro.

Os resistores ajustáveis no circuito de entrada de cada sensor tem por objetivo uma melhor linearização no intervalo de temperaturas utilizado. O procedimento é plenamente descrito no manual do fabricante [3], e um intervalo de linearização de 25 °C foi mais que suficiente.

Esta escolha levou em conta a variação máxima de temperatura ambiente, bem como a variação introduzida por ocasião da irradiação. O intervalo foi escolhido o mais estreito possível para obter-se uma maior precisão. Logo após o circuito de linearização efetua-se a subtração para obter-se a diferença de temperatura e sua multiplicação por um fator de 4,18, ajustado através de um multímetro digital Keithley 617. Após o circuito multiplicador, que a menos da potência de dez pode ser medido diretamente por um multímetro na escala de volts indicando o valor da dose absorvida.

Convém salientar que a utilização de um amplificador operacional neste arranjo permitiu uma baixa impedância de saída ao circuito e, conseqüente, melhor imunidade a ruídos na transmissão de informações para a sala de controle onde estão os circuitos para leitura. A Figura 2 mostra a montagem dos dois sensores de temperatura com sistema de engate apropriado para o posicionamento transversal ao fluxo de água, tanto na entrada como na saída da caixa de irradiação.

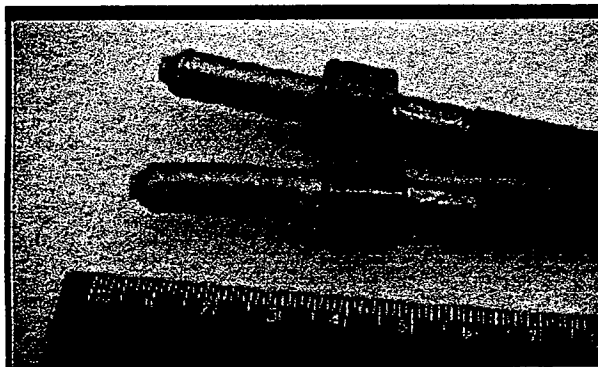


Figura 2. Sensores de temperatura montados em seus conjuntos de fixação para facilidade de manuseio e colocação.

A multiplicação não levou em conta o fator de potência de dez para minimização dos erros. No arranjo utilizado em no sistema, o valor entregue pelo circuito é levado a um conversor analógico digital de 12 bits, modelo CAD 12/32 da Lynx Tecnologia Eletrônica. Para o controle do processo de irradiação, bem como do fluxo de água e de suas flutuações, foi desenvolvido um software que permite a visualização na tela em tempo real, do valor da dose absorvida e da vazão do efluente durante o processamento. É interessante salientar que uma flutuação observada em torno de 0,2 kGy na medida lida no computador é predominantemente devida a incerteza provocada pela placa de 12 bits; esta instabilidade é uma ordem de grandeza menor quando esta medida é feita no multímetro Keithley. Esta precisão é assegurada pelo conversor interno deste multímetro de 12 bits em BCD, possibilitando um resultado mais preciso e demonstrando a estabilidade de nosso circuito.

Uma aferição com um padrão de temperatura com precisão na escala de centésimos de °C mostrou que, comparativamente, a não linearidade na conversão dos valores temperatura em função da tensão foi inferior a 5%.

III. RESULTADOS

O circuito desenvolvido comportou-se muito bem, apresentando respostas imediatas à variações no fluxo do líquido ou da corrente do acelerador de elétrons. Para facilidade operacional, o software incorporou um conjunto de medidas que permitem a compensação de eventuais diferenças de temperatura (estabelecimento do ponto zero) entre os valores medidos na entrada e na saída da caixa de irradiação, quando esta não está sujeita a bombardeio do feixe de elétrons. Este recurso possibilita que esta operação seja feita na sala de controle, evitando a necessidade de interferir no circuito, que é mantido junto a caixa de irradiação no interior da blindagem radiológica do acelerador de elétrons. Isto acabou sendo muito útil, pois observou-se que com o passar do tempo, este ponto de equilíbrio vai se alterando devido ao dano de irradiação provocado no detector de temperatura localizado junto a saída de efluente do dispositivo de irradiação.

Este desequilíbrio se apresenta como se a temperatura de saída estivesse menor que a de entrada, o que é uma situação impossível, que pode ser explicada pela interação da radiação em um material semiconductor diminuindo sua resistência elétrica. O mesmo fato também foi observado no material utilizado nos termistores, o que explicou as constantes correções realizadas na dosimetria do sistema de irradiação [4] quando este utilizava este tipo de sensor de temperatura. É interessante salientar que estes sensores possuem encapsulamento em aço inox o que permite sua utilização em meios químicos diversos; e a configuração elétrica destes circuitos integrados da forma como foram projetados mostraram que o conjunto se mantém com uma boa linearidade, mesmo depois de se verificar que o ponto de equilíbrio entre os dois sensores foi alterado.

Isto é devido ao elemento central do integrado, um Transistor de Efeito de Campo, que é basicamente o sensor de temperatura, que sofre alterações em seus parâmetros, verificada apenas no sensor de saída, que provoca o desequilíbrio entre a temperatura de entrada e de saída. Desta forma, para assegurar uma boa qualidade da medida de dose, em todo o início dos trabalhos, a água é posta a circular sem incidência de radiação e o software é solicitado para realizar a correção do ponto de diferença nula de temperaturas entre a entrada e a saída.

IV.CONCLUSÃO

Estes sensores, bem como todo o circuito, respondem de maneira muito rápida a qualquer variação nos parâmetros de irradiação, como fluxo de água e corrente do acelerador. Como um circuito linearizado na conversão temperatura em corrente, evitou o processamento matemático de ajustes, bem como tempo de processamento. O custo do componente, cerca de 5 a 10 vezes de um termistor, compensou plenamente pela simplicidade do circuito eletrônico do conjunto.

A linearidade do componente dentro de certos limites de irradiação, mostraram outra superioridade em relação a termistores, que necessitam nova curva de calibração para poderem ser reutilizados. Seria interessante dotar as proximidades do elemento sensor de temperatura de saída de água, de barreiras contra radiação para evitar a troca antecipada deste componente, pois haverá um limite para a correção do ponto de equilíbrio entre os detetores onde a partir daí o sensor de temperatura de saída estará perdido.

REFERÊNCIAS

- [1] W.L. McLaughlin et alli, *Dosimetry for Radiation Processing*, Teylor & Francis Lundun, 1985.
- [2] Thomaz Bitelli, *Dosimetria e Higiene das Radiações*, Editora Grêmio Politécnico, 1982.
- [3] Intersil-GE, *Component Data Catalog*, 1987.
- [4] Sampa, M.H.O. et alli, *The use of electron beam accelerator for the treatment of drinking water and chemistry*, vol. 46 n° 4-6 pp 1143-1146, 1995.

ABSTRACT

For the control and data acquisition of Pilot Plant Treatment of Industrial Effluent with Electron Beam at IPEN, a dosimetric system using a calorimeter with continuous reading and real time was developed.