

## **Estudo de caso de interferência eletromagnética em sistema de medição de temperatura**

### **Case study on electromagnetic interference in temperature measurement system**

**Fernandes LG, Tatizawa H, Bottaro M, Viana V**

Universidade de São Paulo - Instituto de Energia e Ambiente

E-mail: lgustavo@iee.usp.br; hedio@iee.usp.br marcio@iee.usp.br, vlamir@iee.usp.br

**Resumo:** Este trabalho descreve um estudo de caso real de interferência eletromagnética causada por um inversor de frequências a um sistema de medição de temperatura composto por termopar, módulo para termopar e multímetro.

**Palavras-chave:** EMC, interferência eletromagnética, termopar, campo elétrico.

**Abstract:** This paper describes a real case of electromagnetic interference caused by a frequency inverter on a temperature measurement system which consists of thermocouple, thermocouple module and multimeter

**Keywords:** EMC, electromagnetic interference, thermocouple, electric field.

## **1. INTRODUÇÃO**

Interferência eletromagnética é o fenômeno que causa a degradação da performance de um sistema, componente, equipamento ou produto eletro-eletrônico. A compatibilidade eletromagnética é a área da engenharia elétrica que visa analisar, corrigir, limitar e prevenir a interferência entre sistemas e/ou componentes deste.

Em ensaios de elevação de temperatura a temperatura do equipamento sob ensaio é monitorada ao longo do tempo e seu valor é avaliado sob critérios normativos a fim de que seja alcançada a estabilidade térmica, na prática são ensaios extensos com algumas horas de duração.

Este estudo de caso envolve um ensaio de elevação onde verificou-se que o valor de

temperatura mensurado era aproximadamente 35 °C maior do que o esperado, embora o equipamento sob ensaio não apresentasse fisicamente indícios de temperatura tão elevada.

A pesquisa das causas desse comportamento converge para um inversor de frequência instalado num laboratório próximo, o qual estaria causando um problema de interferência eletromagnética com a medição de temperatura.

## **2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA**

### **2.1. O modelo de análise adotado**

O modelo básico utilizado em compatibilidade eletromagnética ou EMC, da sigla em inglês, é o de fonte-meio-vítima [1], neste modelo: fonte é a origem da interferência, vítima é aquele que

recebe a interferência e meio descreve como a interferência foi acoplada da fonte para a vítima, neste estudo de caso o inversor é a fonte, o sistema de medição de temperatura é a vítima, porém é necessário descobrir o meio de acoplamento da interferência.

## 2.2. O laboratório vítima

O Laboratório de Máquinas Elétricas do IEE/USP faz parte da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE) e está acreditado, conforme as normas NBR e IEC, para ensaios em transformadores, motores elétricos de indução e nobreaks (UPS). Atualmente, realiza serviços e ensaios em motores elétricos e transformadores de distribuição para o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Um dos ensaios de tipo é o de elevação de temperatura que consiste em avaliar se o equipamento não ultrapassa limites normativos de temperatura mesmo operando sob condições de funcionamento elevadas.

O sistema de medição de temperatura que sofreu a interferência consiste em um multímetro de 6 e ½ dígitos na função de leitura de milivoltímetro em corrente contínua, um termopar do tipo K e um módulo para termopar cuja função é a de amplificar o sinal de tensão de modo que a leitura no multímetro seja direta em graus Celsius, pois um termopar gera algumas dezenas de mV para cada °C, a figura 1 mostra o detalhe desse sistema no momento em que sofria a interferência.

Substituindo o multímetro de bancada por um portátil, utilizando o mesmo conjunto de termopar e módulo e mantendo-se o inversor ligado verificou-se que a interferência, se não desapareceu completamente, ficou numa ordem de grandeza imperceptível, a figura 2 mostra o detalhe dessa medição.



**Figura 1.** Detalhe do resultado errôneo do sistema devido à interferência.



**Figura 2.** Detalhe do resultado correto de um equipamento submetido à interferência, porém imune a ela.

## 2.2. O laboratório interferente

Num espaço próximo ao Laboratório de Máquinas está sendo desenvolvido o Laboratório de Calibração de Anemômetros, cujos componentes são: túnel de vento, sistema de geração de fluxo de ar e padrões de referência para a medição do fluxo.

A fim de permitir o ajuste fino do fluxo de ar gerado pelo sistema foi instalado um motor assíncrono com rotor gaiola de esquilo sendo acionado por inversor de frequência trifásico.

## 2.3. Hipótese de Interferência Conduzida

Uma vez que o multímetro portátil é imune, isto é, não sofre a interferência, tem-se a ideia de que a interferência está sendo conduzida pelos circuitos do laboratório da alimentação do inversor até a alimentação do multímetro de bancada, comprometendo sua função de medição.

Entretanto o multímetro é certificado o que implica que sua compatibilidade eletromagnética foi confirmada por diversos ensaios contidos nas normas IEC da série 61000-4, que verificam a imunidade de equipamentos às interferências eletromagnéticas, sabe-se também que é prática comum em projetos de equipamentos utilizar filtros e proteções contra interferência na entrada de alimentação.

#### 2.4. Hipótese de Interferência Radiada

A interferência varia com a distância da fonte, pois em locais mais próximos ao inversor foram registrados valores até 100 °C maiores e em locais mais distantes valores 20 °C maiores.

Entretanto se é o campo elétrico neste caso que está causando a interferência o multímetro portátil deveria sofrer o mesmo efeito do multímetro de bancada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

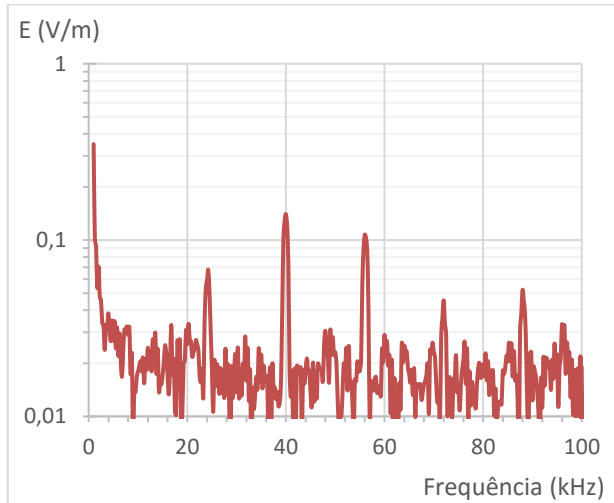
#### 3.1. Campo elétrico em alta frequência

Embora nas proximidades do inversor foram registrados valores de cerca de 1 V/m na faixa de frequência de 3 MHz até 18 GHz, nas imediações do sistema vítima não foram encontrados valores significativos de campo elétrico nesta faixa de frequência.

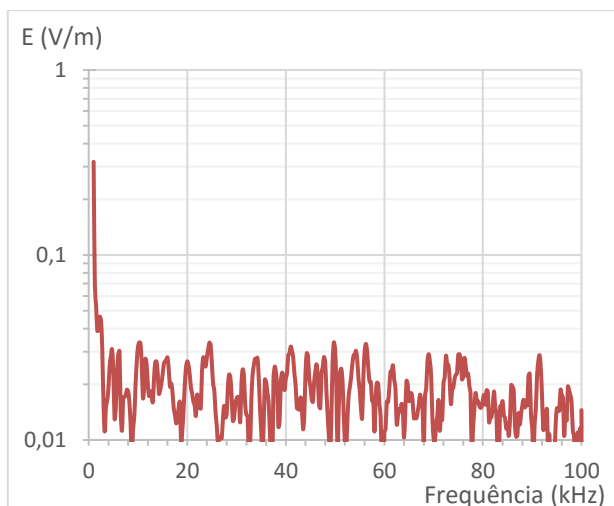
#### 3.2. Campo elétrico de baixa frequência

Foram registrados os valores de campo elétrico na faixa de frequência de 0 a 100 kHz, na área próxima ao sistema vítima com o inversor operando (figura 3) e após o seu desligamento (figura 4).

Nota-se o aumento dos níveis de campo elétrico com o inversor funcionando, especificamente as frequências que mais são acentuadas são 24, 40, 56, 72 e 88 kHz todas múltiplas de 8 kHz e respectivamente 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup> e 11<sup>a</sup> harmônicas, sendo 8 kHz uma frequência típica de chaveamento na operação de inversores.



**Figura 3.** Campo elétrico com o inversor em operação.



**Figura 4.** Campo elétrico com o inversor desligado.

#### 3.3. Discussão dos resultados encontrados

A hipótese de interferência radiada ganha uma evidência a seu favor uma vez que o campo elétrico medido tem, em uma única frequência, como 40 kHz, por exemplo, amplitude de 140 mV/m (figura 3) e devido ao ganho do módulo de termopar um aumento de 1 mV em sua entrada causa um aumento de 25 mV em sua saída, que

neste sistema de medição de temperatura representam 25 °C.

Um motivo possível para o multímetro portátil não apresentar erro devido a interferência seja sua banda de medição limitada, isto é, seus circuitos de medição não conseguem medir frequências elevadas como 88 kHz. Por outro lado, isto não ocorre para o multímetro de bancada que possui banda de medição até 500 kHz.

#### **4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS**

Pôde ser verificado neste trabalho a importância de caracterizar o ambiente eletromagnético de um sistema e/ou instalação elétrica tanto antes quanto depois da sua ampliação ou instalação de novos equipamentos.

Mesmo utilizando nos ensaios em equipamentos, instrumentos calibrados, e adotando-se os melhores métodos de ensaio previstos nas normas pertinentes, há possibilidade de incorrer em erros decorrentes de problemas de EMC, conforme foi demonstrado neste artigo.

Devido ao alto usos dos inversores de frequência em processos industriais um cuidado especial deve ser tomado quando de sua instalação a fim de que a interferência causada por este seja a menor possível.

Em futuras avaliações pode ser levantado o espectro na faixa de frequência de 100 kHz até 3 MHz, por exemplo, através de antena para verificar a interferência radiada ou transformador de corrente de RF para verificar a interferência conduzida.

#### **5. REFERÊNCIAS**

- [1] Clayton R P 2006 *Introduction to Electromagnetic Compatibility* 3-10
- [2] Chakraborty D P, Brezovich I 1980 *Electronics Letters* **16** 853-4

- [3] Voon S M, Kong J E, Gobi R 2003 *Proceedings. National Power Engineering Conference* 76-82