

MÓDULO ANALISADOR DE SEGURANÇA ELÉTRICA

M. A. G. Pereira¹ e M. Bottaro²

RESUMO -- Os equipamentos eletro-eletrônicos utilizados na medicina, por estarem diretamente associados à segurança ou à vida de seus usuários, têm sido, nos países desenvolvidos, objeto de estritas exigências de segurança e garantia de qualidade por meio de certificação de conformidade, ou seja, atestar através de um selo ou marca se um equipamento encontra-se em conformidade com as prescrições de uma Norma específica ou conjunto de Normas. O foco principal deste trabalho foi o de estudar e consolidar procedimentos para ensaios de segurança elétrica aplicados à equipamentos eletro-eletrônicos utilizados na medicina, com ênfase para os equipamentos de raios-X, contidos nas Normas NBR IEC 601-1, "Equipamento eletromédico - Parte 1 - Prescrições gerais de segurança", e Norma Internacional IEC 601-2-7, "Electrical medical equipment - Part 2 - Particular requirements for the safety of high-voltage generators of diagnostic X-Ray generators", a partir do desenvolvimento de um Módulo Analisador de Segurança Elétrica (MASE). Este módulo é totalmente controlado por um microcomputador da linha PC-AT, equipado com conversores A/D de 16 e 8 bits para aquisição de dados e um circuito de controle de potência para a realização dos devidos chaveamentos das configurações de ensaio prescritas nas Normas, o que garante a realização dos ensaios com grande velocidade, confiabilidade e reprodutibilidade. Estas características ficaram evidentes com os ensaios de calibração para certificação do sistema de aquisição de dados, onde foram verificadas a exatidão e confiabilidade do sistema de medida, e de simulação dos ensaios gerais prescritos pelas Normas, o que garantiu a reprodutibilidade e qualidade dos resultados dos ensaios.

Palavras-chave: Normas, Segurança Elétrica, Ensaios, Radiologia

INTRODUÇÃO

Uma pesquisa efetuada no ambiente médico-hospitalar brasileiro, através de consultas realizadas com pessoal da área médica, mostrou que a situação é precária e revelou que grande número de profissionais que atuam em hospitais desconhece a existência e a necessidade de certificados de conformidade. Fabricantes nacionais de equipamentos eletromédicos precisam assegurar para seus produtos um nível de qualidade e segurança elétrica compatível com os equipamentos importados para manter e expandir o mercado interno e também exportar seus produtos dentro de padrões aceitos internacionalmente.

¹ Engenheiro, Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo, Av. Luciano Gualberto, 1289 Cidade Universitária, São Paulo, SP, E-mail: marschal@usp.iee.br

² Tecnólogo, Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo

Através de um esforço conjunto, objetivando a melhoria deste panorama, várias entidades atuantes na área de Saúde desenvolveram o PROEQUIPO (Programa de Equipamentos Odonto Médico Hospitalares), publicado pelo Ministério da Saúde em 1990, que tem como objetivo contribuir para que o Sistema de Saúde disponha, em todos os níveis, de condições seguras e confiáveis, principalmente no tocante à equipamentos eletromédicos. Espera-se, até o final de 1996, através da portaria conjunta número 1 de 17/05/93, que institui o registro e disciplina a informação sobre produtos na área de Saúde, a regulamentação do governo para fabricação e comercialização dos equipamentos Odonto Médico Hospitalares produzidos no país esteja completa.

A Seção Técnica de Ensaios de Equipamentos Eletromédicos (STAMH - LS) do IEE/USP recebeu credenciamento do INMETRO em 01/11/95 tornando-se o primeiro Laboratório no país habilitado para realização de todos os ensaios em equipamentos Odonto Médico Hospitalares previstos na NBR IEC 601-1 (BRASIL/ABNT, 1994), "Equipamento eletromédico - Parte 1 - Prescrições gerais de segurança", pela Portaria Ministerial da Saúde número. 2663 de 22/12/95.

A NBR IEC 601-1 é uma tradução fiel da Norma Internacional IEC 601-1 (IEC, 1988) "Medical electrical equipment - Part 1 - General requirements for safety", que está hoje publicada em 12 línguas diferentes, fazendo parte integrante da normalização nacional de vários países. O objetivo desta norma é estabelecer prescrições gerais para segurança de equipamentos eletromédicos e servir de base para prescrições de normas particulares.

Este trabalho fundamenta-se no ensaio de equipamentos de raios-X segundo a NBR IEC 601-1 e a Norma Internacional IEC 601-2-7, "Electrical medical equipment - Part 2 - Particular requirements for the safety of high-voltage generators of diagnostic X-Ray generators". A IEC 601-2-7 trabalha dentro dos mesmos tópicos de ensaios de segurança da NBR IEC 601-1, porém com outra abordagem em relação aos procedimentos destes ensaios, impondo exigências quanto a modificações e complementos, que prevalecem sobre as exigências da Norma Geral. Desta forma, um item apresentado pela Norma Geral, deve ser modificado ou complementado, segundo a Norma Particular.

Durante este trabalho objetivou-se o estudo dessas Normas, de forma a gerar procedimentos e implementação de ensaios de segurança para equipamentos de raios-X. A idéia principal do trabalho foi realizar o projeto de um Módulo Analisador de Segurança Elétrica (MASE) para aparelhos de raios-X, abordando dessa forma, uma gama de ensaios dentro do aspecto de segurança elétrica, que trazem um conhecimento das partes e modos de operação dos equipamentos de raios-X.

O MASE consiste em um sistema de comunicação para microcomputadores da linha PC-AT. Este sistema controla o chaveamento dos vários circuitos de medição para ensaios de Correntes de Fuga e Resistência de Aterramento, adquirindo os dados diretamente no microcomputador, o que torna sua operação simples e de grande precisão, aliada a sua versatilidade para expansões e programação. O MASE abrange a totalidade de ensaios de Correntes de Fuga exigidos pela IEC 601-2-7, e atende às faixas de potência utilizadas em equipamentos de raios-X de pequeno e grande porte, podendo ensaiar equipamentos trifásicos e monofásicos com potência de entrada de até 10 kVA.

ENSAIOS DE SEGURANÇA

Correntes de Fuga

O ensaio de Correntes de Fuga é aplicado para verificação da isolamento elétrica de um aparelho que provê proteção contra choque elétrico, de forma a avaliar se as correntes que atravessam esta proteção estão limitadas aos valores especificados na NBR IEC 601-1.

O aparelho deve ser ensaiado nas seguintes condições:

- temperatura normal de operação;
- frequência máxima de rede declar
- da mais alta alimentação de rede declarada;
- estado de prontidão da máquina - energizada, pronta para qualquer operação.

Esta última condição citada é muito importante pois os valores de correntes de fuga durante as operações de preparo e emissão de raios-X podem exceder os limites prescritos na NBR IEC 601-1. Esta condição é aceita segundo a IEC 601-2-7, reforçando a exigência.

São medidas durante o ensaio:

- Correntes de Fuga Para o Terra (CFPT);
- Correntes de Fuga Através do Gabinete (CFAG);
- Correntes de Fuga Através do Paciente por terminal de Terra (CFAP-T);
- Correntes de Fuga Através do Paciente por terminal Tipo F (CFAP-F);
- Correntes de Fuga Através do Paciente por terminal de Entrada/Saída (CFAP-E/S);
- Correntes Auxiliares Através do Paciente (CAAP).

Para cada caso são implementados circuitos diferentes de leitura de Correntes de Fuga ou Auxiliar. Os circuitos podem apresentar ainda, para o caso dos aparelhos de raios-X, três tipos de alimentações diferentes:

- Aparelho Trifásico 220 V ou 380 V;
- Aparelho Monofásico 110 V;
- Aparelho Bifásico 220 V.

O ensaio de Correntes de Fuga leva em conta o tipo de isolamento que o equipamento possui, Tipo B, BF ou CF (BRASIL/ABNT, 1994). A Norma impõe valores limites para as corrente de fuga durante os ensaios para cada tipo de isolamento. Estes valores limites é que irão garantir a certificação do equipamento sob ensaio.

É importante lembrar que os equipamentos de raios-X são considerados, nos ensaios de classificação, como aparelhos de Classe I (BRASIL/ABNT, 1994), porém o MASE foi elaborado pensando-se na possibilidade do ensaio de equipamentos de Classe II (BRASIL/ABNT, 1994), o que abrange outra gama de equipamentos, tornando-o assim muito mais versátil e não dedicado a um único tipo de equipamento.

Resistência de Aterramento

As partes acessíveis de um equipamento Classe I, separadas das partes sob tensão e isolamento básica, devem ser conectadas através de uma impedância suficientemente baixa ao terminal de aterramento para proteção. Este deve ser corretamente conectado ao condutor de aterramento para proteção contido na via de alimentação elétrica.

Este ensaio consiste em medir a impedância do condutor de aterramento aplicando-se no mesmo uma corrente não inferior a 10 A e não superior a 25 A, com frequência entre 50 e 60 Hz, com uma tensão não superior a 6 V_{ef}, por um intervalo de tempo não menor do que 5 s.

PROJETO DO MÓDULO ANALISADOR DE SEGURANÇA ELÉTRICA

Diagrama em blocos geral

Na Figura 1, vemos o diagrama de blocos geral, uma idéia da disposição dos diversos circuitos constituintes do MASE. Como pode-se observar, o MASE é totalmente controlado por meio de um microcomputador da linha PC-AT. Para poder trabalhar em conjunto com o MASE é necessário um computador com um microprocessador Intel 486 DX2 66 MHz com 16Mb de memória RAM e espaço disponível em HD de pelo menos 5Mb, monitor de vídeo SVGA e Windows 3.1® (Microsoft) instalado.

Além do circuito de comunicação, que provê a conexão direta entre o microcomputador e o restante dos circuitos, temos os circuitos dos conversores A/D, que possibilitarão a aquisição de dados para a análise do equipamento sob ensaio. Estes conversores são controlados diretamente pelo circuito de comunicação e colhem dados dos circuitos de chaveamento de potência que por sua vez submete o equipamento sob ensaio às diversas condições estabelecidas pela Norma utilizada.

Análise dos circuitos básicos do diagrama em blocos

Transformador isolador de entrada e fontes de alimentação -- Esta parte do circuito do MASE tem como principais funções as de prover tensão de alimentação, isolar eletricamente e regular a tensão aplicada no equipamento sob ensaio. Para tanto utiliza-se um transformador de isolamento trifásico de potência máxima igual a 10kVA, para efeito de isolamento elétrica, conectado a um duplo variac trifásico que tem como principal função regular a tensão no equipamento sob ensaio. O duplo variac tem como função secundária capacitar o sistema a alimentar o equipamento sob ensaio com valores de sobretensão de acordo com as necessidades de cada procedimento normalizado. A alimentação dos sistemas integrantes do MASE se faz com o uso de uma fonte de tensão contínua regulada, isolada eletricamente da rede de alimentação e do equipamento sob ensaio.

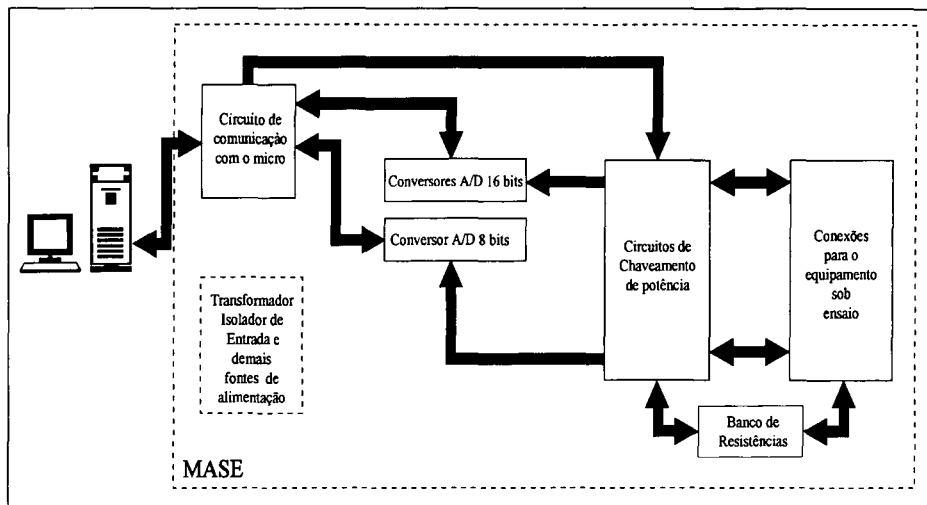


Figura 1. Diagrama de blocos geral do projeto MASE.

O circuito de comunicação com o microcomputador -- O circuito de comunicação desenvolvido para o MASE é um circuito de comunicação paralela de 16 bits, específico para controle de processos industriais e aquisição de dados. O circuito de comunicação do MASE não é um circuito tradicional pois possui um protocolo de comunicação específico o que garante um total controle sobre a arquitetura e a operação do microcomputador, aproveitando ao máximo seus recursos, diferentemente de outros circuitos de comunicação existentes para este fim.

A diferença básica entre o circuito de comunicação desenvolvido para o MASE e os circuitos tradicionais é a flexibilidade na seleção do endereço base do periférico no interior do microcomputador, o que facilita a configuração do mesmo, e o não armazenamento e controle de dados no interior do circuito de comunicação, o que garante uma maior velocidade na comunicação e no controle dos demais circuitos, haja visto que o resto dos circuitos estão capacitados a trabalhar na mesma velocidade de transferência de dados do microcomputador, fazendo com que o MASE torne-se uma extensão do mesmo.

Conversor A/D de 8 bits -- O conversor A/D de 8 bits é utilizado para as medidas de tensão contidas no ensaio de Resistência de Aterramento. Efetua as medições de tensão alternada com auxílio dos conversores CA/CC por meio dos circuitos de chaveamento de potência e do banco de resistências. Este conversor possui na entrada analógica um multiplexador de 16 canais, o que permite a leitura de 16 diferentes fontes de tensão contínua. Apesar de não serem utilizados todos os canais de entrada, optou-se por este tipo de circuito visando futuras implementações nos ensaios das Normas. O seu controle é realizado totalmente pelo circuito de comunicação o que garante uma maior estabilidade do sistema durante a aquisição de dados.

A aquisição dos dados é realizada com o auxílio de conversores de corrente alternada, frequência variando entre 50 e 60 Hz, para corrente contínua (conversores CA/CC) para condicionar o sinal de entrada do conversor A/D, na proporção de $1 V_{rms}$ para $1 V_{dc}$, haja visto que, o conversor A/D somente consegue converter valores em tensão contínua. Tem-se como características destes conversores CA/CC uma impedância de entrada na ordem de 1,5 TW, obtida com o auxílio de amplificadores operacionais de grande precisão na configuração diferencial, e uma impedância de saída na ordem de 10k Ω o que proporciona o perfeito casamento de impedâncias e com o conversor A/D. Com isto podemos medir valores de tensão alternada variando de 0 a $5 V_{rms} \pm 19,5 mV_{rms}$ com uma impedância de entrada muito alta, com pouca interferência no sistema sob ensaio e com boa resolução.

Circuitos dos conversores A/D de 16 bits -- Estes conversores A/D são utilizados pelo MASE para a aquisição dos dados relativos aos ensaios de Correntes de Fuga e Correntes Auxiliares. Para a medida deste tipo de correntes a NBR IEC 601-1 sugere que, no mínimo, sejam medidas todas as correntes de fuga sob uma carga de 1 kW numa faixa de frequências compreendida entre 0 e 1 MHz. O circuito sugerido pela NBR IEC 601-1 é o de um filtro passa baixas com frequência de corte igual a 1 kHz e atenuação de 20 db/década que deverá ser utilizado na etapa de entrada dos circuitos de medição para limitar a faixa de frequências conforme mostra a Figura 2.

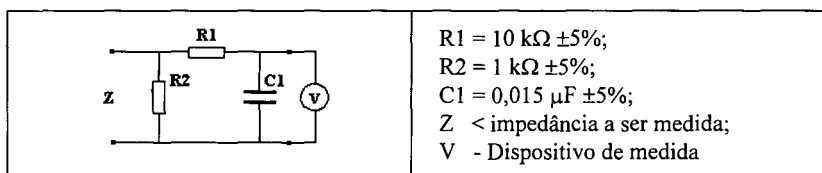


Figura 2. Circuito de entrada para o instrumento de medição do ensaio de Correntes de Fuga e Correntes Auxiliares (NBR IEC 601-1, 1994).

Com o circuito sugerido pode-se verificar que as correntes de fuga estão aplicadas diretamente à uma resistência, o que permite medir tensão ao invés de corrente, facilitando bastante o processo de medição, pois estas correntes são da ordem de 1 μA .

Para tanto, no MASE, utilizou-se outra técnica, diferente da colocação de um filtro passivo na entrada do circuito, para a realização destas medidas. A técnica é bem simples, com o auxílio dos conversores A/D de 16 bits, é possível retirarmos uma amostra do sinal de entrada e por meio do programa de acionamento do sistema calcular o valor eficaz de corrente por meio do cálculo da integral da amostragem da forma de onda, independentemente de sua forma e, até um certo limite, frequência. Com isto pode-se medir quaisquer correntes, com formas de onda compostas ou não compostas, ao mesmo tempo, ou seja, com suas harmônicas ou não. Isto é de grande valia quando se observa a exigência da Norma para que sejam medidas todas as correntes de fuga dentro de uma faixa de frequências fixa, o que torna inviável o desenvolvimento e implementação de um circuito de medição de tensão totalmente analógico devido a necessidade de um número muito grande de filtros e ajustes.

Para que esta amostragem contenha um número de dados suficientemente significativo para o cálculo da integral, o que limita a medição em termos de frequência, pois o conversor utilizado aqui, apesar de bastante veloz (25 μ s para uma conversão), é necessário que se tenha uma frequência de amostragem superior a duas vezes o maior valor da frequência do sinal a ser medido para a reconstrução da forma de onda (Orsini, 1991). Sendo assim, sabendo-se que o tempo total para aquisição de uma única medida pelo computador está em torno de 100 μ s, podemos afirmar que é possível fazer a reconstrução da forma de onda dos sinais com frequências na ordem de 5 kHz caso fosse adquirido apenas um único período. Como aqui não se tem interesse na reconstrução da forma de onda de corrente e sim no valor eficaz, fica-se limitado na quantidade de dados da amostragem apenas pela frequência máxima de amostragem do conversor, ou seja 10 kHz. Para o cálculo da corrente o MASE utiliza, ainda, uma média dos valores obtidos nas N integrações das amostragens definidas pelo tempo de ensaio requerido. Como o sistema adquire dados para a integração de um único valor durante um tempo pré-fixado, em torno de 1,3 s, para o cálculo final da média, é possível a aquisição de valores de corrente em uma faixa de frequências bastante larga com baixíssimas atenuações do sinal de entrada, como podemos observar na Figura 3, fazendo com que se tenha uma frequência de corte de aproximadamente 1 MHz. A degradação da amostra será então diretamente dependente da máxima frequência admissível na entrada do conversor e, neste caso, tendo em mente a exigência da Norma a respeito da faixa de frequências a serem medidas, podemos formar um filtro ativo com a própria qualidade da amostragem obtida pelo sistema com grandes vantagens, permitindo inclusive medir as frequências em torno de 1 MHz, condição de instrumento de medida particular na NBR IEC 601-1.

Circuito de Potência -- A principal função deste circuito é a de submeter o equipamento sob ensaio a todas as condições contidas nas cláusulas da NBR 601-1 e IEC 601-2-7 para os ensaios de Correntes de Fuga, Correntes Auxiliares e Resistência de Aterramento. O circuito de potência do projeto MASE é basicamente constituído de relés acionados por transistores opto-acoplados com o circuito de comunicação. Com isto consegue-se uma excelente isolamento elétrica entre o microcomputador e o equipamento sob ensaio, além de garantir uma perfeita estabilidade do sistema durante o ensaio.

Programa de acionamento do MASE

Para gerenciar todo o sistema constituinte do MASE foi desenvolvido um programa de acionamento para o microcomputador. Este programa foi desenvolvido em Visual Basic® 3.0 e Pascal for Windows® 1.5, o que garantiu a total integração do mesmo com o ambiente Windows® 3.1 (Microsoft) facilitando assim a comunicação com outros programas tais como o Excel® 5.0 e Word® 6.0. Isto gera uma grande facilidade em relação ao treinamento dos técnicos que irão realizar os ensaios e uma ótima visualização do sistema em operação durante o ensaio.

Este programa contém sub programas para possibilitar a calibração dos conversores de 8 e 16 bits no que diz respeito aos fatores de correção de escala, frequência de amostragem e período de amostragem, estes dois últimos somente para o conversor de 16 bits, com acesso por senha o que garante a integridade dos dados de calibração.

Uma das grandes vantagens na utilização deste programa é a emissão dos relatórios finais de cada ensaio com a prévia análise automática dos dados colhidos. Outra vantagem, além do grau de

liberdade fornecido ao técnico responsável pelo ensaio, é a garantia da reprodutibilidade do ensaio, pois a sequência dos chaveamentos realizados é sempre mantida e inalterável.

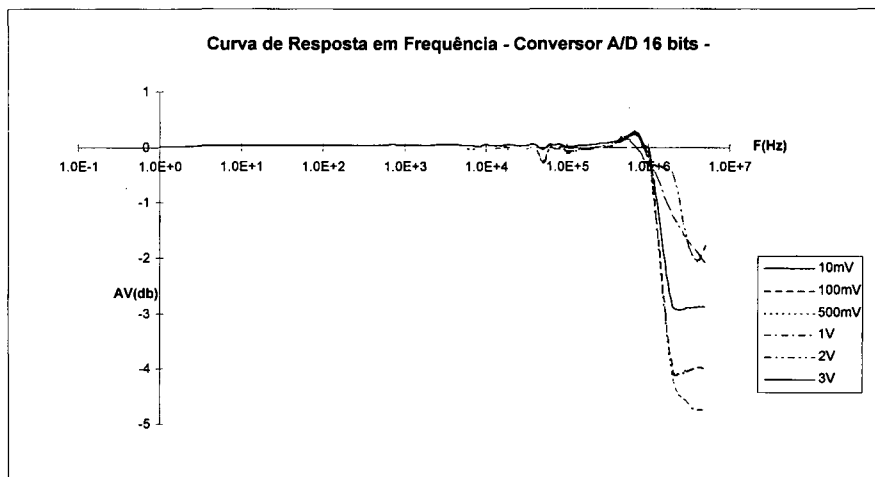


Figura 3. Curva de resposta em frequência do conversor A/D de 16bits para diferentes tensões de entrada

RESULTADOS

Para a avaliação do MASE como um todo foram realizados cinco tipos de testes a saber:

1. Testes do programa de acionamento em conjunto com o circuito de potência -- Este teste nos mostrou como resultados a estabilidade dos chaveamentos, sua reprodutibilidade e sequência de ensaio. Foram submetidos a este teste todos os ensaios de segurança elétrica realizados pelo MASE. O teste do programa e circuito de potência foi realizado por repetição, cerca de dez vezes, na execução do programa e certificação dos chaveamentos com inspeção visual e elétrica dos mesmos;

2. Teste dos Conversores de 8bits -- O objetivo deste teste foi a verificação dos valores teóricos de faixa de trabalho, linearidade, erro da medida, reprodutibilidade e calibração pelo programa. Este teste foi realizado com o auxílio de um gerador de funções HP® 3325 B e um osciloscópio Tektronix® 2230 A, com certificado de calibração do INMETRO, e o sub programa de calibração do MASE. O teste foi realizado por comparação simples dos sinais injetados pelo HP3325B, confirmados pelo osciloscópio, e os apresentados pelo programa. Foram injetados sinais dentro da faixa teórica de tensões admissíveis pelo conversor e mediante os valores obtidos foi possível o cálculo da média e desvio padrão para diferentes valores de tensão de entrada possibilitando assim a verificação da faixa de trabalho, linearidade, erro quadrático das medidas por

faixa de tensão e reprodutibilidade do conversor. Os erros quadráticos médios encontrados situaram-se entre 0,1 % e 0,8 %. Os valores foram obtidos após cerca de 10.000 amostras em toda faixa de tensões, na frequência de 60Hz senoidal, dentro de uma faixa de trabalho compreendida entre 0 e 5 V_{rms};

3. Testes dos conversores de 16 bits -- Este teste teve como objetivos os mesmos do conversor de 8 bits. Foi realizado nos mesmos moldes utilizando os mesmos equipamentos para geração e certificação do sinal porém em diferentes faixas de tensões e frequências o que nos permitiu a construção do gráfico de resposta em frequência, mostrado anteriormente na Figura 3. Com isto obteve-se os seguintes resultados: faixa de trabalho entre 0 e 10 V_{rms}; erros quadráticos médios compreendidos entre 0,1 % e 0,2 % na faixa de tensões e frequências de trabalho; faixa de resposta em frequência compreendida entre 0 e 1 MHz;

4. Teste do sistema como um todo utilizando um gerador de funções -- Objetivou-se neste teste a verificação do funcionamento do conjunto como um todo e a verificação da manutenção da calibração efetuada nos conversores. Para tanto realizou-se os ensaios de segurança pertinentes ao MASE porém com a simulação dos sinais de entrada, devidamente condicionados e aplicados, realizados pelo gerador de funções HP 3325 B e certificados pelo osciloscópio Tektronix® 2230 A. Com isto verificou-se a validade das calibrações realizadas anteriormente, haja visto que, foram aplicados sinais aleatórios em todas as faixas de frequência, quando necessário, e tensão possíveis para a comparação simples dos valores certificados pelo osciloscópio;

5. Simulação de um ensaio de segurança elétrica -- Finalizando a bateria de testes, com esta simulação, em condições reais com alguns equipamentos eletromédicos, verificou-se o perfeito funcionamento do sistema. Além disto, realizou-se a comparação dos dados obtidos no relatório emitido pelo MASE com estes equipamentos com os resultados obtidos por um outro equipamento analisador de segurança elétrica comercial de menor porte (601 - Pró®, Bio-Tek). Com esta simples comparação observou-se uma total coerência nos dados obtidos e comprovou-se a eficiência do sistema.

CONCLUSÕES

Em linhas gerais o MASE está pronto para iniciar os ensaios de certificação de conformidade em equipamentos eletromédicos. Porém, existem dificuldades para o rastreamento e emissão do certificado de calibração dos conversores A/D do MASE, o que certificaria o sistema como um todo, pois até o momento todos os laboratórios consultados, entre eles o Laboratório de Aferições do IEE - USP, o Laboratório de Aferições Metrológicas FICAP S.A e o Laboratório de Padrões da Balinorti Automação e Sistemas LTDA não podem emitir o certificado de calibração por não possuírem instrumentação e padrões rastreados para as faixas de tensão e frequência abrangidas pelo MASE. Uma outra solução, alternativa obter-se o certificado de calibração do MASE, consiste na elaboração de um procedimento de calibração do mesmo utilizando outros equipamentos previamente rastreados e aferidos por outros órgãos certificadores inclusive órgãos internacionais tais como o TEKLAB - Laboratório de Metrologia Elétrica - e o IPT. A elaboração deste procedimento está em fase inicial e tem previsão para término de aproximadamente dois meses a partir do início de outubro de 1996.

O projeto do MASE tem como grandes características a facilidade de operação, pois o programa é autoexplicativo, emissão dos relatórios de ensaio, reprodutibilidade dos ensaios, abrangência de todas as condições de ensaio exigidas pela NBR IEC 601-1, versatilidade em relação aos equipamentos a serem ensaiados (todos os equipamentos eletromédicos), além da possibilidade de expansões nas condições e tipos de ensaio ou complementações, aliados ao custo total do projeto.

REFERÊNCIAS

- BRASIL/ABNT (1994). *Equipamento Eletromédico - Parte 1 - Prescrições Gerais de Segurança: Norma*. NBR IEC 601-1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil, 149 p., Nov.
- IEC (1987). *Electrical medical equipment - Part 2 - Particular requirements for the safety of high-voltage generators of diagnostic X-Ray generators*. Norma IEC 601-2-7. International Electrotechnical Commission. 65 p., Aug.
- GOLLNICK, D. (1994). "Basic Radiation Protection Technology". *PRC (Pacific Radiation Corporation)*. v. 2, p. 159-190.
- GUEDDES, L. A. and BACKER, L. E. (1994). *Principles of Applied Biomedical Instrumentation*, New York: Wiley Interscience. v. 3, p. 792-831.
- HORN, B. (1994). *Webster Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*, New York: Wiley Interscience. v. 4, p. 2893-2943.
- IRIE, Y. (1990). *Sistema de Comunicações*. v. 3, p. 100-309.
- PLAATS, G. J. VANDER (1961). *Medical X-Ray Technique Principles and Applications*. Amsterdam: Philips Technical Library. v. 1.
- HENRY, W. O. (1987). *Noise Reduction Techniques in Electronic Systems*, New York: Wiley Interscience, 2nd. edition.
- OTAVIANO, A. M. H. e VITO, R. V. (1981). *Tratamento Estatístico de Dados em Física Experimental*, São Paulo: Edgard Blücher. p. 77-93.
- ORSINI, L. Q. (1991). *Curso de Circuitos Elétricos*, São Paulo: Edgard Blücher. v. 2.

ELECTRICAL SAFETY ANALYSER MODULE

M. A. G. Pereira¹ and M. Bottaro²

ABSTRACT -- The electro-electronic equipments used in medicine, by direct association to the user's safety or lives, have been in the developed countries, an object of restrictions concerning safety and quality guarantee by conformity certification using a stamp or a mark if the equipment are in agreement with specifications of the Standards. The aim of this work is to study and to consolidate the electrical safety tests applied to the electro-electronic equipments used in medicine, emphasizing the X-Ray equipments, in the Standards NBR IEC 601-1, "Equipamento eletromédico - Parte 1 - Prescrições gerais de segurança" and IEC 601-2-7, "Electrical medical equipment - Part 2 - Particular requirements for the safety of high-voltage generators of diagnostic X-Ray generators", from the development of an Electrical Safety Analyser Module (MASE). This analyser module is fully controlled by a PC-AT microcomputer, with 16 and 8 bits A/D converters for data acquisition and power controlled circuit to perform Standard configuration tests. The appliance of this module increases the speed, the reproduction and the confiability of Standard tests. These characteristics have been in evidence with the certification of data acquisition circuits due to calibration tests and Standard tests simulations. Accuracy and reliability of the measurement system as well as the reproduction and quality test results performed by MASE were checked.

Keywords: Standards, Electrical Safety, Tests, Radiology

¹ Engineer, Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, Av. Luciano Gualberto, 1289 Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brazil, Email: marschal@usp.iee.br

² Technician, Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo