

Obtenção das Curvas de Suportabilidade Dielétrica e Térmica de Aparelhos condicionadores de Ar para Análise de Ressarcimento de Danos a Consumidores

ARTHUR COSTA, CARLOS EDUARDO TAVARES, JOSÉ CARLOS DE OLIVEIRA, PAULO HENRIQUE REZENDE, ISAQUE NOGUEIRA

Resumo

A proposta deste trabalho é contribuir na área de qualidade da energia elétrica de forma a elaborar, testar e implementar uma metodologia para obtenção dos limites admissíveis aos equipamentos Condicionadores de Ar, tanto na forma Dielétrica como Térmica, de forma simplificada e de baixo custo, através da análise da suportabilidade dos principais elementos que perfazem circuito principal do equipamento sob análise. Com base nesta topologia, este projeto destaca a obtenção das curvas de suportabilidade Dielétrica e Térmica para um aparelho de Ar Condicionado Split.

Palavra-Chave – Suportabilidade dielétrica e térmica, ar- condicionado tipo Split, analisador de pedidos de ressarcimento.

Dielectric and Thermal Air conditioners Curves for Consumer Reimbursement Analysis

Abstract

The purpose of this work is to contribute in the power quality area in order to develop, test and implement a methodology for obtaining the withstand capability of the air conditioners equipment by simple and low cost, throughout the supportability analysis of the main elements of the source. Based on this topology, this project highlights the dielectric and thermal withstand capability curves of the Split Air Conditioner.

Keywords - Dielectric and thermal withstand capability, Split air-conditioning, Consumer reimbursement Analysis.

1. Introdução

O grande número de pedidos de ressarcimento por danos em equipamentos elétricos e eletrônicos tem, nos últimos tempos, merecido a atenção das concessionárias de energia, agências de regulação, consumidores e outros órgãos governamentais. Tais preocupações estão associadas não apenas com os volumes financeiros envolvidos, mas, sobretudo, com os impactos sociais atrelados com solicitações, decisões, conflitos e outras questões que envolvem a relação entre as concessionárias de serviços públicos de distribuição e seus consumidores. Por conseguinte, o tema, como um todo, vem motivando: investigações direcionadas à melhoria do processo de análise das questões em foco, domínio e difusão do conhecimento da correlação entre os distúrbios e efeitos (R. C. Dugan, 2003), assim como o fornecimento de diretrizes para o oferecimento de produtos que possuam um maior nível de suportabilidade diante dos distúrbios típicos nas redes elétricas (M. H. J. Bollen, 2000 e K. Ermeler, 1998). De fato, a primeira destas frentes aponta no sentido do estabelecimento de um processo avaliativo dos pedidos de indenização de forma justa e coesa; a segunda visa à obtenção de dados que esclareçam sobre a relação entre as solicitações térmicas e dielétricas sobre os equipamentos; e a terceira contempla aspectos relacionados com melhorias da fabricação dos diversos componentes presentes nas instalações residenciais, comerciais e industriais, bem como a utilização de dispositivos mitigadores para minimizar os efeitos associados aos possíveis distúrbios ocorridos nas redes elétricas.

Buscando subsídios para a matéria em pauta, um dos balizadores para asprováveis controvérsias está alicerçado nas orientações da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), nos procedimentos das empresas e, porque não dizer, na experiência e no bom senso que norteiam as soluções de conflito. Não obstante a busca pela verdade, os métodos comumente utilizados não encontram, via de regra, sustentação em princípios científicos ou técnicos e, diante desta situação, muitas vezes ocorrem incompreensões e insatisfações quanto aos pareceres finais. Neste sentido, e ainda, face ao crescente número dos pedidos de indenização e consequentes montantes financeiros envolvidos nos processos de ressarcimento (J. A. S. Jucá, 2003), a busca por mecanismos fundamentados na ciência e tecnologia, que permitam conduzir, de forma isenta aos interesses individuais, a respostas consistentes, constitui-se, sem dúvidas, em grandes metas a serem alcançadas.

Da argumentação anterior desprende a necessidade do desenvolvimento de

procedimentos sistematizados, em que pese o equilíbrio entre o emprego de recursos computacionais e aqueles atrelados com ensaios laboratoriais, os quais, uma vez combinados, podem produzir ferramentas confiáveis destinadas a balizar as decisões das concessionárias quanto aos pedidos de ressarcimento de danos. Assim agindo, acreditasse, serão viabilizados meios para minimizar os desgastes das empresas junto aos consumidores, e ainda, a quantidade e os altos custos associados com as demandas judiciais. De posse dessas informações, vale ressaltar que o grupo de pesquisa do núcleo que se dedica a este tema na UFU possui uma ampla experiência sobre este assunto e tem desenvolvido ao longo dos anos um aplicativo computacional específico para tanto, o APR – Analisador de Pedidos de Ressarcimento (C. E. Tavares, J. C. Oliveira, 2008, A. C. Delaiba, 2010 e C. E. Tavares, 2008). As publicações oriundas desta equipe têm destacado a carência de estudos mais aprofundados no âmbito dos eletrodomésticos movido a força motriz, ou como são chamados, dos equipamentos da “linha branca”.

Dentre estes, o foco desta está voltado para o aparelho de ar condicionado Split visto que o mesmo, além de portar uma tecnologia mais recente, vem assumindo grande difusão nas aplicações residenciais, comerciais e industriais e, conseqüentemente, se apresentando como uma carga significativa no setor elétrico. O ar-condicionado tipo Split é constituído basicamente por duas unidades a evaporadora e a condensadora. As figuras 1 e 2 ilustram as partes que constituem fisicamente este produto.



Figura 1. Parte constituinte do ar- condicionado: Evaporadora.



Figura 2. Parte constituinte do ar- condicionado: Condensadora.

2. Desenvolvimento

O primeiro passo para a realização desta pesquisa foi a obtenção do diagrama elétrico do aparelho de ar-condicionado tipo Split. A Fig. 3 apresenta uma parte do diagrama elétrico utilizado nas pesquisas. Maior destaque foi atribuído a esta parte do circuito por ser o ponto de acoplamento do equipamento com a rede elétrica e, portanto, a mais susceptível aos impactos manifestados nas redes elétricas. Pode-se notar na figura que foi empregado um resistor para representar a impedância do circuito integrado que a placa comporta à jusante do circuito de alimentação. O valor da resistência foi obtido por meio de simulações computacionais do circuito elétrico da fonte de alimentação do equipamento em um software que emprega técnicas no domínio do tempo. Desta forma foi-se inferindo no valor da resistência equivalente até a obtenção da forma de onda e da magnitude da corrente equivalente ao verificado em medições em laboratório, realizadas em um equipamento real. De acordo com pesquisas realizadas relacionadas a suportabilidade dielétrica e térmica da unidade evaporadora, ficou claro que os limites estão estritamente relacionados a placa eletrônica desta unidade pois, confirmou-se que quase a totalidade dos problemas que possuem relação com distúrbios na qualidade de energia elétrica, resulta em danos físicos nesta placa eletrônica.

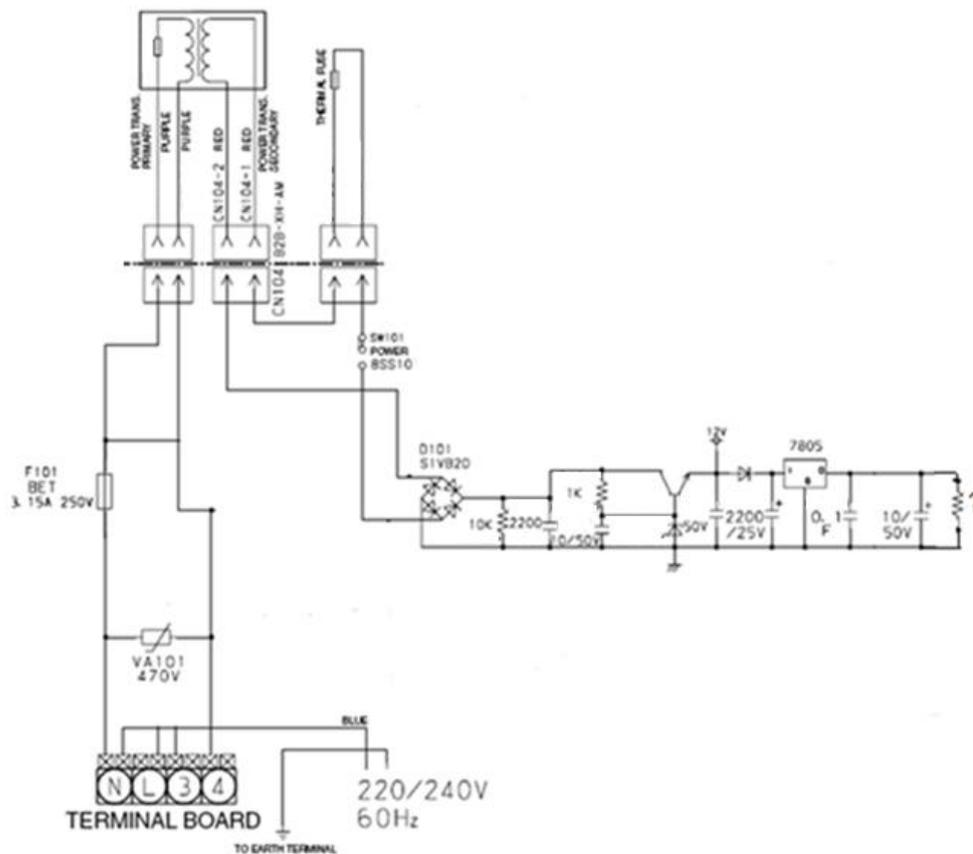


Fig. 3. Parte do diagrama elétrico de uma placa de ar-condicionado tipo Split.

Com o diagrama elétrico em mãos, houve a necessidade de buscar informações aos especialistas de manutenção, no intuito de obter conhecimento a respeito de qual componente mais susceptível a danos diante de um distúrbio elétrico, dos quais seriam então considerados os mais sensíveis. Após ter obtido as informações a respeito dos componentes da placa, foi levantado e simulado o seu circuito elétrico no programa “multisim12” (Fig. 4.), lembrando que o circuito simulado foi apenas parte do circuito do aparelho de ar, pois tal parte já seria o suficiente para corresponder o funcionamento do ar-condicionado para os fins almejados por esta pesquisa. Neste sentido, devido à grande robustez da parte motriz da unidade condensadora, os trabalhos foram voltados para a representação apenas do circuito eletrônico da unidade evaporadora do equipamento. Vale ressaltar que o software escolhido para a simulação, foi devido a sua versão para estudante ser gratuita, por possuir uma interface amigável e apresentar no seu banco de dados uma extensa variedade de componentes eletrônicos, além de ser um software bastante conhecido na área acadêmica do curso de engenharia elétrica.

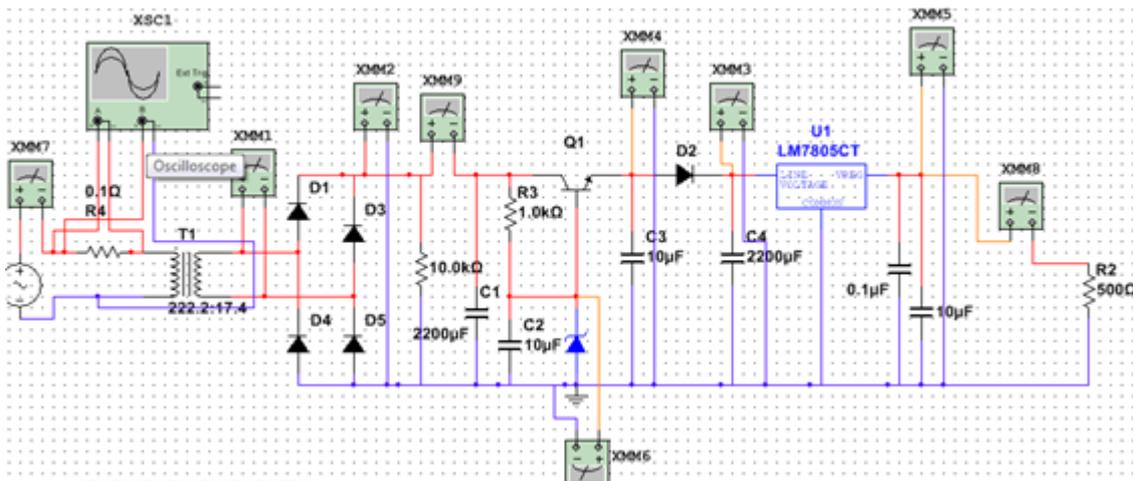


Fig. 4. Circuito elétrico simulado no multisim12.

Para a validação do circuito equivalente obtido, foram então realizadas as simulações e comparadas as formas de onda e as magnitudes das correntes obtidas em um equipamento real. As figuras 5 e 6 demonstram esta análise comparativa, nas quais se pode observar a boa correlação entre as grandezas monitoradas. A Fig. 5 mostra as formas de onda da tensão e da corrente na simulação computacional enquanto a Fig. 6 apresenta as respectivas grandezas medidas em ambiente laboratorial.

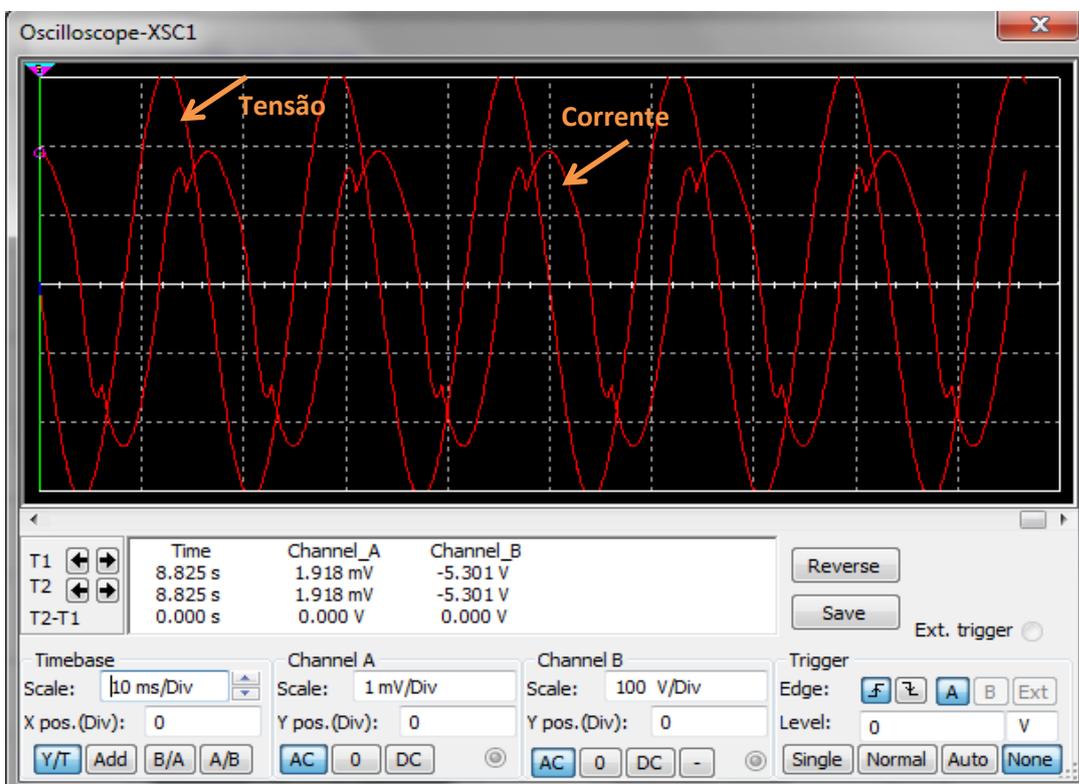


Fig. 5. Simulação do protótipo do ar-condicionado Split no software multisim12.

Tensão

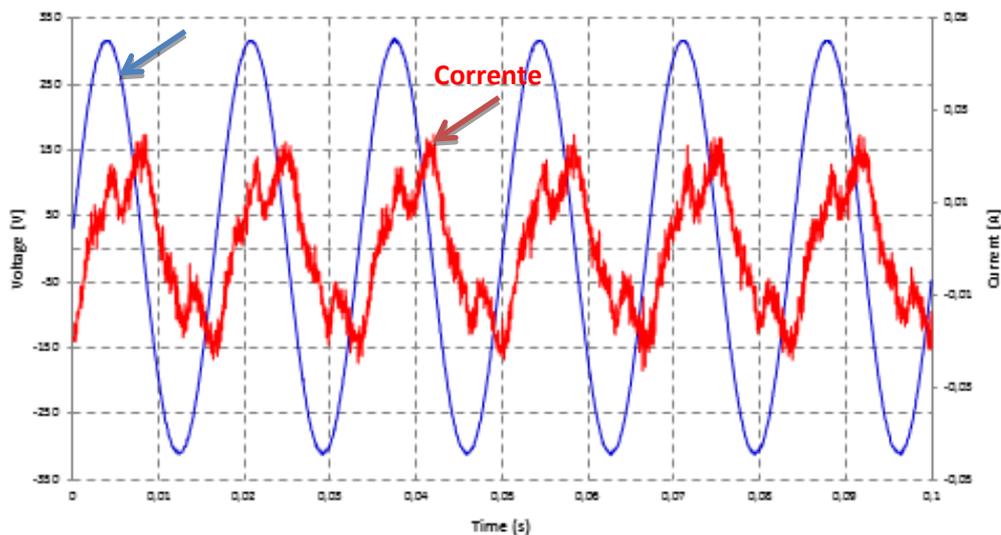


Fig. 6. Medição real do ar-condicionado tipo Split.

Na sequência dos trabalhos, após a validação do modelo equivalente proposto para representar o funcionamento do equipamento estudado, prosseguiu-se para a construção do protótipo do circuito equivalente proposto. O objetivo desta etapa é a obtenção de um circuito equivalente com componentes reais para aplicação de testes destrutivos, almejando o levantamento de dados importantes quanto aos limites dielétricos e térmicos destes componentes e, conseqüentemente, as curvas de suportabilidade dielétrica e térmica dos condicionadores de ar. A Fig. 7 mostra a foto da bancada onde foi montado o protótipo da placa de ar-condicionado.

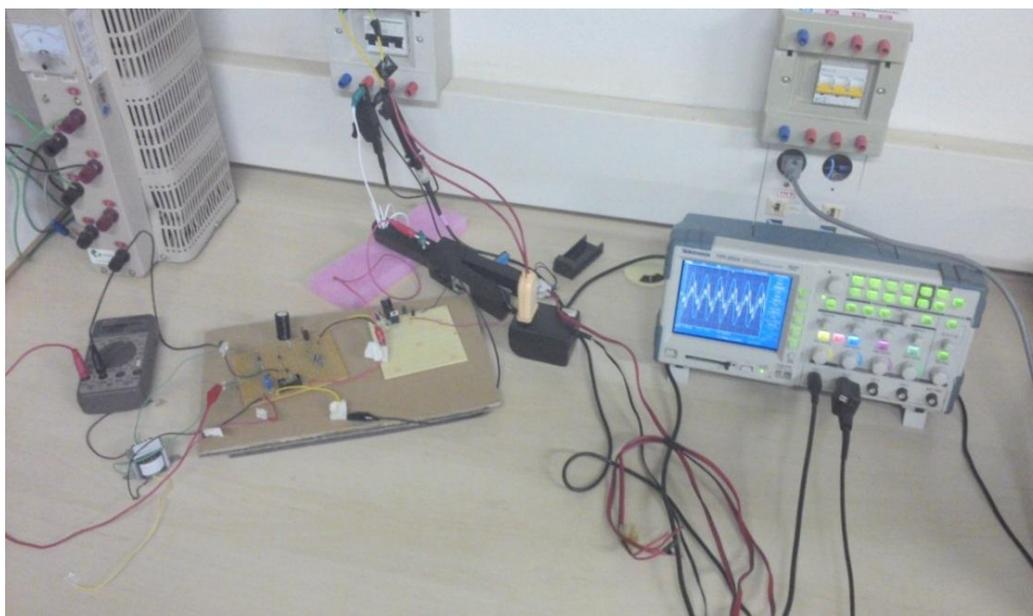


Fig. 7. Protótipo da placa do ar-condicionado.

A Fig. 8 apresenta as formas de onda da tensão e da corrente do protótipo monitorada pelo osciloscópio. Enquanto a Fig. 9, além de apresentar as formas de ondas de tensão e corrente, exibem seus respectivos valores de amplitudes para a mesma medição. Nota-se que as formas de ondas da parte prática ficaram mais próximas da medição real que as formas de onda da simulação. Isso ocorreu devido à falta de informação de alguns parâmetros do transformador do circuito quando da inserção dos dados no modelo computacional.

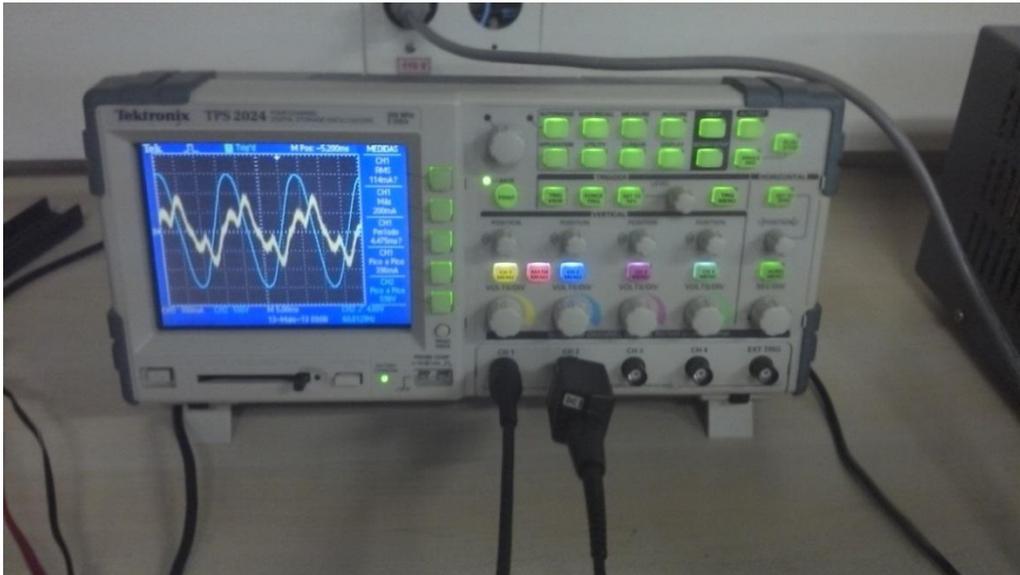


Fig. 8. Formas de onda vistas no osciloscópio.

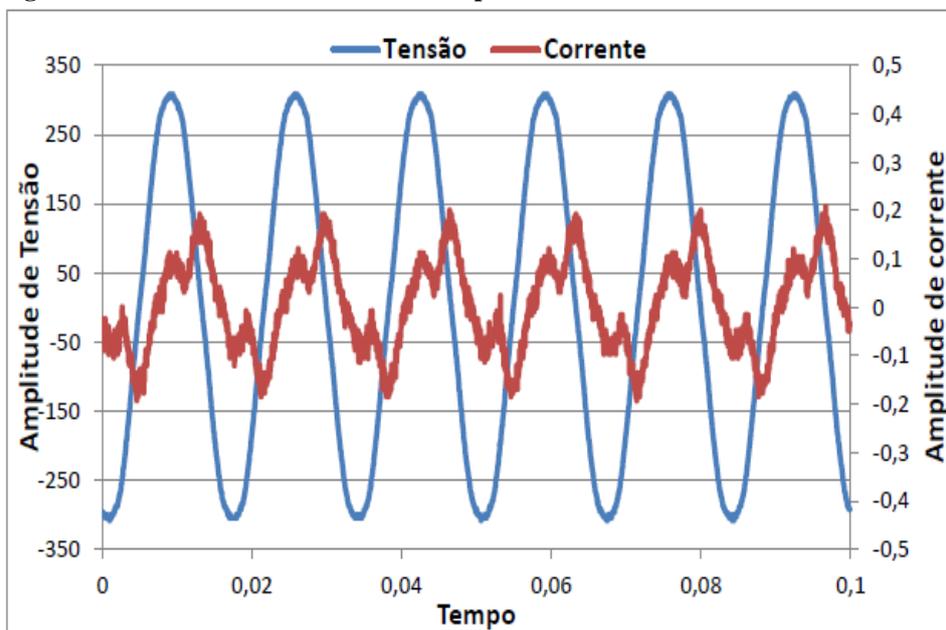


Fig. 9 Formas de onda de tensão e corrente do protótipo.

Pode-se observar pela análise das figuras 6 a 9 que a forma de onda de corrente do protótipo desenvolvido apresenta boa correspondência com a apresentada pelo

equipamento real, validando, portanto, o modelo proposto. Desta forma, os trabalhos seguem para a etapa de aplicação de ensaios destrutivos para o levantamento das curvas de suportabilidade do condicionador de ar.

3. Testes de suportabilidade dielétrica

A curva representativa dos limites de tensão em função do tempo de exposição se apresenta com um eixo vertical, representando os níveis de tensão responsáveis pela ruptura do isolamento, e um horizontal, expressando o tempo de exposição do produto à sua respectiva tensão, conforme indicado na Fig. 10.

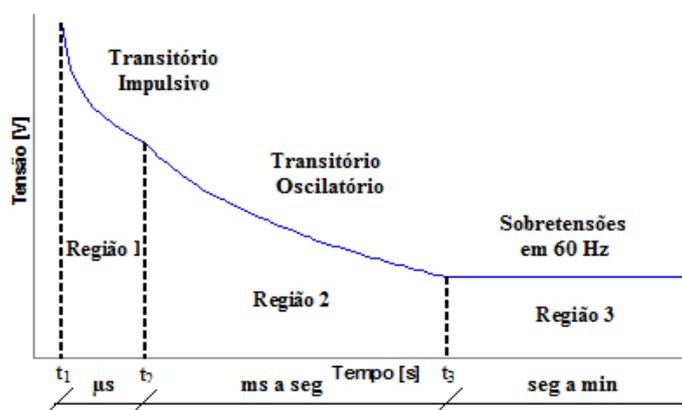


Fig. 10. Curva típica de suportabilidade dielétrica.

Como indicado na figura anterior, a característica completa compreende três regiões com objetivos distintos, uma destinada a representar os fenômenos transitórios impulsivos; outra visando a inserção dos distúrbios de natureza oscilatória e, por fim uma terceira, representativa das sobretensões em 60 Hz. Estas caracterizações se destinam a contemplar, respectivamente, fenômenos típicos manifestados nas redes elétricas, a exemplo de: descargas atmosféricas; ação de religadores, chaveamentos de bancos de capacitores, dentre outros; e, por fim, ocorrências atreladas com elevações da tensão nominal por tempos maiores e intensidades moderadas, como ocorre quando de perdas de carga e outros. Desta forma, os ensaios laboratoriais para a obtenção destes dados são compreendidos em três etapas:

3.1 1º etapa- Sobretensões moderadas em 60 Hz.

Este se destina à determinação dos pontos representativos da curva de suportabilidade dielétrica dos equipamentos no qual, se compreende na região três. Para o cumprimento desta meta utilizou-se de uma fonte programável de tensões, através da qual foi possível

aumentar a tensão aplicada até que a suportabilidade dielétrica do aparelho fosse ultrapassada, ocasionando, por consequência, danos físicos no produto ensaiado.

A estrutura física utilizada compreendeu: uma fonte de tensão, com características programáveis, marca California Instruments, modelo CSW 5550; e um osciloscópio digital para a aquisição das formas de onda de tensão e corrente. Este arranjo é indicado na Fig. 11.

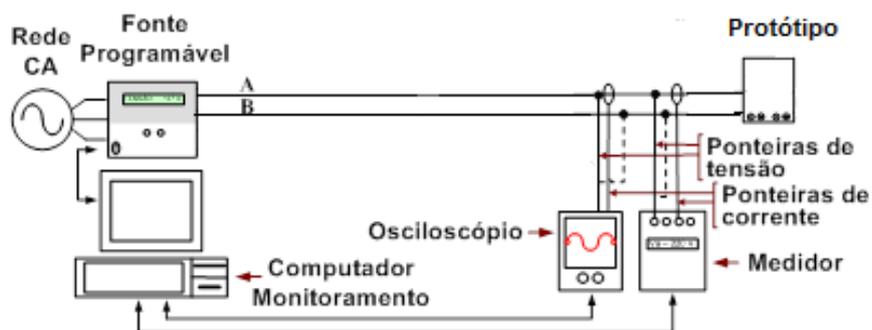


Fig. 11. Principais componentes da estrutura experimental utilizada para a realização de ensaios com sobretensões moderadas em 60 Hz.

A Fig. 12 ilustra a montagem laboratorial descrita. Já a Fig. 13 destaca a fonte programável utilizada nos testes, a qual foi empregada para aplicação de sobretensão.

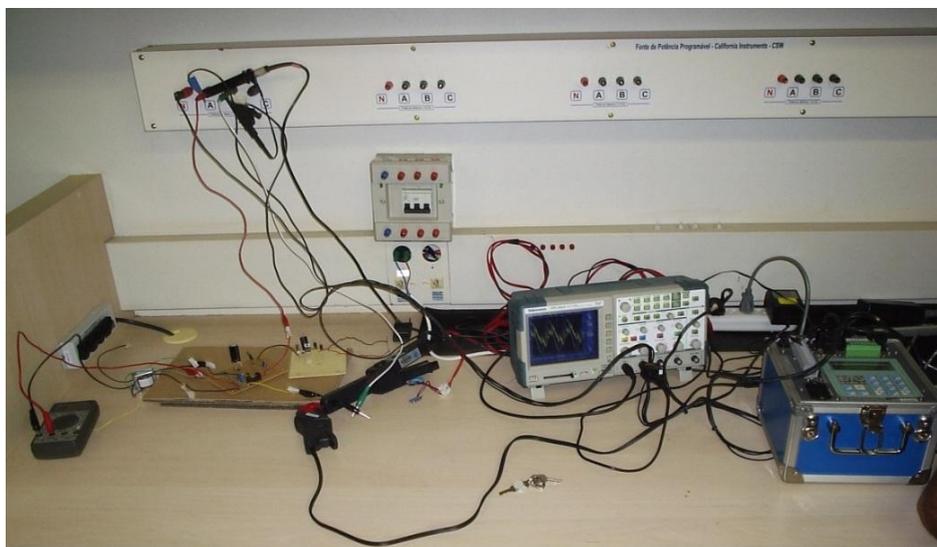


Fig. 12. Ensaio de sobretensões em 60Hz.



Fig. 13. Fonte programável responsável por aplicar a sobretensão.

3.2- Resultados dos Ensaios.

Após a realização dos ensaios, notou-se que o transformador, os resistores de $10k \Omega$ e $1k \Omega$ e o capacitor de $2200 \mu F$ foram os mais afetados pelo distúrbio, no qual o transformador e os resistores danificaram-se, enquanto o capacitor liberou uma pequena quantidade de “gás” (fumaça), porém não o suficiente para danificá-lo. A tensão aplicada foi de 2,45 pu da tensão de alimentação (220V), ou seja uma tensão de 539V a qual corresponde o valor máximo que a fonte programável pode fornecer. Foi realizado o mesmo ensaio quatro vezes, com o intuito de obter maior amostragem dos dados obtidos.. A tabela I apresenta uma síntese dos resultados obtidos, com os valores observados para a tensão e para a corrente, bem como a duração do evento até o dano dos componentes do circuito.

TABELA I
Síntese dos Resultados Laboratoriais – Ensaio de sobretensão moderado em 60 Hz

Ensaio	Duração (s)	Corrente rms (A)	Tensão rms (V)
Ensaio 1	48s	51,61 A	538.93
Ensaio 2	74s	49,80 A	538.93
Ensaio 3	96s	41,26 A	538.93
Ensaio 4	80s	49,73 A	538.93

As figuras 14, 15, 16 e 17 apresentam o valor eficaz da tensão aplicada no protótipo ao longo do tempo de duração do teste. Como existem diversos fabricantes dos transformadores utilizados no circuito, foram encontradas diferenças de tempo de suportabilidade dos mesmos. Além disso, devido ao seu pequeno porte, também foram encontradas pequenas discrepâncias dos níveis de tensão dos enrolamentos de transformador para transformador do mesmo fabricante. Estes fatores influenciaram na amplitude da corrente que circulava pelo circuito e conseqüentemente na duração do ensaio. Contudo estas pequenas alterações nos resultados não comprometeram a metodologia utilizada, uma vez que foram adotados resultados conservadores (pior caso) para representar a suportabilidade do circuito.

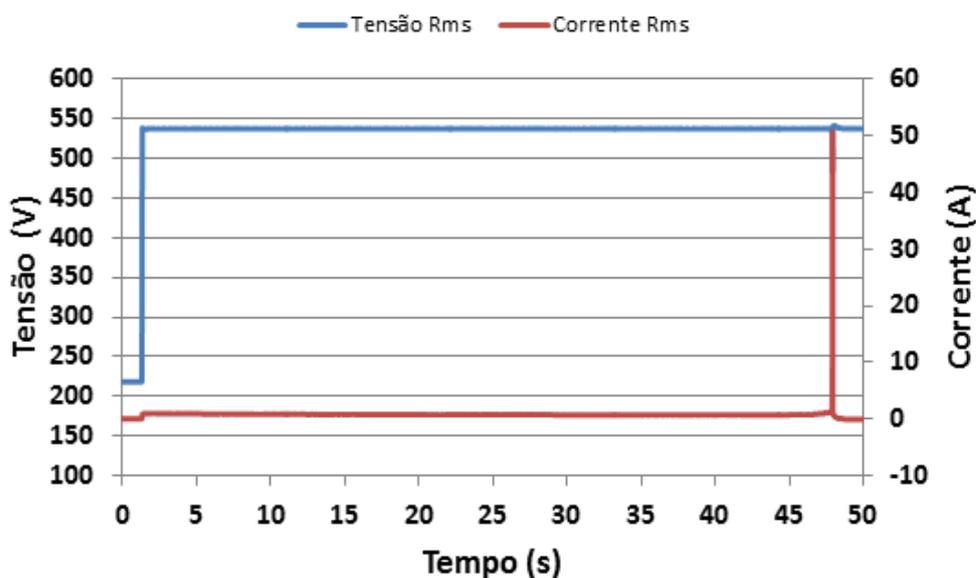


Fig. 14. Gráfico representativo do ensaio 1 de sobretensão.

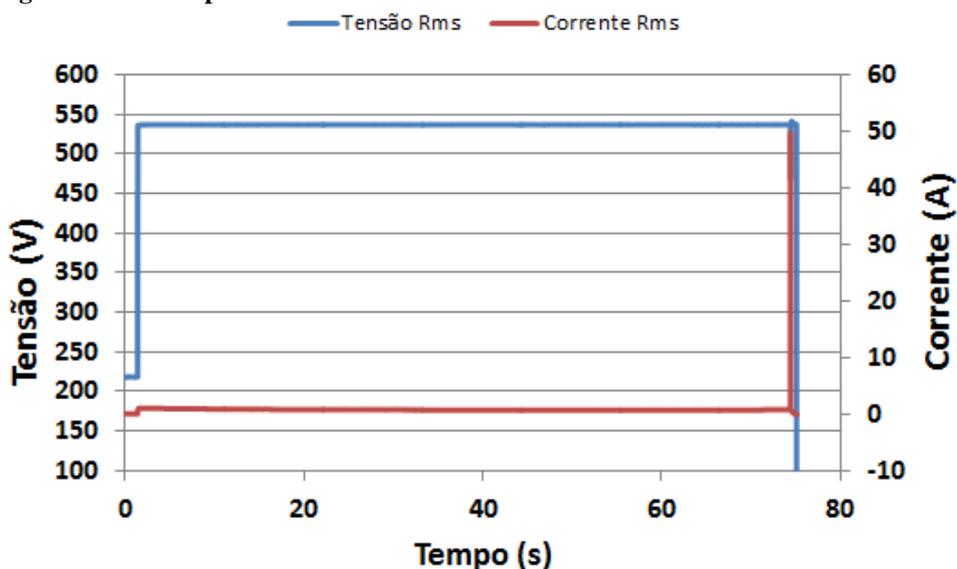


Fig. 15. Gráfico representativo do ensaio 2 de sobretensão.

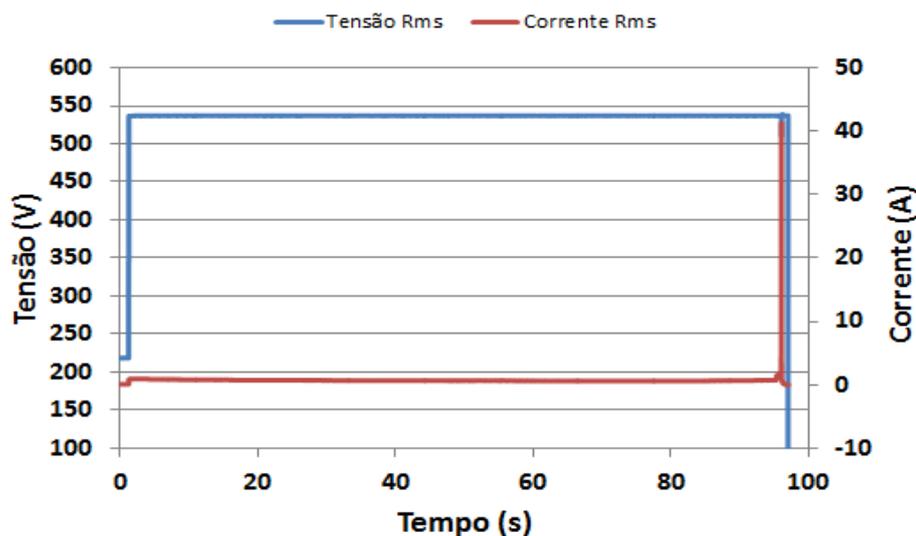


Fig. 16. Gráfico representativo do ensaio 3 de sobretensão.

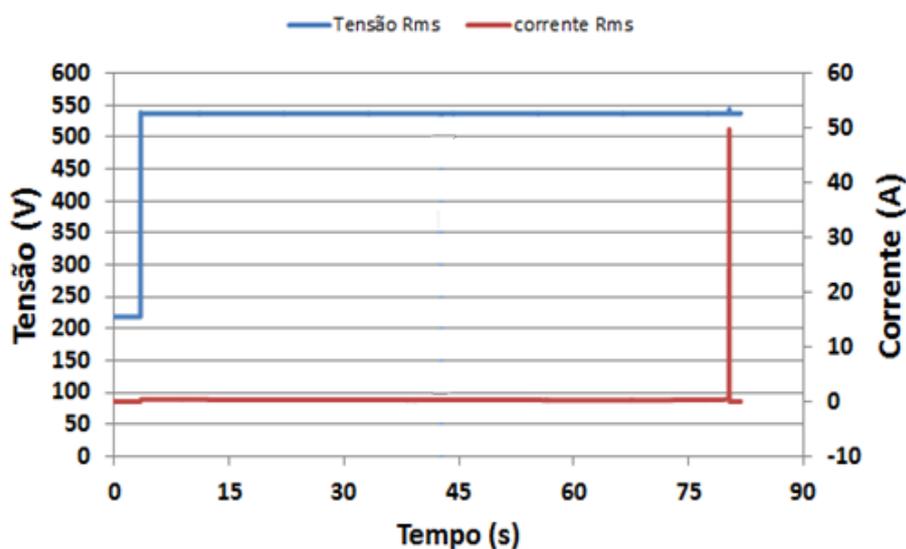


Fig. 17. Gráfico representativo do ensaio 4 de sobretensão.

Vale lembrar que este ensaio é o responsável pela região III da curva de suportabilidade dielétrica do equipamento sob análise.

3.3- 2º etapa- Sobretensões extremas em 60 Hz.

Este se destina à determinação dos pontos representativos da curva de suportabilidade dielétrica dos equipamentos no qual, se compreende na região dois. Tendo em vista que muitas ocorrências nas redes de distribuição acontecem na forma de uma ruptura dos cabos de média tensão e respectivas incidências sobre os alimentadores em baixa tensão, isto resulta em que, até a atuação da proteção, as fases da baixa tensão encontram-se submetidas às mesmas magnitudes das tensões e frequências que os circuitos de média tensão. Diante desta realidade foi estabelecida, laboratorialmente, uma estrutura física

destinada à reprodução de tal distúrbio operacional através do arranjo físico indicado na Fig. 18.

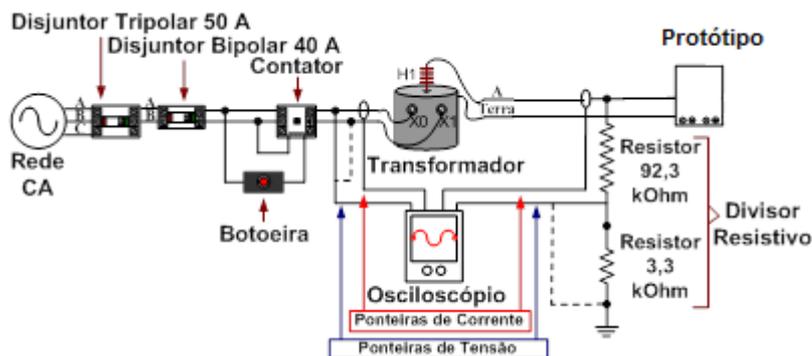


Fig. 18. Principais componentes da estrutura experimental utilizada para a realização de ensaios com sobretensões extremas em 60 Hz.

Um transformador monofásico, de 5 KVA, de relação de transformação de 7.967/220 V viabilizou a sobretensão extrema que se faz incidir sobre o produto em teste e, para o controle do instante de incidência do fenômeno e sua retirada, foi empregado um arranjo constituído por contadores, botoeiras e disjuntores de proteção, todos indicados no diagrama esquemático. Vale ressaltar que este ensaio é responsável pela região II da curva de suportabilidade dielétrica do equipamento em questão. As Figs. 19 e 20 ilustram a montagem laboratorial.



Fig. 19. Ensaio de Sobretensão extrema em 60 Hz.

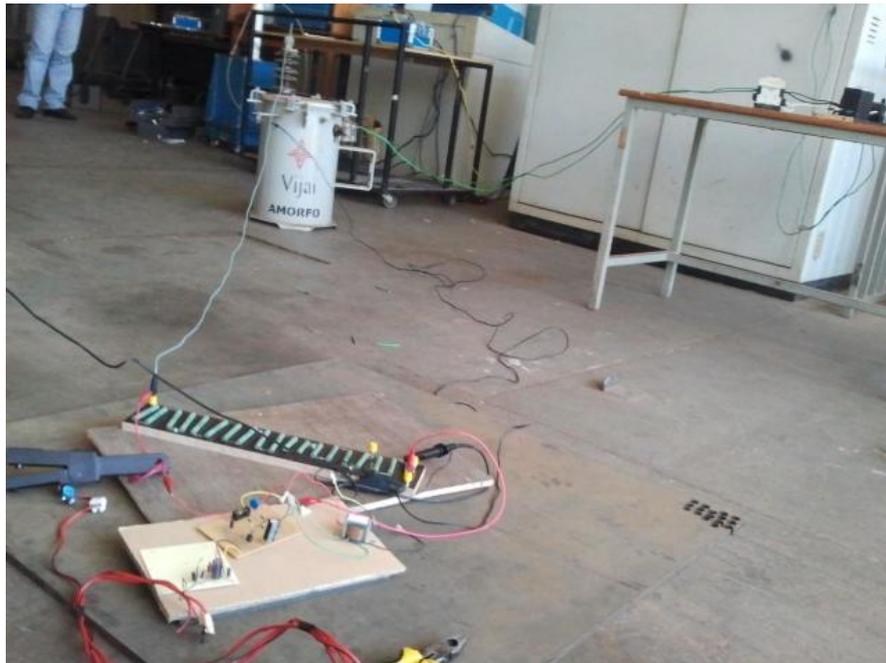


Fig. 20. Ensaio de Sobretensão extrema em 60 Hz.

3.4- Resultados dos Ensaios

Após a realização dos ensaios, notou-se que o fusível e o varistor foram os mais afetados pelo distúrbio, no qual tanto o fusível e tanto o varistor chegaram a se danificar com o nível de tensão aplicado. Foi realizado o mesmo ensaio quatro vezes, com o intuito de obter maior amostragem dos resultados. A tabela II apresenta uma síntese dos níveis de tensão e respectivas durações até o momento da ruptura dos componentes afetados.

TABELA II
Síntese dos Resultados Laboratoriais – Ensaio de sobretensão extrema em 60HZ.

Ensaio	Protótipo	Duração(ms)	Tensão pico (V)
Ensaio 1	A	38	1566,32
Ensaio 2	B	44	1790,08
Ensaio 3	A	08	1454,44
Ensaio 4	B	09	1790,08

A diferença de tempo entre os ensaios 1 e 2 com os ensaios 3 e 4, se deve pelos protótipos terem sido reformados após os primeiros distúrbios, em que os componentes que não chegaram a se danificar sofreram estresses elétricos, reduzindo o tempo de sua

suportabilidade dielétrica perante o distúrbio aplicado. A seguir as Figs. 21, 22, 23 e 24 representam o distúrbio de sobretensão extrema aplicado na placa.

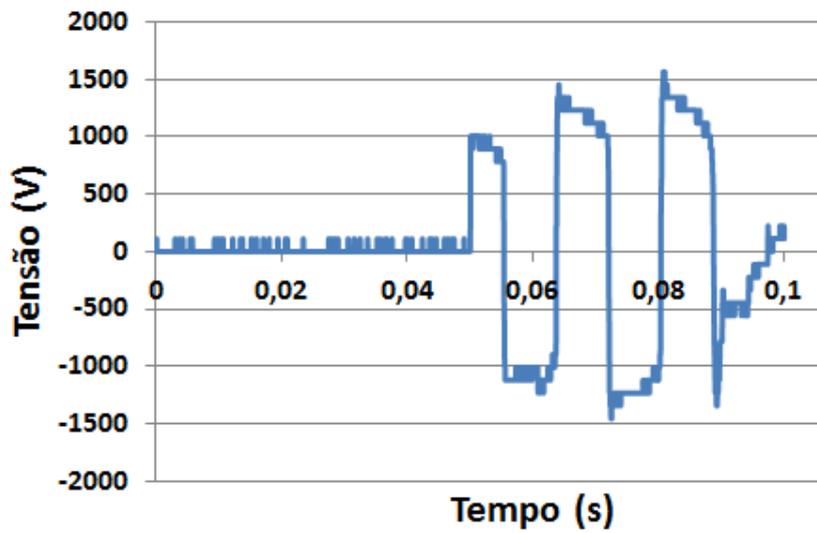


Fig. 21. Gráfico representativo do ensaio 1 de sobretensão extrema.

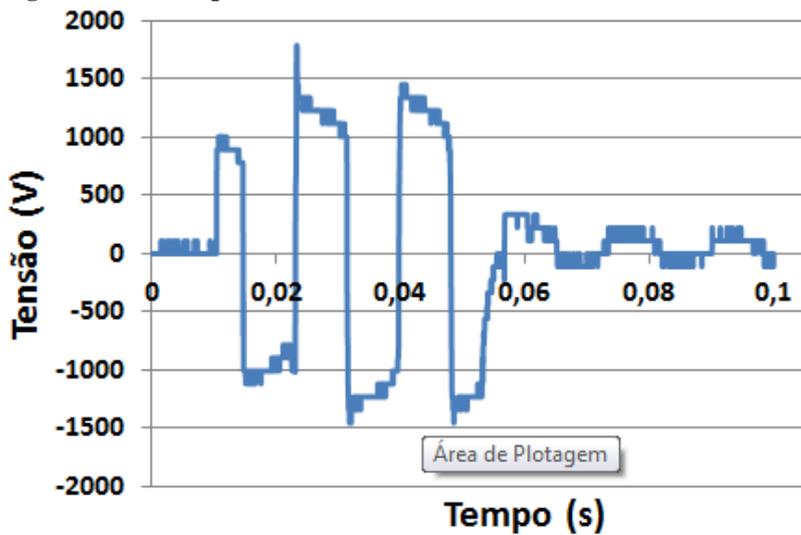


Fig. 22. Gráfico representativo do ensaio 2 de sobretensão extrema.

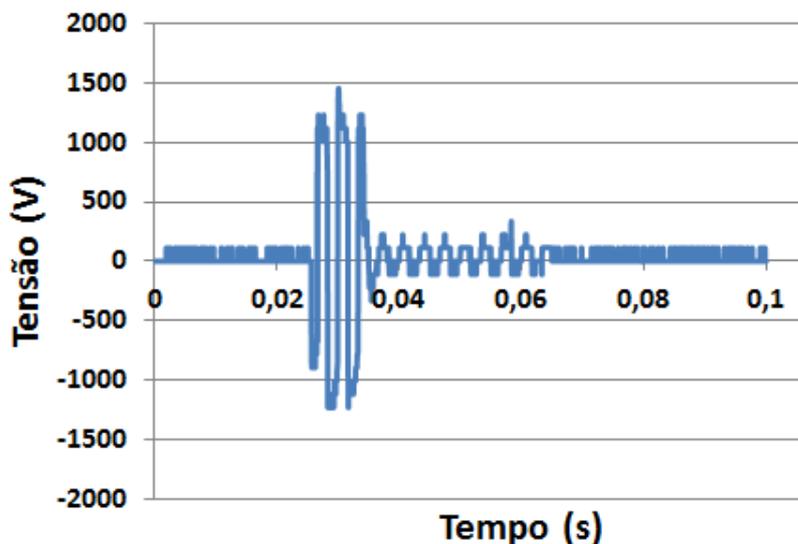


Fig. 23. Gráfico representativo do ensaio 3 de sobretensão extrema.

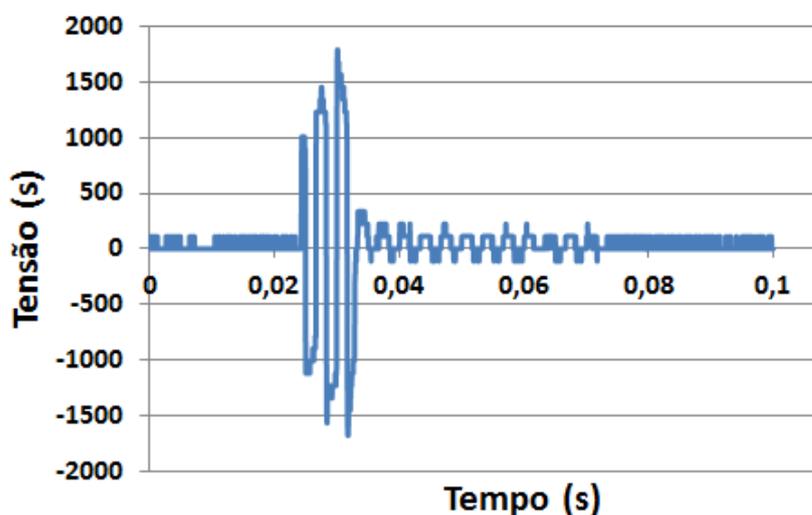


Fig. 24. Gráfico representativo do ensaio 4 de sobretensão extrema.

3.5- 3º etapa- Transitórios Impulsivos

A caracterização das ondas de tensão e corrente incidentes sobre as redes e propagadas até os consumidores finais é contemplada em documentos como: IEEE C6241, IEEE C6234, IEEE C6245, IEC 61643-1, IEC 61000-4-5. Estes estabelecem um padrão de onda associado com os clássicos 1,2 μ s para o tempo de subida e 50 μ s para se atingir 50% do valor de crista da tensão. Vale lembrar que este ensaio é o responsável pela região I da curva de suportabilidade dielétrica do equipamento em estudo. A Fig. 25, efetivamente, ilustra tal fenômeno.

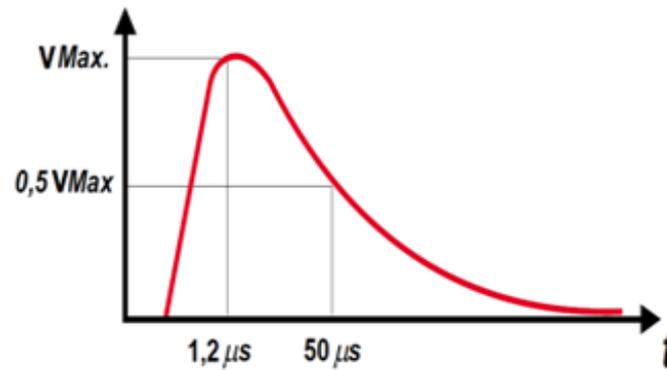


Fig. 25. Forma de onda padrão para o impulso de tensão

Quanto ao arranjo laboratorial que se emprega a este ensaio, consiste em recursos disponibilizados por um laboratório de alta tensão típico, a qual dispõe, dentre outros, uma fonte de impulsos de tensão que permite reproduzir valores de pico de até 200 kV, com uma energia de 20 kJ . A Fig. 26 sintetiza os componentes que necessitam para a montagem laboratorial, onde se constata: o equipamento gerador de impulsos, os medidores e sensores, um medidor de energia e o equipamento focado no teste.

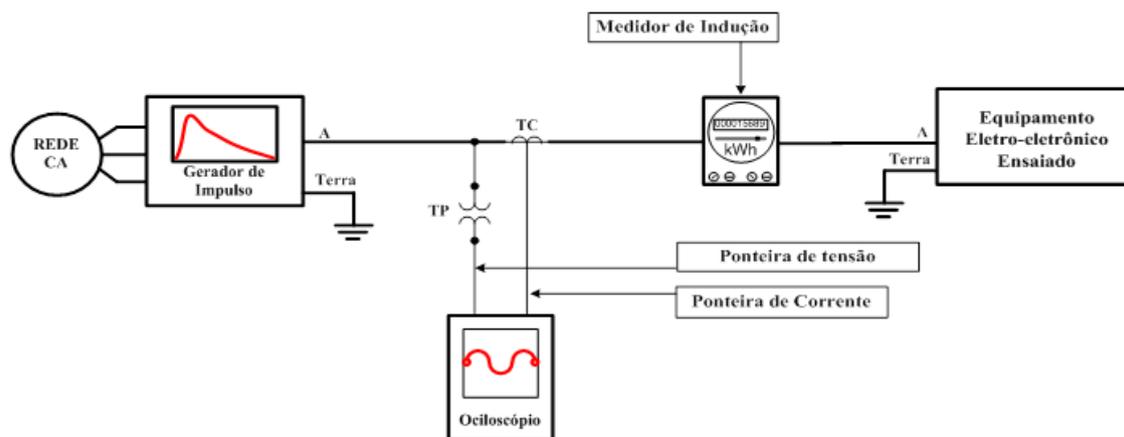


Fig. 26. Estrutura laboratorial para reprodução de fenômenos associados com descargas atmosféricas.

Apesar da configuração proposta na Fig. 26, infelizmente a Faculdade de engenharia elétrica da UFU não tem o equipamento responsável em gerar os impulsos de tensão e nem estrutura laboratorial para o mesmo. Portanto, não foi possível a realização de tal ensaio. Contudo, a bibliografia específica sobre o tema “curvas de suportabilidade” apontam para uma característica delineada por uma função logarítmica no que tange aos níveis de suportabilidade de equipamentos. Como os ensaios até então aplicados proporcionaram a obtenção de dois pontos específicos, pode-se estimar a composição da curva de suportabilidade característica dos condicionadores de ar nos termos propostos por este projeto de pesquisa, conforme detalhado na próxima seção.

4. Obtenção das curvas de suportabilidade dielétrica.

As publicações técnicas que correlacionam os níveis de suportabilidade dielétrica e a duração dos fenômenos impactantes sobre os mais distintos equipamentos empregados nas instalações residenciais, comerciais e industriais, se apoiam em relações matemáticas que resultam em curvas similares àquela indicada na Fig. 27. O eixo vertical, caracterizado pela função $F(t)$, denota a grandeza de interesse para este projeto (tensão ou corrente), enquanto que o eixo horizontal está intimamente vinculado com os tempos de duração dos correspondes valores de tensão ou corrente. Estes desempenhos físicos, traduzidos na forma de gráficos, traduzem, pois os níveis de tensões e correntes consideradas como admissíveis pelo equipamento. Um determinado distúrbio que conduza a valores acima dos delimitados irá, probabilisticamente, ser responsável por danos físicos e/ou operacionais sobre o dispositivo em foco.

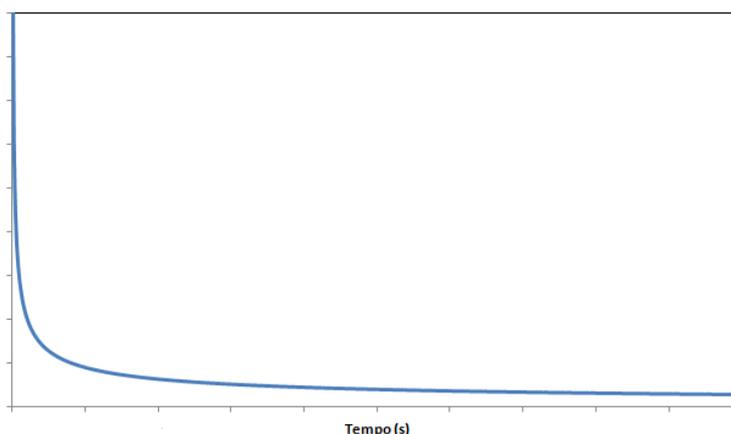


Fig. 27. Curva típica para suportabilidade dielétrica e térmica.

À luz do fato que a primeira região da curva de suportabilidade envolve tempos da ordem de μs , e a terceira região, intervalos de cerca de alguns segundos, optou-se pela utilização de funções logarítmicas para a representação matemática das curvas de suportabilidade, conforme indicado pela equação (1).

$$V(t) = \alpha \cdot \log t + \beta \quad (1)$$

Onde $V(t)$ deve ser entendido como um valor de tensão admitido pelo equipamento durante um intervalo de exposição definido por t , o qual seria capaz de impactar nocivamente na estrutura do produto em análise. Nestes termos, conhecendo-se, por

exemplo, os valores da função $V(t)$ para dois instantes distintos, t_1 e t_2 , obtêm-se para o primeiro segmento:

$$\alpha = \frac{Y(t_2) - Y(t_1)}{\log t_2 - \log t_1} \quad \text{e} \quad \beta = Y(t_1) - \alpha \cdot \log t_1 \quad (2)$$

Os demais segmentos seguem a mesma particularidade, utilizando-se de (1) com os seus coeficientes determinados nos termos estabelecidos pela equação (2).

Em consonância com os termos apresentados, as figuras 28, 29, 30 e 31 apresentam os resultados gráficos para os níveis de suportabilidade de tensão do protótipo.

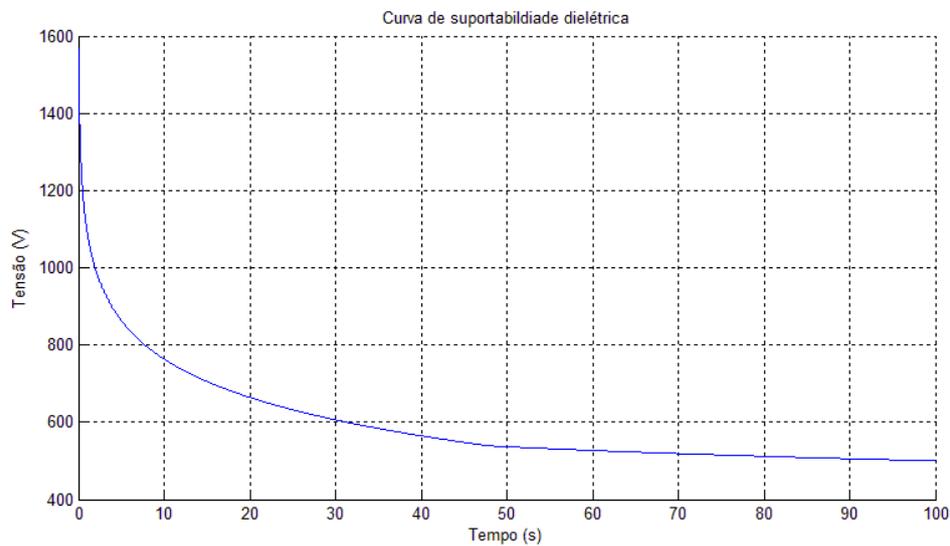


Fig. 28. Curva de suportabilidade dielétrica relativo ao ensaio 1.

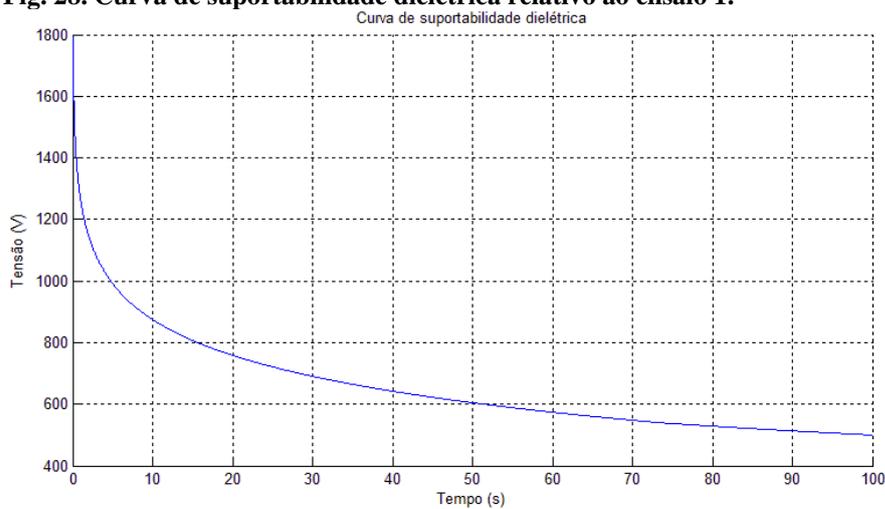


Fig. 29. Curva de suportabilidade dielétrica relativo ao ensaio 2.

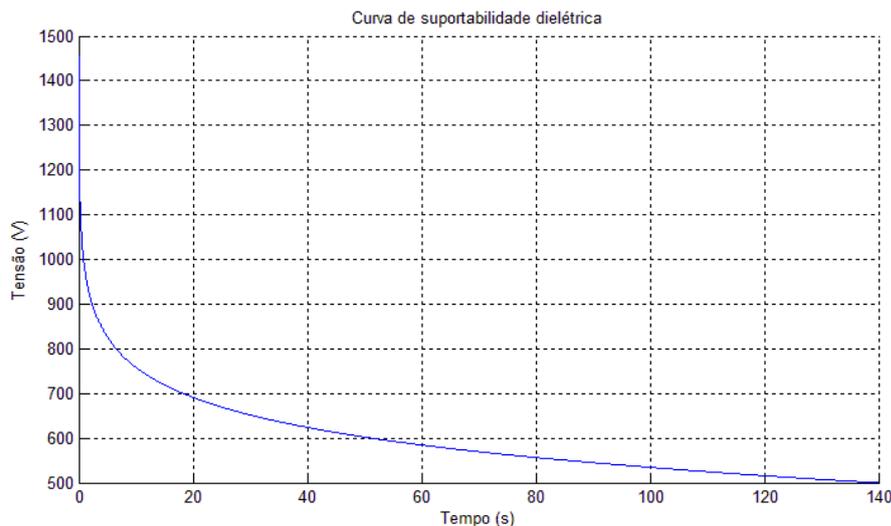


Fig. 30. Curva de suportabilidade dielétrica relativo ao ensaio 3.

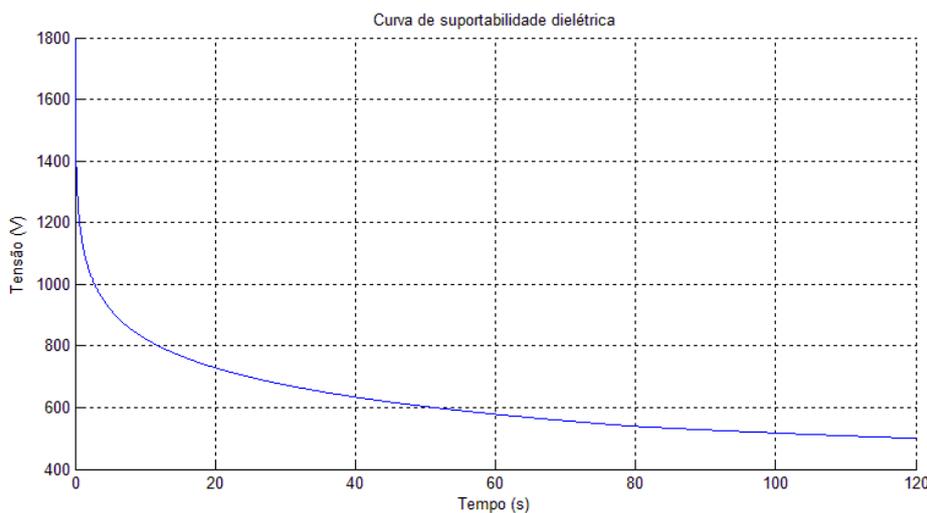


Fig. 31. Curva de suportabilidade dielétrica relativo ao ensaio 4.

5. SUPORTABILIDADE TÉRMICA

A estratégia que se emprega para a obtenção da energia máxima admissível pelo equipamento apoia-se na realização de ensaios destrutivos empregando-se, para tanto, formas de onda de corrente injetadas com características próprias às descargas atmosféricas. Esta adoção se justifica pelas recomendações internacionais previstas pelos seguintes documentos: IEEE C6241, IEEE C6234, IEEE C6245, IEC 61643-1 e IEC 61000-4-5. Todos estes utilizam uma onda de corrente de $8\mu\text{s}$ por $20\mu\text{s}$. O primeiro associado com o tempo de subida da onda e o segundo como representativo do intervalo de tempo necessário para que o impulso atinja 50% do respectivo valor de crista, como ilustra a Figura 32.



Fig. 32. Forma de onda padrão para o impulso de corrente.

Quanto ao arranjo laboratorial que se emprega a este ensaio, consiste em recursos disponibilizados por um laboratório de alta tensão típico, a qual dispõe, dentre outros, uma fonte de impulsos de corrente que permite reproduzir valores de pico de até 80 kA, com uma energia de 20 kJ .

Infelizmente, o laboratório, não tem o equipamento responsável em gerar os impulsos de corrente e nem estrutura laboratorial para o mesmo.

Apesar de não ser possível a aplicação deste teste, fica a sugestão apresentada pela Fig. 33, que sintetiza os componentes necessários para a montagem laboratorial, onde se constata: o equipamento gerador de impulsos, os medidores e sensores, um medidor de energia e o equipamento focado no teste.

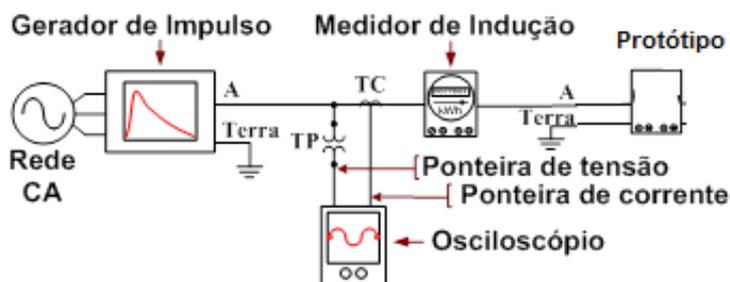


Fig. 33. Estrutura que se utiliza para a obtenção da energia térmica admissível pelos equipamentos.

Após a obtenção das curvas de suportabilidade dielétrica, fica como contribuição a sugestão de se utilizar a curva que representa a situação mais crítica entre as curvas levantadas, sendo a curva de suportabilidade indicada na Fig. 34, referente ao ensaio 3, evidenciada na Fig. 30.

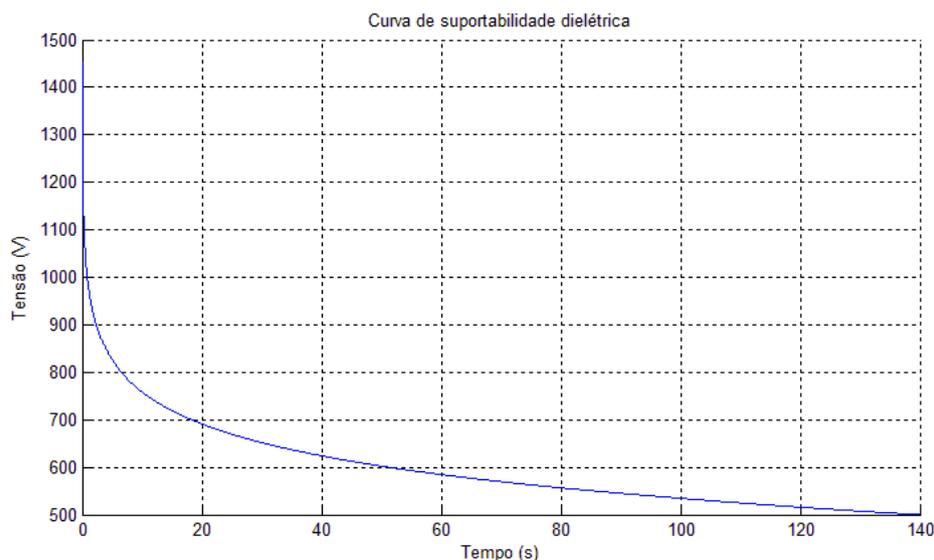


Fig. 34. Curva de suportabilidade dielétrica recomendada para representar os limites dielétricos do condicionador de ar split.

6. Conclusão

Com o rápido avanço tecnológico, os aparelhos tornam-se mais sensíveis, e conseqüentemente mais susceptíveis à ocorrência de danos, devido aos distúrbios que acontecem na rede elétrica. Os consumidores estão mais conscientes de seus direitos, em conseqüência, há um número crescente de pedidos de ressarcimento por danos a cada ano que se passa. No entanto, atualmente, as concessionárias e os órgãos reguladores não dispõem de meios técnicos eficientes para resolver os conflitos entre as partes envolvidas (consumidor e concessionária).

No Brasil, na medida em que se tem um crescente índice de Pedidos de Indenização por Danos em aparelhos elétricos – PID (denominação costumeira do setor elétrico que generaliza as solicitações de indenizações pela queima de toda gama de aparelhos e equipamentos elétricos e eletrônicos, incluindo os eletrodomésticos), predominantemente de consumidores atendidos em baixa tensão, o problema de regulação do setor elétrico torna-se mais contundente.

Objetivando contribuir neste tema, este trabalho destaca a obtenção das curvas de Suportabilidade Dielétrica para um aparelho de Ar Condicionado Split. Os trabalhos primam, portanto, por estudar quais são os elementos (placa eletrônica de controle e o motor elétrico/compressor) mais sensíveis à alimentação não ideal e levantar limites de tensão e de corrente para a obtenção de curvas de suportabilidade dielétrica e térmica, no intuito de contribuir para este grande tema. Foram propostas metodologias e

estruturas laboratoriais para a obtenção dos limites térmicos e dielétricos do equipamento focado nos trabalhos. Finalmente, com base nos estudos realizados foi proposta uma curva de suportabilidade dielétrica para representar os limites dielétricos do condicionador de ar Split.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. C. Delaiba, J. C. Oliveira, C. E. Tavares, M. V. B. Mendonça, I. N. Gondim, J. A.F. Barbosa Jr., "Desenvolvimento de uma metodologia para análise de ressarcimento de equipamentos eletroeletrônicos novos e usados, associados aos distúrbios na rede elétrica da CEMIG, testando dispositivos mitigadores" CEMIG-UFU, Uberlândia/MG, Relatório Técnico 06/07, Abr. 2010.
- A. S. Jucá, "Avaliação do Relacionamento entre Consumidores e Concessionárias na Solução de Conflitos por Danos Elétricos: Proposta de adequação", Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo/SP, 2003.
- C. E. Tavares, J. C. Oliveira, M. V. B. Mendonça, A. C. Delaiba, R. M. T. Silva, "An Approach for Consumers Refunding Analysis Associated to Voltage Disturbances and Equipment Damages", Revista Eletrônica de Potência – SOBRAEP, vol. 13, Nº 1, Fev. 2008.
- C. E. Tavares, "Uma Estratégia Computacional para a Análise Técnica de Pedidos de Ressarcimento de Danos a Consumidores", Tese de Doutorado, UFU, Uberlândia/MG, 2008.
- K. Ermeler, W. Pfeiffer, D. Schoen, M. Schocke, "Surge Immunity of Electronic Equipment", IEEE - Electrical Insulation Magazine, Vol. 14, 1998.
- M. H. J. Bollen, Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions, Piscataway, IEEE Press, 2000.
- R. C. Dugan, M. F. McGranaghan, S. Santoso, H. W. Beaty, Electrical Power Systems Quality, 2nd Edition, USA: McGraw-Hill, 2003.