



VI SBQEE

21 a 24 de agosto de 2005
Belém – Pará – Brasil



Código: BEL 01 7721
Tópico: Análise, Diagnóstico e Soluções

METODOLOGIA DE ANÁLISE DE VARIAÇÕES MOMENTÂNEAS DE TENSÃO EM SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

ANÉSIO DE LELES F. FILHO

MARCO A. DE OLIVEIRA

AGUIAR G. V. DA COSTA

UNB

RESUMO

Este trabalho apresenta uma ferramenta computacional com o propósito de auxiliar na geração de resultados numéricos e gráficos da monitoração de unidades consumidoras, quanto aos níveis dos afundamentos e elevações momentâneas de tensão. Com sua utilização é possível gerar um diagnóstico que, analisado, possibilitará a implementação de um universo de alternativas para melhor compatibilizar os fenômenos intrínsecos do sistema elétrico às características de sensibilidade das cargas do consumidor.

Para a quantificação e qualificação dos afundamentos e elevações, foi idealizada e desenvolvida uma ferramenta computacional fundamentada nas normas internacionais e na Recomendação Brasileira.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade da Energia Elétrica, Afundamentos de Tensão.

1.0 INTRODUÇÃO

Hoje, a manutenção preventiva, ação altamente necessária para se garantir a confiabilidade e segurança de qualquer sistema elétrico, é muitas vezes negligenciada em ambientes como campi universitários, devido a escassez de recursos financeiros e humanos destinados às estes fins. Com isto, amplia-se um cenário cada vez mais ruinoso, caracterizado pela perda da qualidade da energia.

É fato que, há poucas décadas, este assunto não constituía alvo de grande interesse, uma vez que

os equipamentos até então utilizados eram menos sensíveis aos fenômenos relacionados à qualidade, e o número de dispositivos desenvolvidos a partir da eletrônica de potência ainda não havia alcançado patamares tão expressivos.

Contudo, no momento, o panorama é outro. Um amplo espectro de fenômenos eletromagnéticos está presente no cotidiano dos sistemas elétricos, afetando desde os processos industriais a ambientes com características comerciais. E os infortúnios são os mesmos: distúrbios que culminam em efeitos de aquecimento indesejáveis, perda de isolamento, operação indevida, parada de produção, todos podendo gerar prejuízos muitas vezes incomensuráveis. A perda de uma pesquisa de doutorado, em função do tempo de uma interrupção em um processo de alimentação, exemplifica o supracitado.

Este trabalho apresenta uma ferramenta computacional com o propósito de auxiliar na geração de resultados numéricos e gráficos da monitoração de unidades consumidoras, quanto aos níveis dos afundamentos e elevações momentâneas de tensão. Com sua utilização é possível gerar um diagnóstico que, analisado, possibilitará a implementação de um universo de alternativas para melhor compatibilizar os fenômenos intrínsecos do sistema elétrico às características de sensibilidade das cargas do consumidor.

Para a quantificação e qualificação dos afundamentos e elevações, foi idealizada e desenvolvida uma metodologia que, dentre várias

ações, visa ilustrar gráficos com os valores de tensão em função do tempo, da distribuição de probabilidade de ocorrências de afundamentos versus a amplitude do afundamento, gráficos da distribuição de probabilidade de ocorrências de afundamento versus o tempo de duração do fenômeno, todos voltados à comparação com as normas internacionais e a Recomendação Brasileira.

Desta forma, serão evidenciados os valores de tensão e tempo de duração dos afundamentos e elevações momentâneas de tensão existentes nestas instalações.

Adicionalmente, serão identificados os possíveis efeitos oriundos destes fenômenos, e as causas que os geraram.

Este trabalho é de importância evidente, tendo considerado que o conhecimento do comportamento de fenômenos como afundamentos e elevações momentâneas de tensão, culmina em ações que poderão minimizar os danosos efeitos dos mesmos sobre o sistema de potência, bem como preparar a universidade para uma nova era onde a nova legislação voltada para a qualidade da energia, provavelmente exigirá, monitoração e acompanhamento na sua rede elétrica. Além disto, os gráficos aqui expostos, prestam-se a formação de um banco de dados contendo valiosas informações quanto às amplitudes e tempo de duração dos afundamentos e elevações momentâneas de tensão.

2.0 VARIAÇÕES MOMENTÂNEAS DE TENSÃO

2.1 Conceitos e definições

Em grande parte das normas são consideradas variações momentâneas de tensão, variações acima de 10% em relação à tensão de referência. Os afundamentos de tensão representam uma queda de tensão abaixo de 90 % da tensão de suprimento. Este valor pode variar de acordo com a metodologia utilizada para análise, e também, para o caso de monitoração, com a configuração pré-estabelecida para o medidor. Estes fenômenos podem provocar desligamento de aparelhos e paradas na produção em fábricas. Os principais parâmetros para a classificação dos afundamentos são a intensidade e a duração do evento.[2]

Os afundamentos são geralmente provocados por partida de grandes motores, energização de transformadores e curto-circuito no sistema de transmissão de energia (na maioria das vezes provocadas por ocorrência de descargas atmosféricas).[4]

As elevações momentâneas de tensão representam um aumento em relação à tensão de referência. Na maioria das recomendações são permitidas variações de até 10% acima da tensão de referência (não consideradas como elevações de tensão). Estes eventos, a exemplo dos afundamentos de tensão, são também caracterizados principalmente pela sua duração e intensidade.

As elevações de tensão são mais incomuns no sistema elétrico. Porém a ocorrência de elevações de grande intensidade ou longa duração provocará a imediata queima de cargas sensíveis.

2.2 Metodologia IEEE 1159-1995

Nesta norma os afundamentos não são classificados pela sua intensidade. São apenas distinguidas pela sua duração. A tabela 1 apresenta a classificação dos eventos segundo esta norma.[2,3]

Tabela 1 – Classificação dos eventos segundo a Norma IEEE 1159 (1995)

Categoria	Duração	Intensidade p.u.
Instantâneo		
Afundamento	0,5 até 30 ciclos	0,1 até 0,9
Elevação	0,5 até 30 ciclos	1,1 até 1,8
Momentâneo		
Interrupção	0,5 ciclo até 3 s	< 0,1 p.u.
Afundamento	30 ciclos até 3 s	0,1 até 0,9
Elevação	30 ciclos até 3 s	1,1 até 1,8
Temporário		
Interrupção	3 s até 1 min	< 0,1 p.u.
Afundamento	3 s até 1 min	0,1 até 0,9
Elevação	3 s até 1 min	1,1 até 1,8

É importante destacar que as interrupções de tensão não devem ser confundidas com os afundamentos de tensão.

3.0 PROGRAMA COMPUTACIONAL

Trata-se de uma nova ferramenta auxiliar, desenvolvido em linguagem "MATLAB 6.5", e dotado de vários recursos no sentido de fornecer opções simples e objetivas na análise de afundamentos e elevações de tensões. A sua aplicação se justifica sobretudo por se tratar de um programa bastante útil aos consumidores, à concessionária e aos fabricantes de equipamentos, quando da avaliação dos supracitados fenômenos em qualquer ambiente do sistema elétrico de potência.

O aplicativo foi dividido em um módulo de entrada e ainda 4 módulos independentes e ao mesmo tempo complementares. A seguir, são

caracterizados de forma sucinta, cada um dos módulos que compõem a estrutura geral de avaliação das distorções harmônicas:

3.1 Módulo de entrada

Corresponde ao módulo de inicialização do aplicativo, responsável pela leitura do banco de dados e apresentação de suas principais características. As figuras 1 e 2 apresentam os tópicos contidos neste item.



Figura 1 - Módulo de Entrada

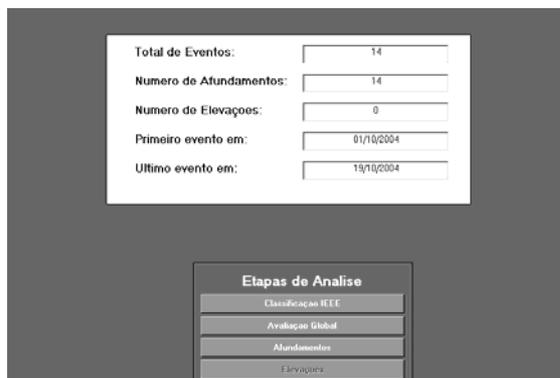


Figura 2 - Descrição do banco de dados

Da figura 1 observa-se que após a abertura do banco de dados, o programa disponibiliza diversas opções de análise.

3.2 Módulo I - classificação IEE

Nesta etapa os eventos são classificados segundo a metodologia IEEE 1159-1995. É disponibilizada nesta opção a possibilidade de visualização da tabela 2 de classificação e também um gráfico de barras com o número de eventos em cada classificação

Tabela. 2 - Classificação segundo a norma IEEE apresentada pelo programa

Classificação	Duração	Itensidade p.u.	numero de eventos
Afundamento Instantâneo	0,5 a 30 ciclos	0,1 a 0,9	12
Elevação Instantânea	0,5 a 30 ciclos	1,1 a 1,8	0
Interrupção Momentânea	0,5 ciclos a 3 s	< 0,1 p.u.	3
Afundamento Momentâneo	30 ciclos a 3 s	0,1 a 0,9	2
Elevação Momentânea	30 ciclos a 3 s	1,1 a 1,8	0
Interrupção Temporária	3 s a 1 min	< 0,1 p.u.	0
Afundamento Temporário	3 s a 1 min	0,1 a 0,9	0
Elevação Temporária	3 s a 1 min	1,1 a 1,8	0

3.3 Módulo II - avaliação global

A etapa de Avaliação Global, como o próprio nome diz, é responsável pela análise conjunta de todos os eventos inseridos no banco de dados incluindo afundamentos e elevações de tensão. Nesta etapa é possível realizar os seguintes tipos de visualização: Gráfico de eventos por intensidade e duração, Gráfico de eventos por período de medição, Curva ITIC, Curva de Causas e Estatísticas Globais. A figura 3 apresenta o gráfico de eventos por período de duração e número de ocorrências.

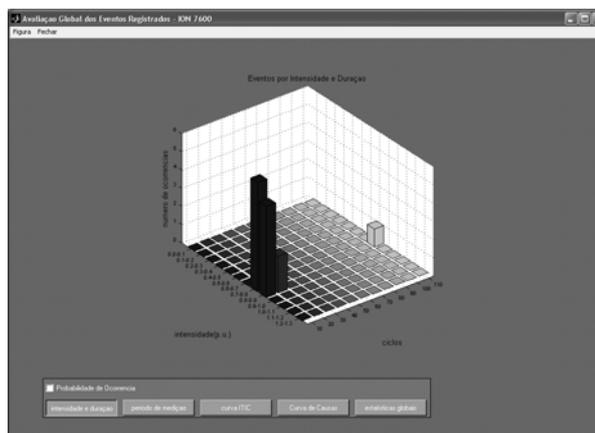


Figura 3 - Avaliação Global dos Eventos Registrados

O gráfico da figura 3 é importante para a verificação do tipo de evento que ocorre com maior frequência em um local de análise. É possível alternar entre a visualização do número de eventos e a visualização da probabilidade de ocorrência.

O gráfico de eventos por período de medição é um diagrama tridimensional cujos eixos representam a data, o horário e o número de eventos. Esta representação é importante para verificar se ocorreu um grande número de eventos em um determinado dia ou se os fenômenos se repetem ao passar dos dias em um mesmo horário. Aqui também é possível alternar entre a visualização do número de eventos e a probabilidade de ocorrência.

A curva ITIC, figura 4, se faz presente nesta etapa para evidenciar os possíveis efeitos das VMTs em equipamentos elétricos.

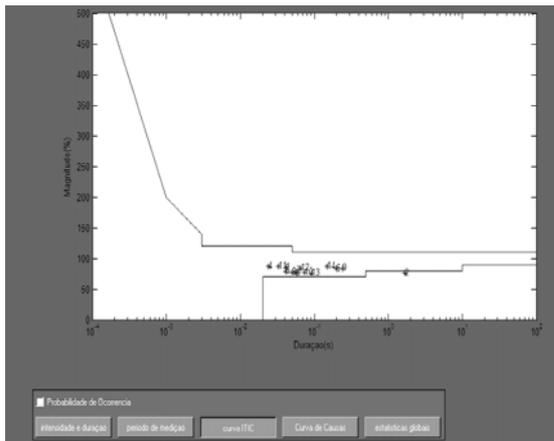


Figura 4 - Curva ITIC

Da figura 4 pode-se observar que cada evento é acompanhado de um número que define a sua ordem no banco de dados. Este número é importante na caracterização do fenômeno nas etapas afundamentos ou elevações. A curva de causas é o gráfico de magnitude versus duração, figura 5.

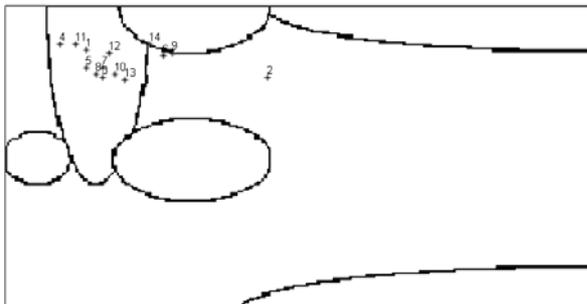


Figura 5 - Curva que relaciona os eventos às suas prováveis causas

Da figura 5 direciona a conclusão de que a finalidade desta representação é associar o evento a uma possível causa. Assim como na curva ITIC, as VMTs aqui representadas também acompanham o número de ordem no banco de dados.

As estatísticas globais realizam a caracterização do banco de dados dividindo-o em dados referentes a dias da semana e dados referentes a fim de semana. Os gráficos desta parte são do número de ocorrência em função do período do dia. A avaliação aqui proposta permite identificar se os eventos ocorrem durante a realização de uma atividade específica ou em sua ausência.

3.4 Módulo III – afundamentos

Nesta etapa cada afundamento do banco de dados é analisado individualmente. A figura 6

mostra a janela que é acionada ao se entrar neste tópico.

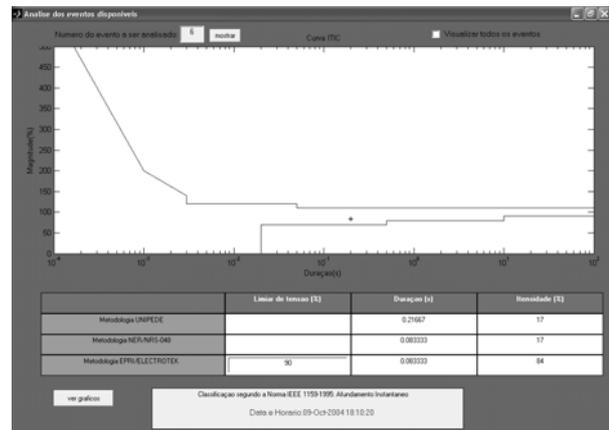


Figura 6 - Módulo da similaridade entre dias

A janela da figura 6 possui uma tabela que mostra a duração e a intensidade do afundamento segundo as metodologias UNIPEDE, NER/NRS e EPRI/ELECTROTEK. Para esta última metodologia ainda é possível ajustar o limiar de tensão. O quadro inferior apresenta a classificação do evento segundo a norma IEEE e também a data e o horário de ocorrência do evento. O evento também é caracterizado na curva ITIC.

O botão “ver gráficos” no canto inferior esquerdo habilita a janela em que é possível visualizar algumas formas gráficas referentes a afundamentos. A figura 7 ilustra esta janela.

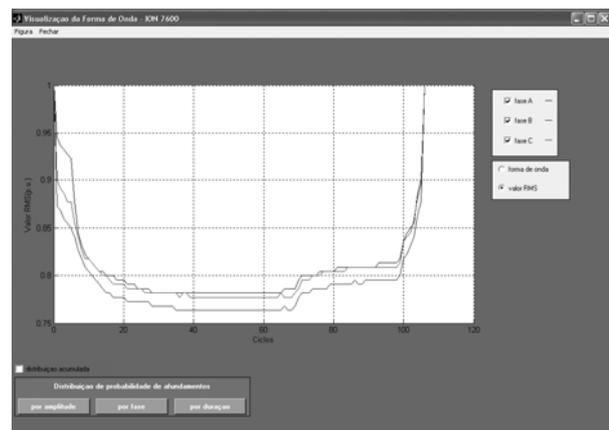


Figura 7 - Gráficos referentes à afundamentos

Na janela mostrada na figura 7 são habilitadas a visualização da forma de onda e do valor RMS durante a ocorrência de um afundamento. Pode-se trabalhar com as três fases ou fazer com que sejam mostradas somente uma ou duas fases específicas. O valor da forma de onda é aproximado, o seu cálculo é feito através do valor

RMS e são desconsiderados os efeitos de defasamento e distorções harmônicas.

Nesta etapa do programa também é possibilitada a representação de diagramas que mostram a distribuição de probabilidade de afundamentos por amplitude, por duração e por fase. Nos dois primeiros casos é possível alternar entre a visualização da distribuição de probabilidade e a distribuição acumulada.

3.5 Módulo IV - Elevações

Os procedimentos de análise de elevações são semelhantes aos de afundamento. Por ser um fenômeno raro em um sistema elétrico, no início do programa é realizada uma busca por elevações no banco de dados. Esta opção só é habilitada se o banco de dados contiver este tipo de evento.

4.0 CONCLUSÃO

A ferramenta computacional desenvolvida apresentou diversos métodos de análise dos resultados da monitoração. O aplicativo foi dividido em um módulo de entrada e outros 4 independentes e ao mesmo tempo complementares. Na maioria das vezes, estes módulos foram sustentados por ferramentas estatísticas

A partir destes foi possível visualizar a forma de onda e o valor RMS para os eventos medidos. A curva "ITIC" e a curva de "Causas" ajudaram a atribuir uma provável causa e um provável efeito aos eventos.

Outros diagramas de grande utilidade do programa são: distribuição de eventos por período de medição, útil para a verificação da repetição de evento ao longo de um dia ou em um determinado horário em dias diferentes; distribuição de eventos por intensidade e duração, importante para verificar o tipo de evento que mais se repete durante o período de análise; distribuição de probabilidade de afundamentos por intensidade, por duração e por fase.

O programa computacional realiza a sua análise

com base em quatro metodologias, a saber: Metodologias IEEE 1159-1995, UNIPED, NER/NRS-048 e EPRI/ELETROTEK. Para cada afundamento ou elevação de tensão é mostrada no programa a caracterização do mesmo para cada uma das normas.

O programa, quando da sua aplicação à uma situação real, mostrou-se simples, e sobretudo capaz de propiciar análises baseadas em conceitos estatísticos.

Com a utilização dos módulos que constituem a ferramenta computacional, é possível contribuir para o estabelecimento de diretrizes para nortear as campanhas de medição de afundamentos de tensão.

Embora os resultados obtidos não possam ser imediatamente generalizados para outras cargas, a metodologia apresentada pode ser de grande utilidade para empresas e profissionais interessados na quantificação e na qualificação dos afundamentos e elevações de tensão.

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bollen, M.H.J.; Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions IEEE Press Power Engineering Series, McGraw-Hill, Inc.
- [2] Carvalho Filho, J.M.; Uma Contribuição à Avaliação do Atendimento a Consumidores com Cargas Sensíveis – Proposta de Novos Indicadores, Escola Federal de Engenharia de Itajubá – EFEI, 2000.(Tese de doutorado).
- [3] Leborgne, R.C.; Uma Contribuição à Caracterização da Sensibilidade de Processos Industriais Frente a Afundamentos de Tensão, Universidade Federal de Itajubá, 2003. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica).
- [4] Bronzeado H S; Qualidade de Energia Elétrica: Conceitos, Problemas e Soluções, Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da UFPE – FADE, Outubro 2002.
- [5] Deckmann, S. M.; Estudo Sobre Qualidade de Energia Elétrica – Variações Momentâneas de Tensão, Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) , Julho 2000.

