



VI SBQEE

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



Código: BEL 13 7770
Tópico: Sistema de Monitoramento e Tratamento de Dados

ANÁLISE DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ENERGIA DO PONTO DE VISTA DE UM CONSUMIDOR EM UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

CARLOS ALBERTO DUTRA

GUSTAVO RAPOSO VIEIRA

CONRADO SEIBEL

REASON TECNOLOGIA S.A.

RESUMO

A medida que a confiabilidade dos fornecedores de energia se torna uma constante, a preocupação recai sobre a qualidade da energia entregue ao consumidor. Neste contexto a monitoração dos parâmetros de qualidade de energia torna-se mandatória para o estabelecimento de um perfil de consumo/fornecimento. Este estudo procurou consolidar uma base de dados, ao longo de dezoito meses, que estabelecesse um perfil tanto do consumidor monitorado quanto da energia entregue. Demonstrou-se assim que são necessárias ferramentas adequadas para a análise e o quanto esta análise pode influenciar no desempenho de atividades cotidianas de uma empresa de médio porte.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade de energia, banco de dados, monitoração, análise, rede de distribuição.

1.0 INTRODUÇÃO

Cada vez mais tem-se por parte das fornecedoras de energia a preocupação com a qualidade de energia elétrica entregue ao consumidor. A sofisticação crescente dos equipamentos instalados em clientes industriais, mesmo os de pequeno porte reforça esta necessidade. Consumidores “domésticos” como grandes condomínios residenciais ou empresariais também necessitam de

fornecimento de energia elétrica dentro de padrões aceitáveis.

Para uma análise correta dos parâmetros de qualidade de energia fornecida é imperativo monitorar a rede de energia elétrica por períodos de tempo prolongados de forma a se obter uma base de dados consistente.

Para realizar o estudo dos parâmetros de qualidade de uma rede de distribuição do ponto de vista de um consumidor, foi instalado um Registrador de Parâmetros de Qualidade de Energia (RQE) monitorando diretamente à linha trifásica de alimentação da sede da empresa Reason na cidade de Florianópolis/SC.

Este artigo descreve uma análise dos parâmetros de qualidade de energia com o foco nas informações mais relevantes para consumidores inseridos nas redes de distribuição. Além dos parâmetros de qualidade, são abordados os aspectos relativos ao impacto destes parâmetros na produtividade destes consumidores.

Além da análise comparativa, este estudo buscou obter explicações para o comportamento dos vários parâmetros de qualidade de energia, fazendo a devida correspondência com a qualidade de energia fornecida pela distribuidora, mas também procurando associá-los à atividades sazonais dentro da empresa, como utilização intensa de condicionares de ar no verão, ou relacioná-los com o fluxo diário dos colaboradores no local, como a utilização de elevadores, computadores, etc.

O restante deste artigo está dividido da seguinte maneira: a seção 2 descreve o sistema de monitoração e registro dos parâmetros de qualidade, bem como o tratamento dos dados para análise. Na seção 3 é apresentada a análise dos diversos parâmetros de qualidade obtidos da instalação monitorada e finalmente na seção 4 são apresentadas as conclusões e considerações finais sobre o trabalho.

2.0 SISTEMA DE MONITORAÇÃO

Para o estudo dos parâmetros de qualidade de energia em um típico consumidor da rede de distribuição que é afetado pelo parâmetros de qualidade, foi instalado um registrador de parâmetros de qualidade no quadro de distribuição da sede da empresa Reason Tecnologia SA, em Florianópolis (SC).

Este equipamento, alimentado através de um no-break, continuamente monitora as tensões trifásicas fornecidas diretamente sobre as barras de distribuição e, através de garras de corrente apropriadas, os níveis de corrente elétrica. É importante salientar que a inclusão destes elementos não pressupõe nenhuma alteração no quadro de distribuição de energia.

Através de uma porta de rede Ethernet, é possível acessar remotamente os valores instantâneos obtidos pelo registrador, bem como os registros nele armazenados. O registrador permite exportar os dados em formatos padrão PQDIF [2], textual (CSV) e no caso de arquivos de eventos também em COMTRADE [3].

A figura 1 mostra a estrutura montada para a medição dos parâmetros de qualidade.

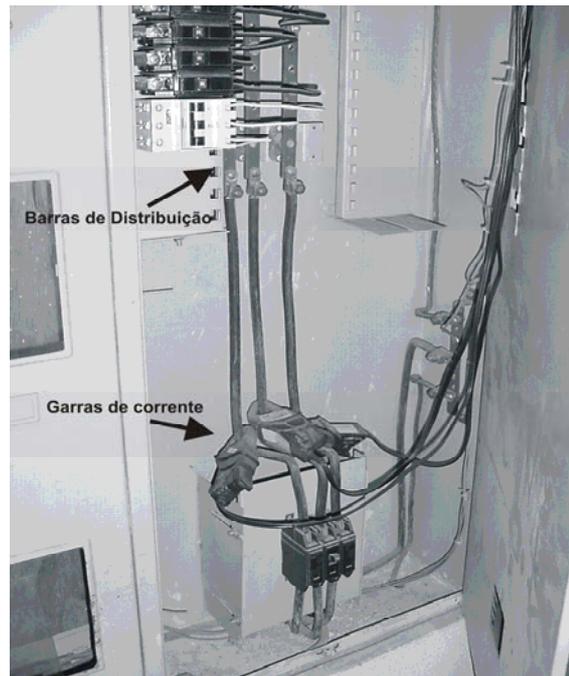


Figura 1: estrutura da entrada de energia a ser monitorada

A instalação monitorada é formada por um edifício de 4 andares onde trabalham cerca de 60 pessoas, possui aproximadamente 50 computadores ligados por todo o período de expediente da empresa, 30 condicionadores de ar frequentemente ligados durante o verão, 1 elevador, dezenas de lâmpadas fluorescentes, está localizado em um local de muito sol durante todo o dia o que leva ao uso persianas tampando a luz solar e necessitando de uso frequente de iluminação artificial.

Durante cerca de 18 meses foram monitorados e registrados os diversos parâmetros de qualidade relevantes para uma análise da qualidade da energia fornecida.

Estes registros compõem uma base de dados construída pela monitoração contínua referentes aos seguintes parâmetros: valor eficaz (RMS), fasores (valor eficaz na frequência fundamental e seu ângulo), harmônicas pares e ímpares até a ordem 50, distorções harmônicas totais (DHT) de tensão e corrente, flicker, desequilíbrio, frequência e potências senoidais e não-senoidais.

Além dos registros de medição contínua também fazem parte da base de dados registros referentes às variações de tensão de curta duração (VTCD) e às interrupções de fornecimento.

Considerando que, para os parâmetros de medição contínua, o registrador aquisita a uma taxa de 200 pontos por ciclo, é necessário que os dados sejam consolidados de forma a minimizar

o volume dos registros armazenados na memória do equipamento. Esta consolidação é dada obtendo-se os valores máximos, mínimos e médios em intervalos de 10 minutos de medição.

É importante ressaltar que qualquer medição deste tipo deve ser feita de acordo com as normas IEC correspondentes com por exemplo a norma geral de qualidade de energia IEC 61000-4-30.

Mesmo com a consolidação dos dados a cada 10 minutos, para um longo período de tempo tem-se ainda um volume bastante expressivo de dados.

Apesar dos dados diários poderem ser visualizados individualmente, nota-se a necessidade de analisar os registros de forma global ao longo de vários dias. Verifica-se portanto uma primeira dificuldade na análise dos dados que é visualizar e identificar os dados de maior interesse em um universo de meses de registro. Assim, para facilitar a análise dos registros, procurou-se gerar relatórios conforme descrito em [1], onde para um determinado período selecionado é apresentado o gráfico de linha e os dados estatísticos com base em gráficos de percentis e histogramas.

Com base nestes gráficos com informação estatística e nos gráficos diários foram realizadas as análises contidas neste documento.

3.0 ANÁLISE DOS REGISTROS DE QUALIDADE

Com base nos registros armazenados no equipamento, realizou-se a verificação dos dados de forma a obter-se padrões de comportamento característicos da instalação. Foram verificados aspectos como o consumo de potência, interrupções de fornecimento e número de variações de tensão de curta duração (VTCD), níveis de tensão e distribuição de carga nas fases. Além do aspecto comparativo, procurou-se buscar explicações para o comportamento dos vários parâmetros de qualidade de energia, fazendo a devida correspondência com a qualidade de energia fornecida pela distribuidora, mas também procurando associá-los à atividades sazonais dentro da empresa. Os dados a que se refere esta seção corresponde ao período de 1 março de 2004 a 1 de março de 2005.

3.1 Consumo de potência

Com a análise dos registros ao longo dos vários meses de monitoração percebe-se que o consumo de potência dentro da empresa representa uma atividade tipicamente sazonal.

Esta sazonalidade é demonstrada diariamente, ao longo da semana ou da época do ano.

Observando a figura 2a nota-se que o comportamento durante um dia de trabalho normal, entre o período de abertura (aproximadamente 7h da manhã) e o fechamento da empresa (aproximadamente 8h da noite) o consumo de energia é e nitidamente maior. Durante o período em que a empresa está fechada o consumo cai significativamente. Este comportamento é facilmente explicado devido ao grande número de computadores, lâmpadas e condicionadores de ar que permanecem ligados durante o horário de trabalho.

Comparando-se as figuras 2a e 2b, correspondentes a um dia típico de verão e inverno respectivamente, pode-se observar uma grande diferença no nível de consumo de potência. Nota-se que o consumo é cerca de 40% maior durante o período de verão. Esta diferença se dá primordialmente pela utilização de um número maior de condicionadores de ar ligados durante o verão.

Também se pode notar o comportamento do consumo de potência quando compara-se os diversos dias da semana. A figura 3 mostra o consumo de potência em duas semanas consecutivas. Na primeira semana nota-se que devido a um feriado em uma terça-feira, o consumo na segunda-feira é um pouco menor quando comparado com os dias da semana posterior devido a um número menor de funcionários em serviço; o dia do feriado é praticamente sem consumo, pois não havia funcionários trabalhando. Comparando o consumo dos dias seguintes aos da semana posterior nota-se um consumo ainda maior que é explicado devido a um calor mais intenso. Durante o fim de semana o consumo é bastante reduzido, retornando ao seu normal ao reiniciar a semana, onde os valores de pico encontram-se durante o período de expediente da empresa.

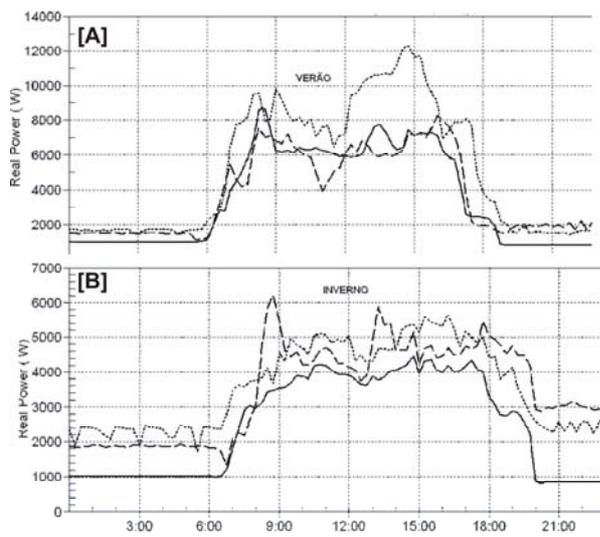


Figura 2: Consumo de potência por fase

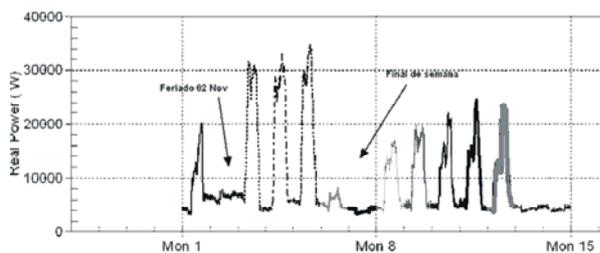


Figura 3: Consumo de potência ao longo de 2 semanas

3.2 Interrupção do fornecimento e VTCDs

Verificando os registros de eventos, durante o período de análise foram contabilizadas 123 ocorrências entre interrupções de fornecimento e VTCDs. Destas a grande maioria trata-se de VTCDs (113). Foram identificadas como interrupções de fornecimento aquelas em que a falta teve duração superior a 1 minuto. O equipamento permaneceu configurado para registrar eventos nos quais a tensão sofreu variação de 10% sobre o valor médio dos últimos 10 minutos de medição.

O volume e a distribuição destas interrupções/VTCDs podem ser observadas na figura 4. Trata-se de um curva que descreve a comportamento da entrada AC tipicamente tolerado pela maioria dos equipamentos conforme publicado pelo CBEMA, onde cada um dos pontos identifica uma ocorrência. Pode-se verificar no gráfico que houve uma maior concentração de registros na região de dentro da curva de funcionamento. Isto indica que na maioria das ocorrências os equipamentos alimentados pela rede de distribuição de energia não foram afetados sensivelmente pelas

variações de tensão, visto que tratavam-se de interrupções de curta duração (apenas poucos ciclos) não gerando desligamentos nos equipamentos. Por uma característica do registrador, os eventos com duração maior que 1 minuto aparecem identificados como de duração de 3600 ciclos.

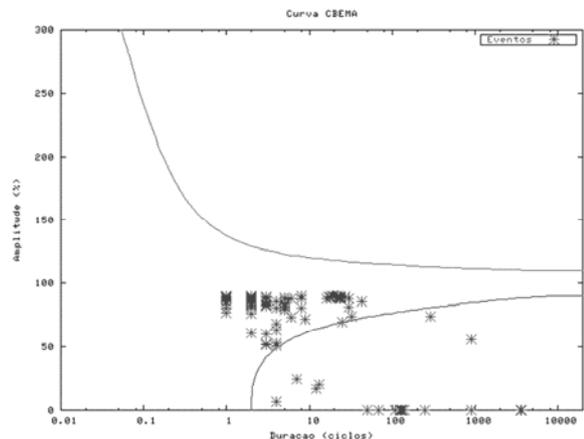


Figura 4: Curva CBEMA com eventos

Em cerca de 31 ocorrências houve desligamento, ainda que momentâneo dos equipamentos conectados a rede de energia. Destas ocorrências, 25 foram durante o período normal de trabalho provocando certa perda de produtividade por conta de desligamento de computadores ou parada em testes com equipamentos.

Com a análise das interrupções verificou-se que o dimensionamento dos no-breaks que abasteciam os servidores de arquivos da empresa estavam adequados para a maior parte do tempo, entretanto, modificou-se o procedimento automatizado para que após 10 minutos de interrupção de fornecimento de energia, os servidores fossem desligados por garantia.

Com base nos registros também é possível observar o comportamento da linha em situações em que há interrupções ou VTCDs. Na figura 5 é mostrado um registro onde claramente se identifica o comportamento da linha durante uma interrupção. Nota-se que uma das fases é perturbada e instantes depois o sistema de proteção atua de forma a cessar a perturbação. Aproximadamente 2 segundos após a atuação há uma tentativa de religamento, porém o problema na fase afetada persiste, levando a um desligamento total da linha. Com base neste mesmo registro, na figura 6 observa-se o comportamento da forma de onda no momento da perturbação.

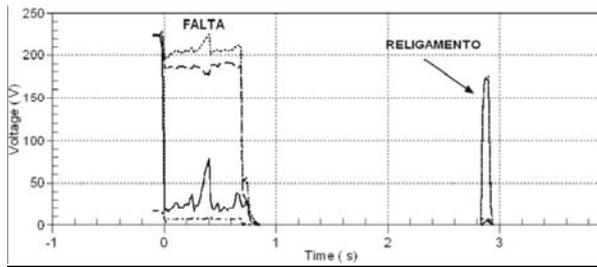


Figura 5: Interrupção

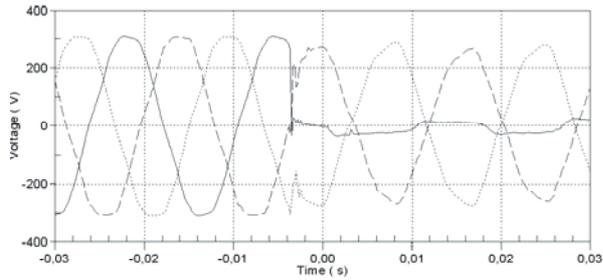


Figura 6: Forma de onda de cada fase no momento do evento

3.3 Níveis de tensão

Os níveis de tensão fornecidos pela distribuidora devem estar de acordo com padrões estabelecidos pelos órgãos reguladores. Para uma análise mais apurada destes níveis foram verificados o comportamento dos valores RMS da tensão em um período de tempo de 30 dias consecutivos, onde, através do processamento estatístico gerou-se um gráfico contendo um histograma com a distribuição de valores associados ao número de ocorrências e a curva de percentis [1]. As figuras 8(a,b e c) mostram os gráficos de distribuição estatística para os valores médios de cada fase.

Segundo estes gráficos pode-se notar que os níveis de tensão durante o mês em questão permaneceram dentro dos limites exigidos à concessionária.

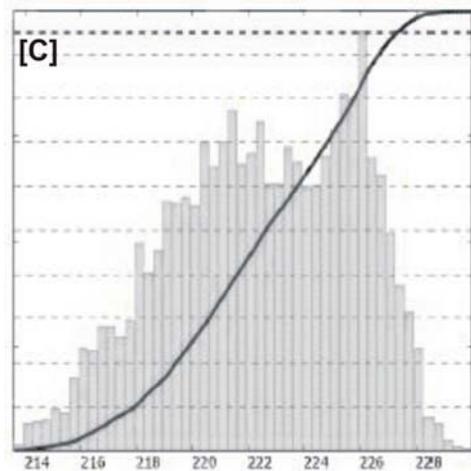
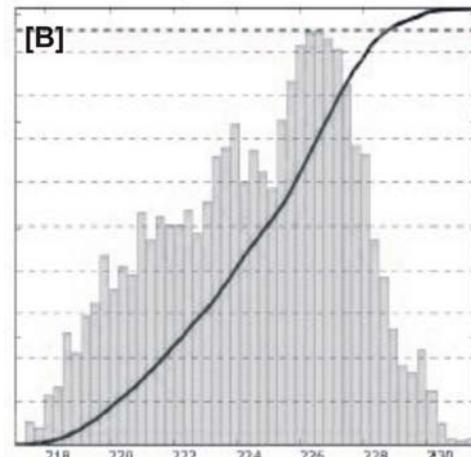
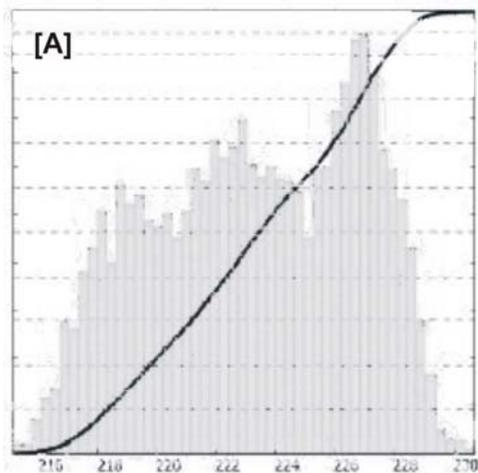


Figura 8: Dados estatísticos de tensão RMS para fase A, B e C

Os níveis de tensão RMS típicos ao longo de um dia normal de trabalho estão de acordo com o mostrado na figura 9. É importante salientar que estes valores dependem diretamente da distribuidora de energia.

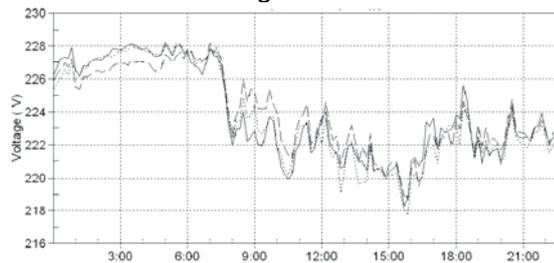


Figura 9: Tensões RMS em um dia típico

3.4 Distribuição de cargas nas fases

Com a monitoração das correntes é possível verificar o comportamento das cargas em cada uma das fases. Na figura 10 tem-se o gráfico da corrente RMS de um dia típico de verão.

Neste gráfico pode-se notar que em uma das fases a corrente está nitidamente maior que as

demais, caracterizando um desbalanceamento de cargas. Considerando a época do ano e analisando a rede de distribuição de energia dentro da empresa chega-se a conclusão que tal desbalanceamento se dá devido a conexão da maioria dos condicionadores de ar em uma mesma fase.

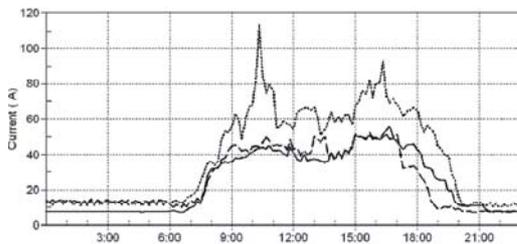


Figura 10: Correntes RMS em um dia típico

Observando um gráfico da forma de onda das tensões e correntes sobrepostas (ver figura 11), durante o período de expediente da empresa, pode-se notar que a carga além de possuir um comportamento indutivo, possui um nível de harmônicas de corrente bastante elevado. Considerando-se que a empresa possui um número considerável de computadores, que comumente utilizam fontes chaveadas, possui todas a iluminação composta de lâmpadas fluorescentes acionadas por meio de reatores, compressores elétricos para os condicionadores de ar, além de um motor elétrico de maior potencia para acionamento de um elevador, conclui-se que o perfil das correntes é coerente com o observado.

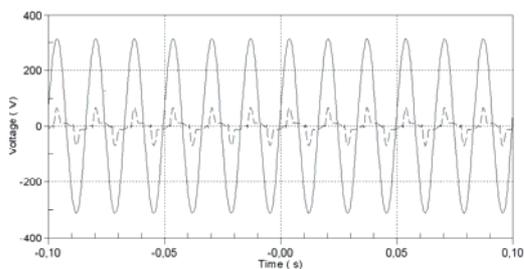


Figura 11: Forma de onda de tensão e corrente

4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procurou-se realizar uma análise dos parâmetros de qualidade considerando um consumidor interligado a rede de distribuição de energia elétrica, tendo sido monitorado continuamente por um registrador de parâmetros de qualidade de energia. Este registrador, permanece monitorando a entrada de energia da sede da empresa e encontra-se disponível para acesso remoto. Para acesso é necessário utilizar um navegador de internet e apontar para a URL: <http://rqe.reason.com.br>

Nesta análise procurou-se comparar os resultados obtidos com limites e indicadores de qualidade de energia de forma a verificar a qualidade da energia distribuída. Além do aspecto comparativo, este estudo buscou obter explicações para o comportamento dos vários parâmetros de qualidade de energia, fazendo a devida correspondência com o que é fornecido pela distribuidora, mas também procurando associá-los à atividades sazonais dentro da empresa, como utilização intensa de condicionadores de ar no verão, ou relacioná-los com o fluxo diário dos colaboradores no local, como a utilização de elevadores, computadores, etc.

A análise dos registros de interrupção de energia e de VTCDs, serviu como evidência para verificar o impacto na produtividade da empresa. Estas ocorrências foram relacionadas aos desligamentos dos computadores dos colaboradores no horário normal de trabalho e o tempo de recuperação de sua produtividade. Também foi possível verificar o dimensionamento dos no-breaks dos servidores de acordo com o histórico de interrupções de energia.

Com base neste estudo pôde-se demonstrar que, com um volume significativo de informações é possível analisar o comportamento de uma rede de distribuição, avaliar os aspectos relativos à qualidade da energia interna de um consumidor, bem como o impacto destes parâmetros para a produtividade destes consumidores. Contudo ficou evidente que o uso de ferramentas como a descrita em [1] torna-se fundamental para minimizar o tempo de análise considerando-se o volume expressivo de dados.

Para realizar uma análise global também é importante ressaltar a necessidade de verificar o comportamento dos parâmetros em vários dias e não somente em um dia isolado.

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SEIBEL, Conrado; DUTRA, Carlos A.; *Um Sistema Automatizado para Análise de Conformidade de Parâmetros de Qualidade de Energia Elétrica*, XVIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNTPEE, Curitiba, PR, 2005
- [2] IEEE Recommended Practice for the Transfer of Power Quality Data, IEEE Std 1159.3, 2003
- [3] IEEE Standard Common for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power System – Description, IEEE Std. C37.111-1991