

QUALIDADE DA ENERGIA NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS E PRODUTIVIDADE

1ª parte

Não existe mais dúvida que a energia elétrica deve ser tratada como um insumo dos processos industriais, e das operações comerciais e da área de serviços. Ao contrario do conceito de algumas décadas que a energia era vista simplesmente como “presente” ou “não presente”; o que mais se discute apesar de “presente”, como está presente e com que “grau de confiança” ela se apresenta, A qualidade da energia, matéria discutida cada vez com maior freqüência tornou-se uma grande preocupação dos gestores dos processos, devido principalmente aos prejuízos que ocorrem por sua conta. Aspectos quantitativos são atribuídos ao tema, não só pelos indicadores técnicos dos fenômenos relacionados, mas pelas pesadas perdas financeiras causadas.

Atividade/Tipo	Custo por evento (US\$)
Têxtil	1.000 a 20.000
Fundição	2.000 a 20.000
Gráfica	4.000 a 25.000
Plástico / metal	5.000 a 60.000
Automotiva	5.000 a 70.000
Extrusão	3.000 a 150.000
Papel	1.000 a 80.000
Semicondutor	30.000 a 1.000.000

Dados do EPRI-USA (Energy Power Ressource Institute) dão conta dos custos de cada parada de processo industrial por conta da qualidade de energia, a tabela inidca alguns deles:

A avaliação das perdas industriais devidas a aspectos que envolvam qualidade de energia efetuada por diversos órgãos apresenta expressivos valores, foram apresentadas pelo Eng Helio Siqueira no ENIE de 2004, conforme segue:

-US\$ 50bilhões por ano é o custo das perdas resultantes por problemas de qualidade de energia nos USA (Bank of América report)

-Sags na indústria de papel pode causar a perda de produção de um dia ao equivalente US\$ 250mil (Busines week, June 17, 1996)

-Metade dos problemas com computadores e 1/3 das perdas de dados, podem estar relacionados com o fornecimento de energia elétrica. (Contingency Planning Reasearch , LAN times

-Uma companhia no vale do silicio perdeu um unico dia US\$ 3 milhões causado por desvios de qualidade de energia.

Ainda, informação do Prof Policarpo da EFEI , citando o próprio EPRI , dá conta de perda de US\$ 15 bilhões nos EUA devido a problemas de qualidade de energia, aproximando-se este



numero pela relação de consumo de energia, indicaria ao Brasil, perda estimada entre US\$ 2 a 3 bilhões anuais.

Estas informações são mais que suficientes para se entender que a energia elétrica é um importante insumo nos processos industriais e que de sua qualidade dependerá também a qualidade do produto final e redução dos custos de produção associados; o estudo e a preocupação com a qualidade de energia elétrica aplicada aos processos vêm tomando espaço nas atividades dos profissionais de operação e manutenção destes processos, assumindo a mesma importância dos outros insumos.

Em outras palavras, a energia elétrica é um produto/insumo como qualquer outro e do ponto de vista da Qualidade, deve ser tratado sob a mesma ótica e os mesmos critérios que são utilizados para obtenção e fornecimento de qualquer produto cuja qualidade deseja-se garantir.

É possível se traçar um paralelo entre a postura dos técnicos do setor de qualidade das indústrias na aquisição de uma determinada matéria prima para aplicação na fabricação de em um produto e a análise da qualidade de energia elétrica consumida nos processos industriais que aplicarão a citada matéria prima. O mesmo paralelo pode ser aplicado na necessidade da análise da energia elétrica fornecida a um “data center” ou CPD e a confiabilidade operacional dos mesmos.

A “invasão da eletrônica digital” em processos industriais (retíficas, tornos, soldas, extrusoras, injetoras, sistemas de corte e outros tantos controlados por PLC's e drivers) demanda os cuidados outrora destinados somente a grande CPD's e seus equipamentos, na concepção da alimentação destas plantas industriais.

Os cuidados a serem tomados na alimentação destas cargas, devem considerar muito mais a importância dos custos de parada dos equipamentos, sistemas e produção que os custos de avaria nestes equipamentos devido as alterações na rede de alimentação.

As normas e publicações internacionais sobre o assunto são as publicações do IEEE, de referencias Std 1100, Std 519, Std 1159, além das normas IEC, VDE e BS entre outras que vem sendo publicadas desde a década de 80. As normas da IEC, série 61000 também tratam o assunto com bastante profundidade. Também começam a surgir livros técnicos na década de 90 de autores envolvidos em pesquisa e experiências praticas dos fenômenos. A maioria das teses de mestrado e doutorado na área elétrica, nas universidades do Brasil trata sobre este tema.

Apesar das referencias internacionais existentes a normalização de fornecimento de energia no Brasil ainda não considera estas questões.

E como avaliar a qualidade da energia com que uma indústria é suprida?

A avaliação do “nível” de qualidade de energia considerará os registros das variações encontradas nas medições relativos aos indicadores de referência para cada fenômeno. Apesar de diferentes denominações para fenômenos semelhantes (certa vez um autor ilustrou uma torre de babel com todas as denominações conhecidas então no mercado), o parâmetro “qualidade de energia” pode ser razoavelmente quantificado com a ajuda de instrumentos adequados. Determinadas ocorrências ocorrem tipicamente em períodos bastante curtos, sendo necessária acuidade adequada do instrumento para a correta identificação do fenômeno.

O IEEE Std 1159 define a análise de qualidade de energia como

:

“Os parâmetros de análise estão associados a uma grande variedade de fenômenos eletromagnéticos que caracterizam a tensão e corrente num determinado instante, num determinado local, num sistema de potência”

As questões e os desafios estão na busca pela solução, ou seja, a partir da constatação da ocorrência de fenômenos elétricos / eletromagnéticos que possam superar as tolerâncias dos equipamentos envolvidos nos processos produtivos, deve-se definir qual a forma mais eficiente e econômica de restabelecer a normalidade de suas alimentações. Certamente determinados processos industriais são mais sensíveis do ponto de vista de alimentação elétrica que outros, e isso definirá os indicadores necessários de Qualidade de energia; uma constatação interessante é que na mudança dos equipamentos fabris ou de acionamento das cargas a indústria necessariamente deverá rever os aspectos de alimentação elétrica não só do ponto de vista quantitativo, mas também qualitativo.

O ponto de partida é o entendimento do processo industrial e especificação de alimentação de cargas e a cuidadosa inspeção nas instalações e sistemas,

As medições a serem efetuadas e que terão como objetivo constatar o comportamento dos indicadores de Qualidade de Energia, requerem um planejamento para se definir o uso de instrumento e períodos de monitoração adequados. Ao final espera-se definir as possíveis soluções de correção/compensação e avaliação de investimentos.

Uma análise precisa de fenômenos de curta duração requerem taxa de amostragem e resoluções compatíveis; em geral são necessárias taxas de amostragem superiores a 256 por ciclo, podendo ser necessário 512 ou ainda 1024 amostras por ciclo.

Como resultado pode-se observar valores registrados no domínio da frequência (valores eficazes) em tempos muito curtos e análise ciclo a ciclo no domínio do tempo.

O armazenamento destas informações demanda alta capacidade de armazenamento dos instrumentos.

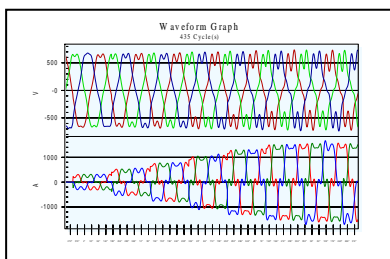
Tecnologias de compressão de arquivos de elevada relação (1000:1) já estão disponíveis, permitindo que instrumentos armazenem as informações de Qualidade de Energia por períodos de mais de um ano, uma vez que nem sempre se consegue sucesso em

monitoração com instrumentos portáteis em curtos períodos de análise. Estes equipamentos possibilitam ainda se estabelecer uma rede lógica de comunicação entre diversos instrumentos instalados nos pontos críticos de uma instalação, ou instalações, sincronizados na mesma base de tempo e definidos em coordenadas GPS, pode-se avaliar o “caminho” e a origem do fenômeno monitorado, facilitando a solução.

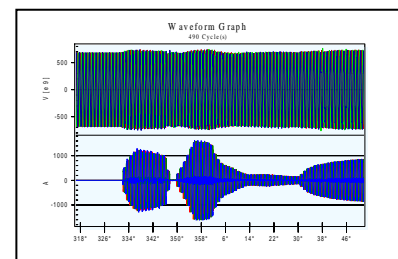
Na maior parte das vezes a obtenção de níveis aceitáveis de qualidade de energia é função do atendimento a especificações básicas de uma instalação elétrica industrial concebida e mantida de acordo com as normas vigentes.

O que pode ocorrer é que a implantação de um novo equipamento, sendo carga, fonte alternativa ou mesmo um simples conjunto de compensação reativa acabe por interferir na operação normal do processo com paradas, queimas de equipamentos e outros fenômenos que nem sempre são facilmente explicáveis.

Outra constatação interessante é que quase sempre os problemas de qualidade de energia não têm origem na concessionária, mas pela ação combinada de componentes internos da instalação.



Análise de formas de onda



Alguns pontos que devem ser efetuados nas análises dos problemas:

-vistorias técnicas nas instalações a fim de avaliar o estado geral e compatibilidade dos componentes.

-Avaliação de equipamentos elétricos (transformadores, disjuntores, reles, sistema de aterramento etc).

- Medições com taxa de amostragem e intervalo de integração compatível a fim de se avaliar o comportamento dos indicadores. Avaliação das variáveis em domínio de tempo e frequência (forma de onda).

- Instalação de instrumentos em caráter definitivo nas instalações, a fim de se avaliar por “todo o tempo” os indicadores de Qualidade de Energia, e não somente leituras instantâneas.

Desta análise as soluções normalmente partem para:

-Readequação do sistema de aterramento e instalação de DPS

-Redimensionamento/ relocação de fontes



- Aplicação de UPS ou estabilizadores (distribuídos ou centralizados)
- Readequação do sistema de compensação reativa e fator de potencia com eliminação de ressonância harmônica; implementação de sistemas de compensação compatíveis (tratamento das harmônicas, tempo de resposta adequado, isenção de transientes de manobra).
- Implantação de transformadores especiais (fator “K”)
- Implantação de filtros passivos ou ativos

Certamente nossa competitividade industrial e de processos serão beneficiados com as medidas propostas; as análises do custo benefício dos investimentos se efetuadas corretamente levando em conta as “causas estranhas” responsabilizadas pelas paradas sem explicação é um importante elemento para a alavancagem da competitividade industrial.

Eng. Jose Starosta, MSc
Diretor da Ação Engenharia e Instalações Ltda e da ABESCO
jstarosta@acaoenge.com.br
www.acaoenge.com.br

2ª parte

CLASSIFICAÇÃO DOS FENÔMENOS ELETROMAGNÉTICOS - SÍNTESE

Em complemento a matéria anterior, segue as definições dos chamados indicadores de Qualidade de Energia. Os mesmos podem ser considerados como aqueles fenômenos eletromagnéticos tratados pelas normas internacionais.

De acordo com o IEEE determinam-se :

- a) “Transientes” como os fenômenos com duração típica de 50ns até da ordem de 1ms (impulsivos) ou os de duração de 5ms à 50 ms (oscilatórios)
-) Variação de curta duração desde 0,5 ciclo até 1 minuto
- c) Variação de longa duração: maiores que 1 minuto
- d) Desbalanceamento de tensão: fenômeno de regime
- e) Distorção de forma de onda: fenômeno de regime
- f) Flutuação de tensão: fenômeno intermitente
- g) Variação de frequência: fenômeno com tempo de duração menor que 10s

De acordo com a IEC

Fenômenos conduzidos em baixa frequência: típicos de 60 hz

Fenômenos irradiados em baixa frequência campos elétricos/ magnéticos 60 hz

Fenômenos conduzidos em alta frequência: típicos de surtos atmosféricos

Fenômenos irradiados em alta frequência: campos elétricos/ magnéticos, campos eletromagnéticos, ondas e transientes.

Outros: Descargas eletrostáticas e pulsos eletromagnéticos nucleares

Os fenômenos acima podem ser interpretados como:

Transientes impulsivos: Possuem tempos de subida desde menores que 5 ns até valores da ordem de 0,1ms e duração típica desde tempos menores que 50 ns até tempo de 1 ms (1,2/50 ms). São típicos de descargas atmosféricas. A figura 1, ilustra um transiente impulsivo.

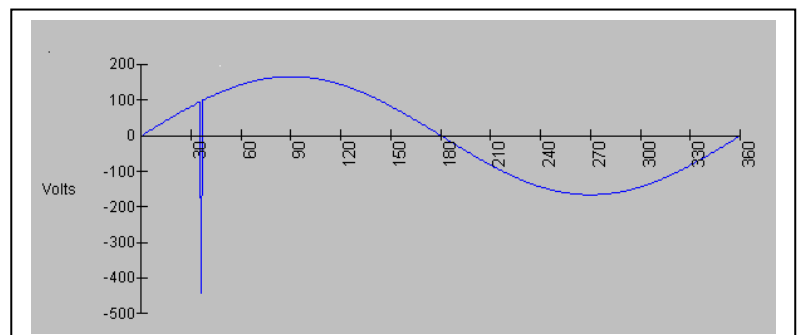


Figura 1 – transiente impulsivo

Transientes oscilatórios: Possuem freqüência de oscilação desde 5 khz até valores de 5 Mhz com duração típica de 5ms à 50 ms e com amplitude de até 8 p.u.. O fenomeno é típico de manobras e chaveamentos. A figura 2a ilustra o transiente de corrente e a influencia na tensão (figura 2b) de fornecimento típicos da manobra de capacitor por dispositivo convencional.

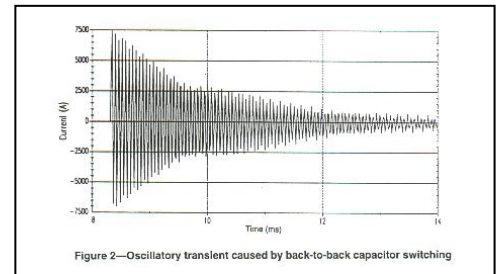


Figura 2 a – In rush de capacitor

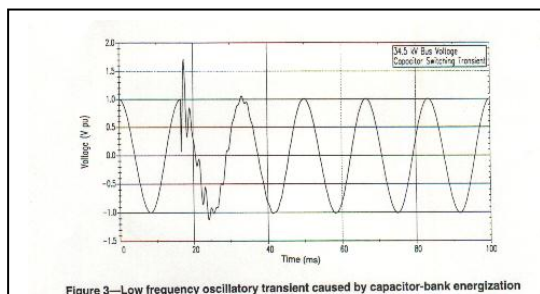
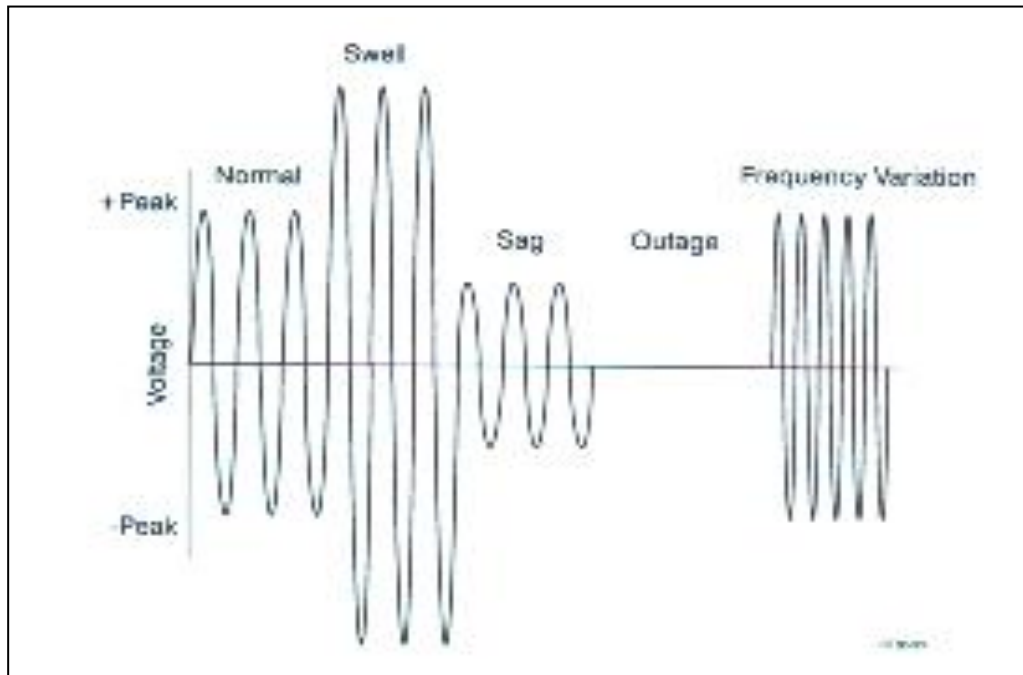


Figura 2b -Transiente de tensão causado por manobra de capacitor

2. Variações de curta duração

A tabela e gráficos abaixo ilustram a classificação das variações de curta duração, que podem ser classificadas em Instantâneas, momentâneas e temporárias, em função dos períodos de duração.

	Instantâneas	Momentâneas	temporárias
Interrupção	—	0.5ciclo-3s <0,1 pu	3s – 1 min <0,1 pu
Sags (dips)	0.5-30 ciclos 0,1 a 0,9 pu	30 ciclos-3s 0,1 a 0,9 pu	3s – 1 min 0,1 a 0,9 pu
Swells	0.5-30 ciclos 1,1 a 1,8 pu	30 ciclos-3s 1,1 a 1,4 pu	3s – 1 min 1,1 a 1,2 pu
Falhas no sistemas de potência., partida de motores, perdas de conexões, energização de capacitores e outros			



Variações de longa duração

- Interrupções: >1min; 0,0 pu
- Subtensões: >1min; 0,8 a 0,9 pu
- Sobretensões: >1min; 1,1 a 1,2 pu
- Variações da carga, manobras de carga ou de capacitores, ajustes incorretos de taps, sobrecargas

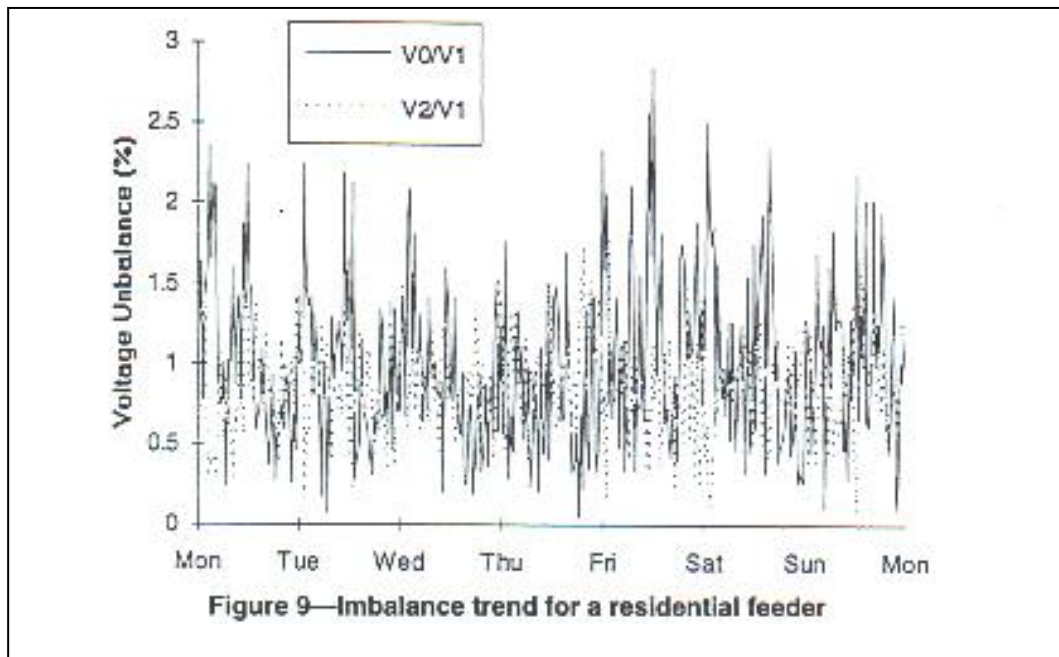
O desbalanceamento de Tensão é apontado como uma causa importante de queima de acionamentos. Os valores típicos vão desde 0,5 a 2%. Existem duas definições: A primeira considera a relação das componentes de tensão de seqüência zero e negativa em relação a seqüência positiva.

V_0/V_1 e V_2/V_1

O segundo modelo não tão preciso quanto o primeiro considera a comparação dos valores de tensão entre fases, e o máximo desvio destes em relação ao valor médio dos mesmos, relativamente ao próprio valor médio.

Desbal= $(DV \text{ Max} / V \text{ méd})$; onde $DV \text{ Max} = \text{Max}(\text{desvio da } V \text{ média})$

Exemplo da ocorrência de desbalanceamento de tensão: Queima de fusível de banco de capacitores e uso de cargas monofásicas

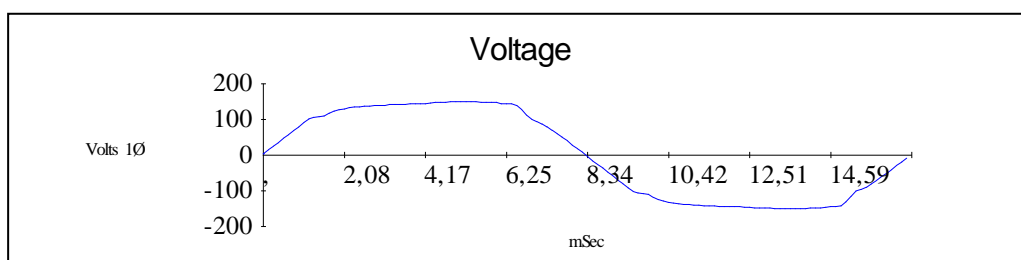


Fonte: IEEE

Distorção da forma de onda:

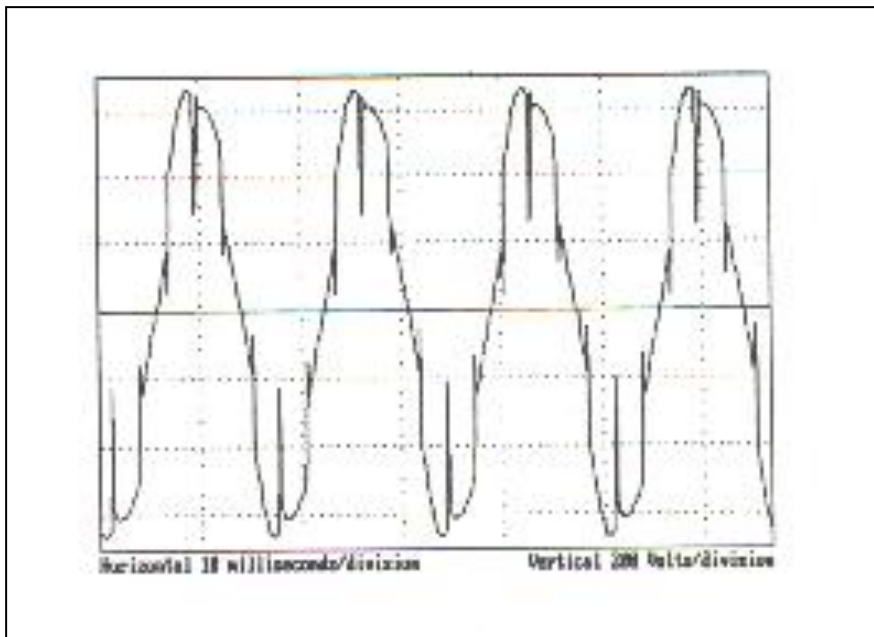
A distorção de forma de onda ou distorção harmônica pode ser definida na corrente e tensão. A IEEE 519 avalia os fatores do ponto de vista do ponto de acoplamento entre a fonte e a carga. Distorções de corrente podem atingir até 20% a medida em que a relação da potencia de curto circuito da instalação aumenta em relação a da carga distorcida.

A distorção total de tensão pode atingir em condições normais, valores de até 5%. Para caso específico, onde a fonte somente alimenta os próprios conversores o valor pode atingir até 10%.

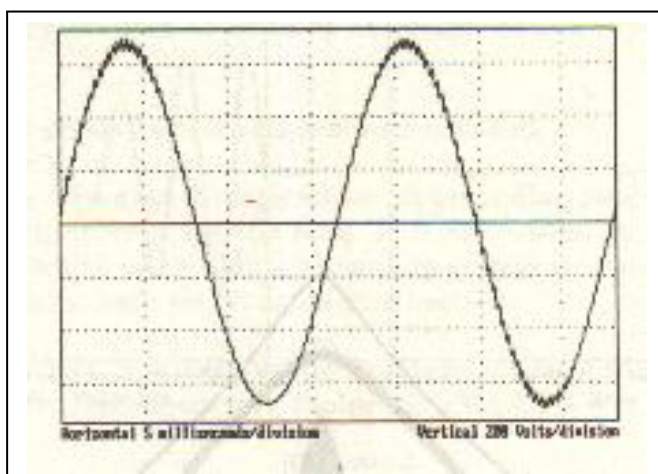


Forma de onda de tensão distorcida

- Notching Comutação de corrente em retificadores trifásicos (curto circuito instantâneo)



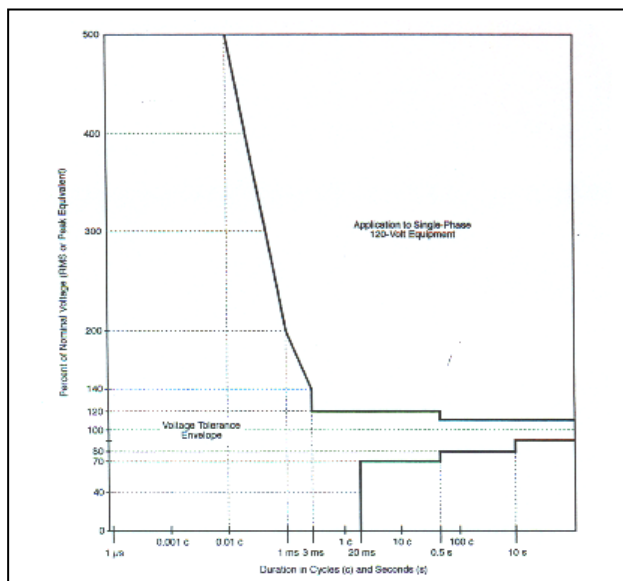
- Ruído (0 a 1%V) (banda larga) dispositivos eletrônicos e de controle, retificadores e chaveadores. São incrementados com aterramento inadequado



Outros Fenômenos

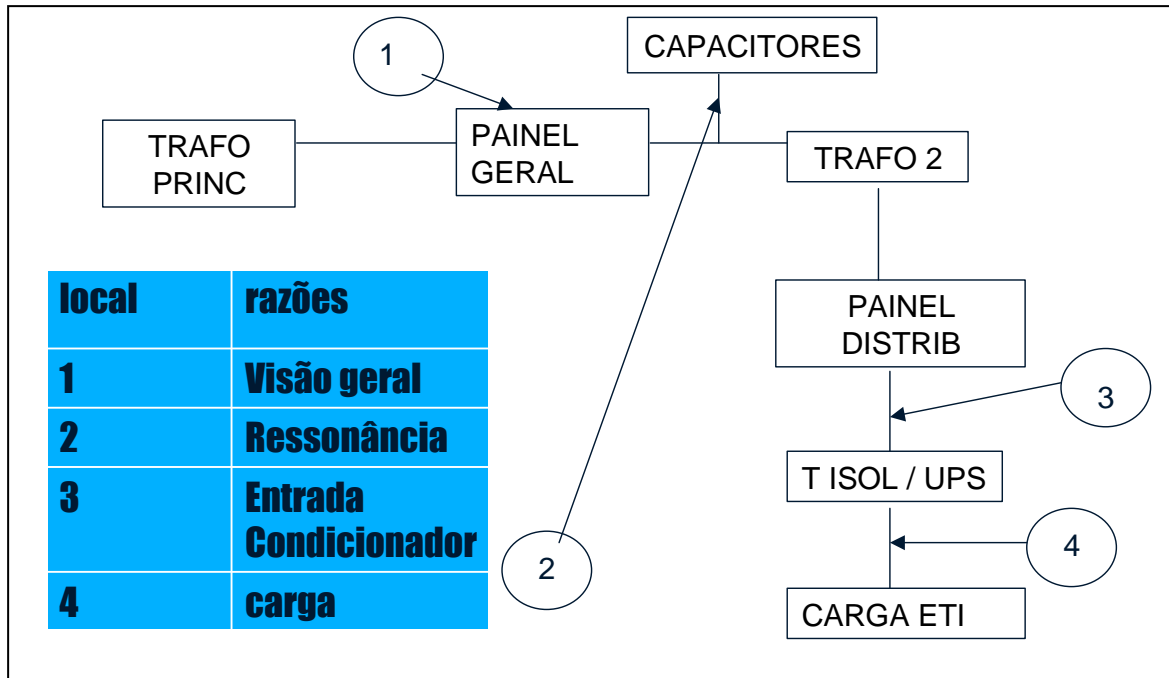
Variação de frequência: < 10s balanço entre geração e carga. Operação de grandes blocos de carga ou saída de geradores. Incomum em sistemas interligados

• Flutuação de tensão: < 25 Hz; intermitente; 0,1 a 7% cargas com variação de corrente, especialmente de componente reativa flicker



Curva ITIC/CBEMA
Fonte: IEEE

A curva ITIC definida pelo IEEE define como os fenômenos podem ser tolerados pelas fontes das cargas de tecnologia de informação.



Sugestões de pontos de análise em uma instalação típica

