

MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS PARA MINIMIZAR O IMPACTO DE VOLTAGES SAGS

José Maria de Carvalho Filho

José Policarpo G. de Abreu

Francisco Márcio Vilas-Boas

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Av. BPS,1303 - Cep 37500-000 - Itajubá/MG - Brasil
email: polica@iee.efei.rmg.br

Resumo - É propósito deste artigo abordar medidas preventivas e corretivas que possam ser implementadas tanto no âmbito da concessionária quanto no do consumidor, objetivando a minimização do impacto de Voltage Sags sobre os consumidores de energia elétrica.

Palavras-chaves - Voltage Sags, Power Quality, Qualidade da Energia.

Abstract The aim of this paper is to discuss preventive and corrective measures regarding Voltage Sag impact. This is done in the environment both of utilities and consumers with the purpose of minimization of the overall effect of such voltage disturbances

1 - INTRODUÇÃO

Problemas de Qualidade de Energia Elétrica- QEE, em especial *Voltage Sags* ou depressão de tensão, podem causar a interrupção de processos industriais inteiros, perdas de qualidade e especificação de produtos, tempo de espera para reinicialização de processo e retomada de produção, resultando em grandes prejuízos econômicos.

Segundo o *The Wall Street Journal*, os EUA têm tido prejuízos anuais da ordem de 12 bilhões de dólares, em decorrência de falhas de equipamentos eletro-eletrônicos, provocadas por *Voltage Sags*, causadas por curto-circuitos em pontos remotos nos sistemas de distribuição e transmissão.

No Brasil o cenário é semelhante, e tem sido agravado nos últimos anos à medida em que as indústrias, em geral, têm investido em automatização de seus sistemas produtivos, na busca de obter melhor qualidade e produtividade, para fazer frente à concorrência internacional, originada pela globalização da economia. Como resultado, os sistemas e processos têm se tornado mais vulneráveis aos distúrbios de QEE, e em particular às *Voltage Sags*. Estima-se que no Brasil os prejuízos associados a distúrbios de QEE sejam da ordem de 2 bilhões de dólares anuais.

Ora, se os consumidores vão conviver cada vez mais com equipamentos de apurada tecnologia de controle e que em contrapartida se mostram sensíveis aos problemas de QEE, então os engenheiros e pesquisadores devem se colocar atentos de modo a prevenir e solucionar a tempo a questão da incompatibilidade entre a qualidade da energia recebida das concessionárias e a sensibilidade dos modernos equipamentos e processos.

2 - VOLTAGE SAGS CAUSAS E EFEITOS

Voltage Sags são reduções momentâneas de amplitude da tensão eficaz da ordem de 0.1 a 0.9 [pu], com duração entre 0.5 ciclos e 1 minuto.

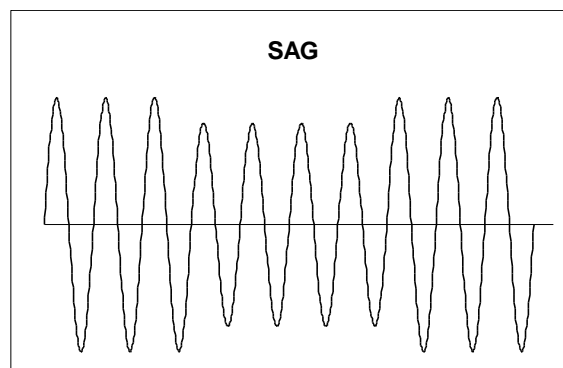


Figura 1 Depressão de Tensão

A causa principal de *Voltage Sags* são as faltas remotas (curto-circuitos) que ocorrem ao longo do sistema elétrico, tanto a níveis de transmissão como de distribuição. *Voltage Sags* provocadas por curto-circuitos são percebidas tanto no sistema das concessionárias como nos sistemas industriais, comerciais e residenciais.

A quantidade de consumidores que irão perceber a depressão da tensão, está relacionada com a localização da falta. Um defeito ocorrido num sistema de transmissão, em tensões mais elevadas, certamente, atingirá um número de consumidores muito maior que um defeito ocorrido em um sistema de distribuição.

Pois, se a principal fonte de depressão de tensão são as faltas no sistema elétrico, então as causas de ocorrências de curto-circuito na rede elétrica são também as causas provocadoras de depressão de tensão, entre as quais destacam-se:

- . Falhas de equipamento;
- . Descargas atmosféricas;
- . Contato com árvores;
- . Contato com animais;
- . Vendavais;
- . Interferências públicas (queimadas, quebra intencional de isoladores, etc...);
- . Poluição;
- . Falha humana (operação/ manutenção).

Além das faltas no sistema, existem outras causas que podem provocar uma perturbação do tipo depressão de tensão, dentre elas:

- . Partida de grandes motores, principalmente, em redes de baixo nível de curto-circuito;
- . Entrada de grandes blocos de cargas;
- . Saída de grandes blocos de geração.

Todos os consumidores de energia elétrica estão sujeitos aos efeitos de *Voltage Sags*, mas, evidentemente, os maiores prejuízos serão contabilizados pelas indústrias. Os principais efeitos percebidos nos sistemas industriais são:

- . Disfunção de PLC'S, causando interrupção de parte ou de todo o processo industrial;
- . Atuação dos dispositivos de proteção de ASD'S;
- . Desatracamento das bobinas de contadores e relés auxiliares;
- . Perda de programação dos microprocessadores;
- . Atuação indevida de relés de subtensão.

3 - MEDIDAS PREVENTIVAS

Solucionar ou minimizar os problemas relacionados com *Voltage Sags*, implica na necessidade de se mensurar, estudar e avaliar tanto as causas perturbadoras como os efeitos sobre os componentes mais sensíveis do sistema, ou seja, conhecer as suas susceptibilidades às depressões de tensão. Portanto, se pretende-se minimizar o impacto das *Voltage Sags* sobre os consumidores, deve-se então atuar em duas vertentes, ou seja:

- Diminuir a incidência e impacto de *Voltage Sags*, seja através da diminuição da magnitude, duração ou taxa de ocorrência.

- Diminuir a sensibilidade dos equipamentos susceptíveis, aumentando sua robustez e tolerância aos distúrbios.

Entende-se como medidas preventivas, aquelas que combatem as causas e origens dos distúrbios, com o objetivo de elimina-los ou de diminuir suas taxas de ocorrências.

Na tabela-1 estão resumidas algumas medidas preventivas que podem ser implementadas tanto no âmbito da concessionária como no do consumidor.

Tabela-1

Faltas Remotas no Sistema Elétrico	
Causas	Medidas Preventivas
Falha de equipamentos	. Manutenção periódica e adequada; . Cuidados na especificação de projeto e compra; . Cuidados especiais na armazenagem.
Descargas atmosféricas	. Proteção e blindagem de equipamentos, LT'S e ramais de distribuição.
Contato com árvores	. Limpeza da faixa de servidão das LT'S; . Poda das árvores próximas aos ramais de distribuição.
Contato com animais	. Análise de riscos, isolando e identificando as áreas perigosas.
Interferências públicas	. Análise de riscos com isolamento e identificação das áreas perigosas; . Campanhas educativas contra a ocorrência de queimadas e atos de, vandalismo, etc...
Neve ou gelo	. Práticas adequadas de projeto.
Poluição	. Limpeza / lavagem das cadeias de isoladores e outras partes isolantes de equipamentos e subestações.
Falha Humana	. Treinamento da mão-de-obra; . Modernização e automatização.

4 - MEDIDAS CORRETIVAS

As medidas citadas na tabela-1 visam combater as causas geradoras de *Voltage Sags*. Entretanto, uma série de outras medidas podem ser implementadas com o objetivo de melhor preparar o consumidor (cargas) diminuindo a sua susceptibilidade às depressões de tensão.

Entende-se como medidas corretivas aquelas que combatem os efeitos dos distúrbios, ou seja, são as soluções implementadas que buscam compatibilizar a necessidade dos equipamentos com o nível de qualidade do sistema de suprimento.

Estas medidas estão correlacionadas com cada tipo de carga ou consumidor ou ainda com a origem do distúrbio.

A tabela-2 relaciona as principais medidas corretivas ao tipo e origem da depressão de tensão.

Tabela-2

Origem/causa da perturbação	Medidas corretivas concessionária e consumidor
Faltas remotas no sistema	<ul style="list-style-type: none"> . Alteração das práticas de proteção; . Modernização da filosofia e instrumental da proteção; . Instalação de reguladores rápidos de tensão; <ul style="list-style-type: none"> . Instalação de UPS estáticos ou rotativas; . Instalação de dispositivos de armazenamento de energia; . Transferência automática de barras; . Atuar na sensibilidade da carga.
Partida de grandes motores	<ul style="list-style-type: none"> . Utilização de partida compensada, conversores de frequência, etc...; . Condicionadores de linha; . Atuar na sensibilidade da carga.
Saída de geração ou entrada de grandes blocos de carga	<ul style="list-style-type: none"> . Utilização de reguladores rápidos de tensão; . Transferência automática de barras; . Condicionadores de linha; <ul style="list-style-type: none"> . Compensadores de reativo; . Atuar na sensibilidade da carga.

Entre as medidas acima relacionadas, existem algumas que já são bastante difundidas no mercado, enquanto que outras estão ainda em fase experimental.

Descreve-se a seguir, sucintamente, algumas das principais medidas corretivas para minimização do impacto de Voltage Sags .

Alteração das Práticas de Proteção

Processos industriais podem ser interrompidos, devido a práticas de proteção que não levam em conta a estatística ou a probabilidade da ocorrência de depressão de tensão. Muitas vezes as cargas sensibilizadas que iniciam e desencadeiam o caos do processo, nem são as prioritárias ou as mais importantes. Conhecendo-se de antemão as magnitudes, duração e taxa de ocorrência de depressões de tensão, pode-se ajustar adequadamente as proteções de subtensão de modo que estas não sejam sensibilizadas para estes distúrbios, em especial, sem prejuízo para a integridade dos equipamentos e para o processo industrial. É importante que medidas como estas sejam acompanhadas de outras semelhantes como a dessensibilização das bobinas de contadores. e relés auxiliares.

Modernização da filosofia e instrumental da proteção

O emprego de novas filosofias a partir do uso de relés microprocessados de última geração já é uma realidade em muitos sistemas elétricos atuais, tanto industriais com em concessionárias. A utilização do recurso de seletividade lógica, por exemplo, tem como resultado uma considerável redução nos tempos de eliminação das faltas e por conseguinte redução da duração das depressões de tensão. Além disso, estes novos relés possuem grande capacidade de comunicação, o que permite a inovação de recursos na filosofia geral da proteção, como por exemplo a comunicação via satélite, otimizando a identificação de defeitos, diminuindo os tempos de eliminação e de interrupção em sistemas de distribuição.

Sensibilidade da carga

Atualmente, os projetos de sistemas e de equipamentos não levam em consideração a vulnerabilidade destes em relação aos distúrbios de qualidade, que com determinada frequência, molestará o sistema de suprimento.

No entanto, se tornará prática obrigatória para pesquisadores, engenheiros de desenvolvimento

e engenheiros de aplicação, precauções e cuidados desta natureza.

Aos pesquisadores e engenheiros de desenvolvimento caberá a missão de conceber sistemas e equipamentos mais robustos no que se refere a QEE, dessensibilizando-os para uma larga margem dos distúrbios. É certo que a questão de custo-benefício fará parte deste processo.

Aos engenheiros de aplicação caberá a tarefa de especificação correta, fiscalização dos índices de tolerância e busca no mercado das melhores alternativas. Estes profissionais deverão conhecer tão bem os processos do empreendimento em que estão embrenhados como os recursos ofertados no mercado de energia elétrica, colocando-se ciente dos problemas de qualidade e seus efeitos

UPS (Uninterruptible Powers Supplies)

Os sistemas de alimentação ininterruptos (UPS), que podem ser estáticos ou rotativos devem ser adotados como solução eficiente para distúrbios de QEE, incluindo *Voltage Sags*. Especialmente os condicionadores do tipo “on-line” que têm desempenho superior aos do tipo “standby”. Em geral estes equipamentos devem ser empregados para alimentação de cargas críticas ou essenciais, tais como: PLC'S, computadores de processo, etc....

Para operações contínuas de sistemas de computação ou outro tipo de cargas sensíveis às interrupções de energia que duram aproximadamente 0.5 segundos ou mais, a única solução é o UPS. O projeto adequado do UPS pode prover energia com qualidade sob condições normais e anormais da fonte principal de energia, incluindo interrupções de até 15 minutos.

Sistemas “no-break” (UPS) são tipicamente em estado sólido, porém, alguns são construídos usando máquinas rotativas em combinação com a conversão de estado sólido. Todas as configurações de UPS utilizam baterias para armazenamento de energia, retificadores, inversores e chaves estáticas.

Quando o UPS convencional é associado a um grupo motor diesel-gerador, em condições normais a alimentação do sistema UPS é feita pela rede pública, e na hipótese de interrupção sustentada de fornecimento de energia pela rede pública, o grupo motor diesel-gerador é acionado para suprir a carga via UPS.

Este tipo de no-break (UPS) é mais caro do que os demais em função do custo de instalação e manutenção do grupo motor diesel-gerador.

Motor-Gerador- “No- Break” Rotativo

O conjunto motor-gerador consiste de um motor elétrico acionando um gerador a.c, de forma

que a carga fique eletricamente isolada da fonte. Os geradores a.c. podem ser acionados por motores de indução ou por motores síncronos.

O conjunto motor-gerador pode proteger a carga contra transitórios e depressões de tensão provenientes da rede elétrica. Para variações de tensão da rede de +/-20%, a tensão para a carga é mantida no valor nominal. A característica principal do conjunto motor gerador é a habilidade de proteger a carga de *Voltage Sags* e interrupções temporárias. O momento de inércia do conjunto rotativo permite que o conjunto motor-gerador fique sem tensão durante 0.3s. Esta característica do sistema pode ser aprimorada através do acoplamento de volante de inércia no eixo do conjunto rotativo.

Os problemas apresentados por este sistema estão na maioria das vezes ligados com a saída para alimentação da carga. A alta impedância de saída do gerador, pode causar *Voltage Sags* para variações súbitas da carga, tais como partida de motores, já que a resposta do sistema de regulação do gerador pode ser lenta.

Alimentação Dupla com Chaveamento Estático

Se a instalação pode ser equipada com dois alimentadores provenientes de fontes independentes, um adequado fornecimento de energia pode ser obtido utilizando-se do chaveamento estático. A transferência pode ocorrer automaticamente para suprir cargas sensíveis como computadores, quando uma das fontes é desligada subitamente. O tempo total de sensibilização e transferência é cerca de ¼ de ciclo e a carga não será afetada pelo distúrbio.

SMES - Superconducting Magnetic Energy Storage

Os SMES são dispositivos projetados para armazenamento de energia baseados em supercondutores magnéticos. Os dispositivos SMES podem prover energia para cargas críticas por vários segundos. A energia é armazenada no campo magnético produzido pela corrente que circula através do supercondutor refrigerado pelo fluido criogênico.

O sistema de potência nominal 1 [MW] é capaz de armazenar uma energia em torno de 0.3 [kWh]. Estes dispositivos têm grande eficiência para distúrbios de curta duração, tais como *Voltage Sags* e se encontram atualmente em fase experimental.

Outros dispositivos também podem ser utilizados para dessensibilizar a carga frente a depressões de tensão, destacando-se:

-transformadores ferroressonantes (CVT's);

- sintetizadores magnéticos;
- reguladores rápidos de tensão;
- Condicionadores de linha,- etc.

5 -CONCLUSÕES

Os distúrbios do tipo *Voltage Sags* têm sido, dentre os problemas de QEE, os maiores responsáveis pelos prejuízos econômicos devido as interrupções de processo e desligamentos indesejáveis. Entretanto, a grande maioria dos efeitos de *Voltage Sags* sobre os clientes podem ser corrigidos ou minimizados, a partir das medidas preventivas e corretivas citadas neste artigo.

A solução para cada caso ou cada cliente, que vão de simples e baratas até as mais complexas e mais caras, deve ser objeto de estudos para avaliação das causas reais dos distúrbios e especificação da alternativa ideal que resulte na melhor relação de custo benefício.

6 - REFERÊNCIAS

- [1] MACGRANAGHAN, M. F; MUELLER, D. R; and SAMOTYI, M. J. "Voltage Sags in Industrial Systems". IEEE - Industry Applications, volume 29, nº2, March/April 1993.
- [2] CALDON, R.; Fauri, M.; FELLIN, L. "Voltage Sag effects on Continuous Industrial Processes: Dessitizing Study for Textile Manufature". D13:1 - D13:6. Study Commitee 36 Colloquium and Meetings, Foz do Iguaçu - 1995.
- [3] IEEE std 446/95 - Orange Book
- [4] Balachandra , J. et all. "Analysis and Evaluation of Evolving Technology in UPS Systems".