

## Capítulo V

# Variações de tensão de curta duração - Parte II

*Por Gilson Paulillo, Mateus Teixeira, Ivandro Bacca e José Maria de Carvalho Filho\**

Este capítulo continuará a abordar as Variações de Tensão de Curta Duração (VTCDs), que têm mobilizado esforços de pesquisadores de todo o mundo na busca de soluções tanto para suas causas quanto para os efeitos sobre o sistema.

A maioria dos afundamentos de tensão tem origem em pontos físicos dos sistemas elétricos com níveis de tensão diferentes daqueles onde os equipamentos estão conectados. Portanto, nem sempre as características dos afundamentos trifásicos monitorados nos pontos de acoplamento comum, ou em outras partes do sistema, correspondem às experimentadas pelos equipamentos. Tal fato se deve, principalmente, à existência de transformadores entre o sistema da concessionária (e do próprio complexo industrial) e os terminais dos equipamentos.

Sabendo-se que a maioria dos transformadores empregados comercialmente é, por exemplo, do tipo estrela-delta e como tais conexões exercem forte influência sobre as propagações de fenômenos desequilibrados, é de se esperar que os afundamentos percebidos pelas cargas, tanto no que tange às magnitudes como seus correspondentes ângulos de fase, venham a ser afetados por tais equipamentos.

Apesar da existência de várias formas de conexão dos enrolamentos dos transformadores, agrupá-los em apenas três categorias é suficiente

para explicar a transferência dos afundamentos de um nível de tensão para outro:

1. Transformadores que não introduzem defasamento angular e nem filtram as componentes de sequência zero: fazem parte desta categoria os transformadores com as conexões  $Y_N Y_N$  (estrela-estrela, aterrado em ambos os lados);
2. São aqueles que somente filtram as componentes de sequência zero: exemplos destes tipos são os transformadores com conexões  $YY$  (estrela - estrela),  $\Delta\Delta$  (delta-delta),  $Y_N Y$  (estrela-estrela, aterrado no primário),  $Y Y_N$  (estrela-estrela, aterrado no secundário) e  $\Delta Z$  (delta – zig-zag);
3. Transformadores em que cada tensão em um dos enrolamentos (primário ou secundário) é função da diferença fasorial entre duas tensões aplicadas ao outro enrolamento: além de filtrarem a componente de sequência zero da tensão, estes introduzem ainda defasamentos angulares entre as tensões primária e secundária. Tais equipamentos são aqueles com conexões  $Y\Delta$  (estrela-delta), (delta-estrela), (estrela-delta, aterrado no primário),  $\Delta Y$  (delta-estrela, aterrado no secundário) e  $Y_N Z$  (estrela – zig-zag).

A transferência dos afundamentos de tensão pelos transformadores agrupados nas três categorias acima descritas pode ser sintetizada na Tabela 1.

**TABELA I – TRANSFERÊNCIA DO TIPO DE AFUNDAMENTO POR MEIO DE TRANSFORMADORES**

CONEXÃO DO TRANSFORMADOR	TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO D	TIPO E	TIPO F	TIPO G
$Y_N Y_N$	A	B	C	D	E	F	G
$YY, \Delta\Delta, \Delta Z$	A	D*	C	D	G	F	G
$Y\Delta, \Delta Y, YZ$	A	C*	D	C	F	G	F

\*Significa que a magnitude não é igual a V, mas igual a  $1/3 + 2/3 V$ .

### Outros fatores que influenciam os afundamentos de tensão

Além dos fatores já descritos acima, os afundamentos de tensão podem ser influenciados por outras características como:

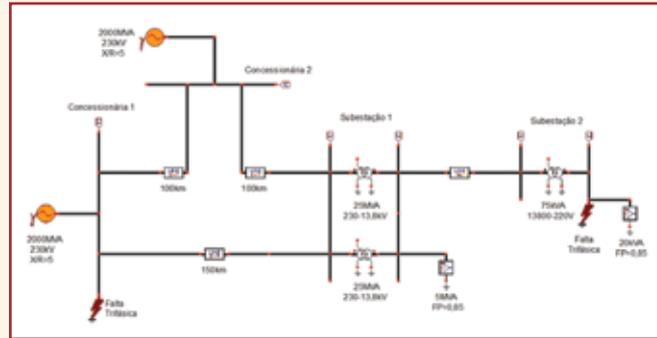
#### • Localização da falta

A localização da falta no sistema elétrico influencia, significativamente, o impacto do afundamento de tensão sobre os consumidores. As faltas, quando ocorrem no sistema de transmissão e subtransmissão, afetam certamente um número maior de consumidores do que as faltas no sistema de distribuição. Este fato deve-se, principalmente, às características dos sistemas de transmissão e subtransmissão que são normalmente malhados.

Já os sistemas de distribuição possuem, geralmente, configuração radial, sendo que curtos-circuitos nos ramais de uma subestação (SE) de distribuição dificilmente provocarão afundamentos de tensão significativos em outra. Normalmente,

curtos-circuitos em alimentadores de uma SE de distribuição causam impacto apenas nos consumidores alimentados pelos ramais adjacentes.

A Figura 1 ilustra este fato: quando ocorre uma falta na concessionária 1, todo sistema irá sentir os efeitos do afundamento de tensão (distribuição e transmissão); já uma falta no lado de baixa da Subestação 2, apenas as cargas conectadas a esse alimentador irão percebê-la.



**Figura 1 – Influência da localização das faltas em um sistema elétrico.**

A título de exemplo, há registros nos Estados Unidos que uma falta, sobre um sistema de transmissão de 230 kV, foi percebida sob a forma de afundamento de tensão por equipamentos instalados a aproximadamente 160 km, enquanto, para um sistema de 100 kV, o raio de ação é da ordem de 80 km.

### • Impedância de falta

Raramente, os curtos-circuitos no sistema elétrico são metálicos, ou seja, com impedância de falta nula. Normalmente, ocorrem por impedância de falta que é constituída da associação dos seguintes elementos:

- Resistência do arco elétrico entre o condutor e a terra, ou entre dois ou mais condutores, para defeitos envolvendo mais de uma fase;
- Resistência de contato devido à oxidação no local da falta;
- Resistência de terra para defeitos englobando a terra.

O aparecimento do arco elétrico é devido ao aquecimento provocado pela corrente de curto-circuito, que propicia a ionização do ar no local de defeito. A resistência do arco elétrico pode ser empiricamente calculada pela fórmula de Warrington indicada pela Equação 1.

$$R_{\text{arco elétrico}} = \frac{2870 \times L}{I^{1,4}} \text{ [}\Omega\text{]}$$

Em que:

L - Comprimento do arco elétrico em metros (m);

I - Valor eficaz da corrente de arco em ampères (A).

Os defeitos fase-terra, os mais comuns, são, normalmente, resultantes de arcos por meio de isoladores. Sendo assim, a impedância entre a fase e a terra (impedância de falta) é a função dos seguintes fatores:

- Resistência de arco;
- Resistência da torre;
- Resistência da base da torre, caso não haja cabos para aterramento.

Deve-se ressaltar que a resistência da base da torre constitui, normalmente, a parte preponderante da impedância de falta, isso por depender das condições locais do solo.

Finalmente, conclui-se que desprezar a impedância de falta significa obter valores mais severos de afundamento de tensão.

### • Tensão pré-falta

Em condições normais de operação, as concessionárias de energia buscam suprir seus consumidores com tensões de operação entre os limites 0,93-1,05 pu estabelecidos pelo Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição (Prodist), da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Basicamente, o perfil de tensão, em regime permanente, é função da curva de carga do sistema elétrico e também da disponibilidade de equipamentos destinados à regulação de tensão, como compensadores síncronos, banco de capacitores, reatores de linha, etc.

Normalmente, o perfil de tensão do sistema segue a variação da curva de carga diária, observando-se elevações de tensão durante períodos de carga leve, de um modo geral, de madrugada, sábados, domingos e feriados e reduções de tensão nos períodos de carga pesada.

Geralmente, nos estudos do sistema elétrico, assume-se que a tensão, no instante anterior à falta (tensão pré-falta), é de 1pu. No entanto, em função da curva de carga do sistema, esta premissa, na maioria das vezes, não é verdadeira, incorrendo-se em erros, quando do cálculo da magnitude do afundamento de tensão.

### • Desempenho do sistema de proteção

O sistema de proteção possui como objetivo principal remover ou retirar de serviço todo e qualquer equipamento ou componente do sistema que estiver operando sob condições anormais (sobrecarga, curto-circuito, etc.).

A duração do afundamento de tensão é dependente do desempenho do sistema de proteção da rede elétrica, caracterizado pelo tempo de sensibilização e de atuação dos relés, somado ao tempo de abertura e extinção de arco dos disjuntores. De fato, quanto mais rápido a falta for eliminada, menor será a duração do afundamento de tensão.

Vale ressaltar que o tempo de atuação dos relés é função de suas características de resposta tempo versus corrente, bem como da filosofia e dos ajustes implantados para se obter a seletividade desejada. Já o tempo de abertura e de extinção da corrente de curto-circuito dos disjuntores é função das características construtivas destes equipamentos.

### Efeitos sobre equipamentos eletroeletrônicos

Atualmente, quem se envolve com a operação de sistemas computadorizados, eletroeletrônicos ou congêneres pode, frequentemente, se deparar com problemas relacionados com a qualidade da energia elétrica (QEE). Muitas pesquisas e estudos têm sido realizados com o objetivo de obter um banco de dados sobre a sensibilidade destes equipamentos. Nesse sentido, nos itens subsequentes será apresentada a sensibilidade dos principais equipamentos eletroeletrônicos obtidas de artigos técnicos.

#### • Computadores

A sensibilidade dos computadores frente aos distúrbios de QEE é retratada pela Curva CBEMA (Computer Business Equipment Manufacturers Association), publicada na norma IEEE-446, representada pela Figura 2.

Apesar de a Curva CBEMA ter sido originalmente proposta para caracterizar a sensibilidade de computadores mainframe, atualmente ela também tem sido aplicada para outros componentes eletrônicos como: microcomputadores, aparelhos de fax, impressoras e demais equipamentos correlatos.

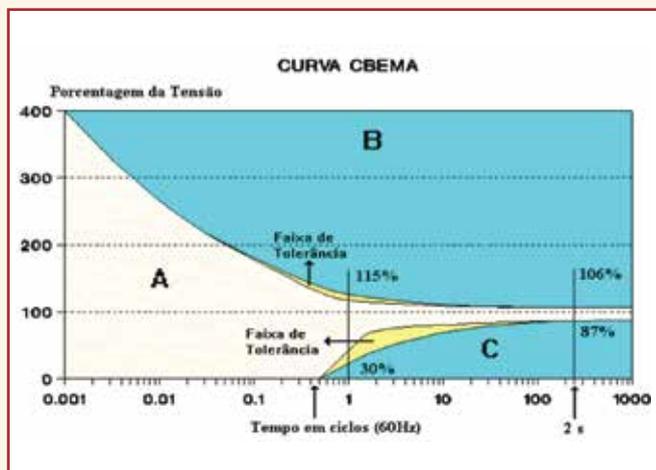


Figura 2 – Curva CBEMA.

A Figura 2 mostra três regiões distintas de operação, onde estão associadas às letras A, B e C, que representam:

- Região A – Região normal de trabalho;
- Região B – Região inadequada de trabalho, com possibilidade de ruptura da isolamento dos equipamentos (perda de hardware). Nesta região, situam-se as sobretensões transitórias e os saltos de tensão;
- Região C – Região também inadequada de trabalho, com possibilidade de parada de operação dos equipamentos (disfunções). Estão representados nesta região o afundamento de tensão juntamente com as interrupções transitórias.

Da curva CBEMA, destacam-se dois pontos principais: o primeiro é 0,5 ciclo (8,3 ms), indicando que durante este período o equipamento tem de ser capaz de absorver uma interrupção de energia; o segundo é o ponto de 2 s, a partir do qual todos os equipamentos desta categoria devem suportar, continuamente, quedas de tensão de até 13% ou acréscimos de tensão de até 6%.

#### • Equipamentos de uso doméstico

Inicialmente, relatos de problemas associados à ocorrência dos distúrbios da QEE ocorriam apenas para os equipamentos de uso industrial e comercial, como computadores. Contudo, devido ao uso cada vez mais frequente de equipamentos eletroeletrônicos, os consumidores residenciais também começaram a perceber os problemas ligados à qualidade da energia.

Vale ressaltar que os efeitos causados pela ocorrência do afundamento de tensão em equipamentos de uso doméstico são percebidos pela perda de memória e perda de programação de relógios digitais, fornos de microondas, etc. Normalmente, estes problemas não estão associados a prejuízos financeiros, mas sim à satisfação dos consumidores e à imagem das empresas de energia elétrica.

A Figura 3 apresenta a curva de sensibilidade obtida para vídeos cassetes (VCR's), fornos de micro-ondas e relógios digitais.

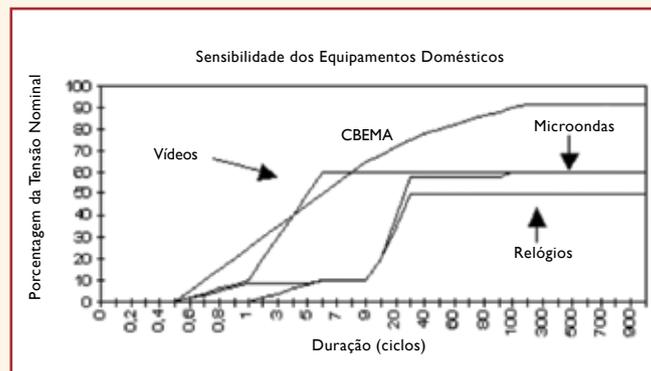


Figura 3 – Sensibilidade dos equipamentos de uso doméstico.

#### • Microprocessadores

Atualmente, as indústrias buscam aumentar a produção, com objetivos de obter melhores índices de produtividade e, nesse sentido, os microprocessadores têm adquirido o seu espaço no mercado. Eles oferecem aos processos industriais a possibilidade de realização das mais variadas operações, seja no controle da produção e da qualidade dos produtos, seja no monitoramento de operações de processos, com alta velocidade e com excepcional desempenho.

A ocorrência do afundamento poderá ocasionar a perda de programação destes equipamentos; como consequência, ocorrerá a interrupção de processos. A Figura 4 mostra a faixa de sensibilidade destes dispositivos.

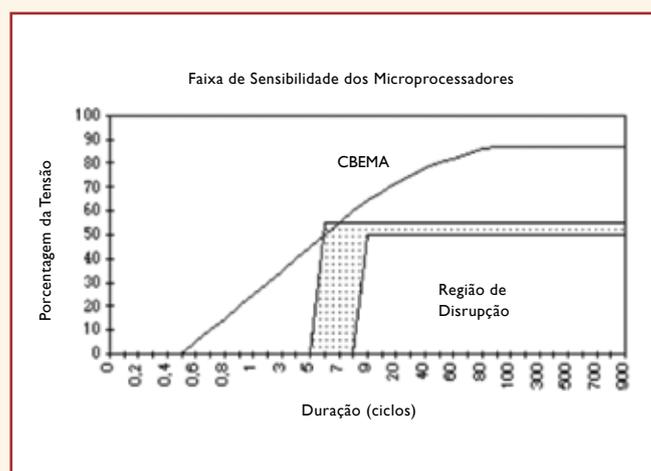


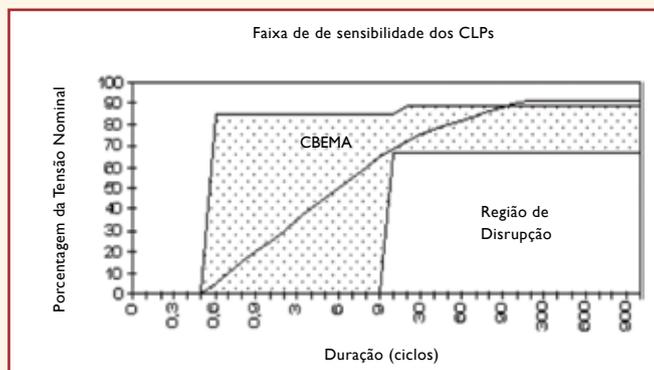
Figura 4 – Sensibilidade dos microprocessadores.

#### • Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)

Os controladores lógicos programáveis são considerados um dos equipamentos mais importantes dentro da indústria, uma vez que, independentemente de tamanho, custo e complexidade, eles são responsáveis pelo controle de equipamentos eletroeletrônicos e também dos processos industriais.

De um modo geral, quando da ocorrência do

afundamento de tensão, os CLPs apresentam disfunções e perda de programação, que causam interrupção de parte ou de todo o processo produtivo. A Figura 5 apresenta a curva de sensibilidade dos CLPs, quando submetidos à afundamentos de tensão.



**Figura 5 – Sensibilidade dos CLPs.**

#### • Contatores e relés auxiliares

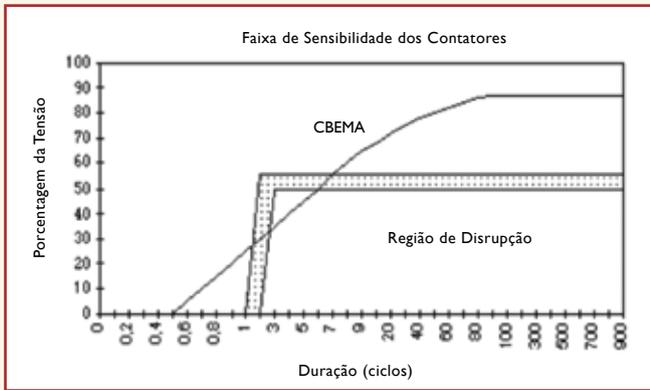
Os contatores e os relés auxiliares, embora sejam equipamentos eletromecânicos, continuam tendo vasta aplicação nas indústrias seja no controle, de forma integrada com os sistemas de automação (CLPs), seja no chaveamento de circuitos de força (alimentação de motores e demais cargas).

Independentemente de sua aplicação, os contatores e relés auxiliares têm sido identificados como um dos pontos fracos dos sistemas elétricos, principalmente, quando associados a processos industriais automatizados. Os problemas geralmente surgem quando da ocorrência de afundamento de tensão no sistema, ocasião em que estes dispositivos, indevidamente, provocam a abertura de circuitos de força e/ou comando.

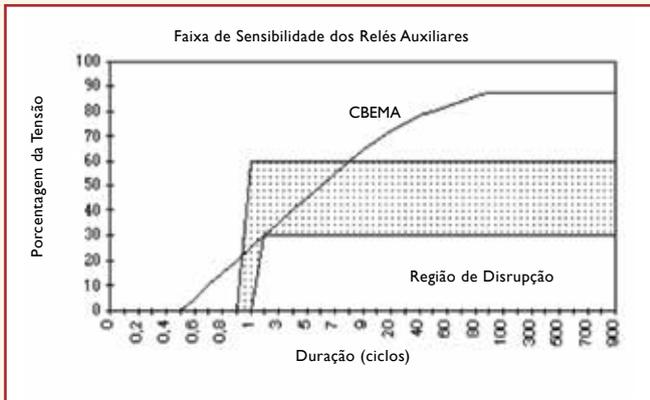
A literatura especializada mostra que o desempenho dos contatores e relés auxiliares, durante a incidência do afundamento de tensão, depende de um conjunto de parâmetros que caracterizam o distúrbio, destacando-se a magnitude e a duração. No entanto, sabe-se que estudos mais recentes indicam que o desempenho destes dispositivos também depende do ângulo de fase da corrente na bobina do contator no momento anterior à ocorrência do afundamento de tensão.

O fato é que, quando da ocorrência do afundamento de tensão, as bobinas dos contatores e/ou relés auxiliares poderão desatracar, abrindo seus contatos principais e auxiliares, causando a parada e a desconexão de várias cargas e equipamentos.

A título de ilustração, as Figuras 6 e 7 representam, respectivamente, as faixas de sensibilidade dos contatores e relés auxiliares.



**Figura 6 – Sensibilidade dos contatores.**



**Figura 7 – Sensibilidade dos relés auxiliares.**

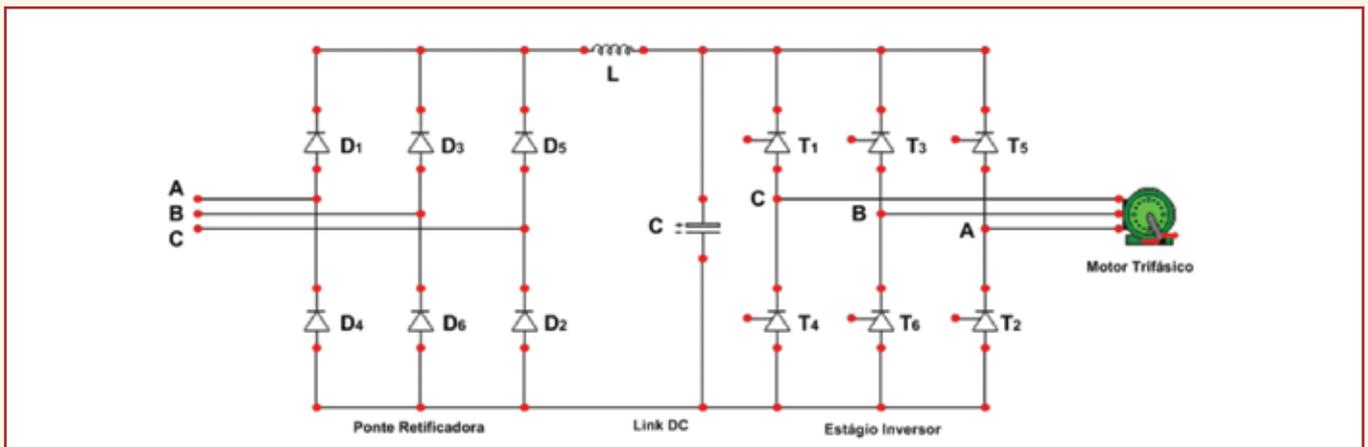
• **Acionamentos de Velocidade Variável (ASDs)**

Os ASDs, a exemplo da maioria dos equipamentos industriais, são constituídos de dispositivos de eletrônica de potência, componentes estes que podem ser danificados, quando submetidos a surtos de corrente ou de tensão. Normalmente, os ASDs são equipados com dispositivos de proteção adequados (fusíveis ultrarrápidos, relés de proteção, etc.), além dos sistemas de controle que reconhecem situações operacionais de risco e que promovem o bloqueio do disparo de tiristores ou até mesmo o desligamento imediato da fonte de suprimento.

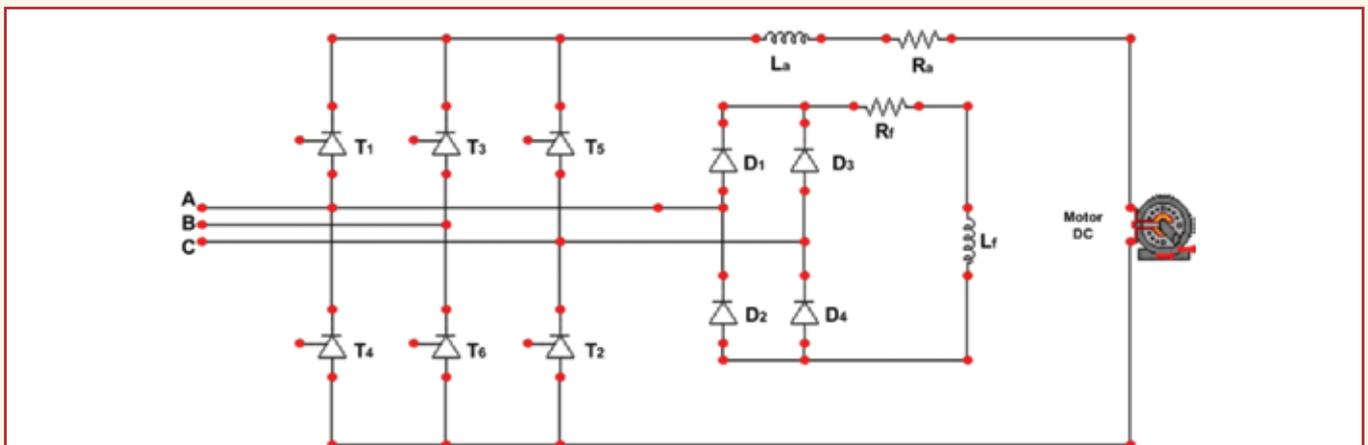
Nas Figuras 8 e 9, estão ilustradas as topologias típicas dos acionamentos CA e CC, respectivamente.

Os acionamentos CA são constituídos normalmente de três estágios: ponte retificadora, barramento DC (filtragem) e sistema inversor (normalmente PWM). Estes equipamentos têm dispositivos de armazenamento de energia (capacitor e indutor) no barramento DC e os de menor potência utilizam ponte retificadora não controlada (a diodos) no primeiro estágio. Estes acionamentos fornecem tensão e frequência variável para motores de indução trifásicos.

Já os acionamentos CC são constituídos basicamente de uma ponte retificadora, que fornece tensão CC variável para o motor de corrente contínua. Os acionamentos CC



**Figura 8 – Acionamento típico CA.**



**Figura 9 – Acionamento típico CC.**

utilizam pontes controladas ou semi-controladas, cujos tiristores são gatilhados de forma sincronizada com a fonte de suprimento. Normalmente, estes acionamentos são desprovidos de capacitor (filtragem) no lado CC.

Ambos os tipos de acionamentos (CA e CC) são vulneráveis à ocorrência de afundamento de tensão, principalmente, no que se refere à intensidade e duração deste distúrbio.

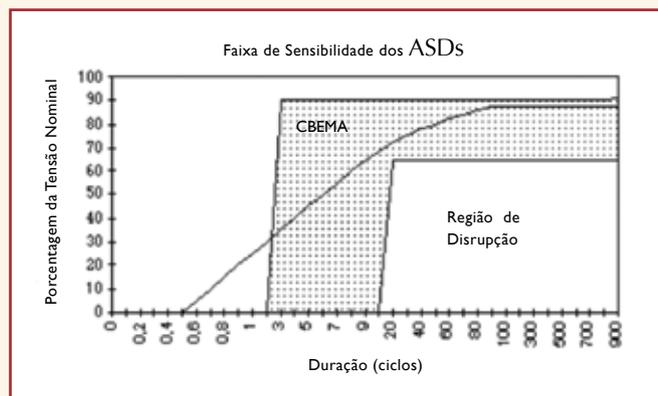
No entanto, estudos técnicos recentes relatam que, dependendo do tipo de acionamento e sistema de controle utilizado, o desequilíbrio e a assimetria angular presentes no afundamento de tensão também poderão promover o desligamento dos acionamentos ou até mesmo provocar danos permanentes nestes equipamentos. Portanto, os ASDs poderão estar sendo desligados devido à combinação de, pelo menos, três fatores normalmente presentes no afundamento de tensão (magnitude, duração e assimetria angular).

Devido às características construtivas, os acionamentos CC são mais sensíveis aos afundamentos de tensão que os acionamentos CA. Isso ocorre devido aos seguintes fatores:

- Os acionamentos CC são normalmente desprovidos de dispositivos de armazenamento de energia (capacitor no lado CC);
- Os sistemas de comando destes equipamentos bloqueiam o sistema de disparo da ponte controlada devido ao desequilíbrio e assimetria presentes nos três fasores do afundamento de tensão.

O fato é que muitos dos acionamentos, sejam eles CA ou CC, deixarão de operar quando da ocorrência de afundamento de tensão, o que inevitavelmente conduzirá a perdas de produção.

A Figura 10 apresenta a curva de sensibilidade dos ASDs diante do afundamento de tensão, representada por apenas dois parâmetros (magnitude e duração). Observa-se que afundamentos de tensão com valores abaixo de 0,90 pu



**Figura 10 – Sensibilidade dos ASDs.**

poderão promover a parada destes equipamentos.

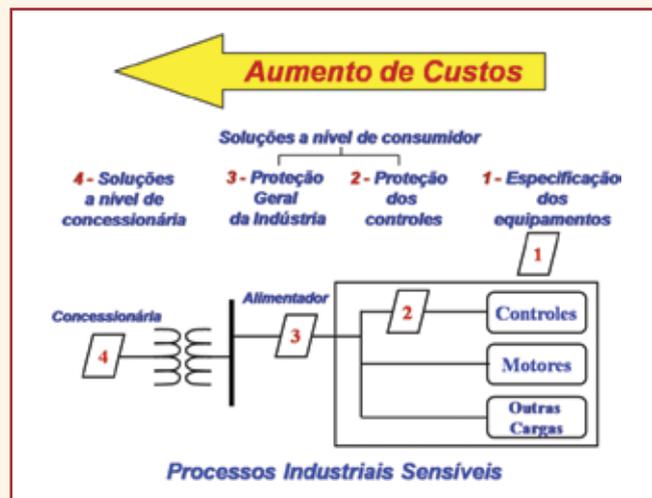
Constata-se que os ASDs, a exemplo dos demais equipamentos industriais, têm a sensibilidade caracterizada por uma faixa dentro do plano: magnitude versus duração do afundamento de tensão. Isso ocorre geralmente devido aos seguintes fatores:

- Diferenças entre as tecnologias de fabricação dos fornecedores;
- Diferenças entre as condições operacionais e de ciclo de carga dos equipamentos quando em operação;
- Fatores ambientais do local em que o equipamento está instalado;
- Desaceleração do acionamento (motor e carga mecânica). Dependendo do processo, isso poderá comprometer a qualidade do produto;
- Flutuação do torque do motor (AC e DC) com as mesmas implicações citadas anteriormente;
- Desligamento do acionamento devido à atuação de dispositivos de controle e proteção (subtensão, sobretensão, perda de fase, sequência de fase, etc.);
- Queima de fusíveis e componentes, principalmente, nos acionamentos DC operando no modo regenerativo.

Conclui-se que, para conhecer profundamente o comportamento dos ASDs, quando submetidos a afundamentos de tensão, ainda será necessário o desenvolvimento de muitas pesquisas, envolvendo principalmente universidades e fabricantes.

### Ações mitigadoras

Os processos de mitigação dos afundamentos de tensão podem ser realizados em várias partes do sistema elétrico, contudo, os custos envolvidos aumentam à medida que aumenta a tensão do sistema conforme verificado na Figura 11.



**Figura 11 – Custos envolvendo os processos de mitigação dos afundamentos.**

Para se reduzir os efeitos de VTCDs, pode-se, em princípio, adotar uma das seguintes medidas básicas:

1. Agir nas suas causas;
2. Atuar na sensibilidade dos equipamentos.

No que diz respeito às ações de compensação e/ou eliminação dos afundamentos momentâneos de tensão, pode-se visualizar duas possibilidades distintas. A primeira corresponde à compensação visando reduzir os impactos destes fenômenos sobre as cargas. Dessa forma, busca-se uma solução momentânea e localizada. Como exemplo de soluções pode-se citar a instalação de alguns equipamentos, tais como:

- **Transformadores ferromagnéticos (CVT)** – Também conhecidos por transformadores de tensão constante. Constituem-se em unidades altamente excitadas em relação a sua curva de saturação. Aplicável a pequenas cargas;
- **UPS** – Formadas por um retificador, um conjunto de baterias/capacitores conectados ao barramento CC, um inversor estático e um dispositivo para transferência automática da carga;
- **Grupo motor-gerador** – Formado por máquinas rotativas e dispositivos mecânicos apropriados para o bloqueio das transferências das variações de tensão;
- **Flywheel** – São equipamentos mecânicos instalados nos eixos de motores elétricos com intuito de fornecer a inércia necessária à carga mecânica instalada no referido eixo;
- **DVR** – Os “Dynamic Voltage Restorer” (VSI) são equipamentos que consistem de um uma fonte inversora de tensão (VSI), transformadores de injeção, filtros passivos e fontes armazenadoras de energia como baterias e capacitores. A eficiência do DVR depende principalmente

da eficiência da técnica de controle de chaveamento dos inversores. Os inversores são geralmente elementos do tipo “Space Vector Pulse With Modulation pulses (SVPWM)” que maximizam a utilização da tensão do elo CC.

O segundo tipo de ação seria mais abrangente, evitando a propagação dos afundamentos pelo sistema, evitando que ele atinja as cargas. Normalmente, este tipo de solução está diretamente ligado à tomada de ações de coordenação da proteção dos sistemas de potência, como atuação de religadores automáticos, instalação de fusíveis limitadores; implantação de estratégias “fuse saving”. Outras formas de compensação podem ser ajustadas de maneira a contribuir

na eliminação das variações de tensão como o aproveitamento ou instalação de compensadores de tensão, tais como STATCOM, DVR, RCT, CCT, dentre outros. No entanto, todas estas estratégias demandam grande montante financeiro.

#### **Interrupções de curta duração**

Uma interrupção ocorre quando o fornecimento de tensão ou corrente de carga decresce para um valor menor do que 0,1 pu por intervalos típicos não superiores a 2 ou 5 segundos.

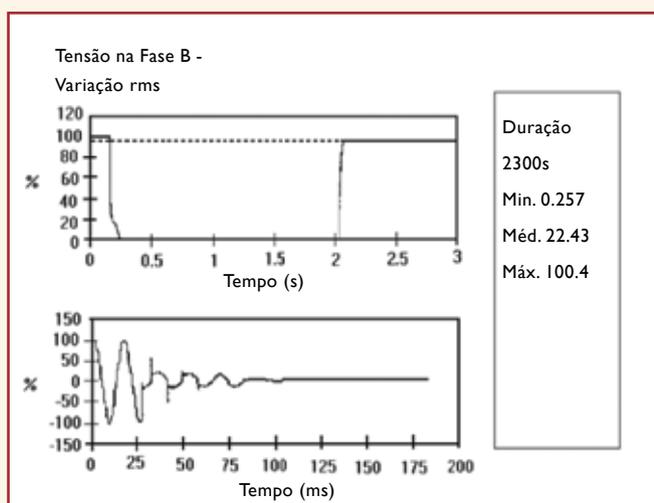
As interrupções podem ser resultantes de faltas no sistema de energia, falhas nos equipamentos e mau funcionamento de sistemas de controle. As interrupções são medidas pela sua duração desde que a magnitude da tensão é sempre menor do que 10% da nominal. A duração de uma interrupção, devido a uma falta sobre o sistema da concessionária, é determinada pelo tempo de operação dos dispositivos de proteção empregados.

Religadores programados para operar instantaneamente, geralmente, limitam a interrupção a tempos inferiores a 30 ciclos.

Religadores temporizados podem originar interrupções



momentâneas ou temporárias, dependendo da escolha das curvas de operação do equipamento. A duração de uma interrupção devido ao mau funcionamento de equipamentos é irregular. Algumas interrupções podem ser precedidas por um afundamento de tensão quando estas são devidas a faltas no sistema supridor. O afundamento ocorre no período de tempo entre o início de uma falta e a operação do dispositivo de proteção do sistema. A Figura 12 mostra uma interrupção momentânea devido a um curto-circuito, sendo precedida por um afundamento. Observa-se que a tensão cai para um valor de 20%, com duração de 3 ciclos e, logo após, ocorre a perda total do suprimento por um período de 1,8 s até a atuação do religador.

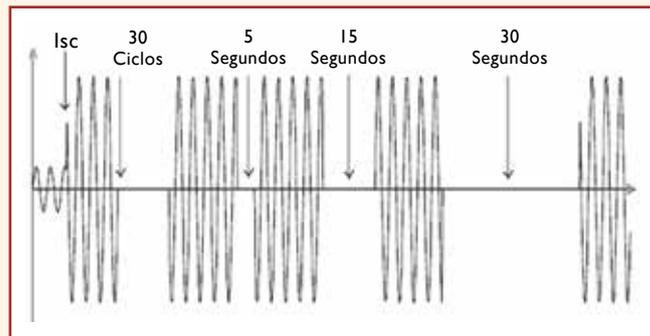


**Figura 12 – Interrupção momentânea devido a um curto-circuito e subsequente religamento.**

Seja, por exemplo, o caso de um curto-circuito no sistema supridor da concessionária. Logo que o dispositivo de proteção detecta a corrente de curto-circuito, ele comanda a desenergização da linha com vistas a eliminar a corrente de falta. Somente após um curto intervalo de tempo, o religamento automático do disjuntor ou religador é efetuado. Entretanto, pode ocorrer que, após o religamento, o curto persista e uma sequência de religamentos pode ser efetuada com o intuito de eliminar a falta. A Figura 13 mostra uma sequência de religamentos com valores típicos de ajustes do atraso.

Sendo a falta de caráter temporário, o equipamento de proteção não completará a sequência de operações programadas e o fornecimento de energia não é interrompido. Assim, grande parte dos consumidores, principalmente em áreas residenciais, não sentirá os efeitos da interrupção. Porém, algumas cargas mais sensíveis do tipo computadores e outras cargas eletrônicas estarão sujeitas a tais efeitos, a menos que a instalação seja dotada de unidades UPS (Uninterruptible Power Supply), as quais evitarão maiores consequências na operação destes

equipamentos, na eventualidade de uma interrupção de curta duração.



**Figura 13 – Sequência de manobras efetuadas por dispositivos automáticos de proteção.**

Alguns dados estatísticos revelam que 75% das faltas em redes aéreas são de natureza temporária. No passado, este percentual não era considerado preocupante. Entretanto, com o crescente emprego de cargas eletrônicas, como inversores, computadores, videocassetes, etc., este número passou a ser relevante nos estudos de otimização do sistema, pois é, agora, tido como responsável pela saída de operação de diversos equipamentos, interrompendo o processo produtivo e causando enormes prejuízos às indústrias.

Para corrigir este problema, algumas concessionárias têm mudado a filosofia de proteção com o objetivo de diminuir o número de consumidores afetados pelas interrupções. Na filosofia de proteção coordenada, o dispositivo de proteção do alimentador principal, seja o religador ou o disjuntor, sempre opera uma ou duas vezes antes da operação do dispositivo à jusante, geralmente um fusível.

*\*GILSON PAULILO é engenheiro eletricista, com mestrado e doutorado em qualidade de energia elétrica pela universidade Federal de Itajubá. Atualmente, é consultor tecnológico em energia no Instituto de Pesquisas Eldorado, em Campinas (SP). Sua atuação é voltada para áreas de qualidade de energia elétrica, geração distribuída, eficiência energética e distribuição.*

*MATEUS DUARTE TEIXEIRA é engenheiro eletricista e mestre em sistemas de potência - qualidade de energia elétrica. Atua há mais de dez anos em projetos de tecnologia aplicada ao setor elétrico nas áreas de qualidade da energia, geração distribuída, eficiência energética e proteção de sistemas elétricos para empresas do setor.*

*IVANDRO BACCA é engenheiro eletricista e mestre pela Universidade Fé engenheiro eletricista e mestre pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) em Qualidade da Energia. É engenheiro da Copel Distribuição com atuação na área de manutenção de equipamentos eletromecânicos.*

*JOSÉ MARIA DE CARVALHO FILHO é engenheiro eletricista pela UFMG, com mestrado e doutorado pela Unifei. Atualmente, é professor da Unifei e membro do Grupo de Estudos em Qualidade da Energia (GQEE), com atuação em Qualidade e Proteção de Sistemas Elétricos.*

#### Continua na próxima edição

Confira todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)  
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail [redacao@atituedeeditorial.com.br](mailto:redacao@atituedeeditorial.com.br)