

## **Compensação de energia reativa, distorções harmônicas e correção do fator de potência em instalações elétricas: Mitos e Fatos.**

Algumas “lendas” têm sido criadas e contadas em verso e prosa, algumas até com alguns fundamentos outras nem tanto. Apresentamos a seguir alguns comentários de caráter geral, a fim de elucidá-las e eventualmente esclarecê-las. O entendimento das mesmas (ou de suas raízes) nos dá a possibilidade de entender fenômenos como que “do fim para o começo”, ou ainda, quais as explicações e que nível de treinamento careceriam nossa valorosa turma de profissionais ligados às áreas de projetos, execução, manutenção e operação de instalações e de processos industriais. O entendimento de cada um dos temas merece reflexão. Algumas “sacadas” práticas e analogias chegam a ser sensacionais, porém a maioria merece desmistificação.

### *a) “As partidas de motores geram harmônicas”*

Por definição as correntes harmônicas não são fenômenos transitórios como as partidas clássicas de motores o são; apesar de ser possível avaliar as componentes harmônicas de cada ciclo da corrente elétrica deste regime mesmo quando controlada pelos sistemas de partida suave ou “soft starters”. Desta forma, as partidas de motores apresentam correntes transitórias que podem gerar transitórios de tensão ou transientes.

Como as harmônicas de tensão e corrente são classicamente definidas como fenômenos de regime permanente, portanto, mesmo que haja distorção das formas de onda durante este processo, não se pode considerar que partidas de motores seriam processos de

geração de correntes e tensões harmônicas em regime permanente.

*b) A "norma" não tolera tensão terra-neutro maior que "U" (onde "U" varia de 3 a 5 Volts).*

Até então não existe uma norma publicada que restrinja ou limite a tensão "terra-neutro". O que pode ocorrer nesta situação, segundo alguns fabricantes de equipamentos de Tecnologia de Informação - TI, é a existência de ruídos de modo comum que podem prejudicar a operação dos equipamentos.

*c) ....e como "solução" do item anterior, aterrando-se os neutros em todos os quadros terminais a tensão terra-neutro desaparece.*

De fato, e por razões óbvias, a ligação do barramento de neutro dos quadros de distribuição ao barramento do condutor de proteção (terra) da instalação, eliminaria a tensão terra-neutro; contudo o neutro só deve ser aterrado em sua origem, isto é, junto aos terminais de neutro das fontes, sejam elas transformadores, UPS, geradores ou mesmo transformadores isoladores. O multi-aterramento do condutor neutro ao longo da instalação transforma o esquema de aterramento TNS em um "TNS" com possibilidades de loops de corrente e problemas de compatibilidade eletromagnética, com condução de correntes de neutro pelo condutor de proteção. A NBR 5410 recomenda que a alimentação de cargas de tecnologia de informações- TI, utilize o esquema de aterramento TNS, por razões de compatibilidade eletromagnética.

A solução usual e recomendada para manter a tensão terra-neutro de quadros de distribuição e terminais em níveis aceitos pelos fornecedores de equipamentos de TI é

a instalação de transformadores isoladores com enrolamentos delta no primário e estrela no secundário, localizados tão próximo quanto possível à carga e com fator "k" adequado.

*d) Capacitores com tensões nominais superiores às da tensão nominal da instalação em que serão aplicados são imunes a efeitos de ressonância e "suportam bem as harmônicas".*

A ressonância ocorre independentemente das características de tensão nominal dos capacitores, dependendo fundamentalmente de sua capacitância e das outras impedâncias da instalação. Eventuais sobretensões decorrentes de circulação de harmônicas em baixas quantidades podem de fato ser até suportadas em capacitores com tensões nominais superiores, contudo a situação não evitará a queima precoce e redução da sua vida útil. Deve-se ainda considerar que este tipo de prática não permite que os capacitores forneçam a energia reativa nominal. A energia reativa fornecida nesta situação é reduzida na razão do quadrado da relação da tensão da rede pela tensão nominal. Isto é, um capacitor de 30 kvar / 380V, ligado a uma rede 220V, fornecerá apenas 10 kvar.

*e) A Manutenção de tensões de operação de barramentos superiores à tensão nominal das cargas garante boa condição de operação aos motores.*

Esta condição de operação na maior parte das vezes motivada pela necessidade de operação dos motores na ocorrência de afundamentos na rede (por razões internas ou externas) aumenta as perdas na instalação uma vez que as mesmas são proporcionais ao quadrado da tensão.

Também nesta condição os motores consomem maior quantidade de energia reativa, reduzindo o fator de potencia. O ideal é manter as tensões de operação dos barramentos tão próximas quanto possíveis das tensões nominais com o uso adequado de sistemas de controle de partida, compensação de energia reativa e filtros, além de naturalmente sistemas bem dimensionados e especificados.

*f) "Um bom aterramento elimina as harmônicas", ou ainda, determinados dispositivos "aterram as harmônicas".*

As harmônicas circulam pelos circuitos, fontes e cargas das instalações junto com a componente fundamental. Um bom aterramento e principalmente ligações equipotenciais adequadas podem melhorar o desempenho das instalações em determinados aspectos, contudo não modificam o comportamento das harmônicas de corrente e tensão, nestas instalações. A aplicação de filtros passivos ou ativos, podem no máximo desviar e controlar estas correntes.

Recomenda-se cuidado com Determinados "equipamentos" encontrados em instalações que oferecem verdadeiros milagres quanto a "solução combinada de problemas" de harmônicas, redução de consumo de energia, surtos, transientes e outros (em um só dispositivo!!! – só falta oferecer mesmo o "moto-contínuo"). Testes de operação efetuados com estas caixinhas resultaram em "nenhuma diferença", ou seja, dentro destas caixas pretas com dimensões reduzidas encontram-se aparentemente alguns dispositivos passivos sem função. Por maior que sejam as vantagens apresentadas estes "dispositivos Bombril" carecem de provas laboratoriais.

*g) Cargas monofásicas em instalações trifásicas, se balanceadas não "geram" correntes no neutro.*

A presença da 3ª harmônica e múltiplas no espectro de corrente de cargas não lineares e monofásicas fazem com que a corrente do neutro nos circuitos alimentadores dos quadros de alimentação destas cargas, alcancem valores de até 70% acima da corrente das fases, devido a soma destas componentes de 3ª harmônica e múltiplas das correntes das fases no condutor neutro. Ou seja, um circuito contendo 100 A nas 3 fases e 170 A no condutor neutro é uma situação perfeitamente possível e explicável, mesmo que não exista corrente fundamental no neutro.

*h) Instalações que contenham componentes harmônicas ou cargas "nervosas" não são passíveis de solução para compensar a energia reativa e o pagamento de excedentes de energia reativa à concessionária é a única saída possível.*

O atual estado de desenvolvimento tecnológico de equipamentos permite algumas soluções aplicáveis. O uso de sistemas anti-ressonantes e em particular a compensação de energia reativa em tempo real com manobra estática aliada a estes reatores anti-ressonantes são algumas das possibilidades.

*i) Capacitores queimam a cada dois anos.*

As informações dos fabricantes especificam vida útil em horas equivalentes até quinze anos se operados em condições adequadas. As principais variáveis consideradas na operação dos capacitores são a temperatura ambiente, presença de correntes harmônicas, sobretensões e duração (intervalos de tempo) em que as mesmas ocorrem.

Portanto, condições operacionais adequadas evitam queima e troca prematura dos equipamentos. Curiosamente ainda, determinadas plantas industriais possuem capacitores em seus estoques, pois os mesmos queimam com frequência maior que as lâmpadas.

*j) "Partidas de motores consomem muita energia; e aumentam a "demanda" com aumento da conta de energia "Dispositivos de partida suave economizam energia"*

A partida direta dos motores de indução tem como características correntes desenvolvidas da ordem de 6 a 7 vezes relativas aquelas de regime nominal; o fator de potencia neste instante é muito baixo devido ao alto conteúdo de energia reativa, de forma que a demanda de energia ativa (de onde a demanda é calculada) neste instante não seja tão significativa. O cálculo da parcela de demanda nas contas de energia considera esta energia ativa no período de integração de 15 minutos. Numericamente, a partida de um motor de, por exemplo, 300 kVA é da ordem de 450 kW que durante um período de 100 a 150 ciclos (típico de partida) não é significativo se comparado ao período de integração de 15 minutos medido pelas concessionárias conforme estabelece a resolução ANEEL 414. Em outras palavras a energia ativa consumida no intervalo de 15 minutos que define a demanda do intervalo tem muito pouco impacto do consumo de energia ativa que ocorre no máximo em alguns segundos.

*k) "não tenho problema com harmônicas em minha instalação; afinal estão presentes apenas "algumas" e não todas".*

As correntes harmônicas presentes nas instalações elétricas industriais e comerciais clássicas são aquelas originadas

pelos conversores de 6 pulsos (5<sup>a</sup> 7<sup>a</sup> 11<sup>a</sup> 13<sup>a</sup> e outras superiores, porem com menor intensidade) ou os conversores de 12 pulsos (11<sup>a</sup>,13<sup>a</sup>,23<sup>a</sup>,25<sup>a</sup> e outras superiores, porem com menor intensidade). Deve-se ainda considerar aquelas geradas por cargas monofásicas ligadas entre as fases e neutro. Desta forma um espectro típico de uma instalação, dependendo da distribuição dos transformadores, circuitos alimentadores e terminais, apresenta as harmônicas de 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>,11<sup>a</sup>,13<sup>a</sup>,..... com módulos variáveis. Normalmente as harmônicas pares não estão presentes, pois se cancelam em um sistema industrial de potência simétrico equilibrado. A presença de apenas "algumas harmônicas", já é o suficiente para que os cuidados necessários sejam tomados, e podem inviabilizar a operação correta das instalações.

*l) "Por hora, preciso apenas compensar a energia reativa; não desejo corrigir as harmônicas".*

No instante em que capacitores são instalados em uma instalação poderá ocorrer ressonância harmônica, e os cuidados necessários devem ser sempre tomados.

*m) "A corrente máxima (ou corrente "de pico") é o valor máximo decorrente da observação continua de amperímetro de painel durante determinado intervalo de tempo".*

Instrumentos clássicos, instalados em frontais de painéis elétricos (sejam eles analógicos ou digitais) são uteis para avaliação de correntes de regime permanente e não tem capacidade de apresentar mesmo que por algum instante o valor máximo ocorrido em regimes transitórios. Para tanto

são necessários instrumentos que operem em domínio do tempo com alta capacidade aquisição de dados, de integração e resolução.

*n) A limitação de distorção harmônica de corrente de equipamentos é de até 20%.*

A limitação de distorção harmônica de corrente em equipamentos é um ponto que merece muitos cuidados e a IEC 61000-3 regula algumas faixas e categorias de equipamentos com baixas potências. Em hipótese alguma se pode aplicar a IEC 519 que apresenta em uma tabela o valor máximo de distorção de corrente de 20% no ponto de acoplamento comum com restrição a distorção dos equipamentos. A IEEE 519 é muito útil na análise de instalações e sistemas, nunca em análise isolada de equipamentos.

Seguem outras constatações, também de ordem prática.

- “Instalações elétricas “tendem” a operar adequadamente até que algum novo dispositivo ou componente seja instalado.”
- “Quanto mais sensíveis forem os componentes, maiores serão as exigências na qualidade da energia fornecida .”
- As normas “correm atrás” das ocorrências e soluções.
- “A contínua evolução dos componentes, obriga as instalações a “evoluir”. O que atendia ontem, pode não atender hoje”
- Nem sempre a infra-estrutura é considerada na modernização da produção.

- Implantação de compensação reativa sem maiores cuidados pode incorrer em ressonância com o “surgimento” de correntes harmônicas circulando em valores superiores aquelas “geradas” pelas cargas distorcidas.
- Tensão entre terra e neutro ocorre pela significativa passagem de corrente de seqüência zero no condutor neutro gerada por cargas não lineares e pela própria impedância do condutor neutro.
- Existe uma relação entre o consumo de energia reativa e a regulação de tensão em um sistema elétrico. Grandes quantidades de energia reativa consumidas em intervalos de tempo muito curtos geram afundamentos de tensão. Por outro lado energia reativa sobre compensada incorre em sobre tensões.
- Manobras (eletromecânicas) de capacitores por contatores geram transientes.
- Correntes em vazio dos motores elétricos devem ser consideradas na compensação reativa local.
- As Harmônicas aumentam as perdas, por aumento do efeito joule, função do quadrado da corrente e perdas eletromagnéticas função do quadrado da tensão.
- A isolação dos transformadores com isolação a seco podem ser deterioradas por manobras dos capacitores por contatores em função de ruídos de alta freqüência gerados.
- A presença de harmônicas nas instalações elétricas são geralmente definidas pelas cargas que estão presentes, a menos de fenômenos de ressonância que podem mudar quantitativamente certas variáveis. As cargas possuem

espectros típicos e o conteúdo de harmônicos presentes será uma superposição de efeitos.

Apesar da possível existência das 5ª e 7ª harmônicas em uma instalação industrial, a 6ª harmônica não estará presente na maioria das vezes, nem a 4ª e nem a 8ª. A 9ª poderá estar presente por outra razão não associada as 5ª e 7ª.

- A avaliação de fenômenos eletromagnéticos de curta duração requer instrumento adequado. É impossível se avaliar um afundamento de tensão, por exemplo, com instrumento que integra as informações obtidas em intervalos de 1 segundo.
- As variáveis elétricas em um mesmo ponto de uma mesma instalação são inter-relacionadas; a variação de uma delas é causa ou efeito da variação de outra(s). Caso típico da partida de um motor com elevação da corrente, redução da tensão no barramento, aumento do consumo de energia reativa, redução do fator de potência, etc.

..... Continua!!!!!!

As conclusões são simples; por mais que a tecnologia avance e as situações pareçam inusitadas, continuam valendo as leis clássicas da eletrotécnica, eletrônica de potência e, sobretudo da física!!!!.