



ANÁLISE DE DISTORÇÕES HARMÔNICAS

Michelle Borges de Oliveira¹; Márcio Aparecido Arruda²

¹Universidade de Uberaba, Uberaba – Minas Gerais

²Universidade de Uberaba, Uberaba – Minas Gerais

oliveiraborges.michelle@gmail.com; marcioarruda@engcadengenharia.com.br

Resumo

Quando se fala em qualidade de energia elétrica (QEE) alguns autores a definem como as alterações que podem ocorrer em qualquer parte do sistema elétrico (SE) desde a geração até o consumo. As concessionárias devem garantir a continuidade e conformidade de seus produtos, serviços e assim mitigar os efeitos dessas alterações. As fontes causadoras mais comuns desses distúrbios são: o chaveamento de banco de capacitores, descargas atmosféricas, curto – circuito, desligamento de cargas indutivas altas como motores de indução de grande potência e transformadores entre outros. Algum tempo atrás esse assunto não era tratado com tanta importância, mas com o desenvolvimento da eletrônica de potência e com acréscimo de cargas não lineares ao sistema este ganhou destaque devido ao transtorno que podem causar aos equipamentos. Dentre os distúrbios causados ao sistema, os harmônicos ganharam espaço devido às modificações nas formas de onda e corrente, as quais podem ser minimizadas através da aplicação de filtros. Frente aos aspectos abordados este trabalho irá analisar a qualidade de energia destacando o efeito dos harmônicos causado em algumas situações: chaveamento de banco de capacitores que é utilizado na correção do fator de potência de um centro de comando de motores, inversores acionando motores e uma oficina de solda.

Palavras-chave: Sistema elétrico, Qualidade, Distúrbios.

1 Introdução

A energia elétrica teve uma ampla importância para o progresso da humanidade, posto que de acordo com especialistas, a eletricidade caracteriza o progresso econômico e social de uma sociedade. Oferecendo conforto, praticidade, bem-estar a sua população. Muito embora torne sua população mais dependente da energia elétrica, fazendo com que os consumidores busquem por uma melhor eficiência do sistema elétrico e as concessionárias visem melhorar a qualidade de energia elétrica fornecida aos consumidores.

Qualidade essa que está diretamente relacionada com os distúrbios nas formas de onda, frequência da tensão e/ou corrente elétrica.

Com o desenvolvimento da eletrônica de potência houve um aumento das cargas não lineares conectadas ao sistema elétrico e assim os problemas relacionados aos distúrbios tornaram – se cada vez mais significativos.

Algumas medidas de conservação de energia, tais como: a utilização de inversores de frequência, de lâmpadas fluorescentes compactas com reatores eletrônicos, entre outros, podem interferir na qualidade do sistema elétrico de forma a aumentar as perdas e até causarem danos e prejuízo aos consumidores e à própria concessionária.

De acordo com o módulo 8 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional) (2015) os aspectos considerados da qualidade do produto em

www.uniube.br/entec - UNIUBECampus Aeroporto – Uberaba/MG

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

regime permanente ou transitório são: tensão em regime permanente, fator de potência, harmônicos, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão, variações de tensão de curta duração e variação de frequência.

De acordo com a definição da IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) (1992) distorção harmônica seria: “Um componente de uma onda senoidal com uma frequência que é um múltiplo inteiro da frequência fundamental.” Sendo que o objetivo deste artigo é destacar a interpretação dos distúrbios causados por harmônicos no sistema.

Em função dessas interferências na qualidade da energia, o conceito de fator de potência, e distorções harmônicas passaram a ser mais discutidos no cenário elétrico. Essas interferências, se não controladas podem afetar o correto funcionamento de outras cargas, provocando o aumento do consumo de energia elétrica e até a queima dos equipamentos.

Por isso há grande necessidade da correta interpretação de seus efeitos no sistema. E essas interpretações podem ser obtidas através de equipamentos adequados.

2 Materiais e Métodos

Para verificar os distúrbios causados por cargas não lineares em um sistema elétrico há a necessidade de utilizar aparelhos que executem medições adequadas.

Existem equipamentos específicos para tal feito, denominados de medidores de qualidade de energia os quais podem ser utilizados para: medições de corrente; tensão; potência; frequência; fator de potência e componentes harmônicos.

Para execução do trabalho utilizou-se os medidores, sendo um da Fluke 345(calibrado em 25/09/2015), e outro da

EMBRASUL RE6000 (calibrado em, 24/06/2015), ambos com capacidade de registro das distorções nas componentes harmônicas até a 40ª ordem.

Após as medições, os resultados foram analisados com o auxílio de softwares específicos. Em seguida através de seus espectros de distorções harmônicas são feitas análise dos percentuais aceitáveis de acordo com a tabela abaixo (tabela 1).

Tabela 1 – Valores de referência global das distorções harmônicas totais (em porcentagem da tensão fundamental)

Tensão nominal do Barramento	Distorção Harmônica Total de Tensão (DTT) [%]
$V_n \leq 1Kv$	10
$1KV < V_n \leq 13,8Kv$	8
$13,8KV < V_n \leq 69Kv$	6
$69KV < V_n \leq 230Kv$	3

Fonte: Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST

Além dos valores aceitáveis de distorção harmônica total de tensão (DTT) existem limites individuais de tensão para cada harmônico que está normalizado em relação à fundamental.

Para o diagnóstico da qualidade de energia, em primeiro lugar foram realizadas medições em alguns pontos específicos, tais como:

- O quadro de entrada do banco de capacitor de 350KVA durante 8 minutos;

- O quadro de entrada do inversor e para a verificação dos distúrbios foi utilizado o inversor CFW – 09 (WEG) para comandar um motor de 1CV (WEG) fechado em triângulo na tensão de 220V sem carga acoplada a seu eixo durante 40 minutos.

- No quadro geral de distribuição da oficina de solda onde foram utilizadas 10 máquinas de solda com potência de 21KVA, na tensão de 220V funcionado durante 2 horas.

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

Esses locais foram os que apresentaram níveis de distorções perceptíveis.

3 Resultados

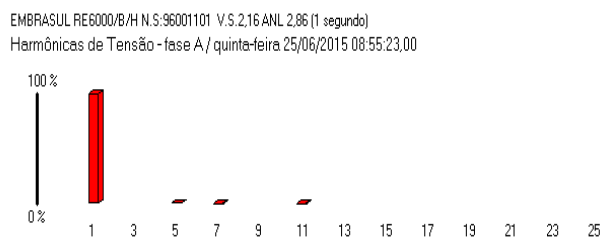
Para a análise da QEE foram realizadas medições em um motor comandado por inversor de frequência, oficina de solda, e banco de capacitores de um Centro de Comando de Motores (CCM) antes e após a energização desse banco.

De acordo com as situações acima, realizou-se a análise do espectro com distribuição percentual das componentes harmônicas das tensões, que de acordo com a IEEE (1992), podem influenciar tanto fator de potência quanto diminuir a vida útil dos equipamentos, tais como os motores, transformadores, banco de capacitores entre outros.

3.1 – Análise do comportamento das distorções harmônicas de tensão em um centro de comando de motores

Na verificação dos distúrbios dos bancos de capacitores os seguintes resultados foram encontrados:

Figura 2- Espectro das distorções harmônicas sem o banco de capacitores

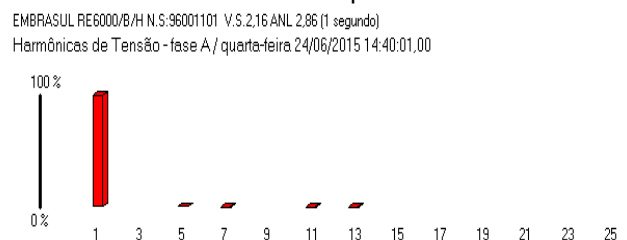


Fonte: Autor (2015)

Através do gráfico acima (figura 2) onde o fator de potência registrado foi de 0,829 foram registradas harmônicas até a 11ª ordem, mas com predominância de 1,15% de 5ª ordem. De acordo com informações retiradas do software de

medição da qualidade de energia a taxa de distorção total é de 1,341% o que faz com que os limites observados estejam dentro da faixa permitida pelo módulo 8 do PRODIST (2015).

Figura 3 – Espectro das distorções harmônicas com o banco de capacitores



Fonte: Autor (2015)

Considerando o segundo caso, com a energização do banco de capacitores conforme o gráfico da figura 3, o fator de potência foi corrigido para 0,931 e apareceram harmônicas até a 11ª ordem mas com um aumento de 0,20% da harmônica de 5ª ordem. De acordo com informações retiradas do software de medição da qualidade de energia a taxa de distorção total teve um aumento de 0,269% o que faz com que os limites observados estejam dentro da faixa permitida pelo módulo 8 do PRODIST (2015).

De acordo com a verificação acima, a correção do fator de potência de 0,829 para 0,931 contribuiu para uma queda da corrente. Contudo, houve um aumento na contribuição das harmônicas para o sistema que podem contribuir para o aumento da corrente eficaz, de modo que elevam a potência aparente sem produzir potência ativa.

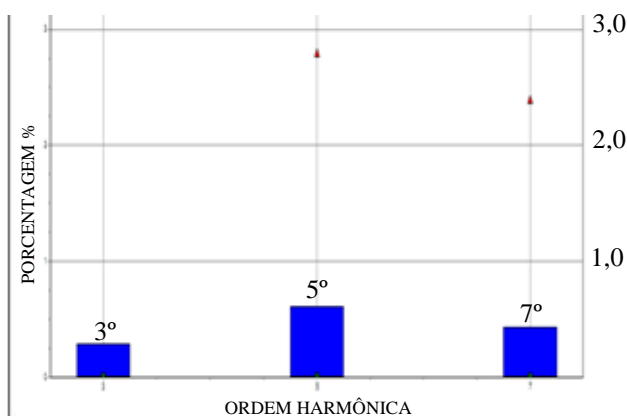
3.2 – Análise do comportamento das distorções harmônicas de tensão em um motor comandado por inversor de frequência

Inversores de frequência são equipamentos eletrônicos utilizados para

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

variar a velocidade em motores que geram distorções harmônicas no Sistema Elétrico (SE). Na verificação dos distúrbios obteve - se os seguintes resultados:

Figura 4- Espectro das distorções harmônicas do Motor de 1CV



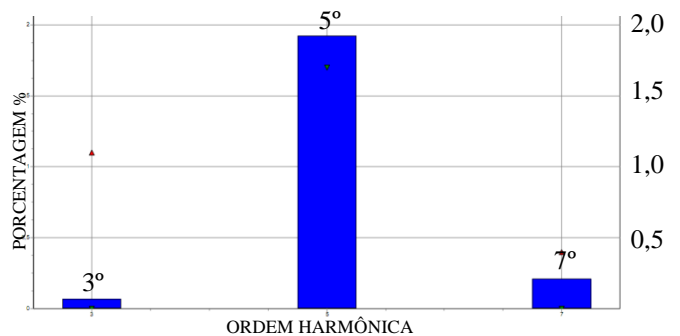
Fonte: Autor (2015)

Observando gráfico acima (figura 4) nota - se a contribuição dos harmônicos de 3ª ordem com 0,30%, de 5ª com 0,85% e 7ª com 0,45%. De acordo com informações retiradas do software de medição da qualidade de energia a taxa de distorção total é de 0,30% o que faz com que os limites observados estejam dentro da faixa permitida pelo módulo 8 do PRODIST (2015).

3.3 – Análise do comportamento das distorções harmônicas de tensão em uma oficina de solda

Segundo o Instituto Brasileiro do Cobre (2001), a tensão e corrente dos arcos elétricos presentes nas máquinas de solda apresentam característica não linear. Na verificação dos distúrbios da oficina de solda obteve - se os seguintes resultados:

Figura 5- Espectro das distorções harmônicas em uma oficina de solda



Fonte: Autor (2015)

Observando gráfico acima (figura 5) aparecem harmônicos de 5ª ordem com 1,9% e 0,4% para 7ª ordem. De acordo com informações retiradas do software de medição da qualidade de energia a taxa de distorção total é de 1,95% o que faz com que os limites observados estejam dentro da faixa permitida pelo módulo 8 do PRODIST (2015).

4 Discussão

Com esse estudo buscou - se analisar a presença de distorções harmônicas em algumas situações.

No primeiro caso os bancos de capacitores mostraram-se sensíveis a presença das distorções harmônicas, pois a impedância dos capacitores diminui com o aumento da frequência, elevando os valores de corrente.

Sendo assim, os bancos de capacitores podem funcionar como filtros de harmônicos, absorvendo parte da corrente harmônica para si. Como essa passagem de corrente não está prevista, pode causar problemas de aquecimento, perda de vida útil e até explosões dos bancos de capacitores, devido à ressonância paralela (Pires, 2010).

Como esses valores permanecem dentro da faixa permitida pelo módulo 8 do PRODIST (2015) não causaram um

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

efeito perceptível da corrente. Porém para que haja uma correta medição do fator de potência pode se considerar a distorção da corrente, e não apenas a componente reativa na frequência fundamental, o que não ocorre em alguns medidores.

No segundo caso com a utilização do inversor de frequência, equipamento que se tornou muito comum nos últimos anos, e que de acordo com o Instituto Brasileiro do Cobre (2001), seria uma carga com alto índice de poluição harmônica apesar de ser muito eficaz na partida motores verificou a presença da harmônica de 5ª ordem.

No terceiro caso a oficina de solda também apresentou harmônicos de 5ª ordem, devido principalmente a característica de não linearidade de sua tensão e corrente.

5 Conclusão

As distorções harmônicas por serem fenômenos contínuos podem causar perdas tanto as concessionárias de energia quanto aos consumidores, pois podem causar efeitos indesejáveis ao sistema elétrico.

De acordo com o IEEE e o PRODIST existem valores aceitáveis de harmônicos, ou seja, o sistema elétrico pode conviver com harmônicos desde que esses estejam controlados.

Para que se mantenham dentro da tolerância estabelecida, existem formas para diminuir seus efeitos, tais como filtros ativos, passivos e de dessintonia.

Contudo, para que haja uma melhor eficiência do sistema deve ser realizado um estudo dos efeitos que esses distúrbios causam, e assim definir qual

seria a melhor localização e qual tipo de filtro específico a se aplicar.

Referências

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional Módulo 8

–Qualidade da Energia Elétrica –

PRODIST.Brasilia. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br>. Acesso em Outubro de 2015.

IEEE Standards Board. **Std 519-1992:**

Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. / Transmission and Distribution Committee of the IEEE Power Engineering Society and Static Power Converter Committee of the IEEE Industry Applications Society / New York, 1992. Disponível em: <http://www.coe.ufrj.br>. Acesso em Outubro de 2015.

MORENO, Hilton. INSTITUTO BRASILEIRO DO COBRE - PROCOBRE. **Harmônicas nas**

Instalações Elétricas – Causas, efeitos e

soluções. São Paulo, 2001. Disponível em: <http://procobre.org/pt/>. Acesso em Outubro de 2015.

Pires, I. A. Efeitos de harmônicos no sistema de distribuição e limites segundo as principais

normas nacionais e internacionais – Parte III. **O Setor Elétrico**, n.50, Março 2010.