

Procedimentos para Mitigação da Qualidade de Energia na Indústria Têxtil

Édison M. Motoki, Member IEEE e Nelson Kagan, Senior Member IEE

Resumo - O avanço crescente da tecnologia nos processos industriais atuais, provocou o aumento da sua sensibilidade a variações de energia, ou o aumento do grau de sensibilidade de algumas cargas industriais, o que gera interrupções de produção industrial. Essas, ocasionadas por problemas de qualidade de energia, levam a diversos fatores indesejáveis às indústrias, tais como: perdas de produção, perdas de faturamento, perda de matéria-prima, uso irracional de energia, dentre outros.

O problema de qualidade de energia [1] estudado foi a variação de tensão de curta duração (VTCD), especificamente os afundamentos de tensão, sobre uma carga crítica.

Por meio de procedimentos foi possível identificar a carga crítica, no caso, os conversores estáticos de frequência utilizados amplamente nesse processo. Uma vez identificada essa carga, foi possível a realização de intervenções objetivando reduzir a sua sensibilidade.

As intervenções realizadas tiveram como consequência a melhoria de qualidade do produto, aumento da produtividade, além de grande retorno financeiro.

Abstract - The increasing evolution of technology in the current industrial processes, have caused the increase in their sensitivity to voltage variations. The increase of sensitivity in some industrial loads generates interruptions in the industrial production. That happens due to power quality problems, which causes many undesired effects to the industries, such as losses in production, invoicing and raw material, unreasonable use of energy, among others.

The problem of power quality [1] studied was short duration voltage variations, specifically the voltage sags, over a critical load.

By means of the proposed procedures it was possible to identify the critical load, in this case the ASD (Adjustable Speed Drive), a kind of load used extensively in the textile process; once identified this load, it was possible to carry out interventions aiming at the reduction of loads sensitivities.

The interventions realized have had as consequence the improvement in the product quality, increasing productivity, as well as an excellent payback.

I. NOMENCLATURA

QEE – Qualidade de Energia Elétrica

VTCD – Variação de Tensão de Curta Duração

II. INTRODUÇÃO

QUANDO nos deparamos com importantes consumidores de energia elétrica, com infra-estruturas empresariais e de serviços, uma das grandes preocupações destes deveria ser com a “qualidade de energia” que receberão em seus empreendimentos. A consequência de não considerá-la significará ter grandes perdas nas suas instalações e aborrecimentos com seus clientes.

Estendendo este raciocínio às indústrias de grande porte, depara-se com situações crônicas de resultados no processo produtivo, pela geração de refugos ou mesmo pelo uso ineficiente da energia elétrica, resultantes dos distúrbios elétricos decorrentes no sistema elétrico cognominados de “Problemas de Qualidade de Energia”.

Apesar de as tecnologias serem transformadoras de produtividade e qualidade, podem estar presentes cargas que são sensíveis a problemas de qualidade de energia, transformando em resultados, na forma de perdas e de lucratividades operacionais. Segundo [2], cerca de 30 bilhões de dólares são desperdiçados anualmente nos Estados Unidos e, por uma relação de PIB, cerca de 3 bilhões de dólares no Brasil, por problemas de qualidade de energia. As quatro principais razões [3] para o crescimento da preocupação com qualidade de energia são:

1. As cargas atuais são mais sensíveis a variações ou distúrbios de energia se comparadas com as do passado, pelo uso dos controles baseados em microprocessadores que são extremamente sensíveis a problemas de QEE;

2. A crescente ênfase sobre toda a eficiência do sistema de potência e de melhoria dos processos produtivos tem resultado num contínuo crescimento na aplicação de dispositivos para reduzir perdas, tais como acionamentos de motores de velocidade ajustável de alta eficiência e capacitores para correção do fator de potência;

3. Cada vez mais o conhecimento sobre qualidade de energia tem sido disseminado pelos engenheiros e especialistas e consumidores finais. Estes têm se tornado mais conscientes e conhecedores quanto as questões como interrupções, VTCDs e transitórios, e têm desafiado as concessionárias a melhorar a qualidade de energia de fornecimento;

4. Os processos e equipamentos atuais têm apresentado um grau de integração e sofisticação tecnológica elevados, o que significa que a falha em um componente ou problemas de qualidade de energia têm consequências indesejáveis aos processos.

Como conviver com esses problemas e ao mesmo tempo não interferir nos processos produtivos industriais?

O equilíbrio a ser buscado será o nível de qualidade exigida que resultará no funcionamento adequado dos equipamentos dos consumidores, dentro de critérios técnico-econômicos.

Esse trabalho apresentará uma metodologia que possa direcionar a um caminho para a minimização dos problemas, como uma forma de estabelecer as fronteiras entre fornecedor de equipamentos, consumidor e concessionária.

III. TIPOS DE PROBLEMAS DE QEE

São vários os tipos de problemas característicos de QEE, mas neste trabalho serão focadas as VTCDs e, mais especificamente, os Afundamentos de Tensão.

Por definição [4], um afundamento de tensão é um decréscimo na magnitude para um valor remanescente entre 0,1 e 0,9 pu no valor eficaz da tensão, na frequência fundamental, com duração de 0,5 ciclo a 1 minuto. São usualmente associados a faltas no sistema, mas podem também ser causados pela energização de cargas de grande porte, como é o caso da partida de grandes motores.

IV. CARGAS SENSÍVEIS

Tratando-se de cargas sensíveis, normalmente refere-se ao Comportamento dos Equipamentos e Sistemas no processo fabril ou parte deles, pois são as que mais impactam no processo por paradas repentinas e que provocam interrupções e perdas de produção.

O conceito de curva de tolerância para equipamentos eletrônicos sensíveis, introduzido em 1978 por Thomas Key, adotou alguns critérios de projeto de algumas fábricas e realizou alguns testes resultando na curva de tolerância conhecida como “curva CBEMA”, conforme figura 1.

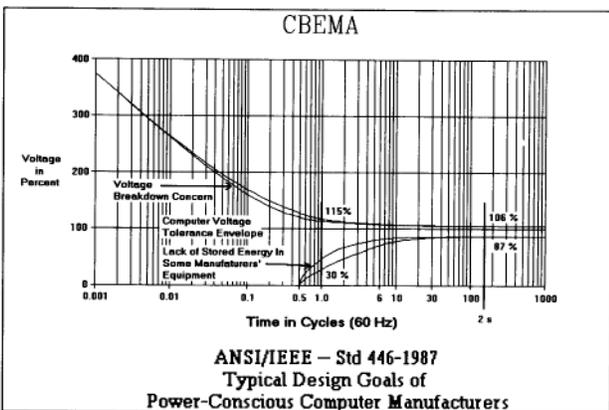


Fig. 1. Curva de Tolerância CBEMA

V. CONSEQUÊNCIAS CAUSADAS POR VTCDs NO CONSUMIDOR FINAL - CASO REAL

Uma VTCD provoca impactos em uma instalação industrial que possui sistemas inteligentes, cujas consequências são desastrosas ao processo produtivo. O estudo de caso a ser considerado neste artigo se refere a uma multinacional, indústria química-têxtil.

Com pesquisas e medições de campo, foi possível chegar a um bom termo, por uma metodologia empregada para a solução de um problema de QEE.

Nesta instalação, os refugos eram considerados excessivos, justamente pela descontinuidade operacional de uma carga sensível. A figura 2 ilustra a quantidade de desperdícios na indústria, antes e depois de ações resultantes de ações para a diminuição dos efeitos das VTCDs.

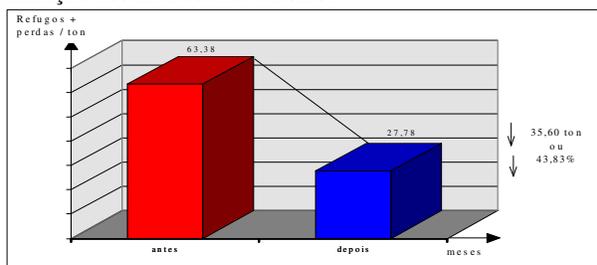


Fig. 2. Desperdícios na instalação industrial

Nota-se que, apesar da diminuição dos refugos, fica latente que dificilmente haverá redução das perdas a zero, principalmente em plantas têxteis que são consideradas cargas extremamente sensíveis a esse tipo de evento, o Afundamento de Tensão.

VI. CARACTERÍSTICAS DE CARGAS CRÍTICAS

Pode-se dizer que uma característica de carga crítica é aquela que em termos de processo poderá provocar descontinuidade operacional total ou parcial de uma planta. O motivo que leva a essa consequência está relacionado aos problemas de instalação ou por problemas tecnológicos.

São definidas cargas críticas, para duas situações:

- aquelas que comprometem o processo produtivo, gerando perdas à indústria por consequência de um problema qualquer de qualidade de energia ou de um problema operacional do processo, e;
- também aquela que interrompe o processo industrial por um afundamento de certa magnitude.

Haverá uma solução para minimização do problema, se for conhecida a razão do problema ou em que severidade ocorre na instalação ou no equipamento.

VII. MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA - CARGA CRÍTICA

Para avaliar a efetividade de uma carga crítica - uso de motor controlado por inversor de frequência alimentado por tensões inferiores à tensão nominal, foram realizados testes de bancada, em trabalho conjunto Siemens e DuPont dos Estados Unidos. A figura 3 ilustra estes testes realizados.

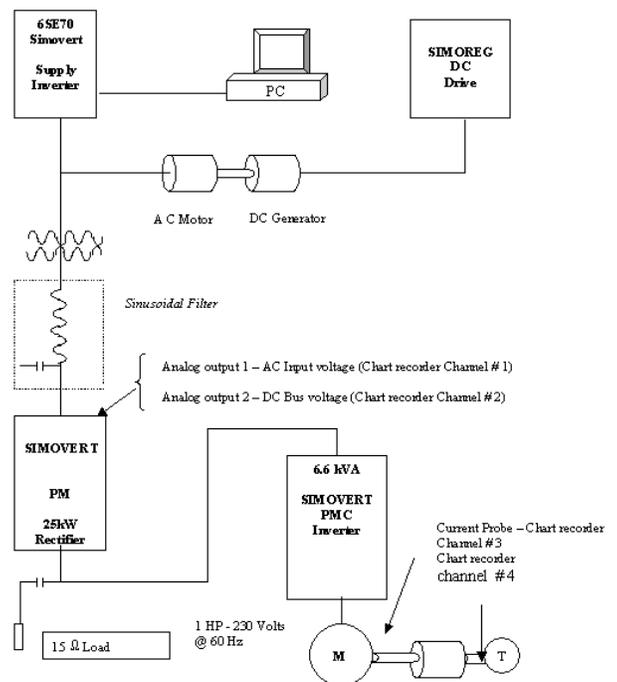


Fig. 3. Testes de bancada – controlador de velocidade

Deve-se destacar que:

- O acionamento 6SE70 é responsável por fornecer alimentação de tensão CA para o sistema em teste. A tensão variável foi conseguida alterando parâmetros do acionamento

6SE70 através de uma comunicação serial com um PC que executava um programa especial para o referido teste.

- O conjunto "AC Motor e DC Generator" é utilizado para atuar como carga de maneira a proporcionar uma operação adequada do acionamento 6SE70.

- O transformador de isolamento e o "Sinusoidal Filter" são utilizados para aumentar a precisão simulando a forma normal da onda senoidal da alimentação elétrica.

- O inversor foi representado separadamente, mostra primeiramente o retificador (25kW Rectifier) e depois o inversor (Simovert PMC Inverter).

- O uso do resistor de 15 ohms combinado com o motor de 1HP é para garantir o carregamento total no retificador durante as VTCDs.

Os testes mostraram que ambos, bobinadora e inversor, tiveram demonstrados a capacidade em funcionar com até 50% da tensão de alimentação, com afundamento nas 3 fases e em cada fase por 500 mseg.

Os gráficos da figura 4 mostram a resposta de cada simulação, o que comprova que esse equipamento é robusto o suficiente para atender os sintomas de afundamento de tensão.

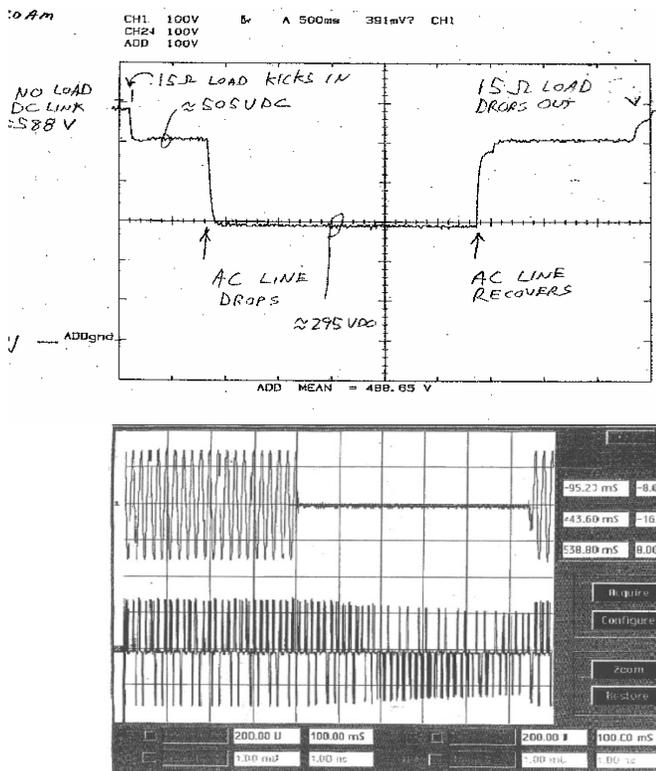


Fig. 4. Testes realizados em controlador de velocidade

VIII. PROCEDIMENTO PARA MITIGAÇÃO DOS PROBLEMAS DE QUALIDADE DE ENERGIA EM INDÚSTRIA TÊXTIL

Neste item são descritos os principais passos do Procedimento que permite avaliar a causa raiz de problemas de QEE, com aplicação em qualquer atividade industrial. Essa Metodologia foi testada e será mostrada à uma aplicação têxtil, para verificar sua funcionalidade.

A. Procedimento Proposto

A seqüência lógica da metodologia apresentada nos passos a seguir mostra os procedimentos adotados para a

minimização dos problemas, para a descoberta da causa raiz do problema associada a VTCDs.

1. **Avaliação das instalações elétricas:** consiste em verificar, desde a entrada da SE até o consumidor final, além das malhas de controle existentes, desvios de instalações, que acarretem no mau funcionamento de equipamentos.

2. **Descoberta características das VTCDs ou outros problemas de QEE:** é muito importante, identificar as VTCDs de maneira correta. A instalação de um medidor de qualidade de energia na fábrica, para registrar e monitorar as VTCDs (magnitude e duração), é importante pois norteia a definição do tipo de problema na instalação.

3. **Contatar pessoal de manutenção, produção e qualidade da planta:** objetiva entender bem o processo industrial, para definir a criticidade da unidade fabril, e quais os equipamentos prováveis que param com as VTCDs.

4. **Históricos:** corresponde à verificação dos históricos de manutenção dos equipamentos, anotações do dia e da hora do evento e das perdas do processo, identificação dos equipamentos mais sensíveis do processo, que são pontos fundamentais dessa metodologia.

5. **Relação dos equipamentos considerados críticos do processo:** consiste na verificação se os equipamentos estão com os parâmetros dos processos conforme a especificação do projeto, uma vez que os mesmos poderão ser modificados pelo pessoal, na tentativa de melhorá-los com os padrões existentes.

6. **Levantamento de dados estatísticos das paradas:** consiste em correlacionar, com a data do evento, a magnitude e duração da VTCD, perdas do processo, matérias primas, perda de faturamento, etc.

7. **Transferência das situações que ocorrem no processo por meio de simulação:** consiste na montagem de painel completo que possa representar, em laboratório, os processos e equipamentos. Este procedimento, principalmente para equipamentos de baixa potência, é extremamente desejável.

8. **Simulação em laboratório:** Serve para verificar e constatar o que provocou a parada do equipamento e ser repetido seguidas vezes para sua comprovação. Além disso, os afundamentos sugeridos devem provocar tensões remanescentes de 0; 0,2; 0,4 e 0,7 pu, combinados a duração de 0,5; 1; 10; 25 e 100 ciclos e ângulos de disparo de 0°, 45°, 90° e 135° (recomendações da norma IEC 1000-4)

9. **Comparação dos resultados obtidos:** consiste nas comparações, para cada equipamento, dos resultados do painel completo. Assim, identifica-se o equipamento responsável pela parada do processo.

10. **Proposição de soluções para resolução do problema:** consiste na análise benefício - custo para obtenção da solução mais viável.

IX. ESTUDO DE CASO 1

Os passos da Metodologia apresentada no item anterior foram aplicados a um primeiro estudo de caso de forma a mostrar a seqüência lógica até alcançar a solução, minimizando os impactos do problema de QEE.

Este estudo de caso trata de uma planta de fiação têxtil onde extrusoras, inversores de frequência, bobinadoras e malhas de controle formam o conjunto de cargas críticas desse processo industrial.

A. Levantamento de Dados

Para a descoberta do problema, foi feita a instalação de oscilógrafo, que identificou a presença de variações de tensão de curta duração, com afundamentos de tensão tipicamente de durações de 6 a 10 ciclos e de redução para 80% da magnitude da tensão, conforme mostra a figura 5.

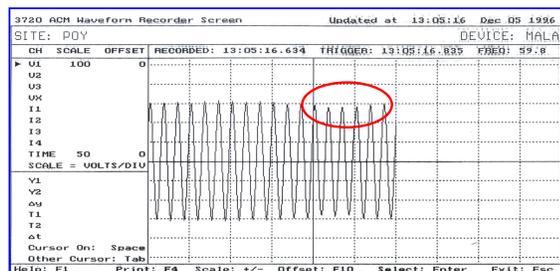


Fig. 5. Afundamento de tensão – caso 1

B. Análise do Problema

Entender o porquê do desligamento da extrusora era importante, para não perder a seqüência lógica dos trabalhos. Com a medição de harmônicas, mesmo tendo os filtros para os inversores de frequência, não foi detectada nenhuma distorção que influenciasse ou que provocasse o desligamento das máquinas, o mesmo com a proteção do sistema. O próximo passo era analisar o circuito elétrico que alimentava a extrusora onde se descobriu que existiam três variáveis que afetavam a continuidade operacional das máquinas:

- Inversor de frequência para controle da velocidade do motor da extrusora;
- Malha de controle de pressão da extrusora;
- Circuito de proteção da extrusora.

O circuito de intertravamento da máquina e sistema de proteção e seletividade estavam adequados. Restava o inversor e a malha de controle de pressão. Ao verificar o inversor de frequência, notou-se que não havia como parametrizar falha externa de tensão de alimentação do inversor, pois a tecnologia disponível não permitia essa configuração. Quando a extrusora sentia a VTCD por meio do inversor de frequência com período de 6 a 10 ciclos, havia um aumento súbito de pressão em sua saída, fazendo com que a malha de pressão intertravasse e a proteção por alta pressão desligasse a máquina. Isso ocorria quando a variação de tensão normalizava e o inversor tentava recuperar a velocidade do motor. Foram feitos vários ensaios, sendo comprovada a causa dos desligamentos do motor da extrusora.

C. Medições de Campo

Antes de iniciadas as medições de campo, foram levantados os dados referentes aos eventos de interrupções de funcionamento das extrusoras com os relatados pela concessionária de energia da região, durante 3 anos de operação.

A partir desse histórico chegou-se a conclusão da necessidade de fazer uma intervenção na planta para reduzir as perdas de produção. Foram realizadas reuniões com a concessionária, onde analisou-se o motivo de tantos distúrbios elétricos, que provocavam *shutdown* na planta. Instalou-se um oscilógrafo no barramento de baixa tensão (380V), para que registrasse os distúrbios possíveis que poderiam ocorrer no sistema elétrico. Durante 1 mês, os eventos foram registrados

e a quantidade de VTCDs foi considerada elevada e sensíveis para o inversor. A maioria dos eventos era a redução de tensão em até 30% em relação a tensão nominal de 380V, num intervalo de tempo de aproximadamente 95ms a 100 ms ou de 4 a 6 ciclos aproximadamente.

D. Resolução do Problema

Junto com os técnicos da Klockner Moeller e da Du Pont, concluiu-se que era necessário mudar os parâmetros das EPROMs, sendo a única forma de amenizar o impacto sobre o processo. O objetivo maior era aumentar a sensibilidade dos equipamentos para reduções de 30 para 50% em relação a tensão nominal de 380 V, e durações de intervalo de 95 ms para 500 ms. Um estudo experimental de 5 meses foi realizado para assegurar que essas mudanças não afetassem o desempenho de funcionamento dos equipamentos, assim como sua proteção interna, culminando com a efetivação da substituição das EPROMs. Para verificar a eficiência dessas medidas, foram realizados acompanhamentos num período de 6 meses, após a implantação das mesmas, com o objetivo de constatar o sucesso ou não de todo o estudo e esforço científico dos técnicos dessas empresas.

E. Resultados Obtidos

1) Quantidade de Energia Economizada

Dados coletados:

- 6 meses anteriores ao mês de referência:
- Consumo de energia: 6.062.030 kWh
 - Volume de Produção Bruta: 2.186,86 ton.
 - Volume de Produção Líquida: 2.123,48 ton.
 - Volume de Refugo gerado: 63,38 ton.

6 meses posteriores ao mês de referência:

- Consumo de energia: 5.876.673 kwh.
- Volume de Produção Bruta: 2.333,42 ton.
- Volume de Produção Líquida: 2.305,64 ton.
- Volume de Refugo gerado: 27,78 ton.

$Q_e = Q_{ea} - Q_{ep}$, onde:

Q_{ea} - Energia anterior à intervenção (kwh/ton)

Q_{ep} - Energia posterior à intervenção (kwh/ton).

Q_e - Energia economizada à intervenção (kwh/ton).

$$Q_{ea} = \frac{\text{Consumo Energia Anterior (kWh)}}{\text{Produção Líquida (ton)}}$$

$$Q_{ea} = 2.854,76 \text{ kWh / ton}$$

$$Q_{ep} = \frac{\text{Consumo Energia Posterior (kWh)}}{\text{Produção Líquida (ton)}}$$

$$Q_{ep} = 2.548,83 \text{ kWh / ton}$$

$$Q_e = Q_{ea} - Q_{ep} = 305,93 \text{ kWh / ton}$$

A figura 6 ilustra a redução no consumo de energia devido às ações de QEE na instalação industrial.

2) Outros Indicadores

Outro indicador importante consiste nos refugos somados às perdas de produção.

Houve uma redução de refugos e perdas de 43,83% ou seja, 35,60 ton, um adicional de US\$ 230.000,00, correspondendo a aumento da produção total de 6,70% e da produção líquida de 8,58%.

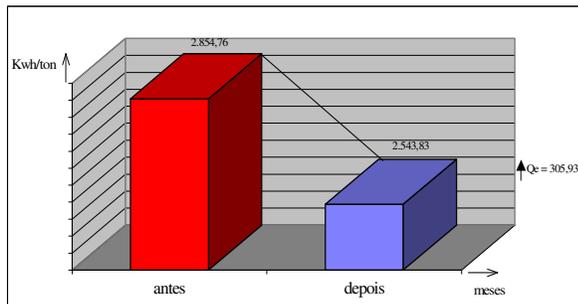


Fig. 6. Consumo de energia em kWh/ton antes e depois da intervenção realizada

Outro resultado importante, relativo à produção total e à produção líquida é mostrado na figura 7.

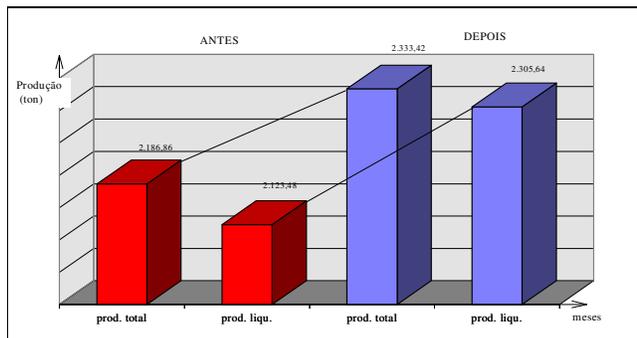


Fig. 7. Produção (toneladas) antes e depois da intervenção

Foram feitas considerações sobre a energia elétrica economizada, em MWh e MWh/ton, que estão representadas nas figuras 8 e 9, respectivamente. Verificou-se que houve um aumento de eficiência de 10,7%.

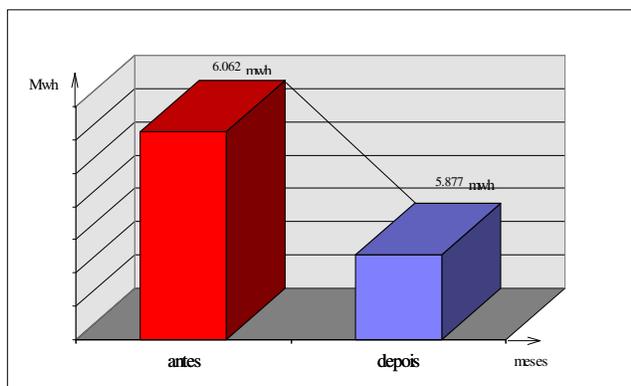


Fig. 8. Redução de energia no período analisado

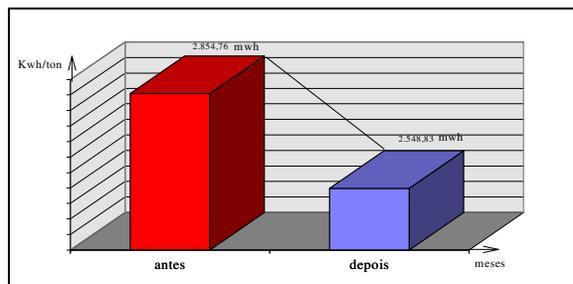


Fig. 9. Redução de energia por tonelada no período

A economia gerada (E_{con}) pode ser avaliada pelo produto entre a energia economizada e a produção líquida mensal, isto é:

$$E_{con} = 117.559,72 \text{ kwh/mês} = 9,70\%$$

Esta Economia gerada equivale, no ano, a uma economia de 1,6 meses, nessa unidade fabril.

X. ESTUDO DE CASO 2

Uma segunda planta, chamada FDY, após sua implementação, também deu sinais de sensibilidade das cargas nos mesmos moldes da anterior (planta POY), o que confirmou sensibilidade das cargas elétricas em função de tecnologias digitais.

Nesse caso era ainda pior, pois as máquinas não mais alcançavam os seus 600 metros de fios por minuto, mas sim os seus 900 a 1.000 metros por minuto. Portanto a geração de refugos e a quantidade de bobinas com peso reduzido aumentavam na mesma proporção da planta POY.

No caso da planta FDY o que ocorria era a sensibilidade da extrusora e da bobinadora, cuja velocidade da bobinadora era de 1.000 metros por minuto. Deve-se imaginar uma máquina com esse nível de velocidade romper as fiações!! Um total de 8 linhas cada uma com uma extrusora e cada alimentava 12 bobinadoras!! Portanto a quantidade de máquinas de 96 bobinadoras, cada máquina representava quase 1% da produção!

Quando ocorriam os afundamentos de tensão, algumas bobinadoras e extrusoras paravam, ocasionando refugos e quebra de produção. A diferença era que o inversor de frequência tinha a opção de parametrização de falha externa que o anterior não dispunha.

A seqüência da metodologia foi empregada e após 4 meses de trabalho concluí-se que:

1. As instalações elétricas, desde a entrada da SE até o consumidor final, estavam adequadas, exceto as malhas de controle do equipamento que estavam com os parâmetros de pressão modificados,
2. O tipo das VTCDs era similar ao encontrado na outra planta. A instalação de um medidor de qualidade de energia na fábrica, confirmou o tipo de problema que tem na instalação.
3. O time de manutenção, produção e qualidade para o entendimento do processo industrial e verificação da criticidade da unidade fabril determinou quais os equipamentos prováveis que paravam com as VTCD's.
4. Foi realizado histórico dos eventos com o pessoal de produção, manutenção dos equipamentos industriais, com anotações do dia e hora de ocorrências e quanto foram as perdas do processo, consistindo em pontos fundamentais na aplicação da metodologia.

5. Com a relação dos equipamentos considerados críticos do processo, verificou-se que os equipamentos estavam com os parâmetros dos processos alterados, modificados pelo pessoal de produção, na tentativa de melhorá-los com os dos padrões existentes. Isso ocasionou a piora no funcionamento dos equipamentos, ocasionando diferentes parametrizações para o mesmo tipo de máquina. Corrigidos os desvios, melhoraram a performance do equipamento, sendo encontrados a exclusão do parâmetro da falha externa em alguns inversores.

6. Foi realizado o levantamento de dados estatísticos das paradas, correlacionando com a data, a magnitude e duração da VTCD, perdas do processo, matérias primas, perda de faturamento, etc. Foi descoberto que as perdas de produção em 10 meses de funcionamento chegavam a US\$ 280.000,00.

7. A transferência das situações no processo por meio de simulação não foi realizada, uma vez que já se conheciam a causa e o efeito nessas máquinas.

8. Foi simulado, em laboratório do Enerq [5] e da empresa, afundamentos em conversores industriais, sendo constatados o funcionamento destes, pelas medições das VTCDs.

9. Foi feita a comparação dos resultados obtidos para cada equipamento com os resultados do painel completo, bem como foi realizado um estudo de variabilidade de processo por um *Blackbelt*, onde foi detectada a incidência maior de variabilidade na bobinadora. Assim, identificou-se que um circuito de proteção e segurança (intertravamento) entendia que perdia a referência do nível DC de 24 V com a diminuição de velocidade do motor da bobinadora (queda ascendente do nível de tensão), dando a entender que o circuito DC que fazia o controle de velocidade da bobinadora estava sem tensão elétrica e a seqüência lógica do comando de proteção mandava o equipamento desligar, ocasionando parada do processo.

10. Foi contatada a detentora de tecnologia, que projetou esse conceito de aproveitamento de energia gerado pelo giro do motor da bobinadora, para alimentar o circuito DC de controle de velocidade da bobinadora. Concluiu-se que era basicamente um referencial DC e que essa diminuição de velocidade instantânea de até 10 ciclos não era suficiente para deixar o circuito DC sem alimentação elétrica. Desconectou-se esse ponto no circuito, e as máquinas que mais paravam. Observou-se o comportamento e a performance das máquinas, não afetando a qualidade de fabricação de fios com essa modificação de projeto.

A. Resultados Obtidos

Essa metodologia empregada revelou mais uma vez um bom resultado da sua aplicabilidade, com a eliminação de 90% dos refugos e perdas de US\$ 280.000,00 (10 meses). O investimento foi da ordem de US\$ 50.000,00. O retorno nesse caso foi em aproximadamente 2 meses.

XI. ANÁLISE DOS CASOS

Ficou evidenciado que essa metodologia, poderá se estender de maneira geral para outros tipos de unidades fabris. A seqüência lógica dessa metodologia irá permitir que, ao longo do estudo das partes vitais e de sistema de controle da planta, possam ser detectadas algumas características construtivas de equipamentos. Além disso, deverá possibilitar um uso mais racional da energia elétrica, tanto para produção de fios sintéticos, como para a produção de alimentos,

automóveis, produtos químicos, pois deve-se ter em mente que, na realidade, os equipamentos são sensíveis a determinados tipos de afundamentos de tensão.

XII. CONCLUSÃO

Os estudos de casos mostraram que o procedimento estabelecido, neste trabalho, pode ajudar na resolução dos problemas com baixo custo, se comparado com prejuízos assumidos por muitas organizações. O procedimento exposto foi eficaz na solução dos problemas dessa indústria têxtil e pode ser facilmente empregado em qualquer atividade industrial ou comercial.

Tem-se um teste de bancada realizado pelo Enerq, referência [5], que mostra a curva de sensibilidade de alguns tipos de conversores de frequência, comprovando mais uma vez que esse tipo de equipamento é sensível à VTCD.

O teste de suportabilidade do conversor Simovert/Siemens, realizado pela Du Pont/Siemens mostrou o quanto é importante a escolha da tecnologia de um ASD e o quanto ele pode suportar com uma VTCD.

O Procedimento adotado neste trabalho com os dois casos reais foi desenvolvido nas cargas instaladas na baixa tensão, portanto, com investimento de baixo custo e com grande retorno financeiro, conforme referência [1].

Assim, existem várias oportunidades nessa área e o caminho de maior valor agregado está sem dúvida na baixa tensão, porque une a concessionária de energia com o seu cliente, referência (4), com um investimento suportável, referências [1], [3], para ambos os lados.

XII. REFERÊNCIAS

- [1] DUGAN, Roger C. *Electrical Power Systems Quality*. Nova Iorque: McGraw-Hill.
- [2] Oliveira, JC; *Simpósio ENERQ / USP 2005*
- [3] KAGAN, N.; CASTELLANO, U.F.; VASCONCELOS, G.F.; MATSUO, N.M.; CEBRIAN, J.C.; GOMES, R.P.; MORAIS, R. e FERRANDIS, A., *Procedimentos para diagnosticar e Mitigar Efeitos provocados por VTCDs em Processos Industriais*. VI SBQEE, 2005.
- [4] ONS. *Procedimentos de Rede - Padrões de Desempenho da Rede Básica. Submódulo 2.2, 2002. disponível em <http://www.ons.org.br>*.
- [5] LEAL, D. F. *Impacto da qualidade de energia elétrica sobre processos industriais. 2005. Monografia (Trabalho de Formatura) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005*

XIII. BIOGRAFIAS

Édison M. Motoki graduado em Engenharia Elétrica, Administração de Empresas pela Universidade Mackenzie e MBA pela FGV. Trabalhou na Petroquímica União na área de Instrumentação, foi Gerente de Engenharia e Manutenção da Fibra Du Pont. Prestou consultoria na área de Conservação de Energia para diversas empresas, Mestre pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo na área de Sistemas de Potência. É Gerente da Du Pont do Brasil na área de Facilities e dá suporte as plantas na área de manutenção e gestão de segurança em eletricidade..

Nelson Kagan obteve o título de Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo, Brasil, em 1988, e o título de PhD em Engenharia Elétrica pela *University of London*, em 1993. Leciona no Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo desde 1983. Tornou-se professor associado após a defesa de sua tese de livre-docência em 1999. Muitos de seus trabalhos concentram-se na área de planejamento de redes de distribuição e qualidade de energia. Seus trabalhos têm sido implementados em diversas empresas de distribuição do setor elétrico brasileiro. Atualmente coordena o Enerq-CT – Centro Tecnológico em Qualidade de Energia da USP.