

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA POR MEIO DA SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES VELHOS EM OPERAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS DE COSTURA

LARISSA S. PEREIRA, LEMUEL L. F. MARTINS,

ANDERSON I. DA S. OLIVEIRA, JANAINA B. ALMADA

LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE ENERGIA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ-UFC

E-MAILS: LARIS.SAL@HOTMAIL.COM, LEMUELFM@OUTLOOK.COM,

ANDERSONISMAEL41@GMAIL.COM, JANAINA@DEE.UFC.BR

Abstract—In general, within industry the largest portion of the loads are the motors, therefore, are greatest potential loads in the electrical efficiency projects. Several techniques are applied with the goal of make processes more electrically efficient, and hence saving costs. In this work is evaluated the use of soft-starter, and frequency inverters as energy conservation measurement, besides be verified the economy viability of motors replacement, and power factor correction for the new model. This study is applied to a sewing machines industry in Ceará, which use of thousand motors of different powers in your productive process, where the objective is observe the benefits in electrical energy saving that this industry can get to replace yours older motors in operation by newer ones with high yield. The first check is based on the replacement of 25% of motors, and in the second research 50% ones are replaced. The results of the study are based on the energy consumption of the industry and in Ceará state's electricity rates. For the two situations are showed through tables that show the amount obtained, as the investment amount in the replace of motors, the payback period, the saving of kWh/year, and total money saved per year, and the total saved monetary. Thereby, evidencing the advantage of using this energy efficiency procedure in industries.

Keywords—Energy Efficiency, Energy consumption, Industries, Cost savings, Exchange engines

Resumo— Em geral, dentro das indústrias a maior parcela de carga são os motores, portanto, são as cargas com maior potencial nos projetos de uso eficiente da energia elétrica. Diversas técnicas são aplicadas com o objetivo de tornar processos mais eficientes energeticamente e consequentemente reduzir os gastos. Neste trabalho, é avaliado o uso de *soft-starter* e inversor de frequência como medidas de conservação da energia, além de ser verificada a viabilidade econômica de substituição de motores e correção do fator de potência para o novo modelo. Esse estudo é aplicado a uma indústria de máquinas de costura no estado do Ceará, que utiliza de mil motores de diferentes potências ao longo do seu processo produtivo, em que o objetivo é observar os benefícios na economia de energia elétrica que essa indústria pode conseguir ao substituir seus motores mais antigos em operação por motores mais modernos de alto rendimento. A primeira investigação é baseada na substituição de 25% dos motores e na segunda pesquisa são substituídos 50% dos motores. Os resultados do estudo são baseados no consumo de energia da indústria e nas tarifas de energia elétrica para o estado do Ceará. Para as duas situações são apresentadas tabelas que exibem os valores obtidos, como o valor de investimento na troca dos motores, o tempo de retorno desse investimento, a economia de kWh/ano e o total monetário economizado por ano. Com isso, comprovando a vantagem da substituição periódica de motores em indústrias.

Palavras-chave—Eficiência Energética, Consumo de energia, Indústrias, Economia de gastos, Troca de motores

1 Introdução

Durante algum tempo, pensava-se que quanto mais energia um país consumisse mais desenvolvido seria e mais qualidade de vida sua população teria, por isso, um dos índices que avaliavam o desenvolvimento era a Oferta Interna de Energia (OIE) por habitante. Entretanto, essa análise não considera as perdas desnecessárias que não ajudam melhorar à produtividade do país e à qualidade de vida da população. Portanto, os novos índices utilizados relacionam o consumo de energia ao Produto Interno Bruto (PIB) (.

Nesse contexto, tem-se a definição da eficiência energética como a utilização do uso racional de energia elétrica, ou seja, o menor consumo de energia nos processos realizados mantendo o mesmo resultado final, consumindo menos e mantendo o mesmo valor energético. Práticas para o uso racional da energia são importantes devido à necessidade de redução de custos dentro das empresas, emissão de gases prejudiciais ao meio ambiente e, principalmente, o aumento do consumo de energia elétrica (Marquesin Junior, 2011).

Com propósito de expandir sua competitividade, diversas indústrias apostam no uso da eficiência energética para reduzir custos. Esse tema ganhou ênfase após a crise do petróleo no ano de 1970, quando logo se verificou que o ideal seria a utilização de equipamentos dotados de maior e melhor eficiência para os processos aumento da geração de energia elétrica (Póvoa, 2014).

Segundo o Balanço de Energia Útil (BEU), observou-se que o potencial de eficiência energética do Brasil é fornecido pelos setores industrial, residencial e de transportes, totalizando 80% do consumo final de energia elétrica do país (EPE, 2012). Portanto, todos esses setores permitem um estudo acurado na área de eficiência energética. Isso pode ser promovido através de:

- Fator de Potência;
- Motores Elétricos;
- Iluminação;
- Sistema de Ar Comprimido;
- Refrigeração.

As principais vantagens de se fazer uso da eficiência energética são: economia de energia elétrica, confiabilidade de operação, ganho de produtividade, qualidade de energia,

redução de custos operacionais e ações de sustentabilidade (Starosta, 2011).

O objetivo deste artigo é desvelar as vantagens da aplicação de técnicas de eficiência energética em indústrias e analisar os efeitos da substituição de motores velhos em operação com diferentes potências (150 cv, 100 cv, 75 cv, 50 cv, 25 cv, 15 cv, 10 cv, 7.5 cv e 5 cv) para diferentes setores de uma indústria de máquinas de costura no Estado do Ceará. Constatando a economia do consumo de energia elétrica e economia monetária anual, para a substituição de 25% e 50% dos mil motores em operação na indústria estudada e apresentando o retorno do investimento para as substituições, através da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Valor Presente Líquido (VPL).

O artigo está estruturado em quatro seções. A 1ª seção apresenta a definição, vantagens e importância da eficiência energética. A 2ª seção descreve o estudo das possíveis técnicas de eficiência energética que podem ser utilizadas na indústria como meio de redução do consumo de energia elétrica. Na 3ª seção, é apresentado o estudo de caso, designado como a substituição de motores velhos por motores novos com finalidade de apresentar o quantitativo do consumo de energia (kWh/ano) e reais (R\$/ano) economizados ao se realizar essa troca. Por fim, denota-se na seção 4 às conclusões.

2 Metodologia de Estudo

2.1 Substituição de Motores

A indústria consome a maior parte da energia produzida no Brasil e, segundo o ministério de Minas e Energia, cerca de 68% da energia utilizada na indústria é destinada aos motores elétricos. Grande parte desses motores em funcionamento atualmente passou por processos de recondição. Além disso, constata-se que na indústria brasileira o número de motores que estão sendo utilizados e passaram por esses processos é elevado e assim, acabam não atendendo os requisitos mínimos de eficiência para o setor. Com isso, as empresas acabam comprando novos motores que também passaram por processos de recondição ou procurando outras empresas especializadas para recondição de seus motores antigos (Portal Brasil, 2015).

Como o rendimento do motor cai a cada vez que o motor é rebobinado, os custos para mantê-lo operando sempre tendem a aumentar, de modo que a substituição do motor pode ser uma alternativa viável a partir de certo momento na vida útil do mesmo. Tal escolha se torna ainda melhor quando se opta por substituir esses motores rebobinados por motores de alto desempenho, porém, devem-se levar em conta alguns fatores antes de se substituir os motores, segundo (Garcia, 2003) esses fatores são:

A. Carga do motor:

A estimativa é feita através da medição de potência, corrente ou rotação do mesmo. E para motores com cargas variáveis a estimativa deve ser feita em situações diversas ou em que a carga seja máxima.

B. Tempo de funcionamento do motor:

Nesse ponto deve-se prever a quantidade de horas que o motor funcionará por ano. Em grandes indústrias é comum fazer a medição de alguns motores e comparar a energia gasta com a conta de energia elétrica da indústria.

C. Rendimento do motor:

Utilizar curvas padrões de rendimento para calcular o rendimento e como afirma (Delgado, 1996) os motores têm uma queda de rendimento de 5% ao longo de 10 anos devido a perdas nos mancais e descarbonetação do núcleo.

D. Verificação de adequação do motor substituto:

Esse ponto é de suma importância uma vez que motores superdimensionados têm um fator de potência baixo e consequentemente um baixo rendimento de modo que não tornaria a substituição viável.

E. Cálculo de carga do motor de alto rendimento:

Normalmente, supõe-se que a potência seja a mesma, contudo, para motores de alto rendimento sua velocidade de rotação varia, uma vez que motores de alto rendimento possuem uma menor resistência, aumentando assim a potência que varia com o cubo da velocidade de rotação.

F. Cálculo da redução de energia:

Neste ponto, deve-se fazer uma simples verificação das potências de um motor de alto rendimento e do motor comum e em seguida uma subtração do segundo pelo primeiro.

G. Estimativa de investimento:

Além do preço do motor, é necessário também verificar os custos de adequação para a instalação do mesmo, neste caso, inclui-se eventuais trocas de base, acoplamento e proteção do motor.

H. Análise do Investimento:

Nesse tópico faz-se necessário avaliar a economia que se vai fazer ao longo dos anos e os custos que acarretarão a troca dele.

I. Verificação de investimentos:

Quando se trata de indústria, podem-se haver vários motores que tenham o investimento viabilizado e outro grupo desses equipamentos que não tenham a mesma viabilidade. Assim, faz-se necessário avaliar quais os equipamentos que trarão um melhor retorno para potencializar a troca. Assim, além de ter custos reduzidos por conta da utilização de motores de alto rendimento, o uso desses contribui para a adequação a Lei de Eficiência Energética exigida pela ANEEL.

2.2 Rendimento de Motores

Os motores consomem a maior parte da energia solicitada pela indústria, em torno de 50% do consumo total desse setor, no entanto, uma parcela dessa energia consu-

mida por esses equipamentos pode ser reduzida com o redimensionamento dos mesmos. Muitos motores na indústria são utilizados com cargas muito menores do que as que foram projetados. Isso acaba se tornando um desperdício de energia, pois, o motor não trabalhará de maneira ideal e seu rendimento estará abaixo daquilo para o qual foi projetado. A consequência disso é que o equipamento trabalhará com um fator de potência menor, consumindo assim mais reativos da rede. As quatro principais causas do uso ineficiente de um motor elétrico são: superdimensionamento, reparo inadequado do motor, utilização de motores de baixo rendimento e acoplamento motor-carga de baixa eficiência (Delaiba, 2008).

O superdimensionamento do motor faz com que o mesmo trabalhe com uma potência acima da necessária trazendo assim consequências, como baixo fator de potência, baixo rendimento e um aumento considerável na corrente de partida, trazendo assim custos desnecessários a quem está utilizando o motor (Delaiba, 2008).

O reparo inadequado do motor pode fazer com que a necessidade de outra manutenção em um curto período de tempo, assim o histórico de manutenção do mesmo aumenta. Esse histórico é um dado importante no redimensionamento, pois a partir dele será possível encontrar os tipos de reparo que o motor teve durante o seu tempo de funcionamento e quais os principais motivos que levaram o equipamento a dar defeito e assim trabalhar diretamente nesse problema (Antoniassi, 2009).

Assim como o superdimensionamento, o baixo rendimento faz com que o motor trabalhe numa potência abaixo da que é solicitada e assim um maior consumo de energia é necessário para realizar a atividade. Outro ponto a ser observado é como é feito o acoplamento motor-carga, se há eficiência na maneira como é transmitida a potência do motor para a carga, sendo isso de acordo com a maneira como é realizada tal transferência (Jordan, 1992).

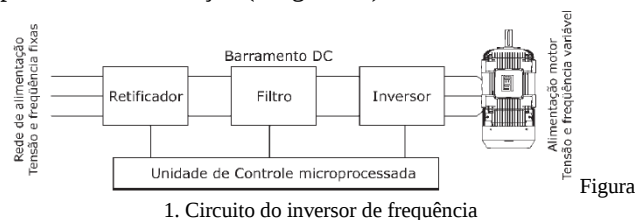
Além do dimensionamento correto, o tipo de material que o motor é construído pode melhorar seu rendimento de maneira significativa. Na construção de motores de alto rendimento, faz-se o uso de chapas magnéticas de melhor qualidade, maior volume de cobre, enrolamentos especiais, núcleos do rotor e estator tratados termicamente, desenho de ranhura, maiores barras e anéis de curto-circuito, melhor desenho da ventilação e redução do entreferro. Todas essas modificações contribuem para o melhor funcionamento do motor e no aumento de 20% a 30% do seu custo de produção se comparadas ao motor comum, no entanto, essa diferença no preço é compensada ao longo da vida útil do equipamento (Andreas, 1982).

2.3 Utilização de Inversor de Frequência

Com o intuito de obter um valor de frequência diferente do valor associado a alimentação e reduzir a corrente da partida de motores, o inversor de frequência é dispositivo importante em diversos processos industriais. Desde a utilização em máquinas de corte e solda, até ventiladores e esteiras transportadoras, a principal aplicação desse dispositivo é variar e controlar a velocidade de motores de indução trifásicos (WEG, 2014). A variação da velocidade do motor de indução trifásico era realizada com componentes hidráulicos e mecânicos, até os anos 70. Em meados dos anos 80,

os semicondutores de potência foram desenvolvidos, otimizando o funcionamento e a confiabilidade do sistema, resultando um aumento do dobro da eficiência de outrora.

O inversor de frequência (ver Fig. 1) é composto por um circuito retificador, que converte a tensão AC de entrada para uma tensão DC, um filtro (barramento DC) indutivo e capacitivo com o objetivo de retirar ondulações AC ainda presentes após o retificador e um inversor na saída. O inversor é composto por seis transistores de potência que permutam entre fechado e aberto, como um PWM (*Pulse Width Modulation*), a fim de gerar a onda senoidal que é conectada ao motor. A frequência da alimentação do motor depende da configuração implementada na Unidade de Controle microprocessada. Ao controlar a rotação do motor, é flexibilizada a produção da máquina que é acionada pelo motor de indução (Weg, 2014).



A velocidade do motor é calculada pela Eq. 1, onde n é a velocidade em rotações por minuto, f é a frequência em Hertz, s é o escorregamento e p é o número de pólos. Como a relação da velocidade com a frequência é diretamente proporcional, um dispositivo que varia a frequência da tensão de alimentação modifica proporcionalmente a velocidade de rotação do motor.

$$n = \frac{120 * f * (1 - s)}{p} \quad (1)$$

Para aplicações que necessitem de respostas rápidas, desempenho dinâmico e maior confiabilidade, o controle vetorial é mais utilizado. Seu princípio de funcionamento consiste no cálculo da corrente necessária para gerar o torque requerido.

2.4 Utilização do Soft Start

Os *soft-starters* são comumente utilizados em sistemas industriais como meio de substituição da partida estrela-triângulo, partida direta e partida compensadora em motores de indução trifásicos. Essas chaves reduzem a corrente de partida dos motores, proporcionam picos de correntes reduzidos, além de garantir proteção. Contribuindo diretamente para a redução do consumo de energia (Lander, 1999).

O funcionamento do *soft-start* é baseado em comandos microprocessados (que consomem pouca energia), controlando diretamente os tiristores que regulam a tensão encaminhada ao motor, e consequentemente, diminuem os altos conjugados de aceleração e protegem a rede elétrica. Utilizando partida suave (*soft-start*) é possível também controlar o torque a corrente da carga, requisitando uma corrente mínima para a carga mantendo a mesma frequência (Oliveira; Reis; Rossi, 2014).

As vantagens da utilização do *soft-start* são:

- Economia de Energia;
- Regulagem da tensão de partida em tempo pré-definido;
- Proteção contra sobre-corrente, falta de fase, subcorrente;
- Proporciona um pulso de tensão para cargas com alto conjugado de partida;
- Proteção do motor;
- Controle de potência do motor no instante da partida.

As principais aplicações de *soft-start* são:

- Compressores de ar e refrigeração;
- Bombas centrífugas;
- Ventiladores, exaustores e sopradores;
- Fornos rotativos;
- Britadores e moedores.

2.5 Correção de fator de potência

Fator de potência é definido como um índice adimensional responsável por representar a energia ativa (W) em face à energia total (aparente) absorvida por uma instalação ou equipamento. O fator de potência pode variar entre zero (0) e um (1), podendo ser indutivo ou capacitivo, de acordo com o tipo de carga (ANEEL, 2000).

Quando uma instalação apresenta baixo fator de potência, isso designa que o consumo de energia total de seus equipamentos tem contribuição de energia ativa (W) e energia reativa (Var). Um baixo fator de potência ocasiona problemas como (Silva, 2009):

- Ocorrência de sobrecarga na rede;
- Redução dos níveis de tensão;
- Aumento das perdas de energia em condutores;
- Comprometimento de parcela da capacidade dos transformadores e alimentadores;
- Incidência de ônus nas contas de energia.

O fator de potência baixo é muito comum em indústrias, pelo constante uso de motores de indução, motores operando a vazio, presença de transformador- retificador e reatores presentes em lâmpadas de descarga. Em geral, esses tipos de equipamentos injetam corrente harmônica na rede. A correção do baixo FP em indústrias é realizada através dos métodos a seguir (Cotrim, 2008) (Filho, 1993):

- Utilização de banco de capacitores;
- Mitigação de harmônicos;
- Aumento do consumo de energia ativa;
- Utilização de motores síncronos superexcitados.

A utilização de banco de capacitores é comum pelo baixo custo dos capacitores, fácil instalação e possuem modo de operação com permutação de energia reativa acumulada, ou seja, a energia reativa que é fornecida pela concessionária passa a ser fornecida pelo banco.

3 Estudo de Caso

O estudo foi realizado em uma indústria de máquina de costura no Estado do Ceará, com uma média de mil motores em funcionamento. Para cálculo do consumo dos motores foram considerados os dados de placas dos motores, um regime de trabalho de 24 horas diárias durante 30 dias mensais e com os motores trabalhando com potência nominal. Para o cálculo de investimento foi considerado a política de troca, na qual a empresa devolve o motor velho na hora da troca e ganha 12% de desconto na compra do motor novo e na tarifa de energia elétrica (Coelce, 2015). Os motores estudados têm 4 pólos, 2 rebobinagens e 15 anos de funcionamento, variando os valores de potência, sendo considerados motores de 150 cv, 100 cv, 75 cv, 50 cv, 25 cv, 15 cv, 10 cv, 7.5 cv e 5 cv no estudo.

3.1 Substituição de 25% dos motores em operação

Para a retirada de 25% dos motores mais antigos da produção industrial, ou seja, 250 motores, foram analisadas independentemente as três situações a seguir e posteriormente em conjunto:

- 1 – Substituição de cem motores de 150 cv;
- 2 – Substituição de cem motores de 100 cv;
- 3 – Substituição de cinquenta motores de 75 cv.

O estudo de substituição de 25% dos motores que corresponde a 250 motores foi realizado de forma individual conforme as situações 1, 2 e 3 mostradas acima, em seguida é exposto o resultado geral e completo desta análise, ou seja, os resultados de viabilidade econômica, TIR, VPL e *payback* para a troca de todos os motores. Para a primeira situação têm-se os dados obtidos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados para substituição de cem motores de 150 cv.

Cenário 1	
TIR (%)	97.70
R\$/kWh	2.466.327,00
VPL (\$)	9.736.834.08
Economia (kWh/ano)	5.480.726.67
Economia (R\$/ano)	2.466.327.00
Potencial de Economia (%)	6.91
Payback	1,38 anos

Analisando a Tabela 1, observa-se uma economia de 5.480.726.67 kWh/ano do consumo de energia, gerando uma economia mensal na conta de energia de 205.527.25 \$, levando em consideração o cenário 1 para o Estado do Ceará.

Utilizando a política de trocas da Weg, para um investimento na troca dos motores do caso 1, requeria-se um valor de R\$ 3.394.993.00, proporcionando a fábrica um *payback* em 1,38 anos.

Para a substituição de cem motores de 100 cv, os seguintes dados são explanados na Tabela 2:

Tabela 2. Resultados para substituição de cem motores de 100 cv.

Cenário 2	
TIR (%)	133.28
VPL (\$)	7.254.246.14
Economia (kWh/ano)	3.761.250.44
Economia (R\$/ano)	1.692.562.70
Potencial de Economia (%)	6.93
Payback	1,22 anos

A partir da Tabela 2, nota-se uma economia anual de energia elétrica de 3.761.250.44 kWh/ano e economia mensal em reais de 141.046.891,7. Considerando a política de trocas de motores, é necessário um investimento de R\$ 2.351.179.00 para essa troca com *payback* em 1,22 anos. Para a substituição de cinquenta motores de 75 cv, têm-se os valores mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados para substituição de cinquenta motores de 75 cv.

Cenário 3	
TIR (%)	106.84
VPL (\$)	2.545.949.4
Economia (kWh/ano)	1.382.125.80
Economia (R\$/ano)	621.956.61
Potencial de economia (%)	6.94
Payback	2,5 anos

De posse da Tabela 3, consegue-se poupar 1.382.125.80 kWh/ano de energia elétrica e economia de 51.829.7175 reais. É necessário para essa troca um investimento no valor de 1.001.548.00 de reais, obtendo um *payback* em 2,5 anos.

Após análise de economia, lucro e custo das Tabelas 1, 2 e 3 substituindo no total 250 motores, é racionalizado um total de 10.624.102.91 kWh/ano e 6.075.769.75 \$/ano o que corresponderia a 506.314,1458 \$ a menos na conta de energia todo mês. O *payback* total para o investimento dessa troca é de aproximadamente 1,7 anos.

Das análises realizadas para o primeiro caso de 25% total dos motores, é notória a considerável economia de energia anual que se pode obter ao se trocar os motores de altas potências. A seguir, as situações para os motores menores serão estudadas para que se possa realizar o comparativo entre troca de grandes e pequenas potências.

3.2 Substituição de 50% dos motores em operação

Serão substituídos 50% dos motores, um total de 500 motores, de acordo com as situações apresentadas a seguir.

- Primeira situação: Cinquenta motores de 50 cv, cem motores de 25 cv e cem motores de 15 cv.

- Segunda situação: Cem motores de 10 cv, setenta e cinco motores de 7,5 cv e setenta e cinco motores de 5 cv.

O estudo para a situação de substituição de 50% dos motores é evidenciado nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4. Resultados para substituições apresentadas na primeira situação

Quantidade/Tipo de motores	Cinquenta motores de 50 cv	Cem motores de 25 cv	Cem motores de 15 cv
TIR (%)	106.59	126.74	132.51
VPL (\$)	1.741.982.2	1.839.813.1	1.138.169
Economia (kWh/ano)	946.182.59	963.008.81	590.762.29
Economia (R\$/ano)	25.782.16	433.353.97	265.843.03
Potencial de economia (%)	7.00 %	7.06	7.16
Valor do investimento	531.796.76	547.462.08	326.208.96
Payback	2, 55 anos	1, 5 anos	1,4 anos

Tabela 5. Resultados para substituições de motores de menor potência (segunda situação)

Quantidade/Tipo de motores	Cem motores de 10 cv	Setenta e cinco motores de 7,5 cv	Setenta e cinco motores de 5 cv
TIR (%)	99.37	90.67	56.15
VPL (\$)	735.525.	403.729.	280.215.21
Economia (kWh/ano)	406.438.1	228.676.7	161.112.5
Economia (R\$/ano)	182.897	102.904	72.500.57
Potencial de economia (%)	7.19	7.27	7.44
Valor do investimento	272.484	163.523	119.486.00
Payback	1, 6 anos	1,81 anos	1, 9 anos

Da análise das Tabelas 4 e 5 é possível concluir, que fazendo a substituição de 500 motores com potências de 5 cv a 50 cv velhos e em operação é possível se conseguir uma economia de energia elétrica anual de 3.296.181.24 kWh/ano e de 1.083.281.55 \$/ano com investimento de 2.230.365,75 reais e retorno de investimento total de 2,0 anos com uma economia de energia elétrica menor que a primeira situação analisada. Assim, comparado com a substituição de 25% dos motores, tem-se uma menor economia de energia elétrica e de gastos, logo é mais vantajoso se trocar os motores de maiores potências.

4 Conclusão

Com base nas análises realizadas, é possível concluir que a utilização de técnicas baseadas em eficiência energética nas indústrias permite uma grande economia do consumo de energia elétrica, portanto uma redução de considerável de gastos com energia elétrica e manutenção de motores velhos. A substituição de motores velhos em operação

por motores novos apresenta-se como uma das mais eficientes soluções.

Em suma, para essa troca de motores velhos é possível se obter um retorno em aproximadamente 1,7 anos, para troca de motores com maiores potências (150 CV, 100 CV e 75 CV) e em 2,0 anos para motores com potências inferiores a 50 CV. Com isso, a substituição de motores mais potentes consegue obter uma economia de energia elétrica maior (em torno de 7.000.000 de kWh/ano economizados) comparando com a substituição de motores com potência de 50 CV, 25 CV, 15 CV, 10 CV e 5 CV. Após o *payback* de investimento ser concluído, a indústria estará apenas contabilizando economia de energia elétrica e lucros.

Essa troca proporciona às indústrias de grande porte e que utilizam motores de grandes potências uma expressiva economia de energia e de gastos com um custo benefício bastante vantajoso. Tornando as indústrias mais eficientes.

Agradecimentos

Os autores agradecem a UFC – Universidade Federal do Ceará pelo suporte financeiro deste trabalho e a indústria de máquinas de costura pela oportunidade concedida.

Referências Bibliográficas

- Andreas, John C. (1982). *Energy Efficient Motors - Selection and Applications*, Marcel Dekker Inc.
- Aneel (2000). Agência nacional de energia elétrica. Correção de Fator de Potência. Resolução ANEEL nº 456. Brasília - DF, p. 62.
- Antoniassi, A. (2009). *Estudo dos motores elétricos*. Uberaba - MG. Apostila didática.
- Coelce (2015-2016). Companhia energética do Ceará. Tarifas de energia elétrica. Disponível em: <www.Coelce.com.br>.
- Cotrim, A. A. M. B. Kindermann, G (2008). *Compensação de energia reativa*. São Paulo - SP, pp. 419-422.
- Delaiba, A. C. Medeiros, A. H. P. de Bispo, D. Silva, M. V. Santos, M. S. F. dos Rezende, P. H. O. "Estudo da eficiência energética e dimensionamento de motores de indução trifásica a partir da plotagem de suas curvas características". Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica (CEEL) 2008, Uberlândia-MG.
- Delgado, M. A. (1996). *Alternativas para o aumento da eficiência energética no Brasil: uma análise técnico-econômica para a viabilização de motores elétricos de alto rendimento e o caso das empresas de serviço de energia* - ESE. Rio de Janeiro - RJ.
- EPE (2012). *Eficiência energética para os últimos dez anos (2012-2021)*. Rio de Janeiro - RJ, pp. 1-2.
- Filho, M. (1993). *Capacitores de potência*. Rio de Janeiro - RJ, pp. 151 - 153.
- Garcia, A. G. P. (2003). *Impacto da lei de eficiência energética para motores elétricos no potencial de conservação de energia na indústria*. Rio de Janeiro - RJ.
- Jordan, Howard E. (1992). *Energy Efficient Electric Motors and their Application*, Van Nostrand Reinhold Company.
- Lander, C. W. (2000). *Eletrônica industrial: teoria e aplicações*. 2.ed. São Paulo: Makron Books, p. 320.
- Marquesin Junior, N. (2011). *Estudo de eficiência energética em uma planta industrial*. Porto Alegre - RS, pp. 25-26. Trabalho de conclusão de curso.
- Oliveira, A. (2015). *Soft Start*. Disponível em: padteletronica.blogspot.com. Acesso em: 24/04/2016.
- Oliveira, B. J; Oliveira, A. L; Reis, M. O. L. (2014). *Aplicação de soft-start e conversores de frequência no acionamento de motores assíncronos*. Taubaté-SP, pp. 1-6.
- Portal Brasil (2015). *Substituição de motores velhos em operação como meio de eficiência energética*. Brasília - Df. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/>; Acesso em: 12/04/2016;
- Póvoa, L. B. C. M. (2014). *Fatores de influência na eficiência energética*. Rio de Janeiro - RJ, pp. 6-8. Artigo Científico para revista.
- Silva, I. C. M. (2009). *Correção de fator de potência de cargas industriais com dinâmica rápida*. Belo Horizonte-MG, pp. 30-37.
- Starosta, J. (2011). *Os desafios da eficiência energética*. Santa Cecília - Sp. p. 1-4. Artigo científico.
- Weg (2014). *Manual inversor de frequência*. Florianópolis - SC, pp. 1-5