

# ANÁLISE ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

João Roberto Cogo\*, Ângelo Stano Júnior\*  
Evandro Santos Ponzetto\*\*

\* Escola Federal de Engenharia de Itajubá  
Av. BPS, 1303 - 37500-000 - Itajubá - MG

\*\* GSI - Engenharia e Comércio Ltda.  
R. José Joaquim, 481 - 37500-000 - Itajubá - MG  
(Material utilizado em Curso de Pós-Graduação)

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma análise econômica simplificada para verificar a viabilidade da substituição de um motor por outro de maior rendimento e de igual potência nominal.

## ABSTRACT

This work purposes to present the use of the economical analysis in the feasibility study for replacement of a motor for another with better efficiency and same rated power.

## 1 - IMPORTÂNCIA DA CONCEPÇÃO DA ANÁLISE ECONÔMICA

Na análise econômica a escolha entre duas ou mais alternativas tecnicamente viáveis, normalmente irá tender para aquela que possuir o *menor investimento* inicial (*“capital cost”*) e o *melhor desempenho* para atender determinado projeto industrial. Deve-se ressaltar que nem sempre é possível atender ambas as condições, e por vezes deve-se obter uma combinação de resultados que deverão ser analisados a partir dos critérios estabelecidos no projeto.

Desta forma cabe ao responsável pelo projeto, efetuar uma análise técnico-econômica para tomar a melhor decisão.

## 2 - VALOR DO INVESTIMENTO NO TEMPO [1]

Para que se possa iniciar a análise econômica torna-se necessário que se adote uma referencia de tempo para o capital a ser investido, tomando-se como base a taxa de juros (*“discount rate”*) vigente no mercado financeiro.

Assim através das expressões a seguir pode-se relacionar o valor investido no presente (*“valor atual”*) ou no futuro (*“valor futuro”*).

### 2.1 - Fator de valor Futuro:

$$FWF = (1 + i)^n \quad (1)$$

Refere um valor presente para o futuro.

### 2.2 - Fator de valor Presente:

$$PWF = \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (2)$$

Refere um valor futuro para o presente.

### 2.3 - Fator de valor Anuidade Presente:

$$PAF = \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \quad (3)$$

Refere um valor aplicado anualmente ao presente.

2.4 - Fator de valor Anuidade Futuro:

$$FAF = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (4)$$

Refere um valor aplicado anualmente ao futuro.

Nas expressões de (1) a (4) tem-se:

- i - taxa de juros mensal (incluída a inflação).
- n - número de meses.

Assim, por exemplo, a determinação do valor total gasto no futuro com uma mensalidade no valor de R\$ 1000,00 de uma transação comercial envolvendo 7 (sete) meses com uma taxa de juros de 1%, ao final do sétimo mês pode ser calculada com o uso da expressão (4), como mostrado a seguir:

$$FAF = \frac{(1+0,01)^7 - 1}{0,01} = 7,2135$$

$$\text{Valor Futuro} = FAF * R\$ 1000,00$$

$$\text{Valor Futuro} = R\$ 7213,50$$

Na TABELA 1 a seguir apresenta-se os valores de FAF mês a mês até o sétimo mês.

n	i	FAF
1	1%	1,0000
2	1%	2,0100
3	1%	3,0301
4	1%	4,0604
5	1%	5,1010
6	1%	6,1520
7	1%	7,2135

TABELA 1

### 3 - ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES

Para analisar a viabilidade de troca de um motor por outro de mesma potência nominal, porém com maior rendimento, deve-se inicialmente determinar o valor total de suas perdas com base no rendimento do motor, utilizando-se a expressão (5) a seguir.

$$PT_N = PN \left( \frac{1}{\eta_N} - 1 \right) \quad (5)$$

onde nas expressão (5) tem-se:

$PT_N$  Perdas totais nominais do motor;

$P_N$  Potência nominal do motor;

$\eta_N$  Rendimento nominal do motor.

Note que a expressão (5) pode ser utilizada para calcular as perdas totais tanto do motor atual como do motor novo que irá substituí-lo. Assim para o motor atual tem-se:

$$PT_{ATUAL} = P_N \left( \frac{1}{\eta_{ATUAL}} - 1 \right) \quad (6)$$

e para o novo motor:

$$PT_{NOVO} = P_N \left( \frac{1}{\eta_{NOVO}} - 1 \right) \quad (7)$$

A potência economizada é obtida, simplesmente, subtraindo-se a expressão (6) da (7). Logo:

$$DIF_{PERDA} = P_N \left( \frac{1}{\eta_{ATUAL}} - \frac{1}{\eta_{NOVO}} \right) \quad (8)$$

Para se obter o valor em R\$ (ou em US\$) economizado durante 1 mês, utiliza-se a expressão (9) a seguir.

$$Econ = 30 \cdot DIF_{PERDA} \cdot NHF \cdot C_{ENERGIA} \quad (9)$$

onde nas expressões (8) e (9) tem-se:

$DIF_{PERDA}$  - potência economizada em KW

$NHF$  - número de horas de operação do motor por dia

$C_{ENERGIA}$  - custo da energia em R\$/KWH ou em US\$/KWH

Para se obter o número de meses do retorno de investimento, o valor economizado (Econ) deve ser igual ao valor do custo do motor novo (C<sub>NOVO</sub>). Assim usando-se como referência o fator de valor no futuro (FWF) tem-se a expressão (10) a seguir.

$$C_{NOVO} \cdot FWF = Econ \cdot FAF \quad (10)$$

Logo com base nas expressões (1), (4), (9) e (10) obtém-se:

$$n = \frac{\text{Ln} \left( \frac{Econ}{Econ - C_{NOVO} \cdot i} \right)}{\text{Ln}(1+i)} \quad (11)$$

#### 4 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Admita que em uma planta industrial necessita-se analisar a viabilidade econômica de substituir um motor de 55 [KW]; 4 pólos; 60 [Hz] e  $\eta_N = 86,3\%$  por outro com as mesmas características, porém de alto rendimento ( $\eta_N = 93,6\%$ ).

Usando a expressão (8) tem-se:

$$DIF_{PERDA} = 55 \left( \frac{1}{0,863} - \frac{1}{0,936} \right) = 4,97 \text{ [KW]}$$

Adotando que o motor funciona 24 horas por dia e que o custo da energia em [KWh] seja de US\$ 0,045, usando-se a expressão (9) obtém-se:

$$Econ = 30 \cdot 24 \cdot 4,97 \cdot 0,045 = 161,02 \text{ [US]}$$

Admitindo-se que o custo do novo motor é de US\$ 2817,49 e a taxa de juros utilizada de 1% ao mês, tem-se:

$$n = \frac{\text{Ln} \left( \frac{161,02}{161,02 - 2817,49 \cdot 0,01} \right)}{\text{Ln}(1+0,01)}$$

$$n \cong 20 \text{ meses}$$

ou seja, em 20 meses deverá ocorrer o retorno do investimento.

#### 5 - CONCLUSÕES

Caso seja aprovado, na ABNT, na forma em que se encontra o projeto de norma "NBR 7094 - Máquinas Elétricas Girantes - Motores de Indução", a partir da data de aprovação deverá constar na placa de identificação do motor o rendimento e o fator de potência nominais estabelecidos pelo fabricante na condição de plena carga. Assim pode-se consultar diferentes fabricantes, optando pelo que possuir melhor rendimento e custo compatível, já que o valor do rendimento, se constante na placa de identificação, deverá ser garantido (pelo fabricante).

Portanto, ao analisar dois ou mais motores, usando o procedimento apresentado no item 3, deve-se além do rendimento verificar o correspondente custo inicial.

Exemplo:

Considere que uma indústria possui um motor de 30 [KW], 6 pólos e

$\eta_N = 87,0\%$  (motor atual) e deseja substituí-lo por outro de melhor rendimento. Os fabricantes disponíveis são:

Fabricante A:  $\eta_N = 89,0\%$ , custo US\$ 912,55;

Fabricante B:  $\eta_N = 92,5\%$ , custo US\$ 1.581,75.

6.1 - *Análise do motor atual (ATUAL) versus motor do fabricante A (FA).*

$$PT_{ATUAL} = 30 \left( \frac{1}{0,87} - 1 \right) = 4,48 [\text{KW}]$$

$$PT_{FA} = 30 \left( \frac{1}{0,89} - 1 \right) = 3,71 [\text{KW}]$$

$$DIF_{PERDA} = PT_{ATUAL} - PT_{FA}$$

Admitindo que o motor opera 24 horas por dia e que o custo do KWh é de US\$ 0,045, tem-se:

$$E_{con} = 30 \cdot 24 \cdot 0,77 \cdot 0,045 = 24,95 [\text{US\$}]$$

Como o custo do novo motor é de US\$ 912,55, tem-se:

$$n = \frac{\text{Ln} \left( \frac{24,95}{25,95 - 912,55 \cdot 0,01} \right)}{\text{Ln}(1 + 0,01)}$$

$$n \cong 46 \text{ meses}$$

6.2 - *Análise do motor atual (ATUAL) versus motor do fabricante B (FB):*

$$PT_{FB} = 30 \left( \frac{1}{0,925} - 1 \right) = 2,43 [\text{KW}]$$

$$DIF_{PERDA} = PT_{ATUAL} - PT_{FB} = 2,05 [\text{KW}]$$

Nas mesmas condições operacionais tem-se:

$$E_{con} = 30 \cdot 24 \cdot 2,05 \cdot 0,045 = 66,42 [\text{US\$}]$$

Como o custo do motor do fabricante B é de US\$ 1581,75, tem-se:

$$n = \frac{\text{Ln} \left( \frac{66,42}{66,42 - 1581,75 \cdot 0,01} \right)}{\text{Ln}(1 + 0,01)}$$

$$n \cong 28 \text{ meses}$$

Assim conclui-se que embora o motor do fabricante B seja 73% mais caro que o do fabricante A, a melhor opção é a compra do motor do fabricante B, visto que este se paga em um menor intervalo de tempo.

Naturalmente, a formulação apresentada neste trabalho é bastante simples, porém deixa transparecer que ao adquirir um motor, embora o custo das perdas não seja “visível”, ele é parte integrante do mesmo.

Por outro lado nos exemplos apresentados não foi mostrado o problema de adequação da potência do motor com a carga ou seja o “**problema do sobredimensionamento**” o qual também trás consigo um custo “invisível” por vezes bastante elevado.

## 6 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] - The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. - IEEE - Recommended Practice for Energy Conservation and Cost - Effective Planning in Industrial Facilities - IEEE Std. 739-1984 (Bronze Book).