



## COMPORTAMENTO DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO COM ANÁLISE DO ENSAIO A VAZIO E CURTO CIRCUITO

Abedenago Nilo da Silva Filho  
Gilmar Gonçalves da Silva Júnior  
Manuel Ferreira Silva Neto  
Marcelo Costa Dias  
Mateus Henrique Nogueira Tonin  
Stwe Marlon Tavares Cãnfora

Dr. Antônio Manoel Batista da Silva

<sup>1,2,3</sup> Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química

### RESUMO

*Este artigo apresenta os estudos e resultados obtidos através de ensaios práticos, vivenciados em laboratório, com o intuito de mapear as variáveis que estão ~~diretamente~~ ligadas às características de um motor trifásico tais como: conjugado de partida, corrente de partida e escorregamento. Alguns dos motivos que nos levam a fazer ensaios com os motores de indução, são para verificar o desempenho, determinação de torque e/ou rendimento, e sua avaliação de comportamento.*

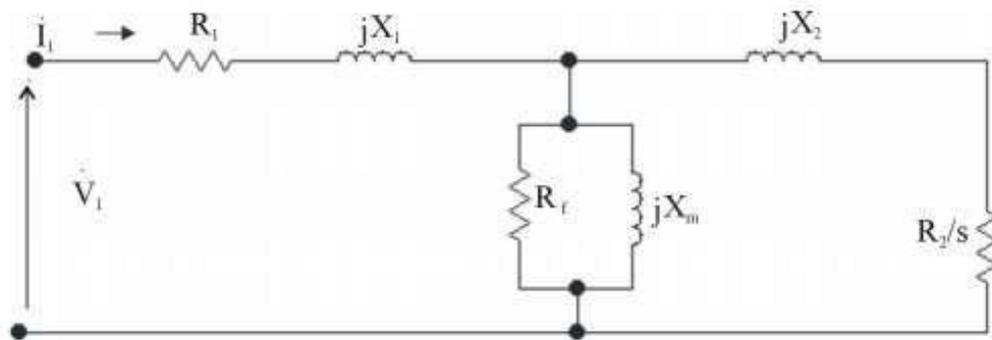
*Normalmente os testes a vazio, com rotor travado, com a separação de perdas e o teste de carga, usando o método do curto circuito equivalente, permitem que o motor possa ser analisado com bastante precisão. O entendimento das variáveis pertinentes aos motores trifásicos utilizados na prática, busca apresentar aos profissionais, informações que possam ser utilizados no dia a dia, uma vez que o motor elétrico é o dispositivo motriz, requisitado muito requisitado industrialmente, devido ao seu excelente custo benefício.*

*Palavras-chave: motor elétrico trifásico, desempenho, indução e escorregamento*



## INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da engenharia é gerar movimento com o mínimo de energia empregada para obtenção de força motriz. O principal agente neste desafio é o motor. Motores são utilizados para os mais variados fins e concebidos para trabalhar com uma gama de fontes de energia. Para termos uma visão mais tangível do funcionamento do MIT (motor de indução trifásica) construiu-se um motor com características próprias voltadas a fins didáticos. O circuito equivalente do motor de indução trifásico, é mostrado com seus parâmetros na Figura abaixo:



**Figura 1: Circuito Equivalente - Motor de Indução Trifásico**

O MIT construído possui um estator de seis polos e rotor do tipo gaiola de esquilo com núcleo maciço o que caracteriza uma máquina de indução com funcionamento baseado na indução de correntes nos enrolamentos do rotor por meio da combinação da variação no tempo, de correntes no estator e do movimento do rotor em relação ao estator. O enrolamento do estator recebe correntes alternadas, com isso, são produzidas correntes no rotor por indução, ou seja, por ação de transformador. Desta maneira a máquina de indução por ser vista como um transformador generalizado em que potência elétrica é transformada entre o rotor e o estator juntamente com uma mudança de frequência em um fluxo de potência mecânica. Através de ensaios, realizados em laboratório, foi realizado uma prática experimental para analisar diversos resultados em relação aos parâmetros do Circuito Equivalente do Motor de Indução Trifásico.

O motor elétrico mais utilizado na indústria é o motor de indução trifásico com rotor em gaiola de esquilo, devido sua robustez, facilidade de manutenção e bom rendimento. Um dos



maiores problemas neste equipamento é que o torque de partida é reduzido em relação a corrente absorvida. No caso do motor estudado neste trabalho a corrente de partida é maior que a corrente nominal (dados de placa do motor), isto força os projetistas a desenvolverem métodos para amenizar este efeito, visando evitar surtos na rede elétrica da planta.

Pensando na importância de estudar o motor de indução trifásico com rotor em gaiola de Esquilo, foi realizado diversos testes, para entender, como funciona a corrente de partida. Uma das grandes preocupações do projeto de um motor de indução é a forma de atingir as características de partida necessárias para o acionamento da carga mecânica por ele acionada. Motores com torque acelerante insuficiente podem falhar ao partir a carga devido a problemas de sobreaquecimento, além de impor à rede elétrica quedas de tensão de longa duração, o que ocasiona uma redução da qualidade da energia na instalação.

## **METODOLOGIA**

Para esse experimento prático em laboratório, envolvendo o ensaio a vazio e de curto-circuito de um motor de indução trifásico, serão necessários os equipamentos e instrumentos listados a seguir:

- Denominação, tipo e capacidades;
- 1 Uma máquina de indução trifásica;
- 2 Um varivolt trifásico;
- 3 Um medidor de potência trifásico;
- 4 Três voltímetros de corrente alternada;
- 5 Três amperímetros de corrente alternada;
- 6 Um tacômetro digital;
- 7 Um alicate de pressão.

O procedimento para o ensaio a vazio do motor de indução trifásico, ocorreu:

- Desenhou-se o esquema de ligação para a máquina de indução para o ensaio a vazio;
  - Foram selecionados os equipamentos e instrumentos anotando as suas características em uma tabela;
-



- Executou-se as ligações seguindo o esquema de ligação;
- Consultou-se o professor e, se ele aprovar, continuar o ensaio;
- Acionou-se o motor utilizando o varivolt elevando a tensão a ele aplicada até 240 V;
- Após o motor atingir a velocidade de operação, por meio do varivolt, varie a tensão aplicada ao motor reduzindo-a gradativamente até que a corrente do motor cresça ao invés de diminuir e anote as tensões/correntes de linha, potência e a velocidade de rotação do motor;

Procedimento para o ensaio de curto-circuito do motor de indução trifásico, apresentou-se:

- Foi desenhado o esquema de ligação para a máquina de indução;
- Executou-se as ligações seguindo o esquema e travar o eixo do motor utilizando com um alicate de pressão;
- Consultou-se o professor e, se ele aprovar, continuar o ensaio;
- Checou-se se o varivolt está na posição 0 e lentamente acionar o motor;
- Variar a tensão aplicada até que a corrente nominal seja alcançada;
- Utilizando um voltímetro, três amperímetros e um wattímetro trifásico realizar as medições da tensão, corrente e potência ativa, anotando os valores em uma tabela;
- Mediu-se a resistência de fase do enrolamento do estator anotando o seu valor em uma tabela;

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados finais da análise de dados serão relatados nas formas de tabelas, gráficos ou outras figuras, que podem formar uma base de discussão dos resultados. Dessa forma, apresentou-se os dados obtidos durante a realização do ensaio prático. As variáveis em tabelas, gráficos e esquemas foram claramente identificadas por meio de símbolo ou nome, e múltiplos/submúltiplos com suas respectivas unidades.

---



Registrou-se os resultados da leitura de dados de placa das máquinas elétricas, através do experimento a vazio em um motor de indução trifásico de 1.725 RPM, conforme apresentado na Tabela 1:

Tensão (V)	I <sub>a</sub> (A)	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>c</sub> (A)	Potência (W)
240	1,85	1,75	1,85	150
220	1,6	1,5	1,6	120
200	1,4	1,3	1,4	100
180	1,2	1,15	1,2	90
160	1,1	1	1,05	80
140	0,95	0,95	0,94	64
120	0,82	0,8	0,81	72
100	0,72	0,7	0,69	45
80	0,62	0,59	0,59	36
60	0,575	0,5	0,52	22
40				
20				

**Tabela 1: Dados do ensaio a vazio do motor de indução trifásico de 1.725 RPM**

Em seguida, foram anotados os dados do ensaio em curto circuito do motor e o valor da resistência de sua armadura, como apresentado na Tabela 2:

Tensão (V)	I <sub>a</sub> (A)	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>c</sub> (A)	Potência (W)
40	3,5	3,5	3,5	155

**Tabela 2: Dados do ensaio em curto circuito do motor de 1.725 RPM e o valor da resistência de sua armadura**

Repetiu-se o ensaio a vazio, porém agora com um motor de 3.445 RPM. Neste experimento, obtivemos os resultados, de acordo com a Tabela 3:

Tensão (V)	I <sub>a</sub> (A)	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>c</sub> (A)	Potência (W)
240	3	2,9	3,15	200
220	2,5	2,5	2,65	160
200	2,2	2,15	2,3	144
180	1,9	1,88	1,95	100
160	1,65	1,6	1,65	80
140	1,45	1,35	1,4	60
120	1,2	1,1	1,2	42
100	1	1	1	35
80	0,79	0,78	0,78	24
60	0,6	0,57	0,6	16
40	0,4	0,4	0,4	9
20				

**Tabela 3: Dados do ensaio a vazio do motor de indução trifásico de 3.445 RPM**

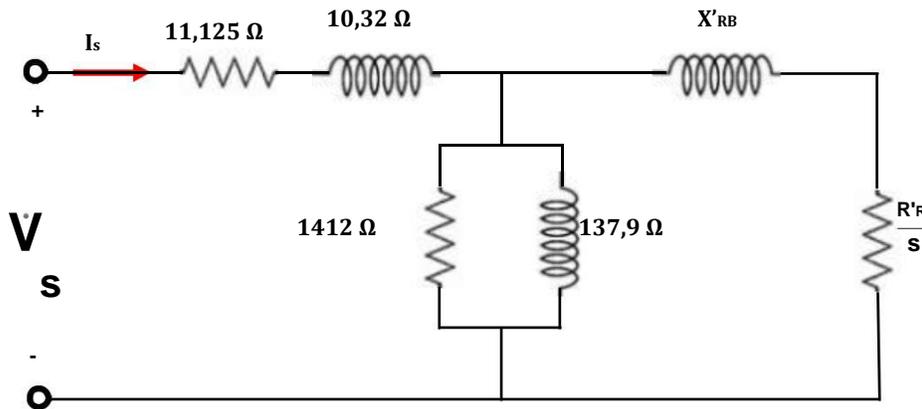


Em seguida, foram anotados os dados do ensaio em curto circuito do motor e o valor da resistência de sua armadura, como apresentado na Tabela 4:

Tensão (V)	I <sub>a</sub> (A)	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>c</sub> (A)	Potência (W)
45	3,85	3,8	3,81	220

Tabela 4: Dados do ensaio em curto circuito do motor de 3.445 RPM e o valor da resistência de sua armadura

Para obtenção do rendimento de um motor de indução trifásico, plotou-se um gráfico da potência e da corrente em função da tensão, para o motor de 1.725 RPM:



Realizou-se os cálculos de perdas no enrolamento do estator:

$$W_{\text{enr s}} = 3 \cdot 11,125 \cdot \left( \frac{2,5}{\sqrt{3}} \right)^2 \Rightarrow W_{\text{enr s}} = 69,63 \text{ w}$$

Perdas no ferro:

$$W_{\text{fe}} = W_{\text{on}} - W_{\text{AV}} - W_{\text{enr s}} = 160 - 7 - 69,63$$
$$W_{\text{fe}} = 83,37 \text{ W}$$

$$W_{\text{fe}} / \text{fase} = \frac{83,37}{3} = 27,79 \text{ W}$$



$$E_1 = V_s - \sqrt{R_s^2 + X_s^2} \cdot I_{on}$$

$$E_1 = 220 - \sqrt{11,125^2 + 10,32^2} \cdot \frac{2,5}{\sqrt{3}}$$

$$E_1 = 198,1 \text{ V}$$

$$R_M = \frac{E_1^2}{W_{fe}/\text{fase}} = \frac{198,1^2}{27,79}$$

$$R_M = 1412 \Omega$$

$$Z_M = \frac{E_1}{I_{on}} = \frac{198,1}{\frac{2,5}{\sqrt{3}}}$$

$$Z_M = 137,25 \Omega$$

$$X_M = \frac{Z_M \cdot R_M}{\sqrt{R_M^2 - Z_M^2}} = \frac{137,25 \cdot 1412}{\sqrt{1412^2 - 137,25^2}}$$

$$X_M = 137,9 \Omega$$

$$Z_{cc} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}} = \frac{45}{\frac{3,85}{\sqrt{3}}}$$

$$Z_{cc} = 20,24 \Omega$$

$$R_1 = \frac{W_1}{I_{cc}^2} = \frac{220/3}{\left(\frac{3,85}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$R_1 = 14,84 \Omega$$

$$X_1 = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_1^2}$$

$$X_1 = \sqrt{20,24^2 - 14,84^2}$$

$$X_1 = 13,77 \Omega$$

$$X_s = X_{R_1} \frac{R_s}{R_1} = \frac{13,77 \cdot 11,125}{14,84}$$

$$X_s = 10,32 \Omega$$

$$R'_R = R_1 - R_s = 14,84 - 11,125$$

$$R'_R = 3,715 \Omega$$

$$X'_{RB} = X_1 - X_s = 13,774 - 10,32$$

$$X'_{RB} = 3,45 \Omega$$

Por fim, apresenta-se os resultados dos cálculos de perdas no enrolamento do estator, apresentados no Gráfico 1:

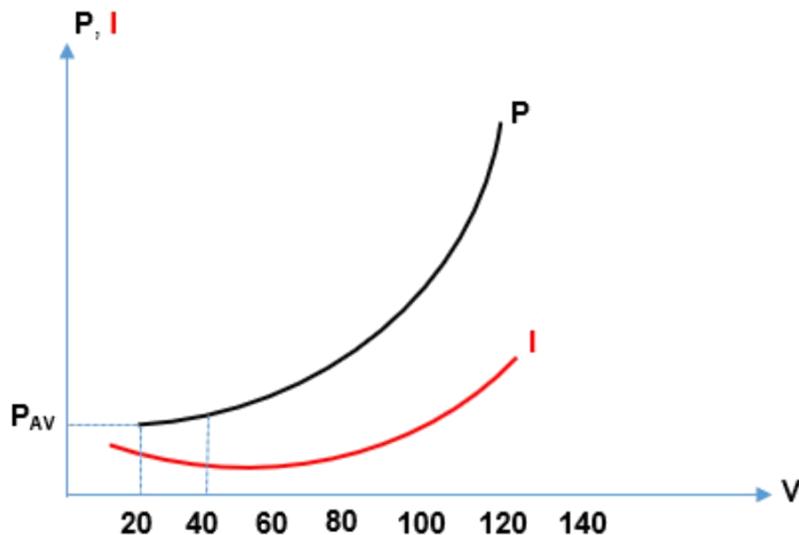


Gráfico 1: Perdas no enrolamento do estator

## CONCLUSÃO

O ensaio elucidou boa parte das indagações a respeito de motores trifásicos no que tange sua concepção e funcionamento, destacando pontos não explorados rotineiramente pela literatura no tocante a máquinas elétricas e motores de indução.

O experimento mostra com detalhes o funcionamento do campo girante em um motor de indução trifásico ficando em aberto os cálculos que mostram que o motor montado tem um torque muito aquém de um motor real e com isso poderia ser explorado as variáveis diretamente responsáveis pela eficiência de um motor. Outro ponto que poderia ser explorado seria os resultados obtidos com o motor operando em baixa frequência, o que seria possível, pois o motor no projeto não trabalha por um inversor de frequência.

Acreditamos que este trabalho servirá como material de estudo para cálculo de conjugado da carga, conjugado induzido, potência elétrica de entrada, potência mecânica de saída, rendimento, escorregamento e ensaios com corrente contínua, rotor bloqueado e em vazio.



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Carvalho, G. Máquinas Elétricas - Teoria e ensaios. 4. ed. São Paulo: Érica, 2011.

Del Toro, V. Fundamentos de Máquinas Elétricas. Rio de Janeiro: PHB, 1991.

Fitzgerald, A. E. Máquinas Elétricas. 6a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

Kosow, I. L. Máquinas Elétricas e Transformadores. 15. ed. Rio de Janeiro: Globo, 2005.

Martignoni, A. Ensaios de Máquinas Elétricas. 2. ed. São Paulo:Globo, 1979.

Motores trifásicos, disponíveis em:

[www.dea.uem.br/disciplinas/eletrotecnica/motorestrifasicos.pdf](http://www.dea.uem.br/disciplinas/eletrotecnica/motorestrifasicos.pdf). Acesso em 05 Jul. 2018.

Campo girante, disponível em:

<http://www.dsee.fee.unicamp.br/~sato/ET515/node71.html>. Acesso em 5 Jul. 2018.

## **7. AGRADECIMENTOS**

**OS AUTORES AGRADECEM À FAPEMIG PELO APOIO PRESTADO.**

---

Uberaba, 31 de Novembro e 01 de Dezembro de 2018