



SEL330 – LABORATÓRIO DE CONVERSÃO ELETROMECAÂNICA DE ENERGIA

PRÁTICA #9 – MÁQUINA ASSÍNCRONA – PARTE 2: ACIONAMENTO E CARACTERÍSTICA TORQUE X VELOCIDADE

Professores: Eduardo Nobuhiro Asada, Elmer Pablo Tito Cari, José Carlos de Melo Vieira Junior, Luís Fernando Costa Alberto.

OBJETIVOS

- a) Verificar os impactos de diferentes formas de acionamento de motores de indução trifásicos.
- b) Levantar experimentalmente a parte linear da curva Torque \times Velocidade.
- c) Verificar experimentalmente a influência da resistência do rotor nas características de partida e de regulação de velocidade.

(I) LEVANTAMENTO DA CURVA TORQUE \times VELOCIDADE ($\tau \times \omega$)

Neste experimento, serão estudadas as características Torque-Velocidade do motor de indução trifásico (MIT). No motor de indução de rotor bobinado tem-se acesso aos terminais do rotor e, portanto, pode-se variar a resistência do rotor (r_2). A variação de r_2 é realizada através da resistência adicional ($R_{\text{adicional}}$) do reostato ligado ao rotor do MIT. Será observada a influência da resistência adicional na curva $\tau \times \omega$. Apenas será observada a parte linear desta curva (parte final da curva) porque a carga mecânica ajustável (banco de resistência R_L) só permite pequenas variações.



Procedimento:

1. Esquematize e discuta com o professor o experimento para obter a característica Torque-Velocidade do motor de indução trifásico, considerando 3 valores distintos de resistência adicional conectada ao rotor do motor: $R_{\text{adicional}} = 0$; $R_{\text{adicional}} = R_{\text{total}}/2$; $R_{\text{adicional}} = R_{\text{total}}$.
2. Tenha em mente todas as grandezas que precisam ser medidas no experimento para o levantamento da característica Torque-Velocidade.

Observação

A potência trifásica total do motor de indução deve ser medida. O método dos dois Wattímetros pode ser utilizado para isso. Dessa forma, a potência trifásica total é a soma das leituras dos wattímetros, entretanto, precisamos nos certificar de que os wattímetros estão conectados com a polaridade correta. Dependendo do fator de potência da instalação, poderemos ter leituras negativas. Como o wattímetro não possui zero central, precisaremos inverter os terminais da bobina de tensão quando a leitura for negativa e subtrair a leitura do outro wattímetro.

Testando a polaridade:

Abra momentaneamente a fase que alimenta o motor e que passa pelo wattímetro número 1. Se a leitura no wattímetro 2 for positiva, então a polaridade está correta. Abra momentaneamente a fase que alimenta o motor e que passa pelo wattímetro 2. Se a leitura no wattímetro 1 for positiva a polaridade está correta.

Com a polaridade correta, as leituras se somam. Se a leitura for negativa teremos que inverter a polaridade da bobina de tensão e subtrair a leitura deste do outro wattímetro.

(II) ACIONAMENTO E CONTROLE DE VELOCIDADE DO MI

A equação de Torque x Velocidade de um MIT é:

$$\tau = \frac{3}{\omega_s} \frac{V_{TH}^2 \left(\frac{r_2}{s} \right)}{\left(R_{TH} + \frac{r_2}{s} \right)^2 + (X_{TH} + x_2)^2}$$

Sendo: V_{TH} , X_{TH} , R_{TH} , os valores correspondentes ao circuito Thevenin equivalente do circuito do rotor, s é o escorregamento e x_2 , r_2 são os parâmetros do rotor do MIT (McPherson & Laramore, pág 265). Desta equação, observa-se que o torque é proporcional ao quadrado da tensão aplicada. Assim, a velocidade do MIT pode ser controlada (em forma limitada) variando a tensão terminal. Inserindo resistências adicionais ao rotor do MIT também é possível controlar a velocidade. Entretanto a inserção destas resistências diminui fortemente a eficiência da máquina.

Outra alternativa para controlar a velocidade do MIT é através de um **Variador de Frequência** que permite o controle da velocidade desde 0 a duas vezes a velocidade nominal. Uma característica importante do uso do variador de frequência é a necessidade de manter constante a relação entre tensão terminal e frequência (V/f).

Nesta parte do experimento vai-se verificar experimentalmente o rendimento da máquina para duas formas de controle de velocidade, tal como apresentado nos procedimentos a seguir.

Procedimento

1. Mantendo a mesma montagem realizada no item (I), alimente o motor de indução em tensão nominal (220V rms) com o reostato curto-circuitado ($R_{adicional}=0$) e ajuste a carga para que a corrente do MI seja 80% da sua corrente nominal.



2. Varie a tensão terminal para que a velocidade seja aproximadamente igual a 1700 rpm e anote a corrente no motor, a tensão aplicada, a potência elétrica total e o torque. **Atenção: Não opere com correntes acima da corrente nominal do motor.**
3. Repita o procedimento, mas ao invés de reduzir a tensão terminal, aumente a resistência do reostato até atingir a velocidade de 1700 rpm.
4. Calcule o rendimento para ambas as situações e compare.

(III) EFEITO DA RESISTÊNCIA DO ROTOR NA CARACTERÍSTICA DE PARTIDA

Neste teste vai-se analisar o efeito qualitativo da $R_{\text{adicional}}$ durante a partida do MIT. O fator de potência durante a partida do MIT é muito baixo, isto causa que a tensão nos terminais da máquina tenha uma queda considerada. A corrente absorvida pela máquina também alcança valores muito elevados (usualmente entre 5-7 vezes a corrente nominal). Uma maneira de minimizar estes efeitos é fazer a partida do M.IT com resistências adicionais no rotor.

Utilizando-se um amperímetro analógico, verifique a variação da corrente no estator da máquina de indução durante a partida direta, considerando os três valores de $R_{\text{adicional}}$ do item (I).

QUESTÕES

Parte 1: Levantamento da Curva Torque-Velocidade ($\tau \times \omega$)

1. Calcule o torque do M.I. com as medidas dos wattímetros e trace a parte linear da curva ($\tau \times \omega$) do M. I. para os diferentes valores de resistência adicional.
2. Calcule o torque do M.I. via dinamômetro e refaça os desenhos da questão 1. Compare a precisão dos resultados com os do item 1.



3. O que acontece com a inclinação das retas dos desenhos dos itens 1 e 2 ao aumentar a resistência adicional? Justifique sua resposta.
4. Avalie o fator de potência do MIT após a inclusão da resistência adicional.
5. Calcule o rendimento de cada componente (MIT, M.C.C.). O que acontece com o rendimento após a inclusão da resistência adicional?

Parte 2: Acionamento e controle de velocidade do MIT

6. Explique porque ao utilizar o Variador de Frequência deve-se manter constante a relação V/f .
7. Para cada esquema de acionamento do MIT, avalie o rendimento e o fator de potência, comparando e discutindo os resultados.

Parte 3: Efeito da resistência adicional do rotor na característica de partida

8. Explique como deveria ser acionado um motor de indução de rotor enrolado para dar partida com uma carga pesada.