

SISTEMA DE INDUÇÃO MAGNÉTICA DE CAMPO GIRANTE – MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

Francisco Fabiano Rodrigues¹, Ricardo Pereira Braga¹, Luiz Roberto Nogueira²

Universidade Vale do Paraíba/Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo, Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – São José dos Campos – SP, nogueiralr@uol.com.br

Resumo - Estudar os princípios da Indução Eletromagnética, fenômeno o qual foi descoberto por Michael Faraday, e através disto fazer aplicação destes conceitos, realizando como parte prática em nosso trabalho, a montagem de um Sistema de Indução Magnética de Campo Girante, no nosso caso um motor de indução trifásico (MIT), onde serão calculados todos os parâmetros necessários a esta montagem, tais como defasagem das três bobinas empregadas, quantidade de espiras referentes às mesmas, material e seção do núcleo ferromagnético, esquemas de ligação, esclarecimentos sobre o tipo de rotor empregado (Rotor Gaiola de Esquilo) e também sobre a aplicação de um variador de frequência, este a fim de limitar as rotações (RPM) do sistema.

Palavras-chave: Indução Eletromagnética, Variador de Frequência, Motor de Indução Trifásico.

Área do Conhecimento: III Engenharias.

Introdução

Motores de Indução, tem importante papel em nossa sociedade, pois os mesmos estão presentes em diversos setores tais como:

Indústria, comércio, agricultura e outros, tal idéia é confirmada quando pesquisas apontam que os motores elétricos são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia mundial, estudar os princípios de geração de campo magnético, e de todos os fenômenos envolvidos na transformação de energia elétrica em energia mecânica, aplicada aos motores, é de grande interesse aos estudantes de Engenharia Elétrica e Eletrônica.

Com os conceitos empregados em nosso estudo, podemos entender melhor sobre Indução Eletromagnética, um efeito constante, se tratando de energia elétrica e de equipamentos eletroeletrônicos, seja este aplicado a motores, transformadores, medidores do tipo toroidais de corrente, eletroímãs, sensores indutivos, entres outros, e até mesmo para um melhor noção sobre geração de energia, que se utiliza do processo inverso ao proposto em nosso estudo, ou seja, para este temos transformação de energia mecânica em energia elétrica.

Esclarecidas dúvidas pertinentes ao assunto, através dos estudos e da prática aplicada na montagem de nosso Motor de Indução Trifásico, podemos deixar como sugestão a outros grupos de estudos, buscarem soluções e melhorias com relação a eficiência energética de motores elétricos, sendo inclusive de interesse sócio-econômico, descobrir maneiras de melhorar tal eficiência, obtendo como consequência uma redução no consumo de energia.

A montagem do nosso sistema indutivo de campo girante, que transforma a aplicação de energia elétrica em rotação mecânica, é baseada no conceito físico de indução eletromagnética, inicialmente proposta por Michael Faraday, cujo fenômeno origina a produção de uma força eletromotriz (f.e.m. ou voltagem) num meio ou corpo exposto a um campo magnético variável (A.E. FITSGERALD, C. KINGSLEY JR.; e A. KUSKO - et al., 1994).

Assim ao colocarmos um rotor metálico no eixo da estrutura montada, o mesmo se orientara de acordo com o campo girante, induzido pela corrente alternada, aplicada nas três bobinas dispostas e defasadas 120° umas das outras, bobinas estas que serão percorridas pela corrente elétrica alternada citada anteriormente, e essa por sua vez ira gerar um campo magnético, a força do mesmo irá mover este rotor, e assim teremos um MIT - Motor de Indução Trifásico.

Para montagem do mesmo serão estudados e calculados todos os parâmetros necessários, para que haja o efeito de indução de campo girante responsável pela movimentação do rotor do tipo gaiola de esquilo, que terá regulagem da velocidade através de um variador de frequência, e partidas com fechamentos das bobinas em estrela – triângulo, esquemas de ligação os quais necessários para que haja uma partida suave do motor sem um pico de corrente elevado, dada a inércia existente em um primeiro momento (ALFONSO MARTIGNONI – et al., 2003), esquemas estes a fim de garantir maior tempo de vida útil dos motores elétricos.

Desenvolvimento do motor

Três coisas essenciais para entender motores elétricos e compreender as etapas de sua montagem, com aplicação das leis de Faraday e Lenz, já anteriormente apresentadas, sendo também necessário relembrar três princípios do eletromagnetismo clássico (WILLIAN H, HAYT JR.; JONH A.; BUCK – et al., 2003) para entender o funcionamento dos vários tipos de motores elétricos, em particular os motores de indução. Esses princípios estão descritos abaixo.

Eletroímã e a regra da mão direita

Como se sabe, um eletroímã é constituído de uma bobina enrolada em um núcleo de material ferromagnético. O primeiro princípio a ser mencionado pode ser enunciado, de modo simplificado, da seguinte maneira: “Uma corrente elétrica circulando pela bobina de um eletroímã cria um fluxo magnético”. Veja a ilustração na Figura 1.

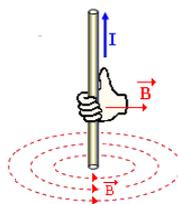


Figura 1 – Regra Mão Direita

Força eletromagnética e a regra da mão esquerda

Outro fato essencial do eletromagnetismo pode ser enunciado simplificado como segue: “Um condutor transportando uma corrente elétrica e atravessada por um fluxo magnético fica submetido a uma força de natureza eletromagnética”. Como mostra a Figura 2.

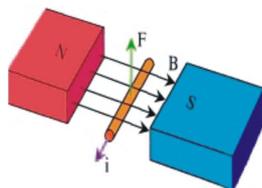


Figura 2: Regra Mão Esquerda

A intensidade da força magnética, ou o valor da força atuante em uma bobina constituída por N espiras, percorrida por uma corrente i , é dada pela seguinte expressão:

$$H = i \left(\frac{N}{l} \right)$$

Assim sendo um material submetido a um campo magnético H apresenta uma densidade de fluxo magnético B , que depende de características magnéticas e da forma da amostra. A relação:

$$\mu = \frac{B}{H}$$

Com B dado em Wb/m^2 e H em Aesp/m , onde a permeabilidade relativa μ_r é definida como a relação entre a permeabilidade da amostra e a permeabilidade do vácuo, μ_0 .

$$(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ no sistema MKS):}$$

O emprego dessas relações nos permite iniciar os cálculos envolvidos na construção das bobinas utilizadas em nossa montagem, essas descritas após introdução sobre campo girante a partir das mesmas.

Campo girante a partir de três bobinas fixas

Este princípio do eletromagnetismo clássico é extremamente interessante e sua descoberta possibilitou o desenvolvimento dos modernos motores de corrente alternada, em particular os motores de indução. Três correntes alternadas senoidais, com mesma amplitude e defasadas de 120° , circulando por três bobinas fixas, cujos eixos magnéticos distam 120° entre si, produzindo um campo magnético girante de intensidade constante.

A figura 3 mostra ciclo da tensão de um sistema trifásico, que ajuda a entender melhor a criação do campo girante, onde se vê as três bobinas iguais dispostas de tal modo que seus eixos magnéticos longitudinais formando ângulos de 120° . As bobinas são conectadas a uma fonte trifásica, garantindo, portanto que as correntes que circulam por elas sejam de mesma magnitude e defasadas de 120° no tempo. A criação de um campo magnético girante é comprovada pelo movimento rotatório de um rotor gaiola colocada no centro da montagem.

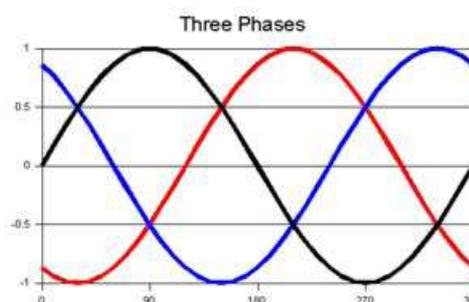


Figura 3 – Ciclo Tensão de um Sistema Trifásico

Diante dos conceitos partimos para a realização do experimento, onde utilizamos os seguintes materiais listados abaixo. Em cada um

teremos uma pequena descrição do mesmo e de que modo este foi obtido ou construído.

Bobinas

Utilizaremos três bobinas idênticas com núcleo reto, como mostra Figura 4, o conjunto bobinado terá uma potência elétrica de aproximadamente 142 Watt, obtido através da expressão para cálculos de potência de motores trifásicos, como segue:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} V_L I_L \cos\phi$$

Especificações a respeito do núcleo empregado, do fio com seus diâmetros e comprimento, do solenóide, e por fim as relações de uma das bobinas completas seguem conforme Tabela 1.

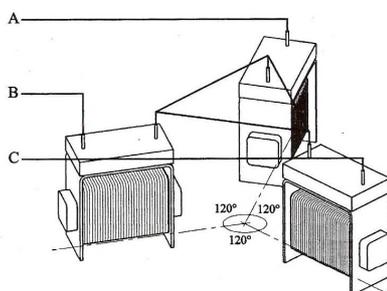


Figura 4: Montagem das Bobinas

Item	Parâmetros	Valores
Núcleo de Ferrite	Diâmetro	38 mm
	Comprimento	100 mm
	Permeabilidade inicial	≈ 2500
Fio	Diâmetro do fio Nu	1,5 mm ²
	Diâmetro do fio com isolamento	1,75 mm ²
	Comprimento total	≈ 400,85 metros
	Solen.	Diâmetro do núcleo
Solen.	Nº de camadas	49
	Nº de espiras	1234
	Indutância (L)	100mH
	Bobina	Tensão de operação
Potência		250W
Corrente de operação		1,5 A
Resistência		7,25 Ω

Tabela 1: Parâmetros e Valores

Rotor tipo gaiola Esquilo

O rotor é feito de alumínio, tendo dimensões de 100 mm de altura e 50 mm de diâmetro, confeccionado por nós. A Figura 5 mostra de forma ilustrativa o rotor.

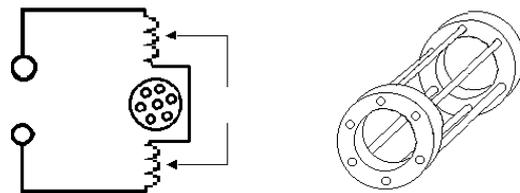


Figura 5: Rotor Gaiola Esquilo

Inversor de Freqüência

O inversor de freqüência possibilita o controle do motor CA variando a freqüência, mas também realiza a variação da tensão de saída para que seja respeitada a Característica V/F (Tensão / Freqüência) do motor (www.weg.com.br). A Figura 6 mostra a configuração básica do inversor. Lembrando que o mesmo será fornecido para funcionamento do experimento, pela Univap – FEAU.

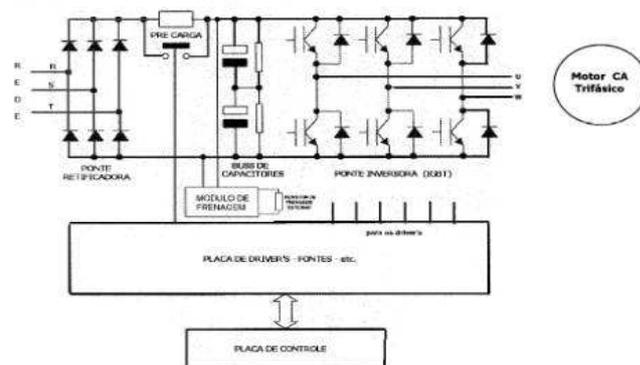


Figura 6: Configuração Básica do Inversor

Suporte para as bobinas e rotor

O suporte para fixarmos as bobinas será feito de madeira MDF e seu corte tem a forma de um triângulo, de modo que as bobinas fiquem separadas de 120º umas das outras, no mesmo será fixado um eixo ao centro da montagem, ficando assim o rotor localizado entre o ponto de encontro dos eixos magnéticos longitudinais das bobinas. O eixo é cilíndrico tem a forma de uma vareta metálica, com 150 mm de altura com um diâmetro de 5 mm. O rotor gaiola de esquilo poderá ser removido de forma rápida, para liberar espaço para ajustes na montagem.

Resultados

Após a conclusão da montagem, pretendemos obter de maneira satisfatória o funcionamento do motor de indução trifásico experimental, onde haverá movimentação do rotor gaiola de esquilo, no sentido do campo girante, o qual poderá ser verificado com o emprego de uma bússola, esta

apenas utilizada para demonstração didática do evento.

A elaboração da montagem mecânica terá um cuidado especial para que a mesma se porte de maneira eficiente, quando o motor estiver em funcionamento, com uma rotação aproximada 900rpm para uma frequência de 15Hz (poderá sofrer alteração no ajuste da frequência), a velocidade síncrona do motor é controlada e limitada pelo Inversor de Frequência.

Como nosso motor tem suas bobinas e todo seu sistema aberto (ver Figura 8), ou seja, seu conjunto bobinado não tem proximidade com o rotor, como o dos motores usuais, poderá assim se notar também a influência das perdas causadas pela dispersão de fluxo, essas notadas apenas visualmente quando aproximarmos os eixos magnéticos e assim possivelmente iremos verificar o aumento do torque aplicado ao rotor, pois o mesmo irá atingir sua velocidade assíncrona mais rapidamente.

Esquemas de partida Estrela - Triângulo empregados, juntos dos dispositivos de proteção tiveram funcionamento correto, não interferindo no acionamento indevidamente, ambos foram corretamente dimensionados.



Figura 8: Motor de Indução Trifásico (Foto ilustrativa)

Discussão

Essa montagem experimental apresenta de maneira simplificada, a visualização do funcionamento de um motor elétrico, ou seja, na mesma os elementos como as bobinas atuantes e rotor empregado ficam expostos, ao contrario de um motor de indução comum, nestes o ímã permanente girando é substituído por um campo girante criado por três bobinas fixas no estator, nas quais circulam correntes alternadas defasadas de 120°, e o disco metálico é substituído por um rotor cilíndrico na forma de uma gaiola metálica, como ilustrado na Figura 7.

Note que a gaiola possui aros metálicos na tampa e na base, de tal modo a curto-circuitar as varetas e permitir a circulação de correntes por elas.

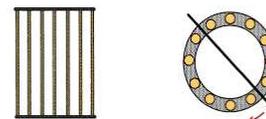


Figura 7: Gaiola Metálica

Em um motor de indução trifásico real, o fluxo girante é produzido por três enrolamentos iguais fixados em um núcleo de material ferromagnético (estator) e alimentados por tensões de uma rede trifásica. Como a frequência da rede é constante (60 Hz), então a velocidade de rotação do fluxo (ou campo) girante também é constante.

Esse fluxo girante ao ir atravessando as varetas do rotor tipo gaiola vai induzindo aí correntes que, por sua vez, devem criar fluxos (como se fossem eletroímãs de polaridade oposta ao fluxo girante) que tendem a se opor ao movimento do fluxo girante (lei de Lenz). Em consequência, o rotor gaiola gira no mesmo sentido do fluxo girante, tentando alcançá-lo para reduzir a intensidade da indução, que como se sabe é proporcional à variação do fluxo (lei de Faraday). Dessa maneira, estabelece-se o torque que faz o rotor gaiola girar.

Conclusão

Acreditamos que a demonstração deste projeto tem uma grande importância, pois servirá para auxílio de aprendizado de futuros estudantes da FEAU, pois os mesmos irão entender melhor o fenômeno de indução eletromagnética inventado por Nicola Tesla. Apresentando também o princípio de funcionamento dos motores elétricos de indução, suas características e relações básicas, bem como suas principais aplicações práticas e suas formas de controles de velocidade, tal como ocorre nos motores elétricos atuais, além de possibilitar visualizar os efeitos gerados pela tensão alternada aplicados a conversão eletromecânica de energia.

Referências

- A.E. FITZGERALD, C. KINGSLEY JR.; e A. KUSKO - Máquinas Elétricas – 6ª edição – 1994 McGraw-Hill do Brasil Ltda.
- ALFONSO MARTIGNONI – Máquinas Elétricas de Corrente Alternada – 6ª edição – 1995 Editora Globo.
- WILLIAN H, HAYT JR; JONH A; BUCK – Eletromagnetismo – 6ª edição - 2003 McGraw-Hill do Brasil Ltda.
- <http://www.weg.com.br>