



SEL330 – LABORATÓRIO DE CONVERSÃO ELETROMECÂNICA DE ENERGIA

PRÁTICA #7–CAMPOS MAGNÉTICOS GIRANTES EM ENROLAMENTOS DISTRIBUÍDOS DE MÁQUINAS POLIFÁSICAS

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

OBJETIVOS

- Verificar experimentalmente a produção de campos magnéticos girantes por enrolamentos trifásicos do estator de máquinas de corrente alternada.
- Verificar experimentalmente os mecanismos de produção de torque em máquinas de corrente alternada, incluindo o fenômeno de torque de relutância e o torque produzido por correntes induzidas no circuito rotórico.

(I) DETERMINAÇÃO DAS POLARIDADES DAS BOBINAS

Procedimento:

- 1.1) Atribua letras maiúsculas "A", "B" e "C" aos inícios das bobinas e letras minúsculas "a", "b" e "c" aos respectivos finais, como visto na Figura 1.

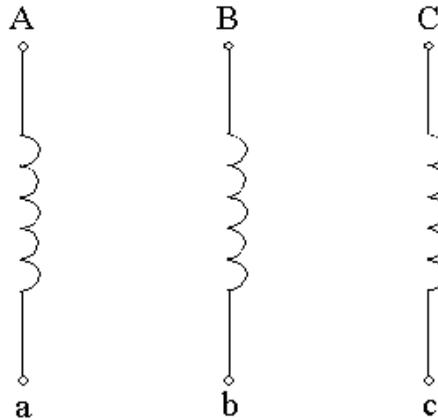
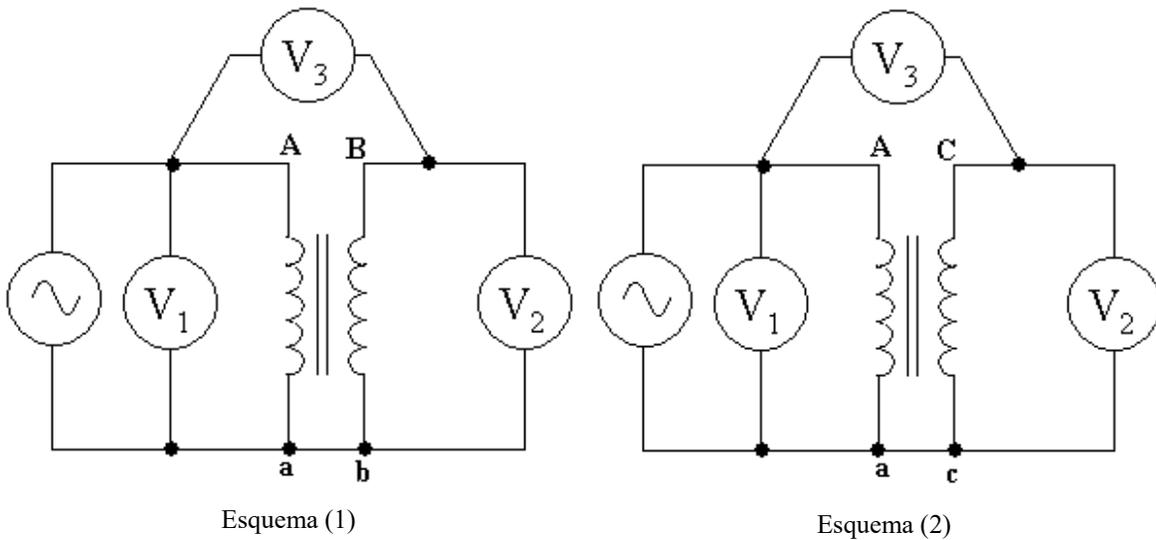


Figura 1: Representação das extremidades das bobinas.

1.2) Identifique os inícios e finais relativos das três fases dos enrolamentos, procedendo como indicado nas montagens da Figura 2.



Esquema (1)

Esquema (2)

Figura 2: Esquemas para identificar os inícios e finais das bobinas.

1.3) Para cada um dos esquemas pode-se obter as relações:

$$|V_3| = |V_1 + V_2| \quad (S)$$

$$|V_3| = |V_1 - V_2| \quad (D)$$



- 1.4) Com os resultados obtidos dos esquemas (1) e (2) faça as trocas convenientes de acordo com a tabela:

Esquemas		Trocar as letras maiúsculas pelas letras minúsculas
(1)	(2)	
(D)	(D)	A - a
(D)	(S)	B - b
(S)	(D)	C - c
(S)	(S)	Sem troca

(II) VERIFICAÇÃO EXPERIMENTAL DA MOVIMENTAÇÃO DA CRISTA DA ONDA B COM A VARIAÇÃO DE θ

Simularemos, com os procedimentos a seguir, a evolução passo a passo do campo girante produzido pelos enrolamentos do estator. Para isso, aplicaremos correntes contínuas nos enrolamentos das três fases com o objetivo de simular os campos magnéticos produzidos em um instante de tempo específico das tensões trifásicas, ou seja, como se estivéssemos “congelando” as correntes e campos magnéticos num determinado instante de tempo. Tomando como referência o eixo magnético da fase a, obtém-se a tabela a seguir, cujo objetivo é simular as correntes trifásicas em passos de 30 graus elétricos.

ωt	I_A/I_m	I_B/I_m	I_C/I_m
0°	1	$-1/2$	$-1/2$
30°	$\sqrt{3}/2$	0	$-\sqrt{3}/2$
60°	$1/2$	$1/2$	-1
90°	0	$\sqrt{3}/2$	$-\sqrt{3}/2$
120°	$-1/2$	1	$-1/2$
150°	$-\sqrt{3}/2$	$\sqrt{3}/2$	0
180°	-1	$1/2$	$1/2$

Em que I_A , I_B e I_C , I_m representam:

$$I_A = I_m \cos(\omega t), I_B = I_m \cos(\omega t - 2\pi/3), I_C = I_m \cos(\omega t + 2\pi/3).$$

A tabela também pode ser obtida da figura abaixo.

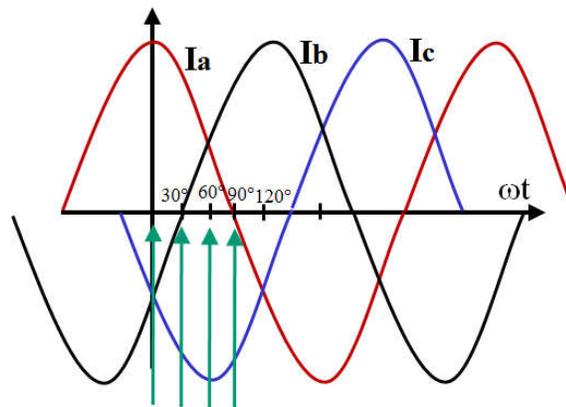


Figura 3: Obtenção das correntes nas três fases em determinados ωt

Procedimento

- 2.1) Utilizando uma fonte CC e um estator da máquina trifásica disponível no laboratório, realize a montagem do esquema da Figura 4 para simular a situação da primeira linha da tabela, ou seja, ângulo elétrico igual a 0.

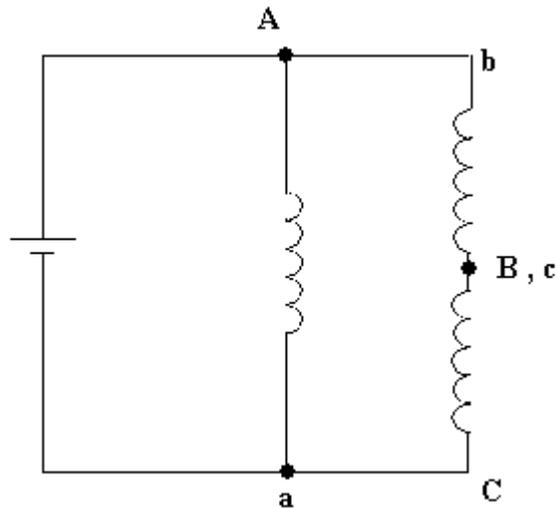


Figura 4: Esquema para o teste do item 2.1

- 2.2) Verifique as linhas de fluxo magnético através da limalha de ferro e faça um diagrama esquemático dessas linhas.
- 2.3) Introduza a agulha de aço tendo o cuidado de colocar uma escala graduada em graus. Aplique uma pequena tensão contínua nos terminais Aa', monitorando a corrente para não ultrapassar o valor nominal do enrolamento. Note que essa ligação corresponde a $\theta = 0^\circ$ na tabela anterior, então ajuste o ângulo 0 grau sob a ponta branca da agulha. Seguindo essa tabela, modifique convenientemente as ligações do esquema para obter três outras variações de θ . Observe o deslocamento da agulha para cada θ .
- 2.4) Determine quais são os polos norte e sul do campo com o auxílio da bússola.

III) OBTENÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO GIRANTE

- 3.1) Conecte as três fases ligadas em Y à fonte trifásica.
- 3.2) Coloque a estrela de aço no interior do estator e verifique sua rotação com o auxílio da lâmpada estroboscópica.

- 3.3) Proceda como no item 3.1 colocando em lugar da estrela um disco de ferro, medindo o escorregamento (rotação menor que a do campo).
- 3.4) Proceda como no item 3.1 colocando em lugar da estrela um disco de alumínio.
- 3.5) Proceda como no item 3.1 colocando no lugar da estrela dois discos de ferro no interior do estator.

IV) OPERAÇÃO DESEQUILIBRADA

Coloque novamente a estrela no interior do estator.

- 4.1) Alimente o estator na configuração bifásica e observe o ocorrido.
- 4.2) Desligue duas fases do enrolamento conectadas à fonte de tensão trifásica e verifique o que ocorre.

QUESTÕES

1. Faça os diagramas fasoriais dos campos girantes para os instantes $\omega t=60$ e $\omega t=120^\circ$.
2. Apresente os diagramas das linhas de fluxo do item II.
3. Quais os começos e fins relativos das três fases?
4. Qual é o número de polos do estator?
5. Por que no item II a estrela desloca 15° a cada mudança de linha?
6. Qual é o valor do escorregamento no item 3.3
 $s = (N_s - N_r) \times 100 / N_s$, (definição de escorregamento) .
Com N_s = velocidade síncrona do campo girante e N_r = velocidade do eixo do motor.
7. Por que no item 3.4) o disco não gira?
8. Por que a estrela de aço entra em sincronismo considerando-se que ela não tem polos?



9. Por que os discos se separam no item 3.5)?
10. Explique por que no item 4.1 a estrela continua a girar
11. Explique o procedimento dos itens 1.3) e 1.4)

BIBLIOGRAFIA

- [1] P. C. Sen, *Principles of Electric Machine and Power Electronics*, Wiley, 2013
- [2] G. McPersonn and R. D.Laramore, *Electrical Machines and Transformers*, John Wiley & Sons, 1981
- [3] A. E. Fitzgerald, C.Kingsley Jr., S. D. Umans, *Electric Machinery*, McGraw-Hill, 2003.