Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação

SEL330 – LABORATÓRIO DE CONVERSÃO ELETROMECÂNICA DE ENERGIA

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

Professor: 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.

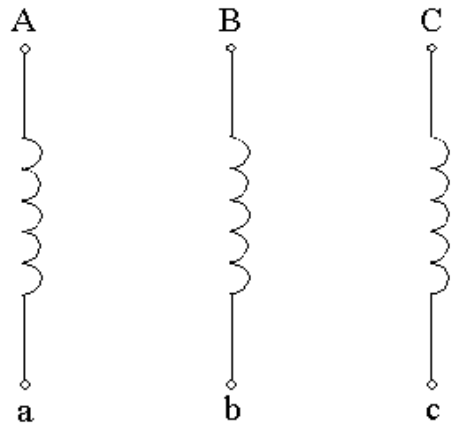
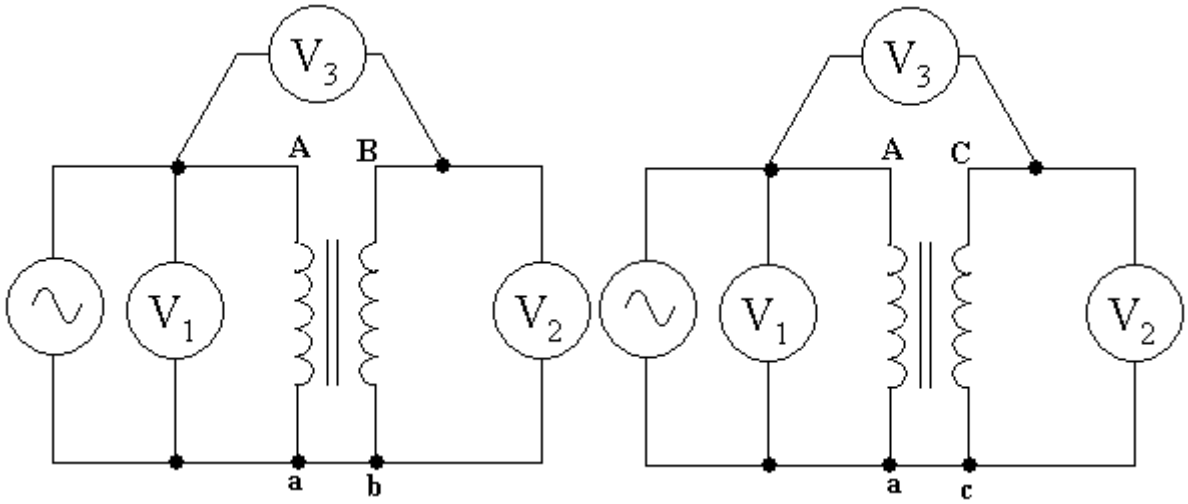


Figura 1: Representação das extremidades das bobinas.

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:

$|V3| = |V1 + V2|$ (S)

$|V3| = |V1 - V2|$ (D)

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

Esquemas (1)	Esquemas (2)	Trocar as letras maiúsculas pelas letras minúsculas
(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

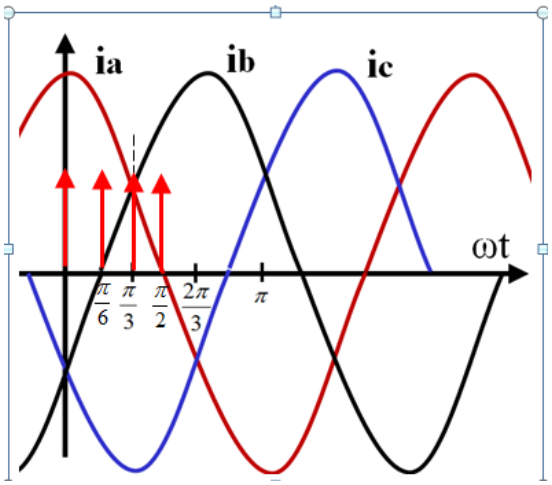
Simularemos, com os procedimentos a seguir, a evolução passo a passo do campo girante produzido pelos enrolamentos do estator. Para isso, aplicaremos correntes contínuas nos enrolamentos das três fases com o objetivo de simular os campos magnéticos produzidos em um instante de tempo específico das tensões 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.

$\theta = \omega t$	B_A/B_m	B_B/B_m	B_C/B_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 B_A, B_B e B_C, B_m representam:

$$B_A = B_m \cos(\theta)\ ,\ B_B = B_m \cos(\theta - 2\pi/3),\ B_C = B_m \cos(\theta + 2\,\pi\,/3)$$

A ação da fmm nas três bobinas também pode ser visualizada na figura a seguir:



Procedimento

2.1) Utilizando uma fonte CC e um estator da máquina trifásica disponível no laboratório, realize a montagem do esquema da Figura 3 para simular a situação da primeira linha da tabela, ou seja, ângulo elétrico igual a 0.

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 $\theta = 0^o$ 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.

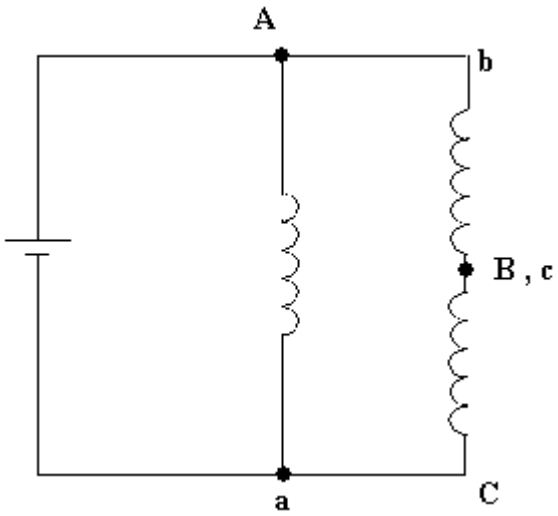


Figura 3: Esquema para o teste do item 2.1

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.

3.6) Proceda como no item 3.1 colocando em lugar da estrela um disco de ferro e a estrela de aço 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 $\omega t=\pi/3$ e $\omega t=2\pi/3$.
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 = (Ns –Nr) x 100/Ns, (definição de escorregamento) .

   Com Ns = velocidade síncrona do campo girante e Nr= velocidade do eixo do motor.
7. Por que no item 3.4) o disco não gira?

8. Por que a estrela de aço e a cruz de ferro doce entram em sincronismo considerando-se que as mesmas não têm pólos?
9. Por que os discos se separam no item 3.5)?
10. No item 3.6 as duas peças não deveriam girar na mesma velocidade? Explique.
11. Explique por que no item IV) a estrela continua a girar
12. 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.