LABORATÓRIO DE ELETROTÉCNICA GERAL
MOTORES DE INDUÇÃO 1 - LIGAÇÕES
código: MOT1

RELATÓRIO -

NOTA
.....

Grupo:.....
.....
.....
.....
Professor:.....**Data:** .....

Objetivo:.....
.....
.....
.....

1. EQUIPAMENTO

- 1 motor trifásico de indução com a seguinte especificação:
  . 3 HP;
  . 60 Hz;
  . 4 polos;
  . 12 terminais não identificados;
  . Tensão nominal de cada bobina: 220 V;
  . rotor bobinado;
- 1 lâmpada de 220 V;
- Fonte de alimentação trifásica 127/220 V, 60 Hz.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 - Introdução

Nesta experiência será utilizado um motor trifásico de indução cujo estator conta com 12 terminais acessíveis e cujo rotor é bobinado com 3 terminais acessíveis (o enrolamento rotórico está ligado em estrela). O estator deverá ser ligado na ligação **duplo-triângulo** (bobinas de cada fase ligadas em paralelo) e alimentado com tensão trifásica de linha igual a 220 V (assim, cada bobina receberá uma tensão de 220V, compatível com sua tensão nominal).

Os terminais do estator **não** estão identificados; a identificação dos mesmos faz parte da experiência. Assim, deverão ser seguidos os seguintes passos:

1. identificação dos terminais do rotor (e, conseqüentemente, do estator);
2. identificação dos terminais de cada uma das 6 bobinas do estator;
3. determinação das bobinas de cada fase;
4. determinação da polaridade relativa entre as bobinas de cada fase;
5. determinação da polaridade relativa entre as fases;
6. ligação dos terminais do estator em triângulo;

7. ligação dos terminais do rotor em curto-circuito e partida do motor,

os quais serão abordados em detalhe nos próximos itens.

2.2 - Identificação dos terminais do rotor

Os terminais do rotor são os 3 terminais mais à esquerda no painel do motor, conforme mostrado na Figura 1. **Deixe os 3 terminais em aberto.** Os terminais do rotor serão curto-circuitados imediatamente antes de partir o motor (após completar a ligação de todas as bobinas).

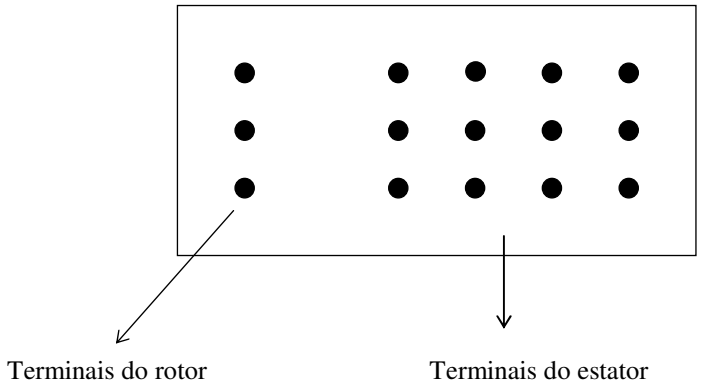


Figura 1 - Painel do motor

2.3 - Identificação dos terminais de cada bobina do estator

Neste item os terminais de cada uma das 6 bobinas serão identificados. Para tanto, utilize tensão de fase (127 V) e a lâmpada de 220 V, e selecione pares quaisquer de terminais do **estator**, conforme mostra a Figura 2. Quando a lâmpada acender, os terminais que estão sendo utilizados identificarão uma bobina.

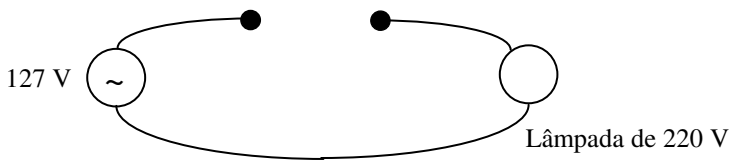


Figura 2 - Determinação dos terminais de cada bobina

Para facilitar o trabalho dos próximos itens, numere os pares de bobinas de 1 a 6 na Figura 3 abaixo.

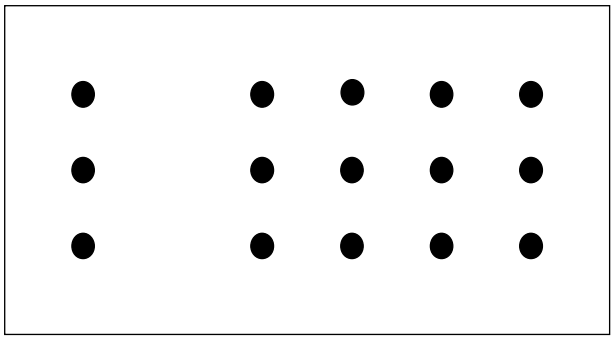


Figura 3

2.4 - Determinação das bobinas de cada fase

Neste item deve-se classificar as 6 bobinas em 3 grupos de duas bobinas cada um (um grupo para cada fase do sistema trifásico). Dada uma bobina qualquer, a outra bobina do seu grupo é aquela que apresentar maior acoplamento magnético. Assim, alimente uma bobina qualquer com tensão de fase (127 V) e conecte a lâmpada aos terminais das demais bobinas. A bobina que acender a lâmpada com maior intensidade pertencerá à mesma fase da bobina que está sendo alimentada. A Figura 4 ilustra este procedimento.

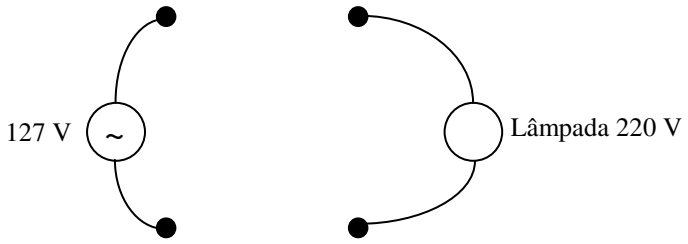


Figura 4 - Determinação das bobinas de cada fase

Segundo a numeração dada às bobinas, quais são os pares de bobinas que formam cada uma das 3 fases?

……
……
……

2.5 - Determinação da polaridade relativa entre as bobinas de cada fase

A polaridade relativa entre as duas bobinas de uma fase simplesmente indica o sentido de enrolamento de uma das bobinas em relação à outra, para que, quando ambas bobinas forem percorridas pelo mesmo fluxo, se possa saber se as tensões induzidas estarão em fase ou em oposição de fase. Esta informação é fundamental ao ligar-se as bobinas em série ou em paralelo. Por exemplo, se as bobinas forem ligadas em paralelo com a polaridade incorreta, ocorrerá o chamado curto-circuito eletromagnético (a tensão total será a soma das duas tensões induzidas e a ligação paralelo imporá o vínculo elétrico de que a tensão total seja zero).

Como a polaridade é um conceito relativo, deve-se arbitrar a marcação de polaridade de uma das duas bobinas da fase em estudo. Para determinar a marcação de polaridade da outra bobina, ambas bobinas devem ser ligadas em série, e tensão de fase (127 V) deve ser aplicada a qualquer uma delas. A tensão entre os terminais da associação série será determinada utilizando-se a lâmpada. A Figura 5 ilustra este procedimento, na qual a bobina A1 já teve sua polaridade definida, através das marcas "ponto" e "não ponto". Corrente entrando pelos terminais "ponto" das duas bobinas produz fluxos de mesmo sentido.

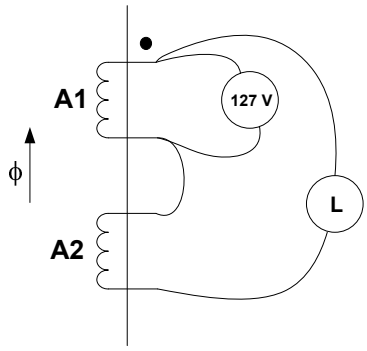


Figura 5 - **Circuito para determinação da polaridade relativa entre as bobinas de uma fase**

Se a lâmpada acender forte as tensões induzidas terão se somado e a polaridade da bobina A2 será a indicada na Figura 6; se a lâmpada acender fraco (ou mesmo não acender) as tensões induzidas terão se anulado e a polaridade será a indicada na Figura 7. Para eliminar a dúvida de se a lâmpada acendeu forte ou fraco, efetue as duas medidas; isto é, ligue a bobina A2 nas duas formas possíveis. Ao efetuar a segunda ligação será possível confirmar a conclusão alcançada na primeira ligação.

Uma vez completada a determinação da polaridade relativa entre as bobinas de cada fase, indique-a na Figura 3. Utilizando as pequenas chapas metálicas, ligue as bobinas de cada fase em paralelo (terminais "ponto" ligados entre si e terminais "não ponto" também ligados entre si).

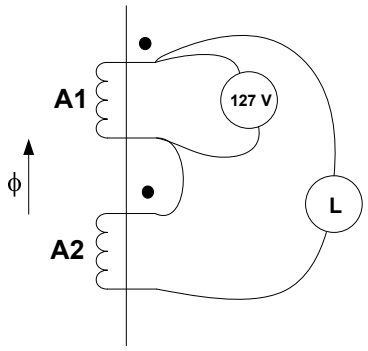


Figura 6 - Polaridade aditiva (lâmpada acende forte)

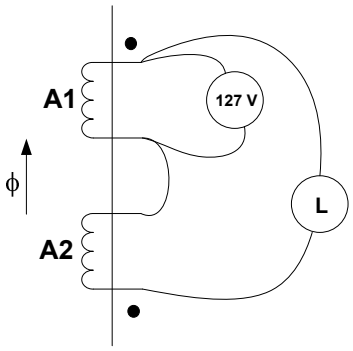
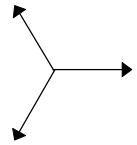


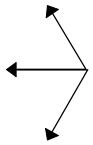
Figura 7 - Polaridade subtrativa (lâmpada não acende)

2.6 - Determinação da polaridade relativa entre as fases

A polaridade relativa entre as fases simplesmente indica o sentido do campo magnético de uma fase qualquer em relação ao sentido do campo das outras fases (lembre-se de como foi obtido o campo girante, pela circulação de 3 correntes defasadas de 120° no tempo em 3 bobinas defasadas de 120° no espaço). A Figura 8 apresenta as duas únicas situações possíveis.



(a) Polaridade correta



(b) Polaridade incorreta

Figura 8 - Ligação das fases entre si - sentido do campo magnético em cada fase

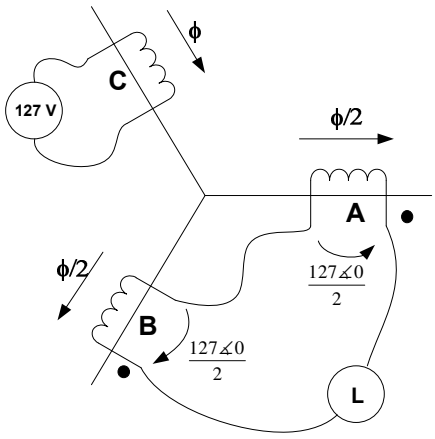
Referindo-se à situação correta (Figura 8 (a)), observe que:

- se qualquer uma das fases tiver sua ligação invertida, a polaridade resultante será a da Figura 8 (b);
- se **duas fases** quaisquer tiverem sua ligação invertida, a polaridade resultante ainda será a da Figura 8 (b), pois neste caso as duas fases invertidas estarão com a polaridade "correta" e a terceira fase estará com a polaridade "incorreta";
- se as 3 fases tiverem sua ligação invertida, a polaridade resultante será correta (recai-se no caso da Figura 8 (a)).

Assim, conclui-se que quando a polaridade entre as fases não for correta, bastará inverter a ligação de **apenas uma fase** para tornar a polaridade correta. O problema é determinar qual fase deve ser invertida.

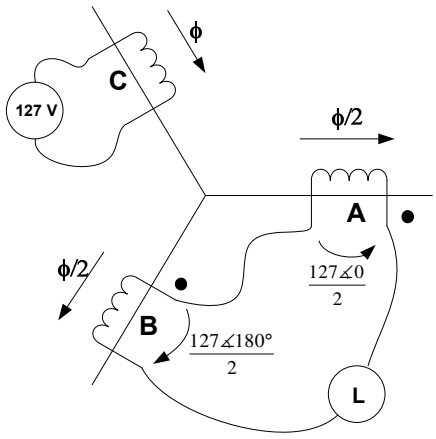
Para determinar a polaridade relativa entre fases, proceda da seguinte forma:

1. Identifique, arbitrariamente, as 3 fases do estator com as letras A, B e C;
2. Defina arbitrariamente os terminais "ponto" e "não ponto" da fase A;
3. Ligue qualquer um dos terminais da fase B ao terminal "não ponto" da fase A;
4. Ligue a lâmpada entre os terminais "ponto" da fase A e o terminal não utilizado da fase B;
5. Alimente a fase C com tensão de 127 V. A tensão na lâmpada será próxima de zero (Figura 9) ou então será próxima de 127 V (Figura 10).



$$\dot{V}_{lamp} = \frac{127\angle 0}{2} - \frac{127\angle 0}{2} = 0$$

Figura 9 - Lâmpada não acende



$$\dot{V}_{lamp} = \frac{127\angle 0}{2} - \frac{127\angle 180°}{2} = 127\angle 0 \text{ V}$$

Figura 10 - Lâmpada acende (127 V)

6. Se a lâmpada não acender (situação da Figura 9), isso significa que as tensões nas fases A e B se anularam, e portanto o terminal comum da fase B tem a mesma natureza do terminal comum da fase A, isto é, "não ponto". Logo, o outro terminal da fase B será "ponto". A marcação de polaridade da fase B neste caso está indicada na Figura 9;
7. Se a lâmpada acender (situação da Figura 10), isso significa que as tensões nas fases A e B se somaram, e portanto o terminal comum da fase B tem natureza oposta ao terminal comum da fase A, isto é, "ponto". Logo, o outro terminal da fase B será "não ponto". A marcação de polaridade da fase B neste caso está indicada na Figura 10;
8. Repita os passos 3, 4 e 5 para obter a polaridade da fase C em relação à polaridade das fases A e B.

2.7 - Ligação dos terminais do estator em triângulo

Ligue os terminais do estator em triângulo, de acordo com:

- Vértice AB: terminal "ponto" da fase A com terminal "não ponto" da fase B;
- Vértice BC: terminal "ponto" da fase B com terminal "não ponto" da fase C;
- Vértice CA: terminal "ponto" da fase C com terminal "não ponto" da fase A.

IMPORTANTE: chame o professor para verificar a ligação antes de prosseguir.

2.8 - Ligação dos terminais do rotor em curto-circuito e partida do motor

Ligue os terminais do rotor em curto-circuito, ligue as 3 fases da fonte aos 3 vértices do triângulo e energize a fonte.

.....
.....
.....

Desligue o motor e troque entre si duas fases quaisquer na fonte de alimentação. Dê novamente a partida no motor e observe e comente o sentido de rotação.

.....
.....
.....

3. QUESTÕES BÁSICAS

3.1 - Dar o esquema de ligação de um motor com 12 terminais externos, sabendo-se que a tensão nominal mínima é 220 V. Pede-se ainda se esse motor pode ser ligado a uma linha cuja tensão é: 380 V, 440 V e 760 V. Caso isso seja possível, dar o esquema de ligação.

3.2 - Dar os esquemas de ligação para um motor com 9 terminais externos e como podem ser identificados utilizando uma lâmpada.

……
……
……
……

3.3 - A resistência de cada bobina de um motor com 12 terminais externos é 10 Ω. Pede-se a resistência de fase e a medida entre 2 terminais para todas as ligações possíveis.

……
……
……
……
……
……
……
……
……

3.4 - Mediu-se, para um motor de 12 terminais externos, a resistência entre 2 terminais de linha na ligação duplo-triângulo, determinando-se $R = 3\ \Omega$. Pede-se:

a) a resistência ôhmica de cada bobina;

……
……
……

b) a resistência entre 2 terminais de linha na ligação: triângulo, estrela e dupla-estrela.

……
……
……

3.5 - Como se pode ligar um motor de 6 terminais externos, os quais estão sem nenhuma conexão externa e além disso foram perdidas as placas identificativas dos terminais? Sabe-se que a tensão nominal do motor é 220/380 V e a tensão de que se dispõe é 220 V.

……
……
……
……
……
……

3.6 - Um motor trifásico de indução absorve 22 A a plena carga na ligação duplo-triângulo. Pede-se, tratando-se de motor com 12 terminais externos, qual a corrente que absorverá nas outras ligações e qual será a tensão em cada ligação, sabendo-se que na ligação duplo-triângulo a tensão de linha é 220 V.

……
……
……
……
……
……

3.7 - Como se pode determinar, da observação visual dos terminais de um motor trifásico de indução com 12 terminais externos, de que tipo de ligação se trata? (NB: os terminais estão ligados; porém, estão sem as placas identificativas).

……
……
……

3.8 - Para a Questão 3.6, qual será a corrente que absorve nas ligações possíveis em se tratando de motor com 9 terminais externos?

……
……
……