

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CIRCUITOS ELÉTRICOS II
2º Semestre de 2019 – Prof. Wellington M. S. Bernardes
LABORATÓRIO - CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

1 – Objetivo

Verificar experimentalmente os conceitos teóricos sobre as relações existentes entre tensões de fases e de linhas em cargas ligadas em estrela, e correntes de fases e de linhas em cargas ligadas em triângulo. Além disso, comparar os resultados com os valores obtidos utilizando uma análise teórica.

2 – Materiais

Regulador de tensão (*varivolt*)
Resistores de $50\ \Omega$
Reatores de $160\ \text{mH}$
Medidor Trifásico *Kron Mult-K*
Amperímetro Analógico AC

2 – Montagem

Carga em estrela

Observe a montagem indicada na Figura 1 abaixo, alimentando os pontos **a b c n** através de uma fonte alternada trifásica em seqüência de fases **abc** (ou **direta**), aplicando uma tensão entre linhas V_L igual a $100\ \text{V}$, em frequência de $60\ \text{Hz}$.

Os parâmetros da carga são: $R = 50\ \Omega$; $R_L = 3,8\ \Omega$; $L = 160\ \text{mH}$. Na figura 1, V_L representa um voltímetro conectado para medir a tensão entre linhas (fases **ab**); V_F representa um voltímetro conectado para medir a tensão de fase (fases **cn**, por exemplo); A_L representa um amperímetro conectado para medir a corrente de linha (igual a de fase) e; A_N representa um amperímetro conectado para medir a corrente no fio neutro.

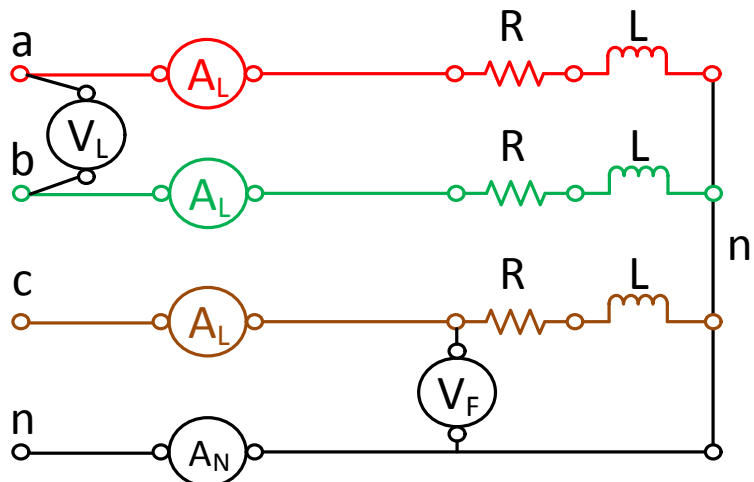


Figura 1 – Ligação em estrela em seqüência de fases abc ($n = n'$)

Observa-se pelo desenho que não é possível obter a tensão e corrente de todas as fases de forma simultânea, sendo necessária a mudança dos medidores V_L e V_F para a obtenção dos demais valores. Para isso, utilizaremos o medidor trifásico eletrônico *Kron*

Mult-K, usando as entradas V_A , V_B , V_C , V_N para as medidas de tensão e I_A , I_B e I_C para as medidas de corrente, assim sendo, realizando as ligações apropriadas. Como o *Kron* não mede a corrente de neutro, então é necessário um amperímetro analógico AC entre n e n' .

Parâmetros do *Kron Mult-K*

$TP = TC = 1.00$

$TL^1 = 0000$ (Trifásico com Neutro “Estrela” – 3 Elementos 4 Fios)

Uma corrente por fase (3); Três tensões e o sinal de neutro (4)

Os valores dos instrumentos devem ser anotados na Tabela I e na Tabela II (considere sequência ABC).

V_L (V)	V_F (V)	I_L (A)	I_N (A)	P_F (W)	P_T (W)	Q_F (VAr)	Q_T (VAr)	S_F (VA)	S_T (VA)
AB	AN'								
BC	BN'								
CA	CN'								

Tabela I – com neutro conectado

V_L (V)	V_F (V)	I_L (A)	I_N (A)	P_F (W)	P_T (W)	Q_F (VAr)	Q_T (VAr)	S_F (VA)	S_T (VA)
AB	AN'		-						
BC	BN'								
CA	CN'								

Tabela II – sem neutro conectado

Agora, conecte somente I_A , V_A e V_N do medidor eletrônico *Kron Mult-K*, e encontre os valores da Tabela III e IV com a seguinte configuração:

$TP = TC = 1.00$

$TL = 0003$ (Trifásico Equilibrado – 1 Elemento 2 Fios)

Uma corrente de fase A (1); Sinal de tensão da fase A e neutro (2)

Limitações: somente aplicável para sistemas equilibrados.

V_L (V)	V_F (V)	I_L (A)	I_N (A)	P_F (W)	P_T (W)	Q_F (VAr)	Q_T (VAr)	S_F (VA)	S_T (VA)
AB	AN'								
BC	BN'								
CA	CN'								

Tabela III – com neutro conectado

V_L (V)	V_F (V)	I_L (A)	I_N (A)	P_F (W)	P_T (W)	Q_F (VAr)	Q_T (VAr)	S_F (VA)	S_T (VA)
AB	AN'		-						
BC	BN'								
CA	CN'								

Tabela IV – sem neutro conectado

¹ TL = Tipo de Ligação.

Carga em triângulo

Agora observe a montagem indicada na Figura 2 abaixo, com a mesma impedância anterior, só que agora com a carga conectada em triângulo. Na Figura 2, V_L representa um voltímetro conectado para medir a tensão entre linhas; A_F representa um amperímetro conectado para medir a corrente de fase; A_L representa um amperímetro conectado para medir a corrente de linha.

Observa-se também, como no caso anterior, é necessária a mudança dos medidores V_L para a obtenção dos demais valores de tensão de linha. Para isso, utilizaremos o medidor trifásico eletrônico *Kron Mult-K*, sendo as entradas V_A , V_B e V_C para as medidas de tensão e I_A , I_B e I_C para as medidas de corrente, realizando as ligações apropriadas. A corrente A_F será obtida usando o amperímetro analógico.

Parâmetros do *Kron Mult-K*

$TP = TC = 1.00$

$TL = 0048$ (Trifásico sem Neutro – 3 Elementos 3 Fios)

Uma corrente por fase (3); Três tensões (3)

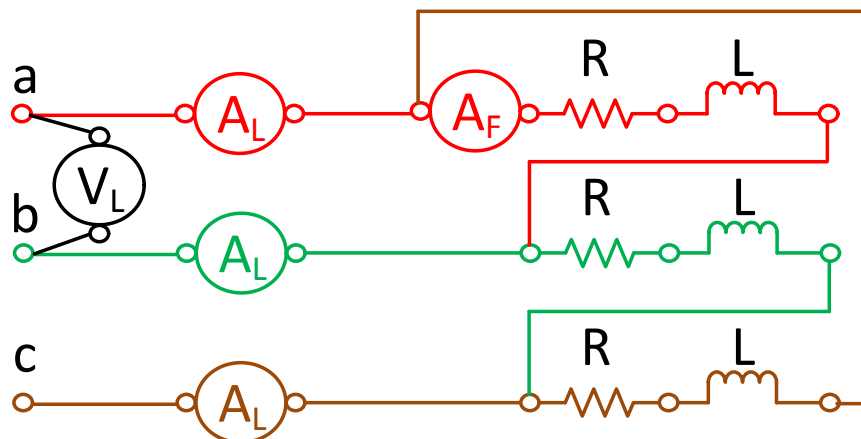


Figura 2 – Ligação em triângulo em sequência de fases abc (convencional)

Os valores dos instrumentos devem ser anotados na Tabela V.

V_L (V)	I_F (A)	I_L (A)	P_F (W)	P_T (W)	Q_F (VAr)	Q_T (VAr)	S_F (VA)	S_T (VA)
AB	A	A						
BC		B						
CA		C						

Tabela V – ligação em triângulo ($TL = 0048$)

Agora, conecte somente I_A , I_C , V_A , V_B e V_C (desconecte I_B) do medidor eletrônico *Kron Mult-K*, e encontre os valores da Tabela VI com a seguinte configuração:

$TP = TC = 1.00$

$TL = 0049$ (Trifásico sem Neutro – 2 Elementos 3 Fios)

Duas correntes de fase A e C (2); Sinal de tensão da três fases (3)

Limitações: somente aplicável para sistemas equilibrados.

V_L (V)	I_F (A)	I_L (A)	P_F (W)	P_T (W)	Q_F (VAr)	Q_T (VAr)	S_F (VA)	S_T (VA)
AB	A	A						
BC		B						
CA		C						

Tabela VI – ligação em triângulo (TL = 0049)

3 – Análise

3.1 – Verifique a relação entre as tensões de fase (V_F) e de linha (V_L) obtidas a partir da montagem da figura 1.

3.2 - Para o sistema equilibrado da figura 1, a soma das correntes no ponto “n” deveria ser igual ou muito próximo a zero para as tensões senoidais aplicadas. Isto aconteceu? Explique.

3.3 – Se as correntes de linhas senoidais forem somadas fasorialmente, a soma será igual a corrente no neutro? Por quê?

3.4 – Quando o fio neutro foi interrompido, o que aconteceu com cada instrumento de medida? As medidas foram as mesmas do caso anterior?

3.5 – Se, desconectando-se o fio neutro, um voltímetro fosse ligado entre os pontos n’ e n, que valor de tensão marcaria?

3.6 – A relação de tensão $V_L = \sqrt{3} V_F$ foi comprovada experimentalmente? Por quê?

3.7 – Verifique a relação entre as correntes de fase (I_F) e de linha (I_L) obtidas a partir da montagem da Figura 2. Foi igual a $I_L = \sqrt{3} I_F$?

3.8 – Observando as potências, real e reativa, trifásicas para a mesma impedância, na conexão em estrela e na conexão em triângulo o que pode concluir?

3.9 – Explique os motivos da pequena diferença apresentada entre as tensões de linha e de fase, mesmo sabendo que essas tensões são iguais entre si em circuitos elétricos equilibrados, alterando-se apenas o ângulo. Neste caso, a corrente no neutro é exatamente zero?

3.10 – Quando TL = 0003, explique por que basta a corrente da fase A e a tensão V_{AN} para que o medidor *Kron* encontre as demais medidas corretamente? Aponte uma vantagem técnica ao utilizar esse artifício.

3.11 – Ainda para TL = 0003, qual é a tensão informada pelo medidor: de fase ou de linha? Qual cuidado se deve ter em relação a esse experimento?

3.12 – Ao aumentar gradativamente a tensão do *varivolt*, é importante checar se os amperímetros não se alterem bruscamente devido a um provável curto-circuito. Um aluno observa A_N no primeiro experimento. Está incorreto? Por quê?

3.13 – Um aluno ao montar o primeiro experimento, à medida que altera o valor de tensão no *varivolt*, verifica que a corrente I_N está crescendo também. Está correto? Comente as principais causas.

Observações finais:

Parte 1 – Estrela. Parte 2 – Delta (Continuação na próxima semana);

Entrega de um relatório único (aulas em 2 semanas). Cada aula corresponde a 50% da nota;

Novas questões podem ser acrescentadas com aviso prévio.