

Atenção

É obrigatório o uso de régua, esquadro, compasso e transferidor.

Introdução:

O objetivo deste módulo é introduzir conceitos básicos de circuitos trifásicos como uma extensão de circuitos monofásicos de corrente alternada. Entre estes conceitos básicos incluem-se relações de tensão de fase e de linha, sequência de fases, associação estrela-triângulo e medição de potência. As aplicações e análises mais detalhadas são reservadas para cursos posteriores.

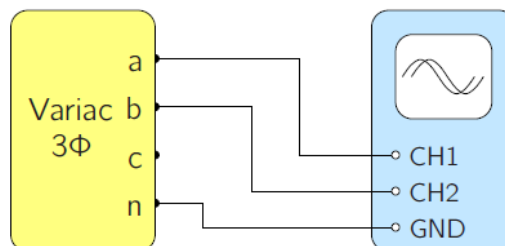
Proposição V.1
ASSOCIAÇÃO TRIFÁSICA EQUILIBRADA

Objetivo: Verificar as condições para obter um sistema trifásico equilibrado

Ensaio e questões:

- (i) ► Utilizando a rede trifásica (220 V, 60 Hz) como fonte de tensões senoidais, monte o circuito a seguir e ajuste a tensão eficaz de linha (entre duas fases) do Variac trifásico, em 100 V. Como o osciloscópio só dispõe de duas entradas, temos que observar as tensões aos pares. Tome a tensão de fase V_{an} como a tensão de referência e compare as defasagens de V_{bn} e V_{cn} em relação a V_{an} . Imprima as formas de onda.

Importante: Para este experimento o osciloscópio deve ser isolado da rede.



- (ii) ► Qual a defasagem entre as tensões de fase? Qual a sequência de fases?

- (iii) ► Sabendo que a tensão de linha é a diferença das tensões de fase adjacentes, pode-se obter as três tensões de linha pelas relações abaixo. Usando a função **subtração** no osciloscópio obtenha e imprima as três ondas da primeira relação abaixo (V_{ab}):

$$V_{ab} = V_{an} - V_{bn}$$

$$V_{bc} = V_{bn} - V_{cn}$$

$$V_{ca} = V_{cn} - V_{an}$$

- (iv) ► Meça a defasagem entre V_{linha} e V_{fase} . Compare com o valor teórico esperado.
- (v) ► Verifique a relação entre as amplitudes das tensões de linha e de fase. Compare com o valor teórico esperado (use o multímetro).
- (vi) Desenhe, **em escala**, o diagrama fasorial das tensões de fase e de linha tomando como referência a tensão V_{an} . (Sugestão de escala: 20 V/cm)

Proposição V.2 SEQUÊNCIA DE FASES

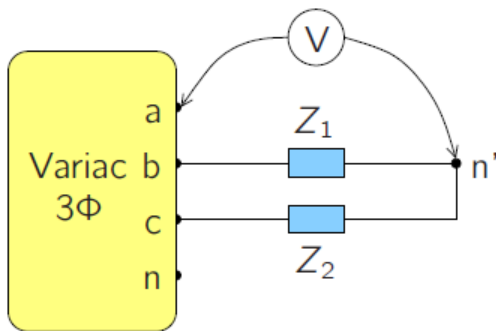
Objetivo: Constatar a influência da sequência de fases em um sistema trifásico

Ensaio e Questões:

- (i) ► Calcule o valor de um capacitor C de forma que sua reatância capacitiva seja igual a $2,7 \text{ k}\Omega$ para uma frequência de 60 Hz .

$$|X_c| = 2,7 \text{ k}\Omega \quad \rightarrow \quad C = \quad \mu\text{F}$$

- (ii) ► Para a montagem abaixo, ajuste a tensão de linha fornecida pelo Variac trifásico em 50 V e preencha a tabela para as diferentes combinações das impedâncias Z_1 e Z_2 :



Z_1	Z_2	$V_{an'}$
$R = 2,7 \text{ k}\Omega$	$R = 2,7 \text{ k}\Omega$	
$R = 2,7 \text{ k}\Omega$	$ X_c = 2,7 \text{ k}\Omega$	
$ X_c = 2,7 \text{ k}\Omega$	$R = 2,7 \text{ k}\Omega$	

- (iii) Construa o diagrama fasorial das tensões de linha e o fasor $V_{an'}$ **em escala** para cada um dos três casos do item (ii). (Sugestão de escala: 10 V/cm)
- (iv) ► Zere a saída do Variac e troque as fases **b** e **c** na **saída**. Repita o terceiro caso do item (ii). Meça $V_{an'}$:

$$V_{an'} = \quad \text{V}$$

Compare com os valores medidos no item (ii) e comente o resultado.

- (v) Em função do experimento realizado, o que se pode concluir sobre a influência da sequência de fases sobre cargas desequilibradas?

Proposição V.3 ASSOCIAÇÃO Y

Objetivo: Verificar as características de operação de carga em Y com e sem neutro ligado.

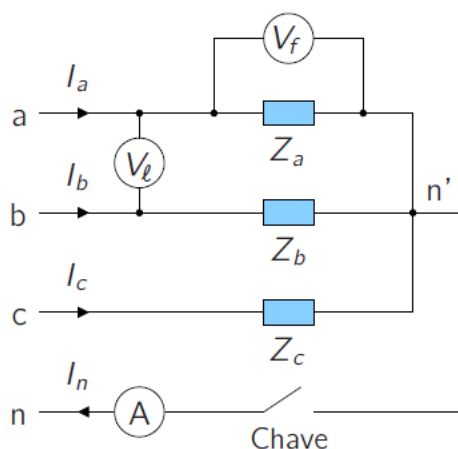
Introdução:

A conexão de bipolos em estrela (Y) e/ou triângulo (Δ) é de interesse para os sistemas de potência trifásicos, pois permite obter associações equilibradas, seja operando como dispositivos de geração e transmissão, seja como cargas trifásicas.

É natural que a associação preferida seja equilibrada, na qual os três bipolos são iguais, porque, neste caso, resultam correntes equilibradas ao se impor tensões equilibradas. Porém, podem surgir situações de cargas desequilibradas e, neste caso, o que pode ocorrer?

Ensaio e Questões:

- (i) ► Monte o circuito abaixo com carga em Y ($Z_a = Z_b = Z_c$, com **3 lâmpadas iguais** - do mesmo fabricante – 220 V / 100 W), alimentada através do Variac trifásico.



- (ii) ► Ajuste o Variac para $V_L = 220V$ com a chave **aberta**. Preencha a tabela a seguir.

Equilibrado sem neutro	V_{ab}	V_{bc}	V_{ca}	$V_{an'}$	$V_{bn'}$	$V_{cn'}$	I_a	I_b	I_c	I_n	$V_{n'n}$
Medidas ^(*)											

(*) Para esta tabela e as dos próximos experimentos, teremos as seguintes unidades de medidas: volts (V) para as tensões de linha e de fase; ampères (A) para as correntes de linha e no neutro; watts (W) para as potências ativas.

- (iii) Verifique se a carga está equilibrada. Explique como se pode concluir isso.

- (iv) ► **Conecte o neutro** e preencha a tabela a seguir. Verifique se alguma medida se altera. Justifique.

Equilibrado com neutro	P_a	P_b	P_c	$V_{an'}$	$V_{bn'}$	$V_{cn'}$	I_a	I_b	I_c	I_n	$V_{n'n}$
Medidas											

- (v) ► **Abra o neutro e desligue uma das lâmpadas.** Repita todas as leituras e veja o que mudou. Faça o diagrama fasorial das tensões e correntes considerando que as tensões de linha são iguais. (Sugestão de escala: 30 V/cm)

Desequilibrado sem neutro	P_a	P_b	P_c	$V_{an'}$	$V_{bn'}$	$V_{cn'}$	I_a	I_b	I_c	I_n	$V_{n'n}$
Medidas											

- (vi) ► **Reconecte o neutro** e repita as leituras. Explique o que aconteceu.

Desequilibrado sem neutro	P_a	P_b	P_c	$V_{an'}$	$V_{bn'}$	$V_{cn'}$	I_a	I_b	I_c	I_n	$V_{n'n}$
Medidas											

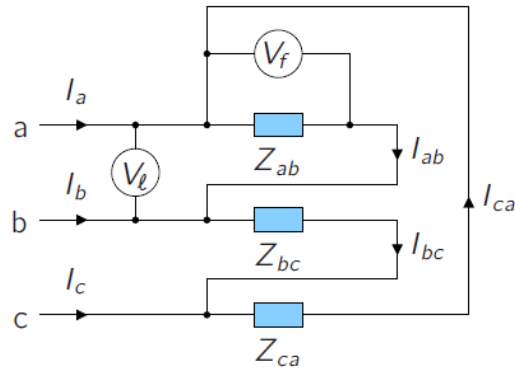
- (vii) Com base nas medidas realizadas, explique **para que serve o neutro na ligação Y**.

Proposição V.4
ASSOCIAÇÃO Δ

Objetivo: Verificar as características de operação de carga em Δ equilibrado e desequilibrado.

Ensaio e Questões:

- (i) ► Monte o circuito seguinte para carga em Δ ($Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$, com **3 lâmpadas iguais** - do mesmo fabricante – 220 V / 100 W):



- (ii) ► Ajuste o Variac para $V_L = 220$ V. Preencha a tabela a seguir.

Equilibrado	I_{ab}	I_{bc}	I_{ca}	I_a	I_b	I_c	V_{ab}	V_{bc}	V_{ca}
Medidas									

- (iii) Verifique se a carga está equilibrada. Explique como se pode concluir isso.

- (iv) ► Meça as potências consumidas pela carga.

Potências	P_{ab}	P_{bc}	P_{ca}
Medidas			

- (v) Qual a relação esperada das potências trifásicas quando uma certa carga está conectada em Y ou em Δ ? Por que essa relação não se manteve no caso das lâmpadas?

- (vi) ► Mude as cargas para desequilibrar o circuito: Z_{bc} = capacitor (**20 μ F / 400 V**) e Z_{ca} = lâmpada (**220 V / 60 W**). Mantenha Z_{ab} = lâmpada (**220 V / 100 W**). Ajuste a tensão de linha em 220 V e preencha a tabela a seguir.

Desequilibrado	I_{ab}	I_{bc}	I_{ca}	I_a	I_b	I_c	V_{ab}	V_{bc}	V_{ca}
Medidas									

- (vii) Desenhe o diagrama fasorial de tensões e correntes **em escala**. (Sugestão de escala: 40 V/cm, 0,4 A/cm)
- (viii) Descreva as características gerais e qualitativas das ligações trifásicas Δ e Y em termos de suas ligações físicas, tensões e correntes.