

EXPERIMENTO: CIRCUITOS TRIFÁSICOS (3F_EA)

ATIVIDADES PRÉ-LABORATÓRIO

Nesta atividade pré-laboratório, deverão ser calculados os valores teóricos das medições a serem feitas no laboratório, bem como devem ser planejadas as diversas conexões a serem realizadas.

1. Parte I: Circuito para detecção da sequência de fases

A figura 1 apresenta um circuito simples que é comumente usado para a determinação da sequência de fases em um sistema trifásico de tensões. As resistências indicadas neste circuito são as próprias resistências internas de 2 voltímetros analógicos com resistência interna igual a $16\text{ k}\Omega$ (da mesma ordem de grandeza do módulo da impedância do capacitor). Nesta montagem atribui-se arbitrariamente a marcação “A” à fase que está ligada ao capacitor e procura-se determinar qual das outras duas fases (B ou C) sucede a fase A no tempo.

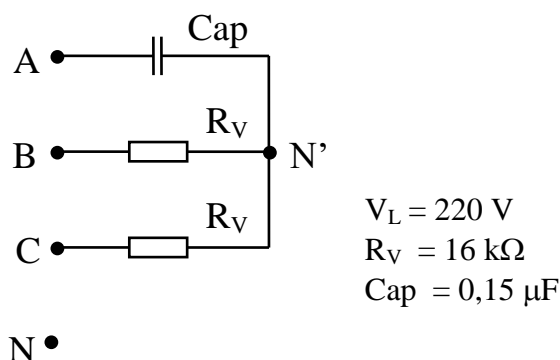


Figura 1 - Circuito para determinação da sequência de fases

1.1. Para isso, desenvolva a expressão do valor eficaz das tensões V_{BN} e V_{CN} , para o caso de sequência direta e para o caso de sequência inversa.

1.2. Justifique sua resposta ao item anterior utilizando um diagrama fasorial.

1.3. Justifique sua resposta ao item 1.1 utilizando componentes simétricas.

Sugestão: Calcule as componentes simétricas $[\dot{V}_0 \ \dot{V}_1 \ \dot{V}_2]$ das tensões $[\dot{V}_{AN'} \ \dot{V}_{BN'} \ \dot{V}_{CN'}]$, supondo primeiro sequência direta e depois sequência inversa. Verifique a magnitude das componentes de sequência direta e inversa em cada caso.

2. Parte II: Circuitos diversos usando a caixa de resistências

Essa parte, que é a mais extensa, envolverá uma caixa com seis resistências, que deverão ser conectadas de acordo com os diversos circuitos a seguir. A preparação criteriosa da montagem e o cálculo dos valores esperados é fundamental para o bom andamento do experimento.

2.1. Valores teóricos de R, X_L e C para os circuitos de A a K

Assuma os seguintes valores teóricos de R, X_L e C conforme apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores teóricos de R, X_L e C

| | | |
|-----------------------|--|------------------------|
| Resistência R = 120 Ω | Reatância indutiva X _L = 15 Ω | Capacitância C = 10 μF |
|-----------------------|--|------------------------|

2.2. Disposição das resistências no interior da caixa

As resistências estão dispostas **internamente** à caixa conforme a figura 2 a seguir.

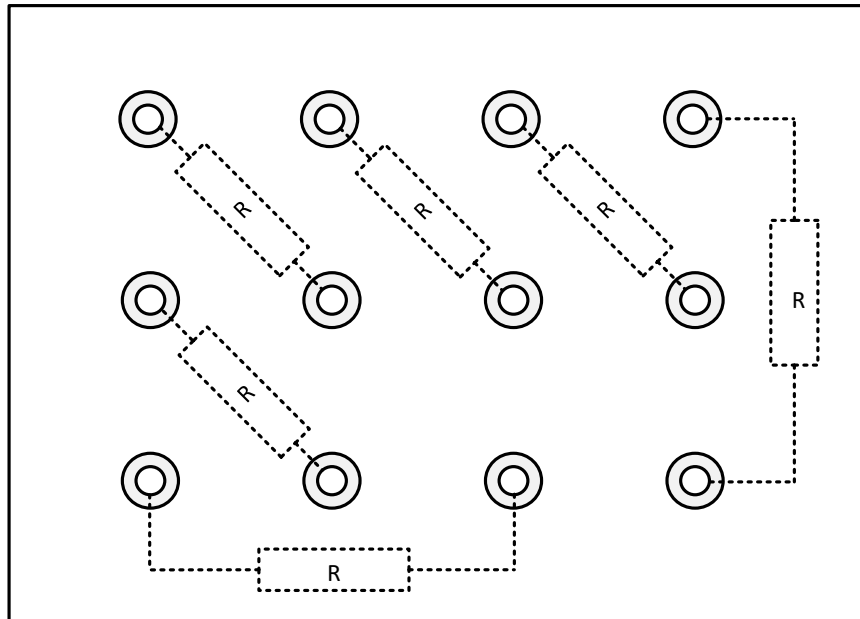


Figura 2 - Disposição das resistências no interior da caixa

As conexões das resistências são executadas por meio dos doze terminais disponíveis. Poderão ser utilizados os cabos disponíveis no laboratório, com terminais “garfo” e “banana”, e também chapinhas de cobre disponibilizadas, conforme a figura 3 a seguir. Essas chapinhas podem ser fixadas (por rosqueamento dos terminais) entre terminais vizinhos, na horizontal ou na vertical.

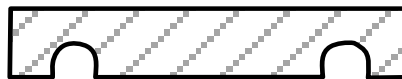


Figura 3 - Chapinhas de cobre para conexão entre terminais da caixa de resistências

As duas formas de conexão deverão ser utilizadas conforme a necessidade: os cabos apresentam a vantagem de permitir a introdução do alicate amperímetro; já as chapinhas facilitam a visualização e conferência das montagens, além de simplificar conexões múltiplas. Os cabos também devem ser utilizados em caso de conexões em diagonal, que são muito raras.

Para cada um dos circuitos, deve-se desenhar a montagem planejada sobre a figura da caixa de resistências, para que não haja perda de tempo durante a aula. Sugerem-se representações

diferentes para chapinhas e cabos (cores diferentes, linhas de espessuras diferentes, ...). Para o circuito A, o desenho é fornecido como exemplo.

Para as medições de potência aparente, ativa ou reativa, deverão ser indicadas as expressões que indiquem as montagens necessárias. Ex: $P = \text{Re}\{\dot{V}_{AB}\dot{I}_A^* + \dot{V}_{CB}\dot{I}_C^*\}$.

2.3. Circuito A

Para o circuito A, figura 4, calcule a corrente, a potência complexa absorvida e a tensão entre os pontos N e N', preenchendo a tabela 2. Observe que foi sugerida a chapinha para conectar as duas resistências, já que as correntes I_A e I_B podem ser medidas nos cabos que as conectam as fontes.

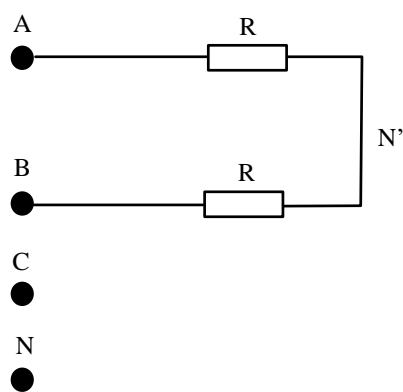


Figura 4 - Circuito A

Tabela 2 – Valores teóricos do Circuito A

| Grandeza | Valor calculado |
|----------------|-----------------|
| I_A (A) | |
| I_B (A) | |
| \bar{S} (VA) | |
| $V_{NN'}$ (V) | |

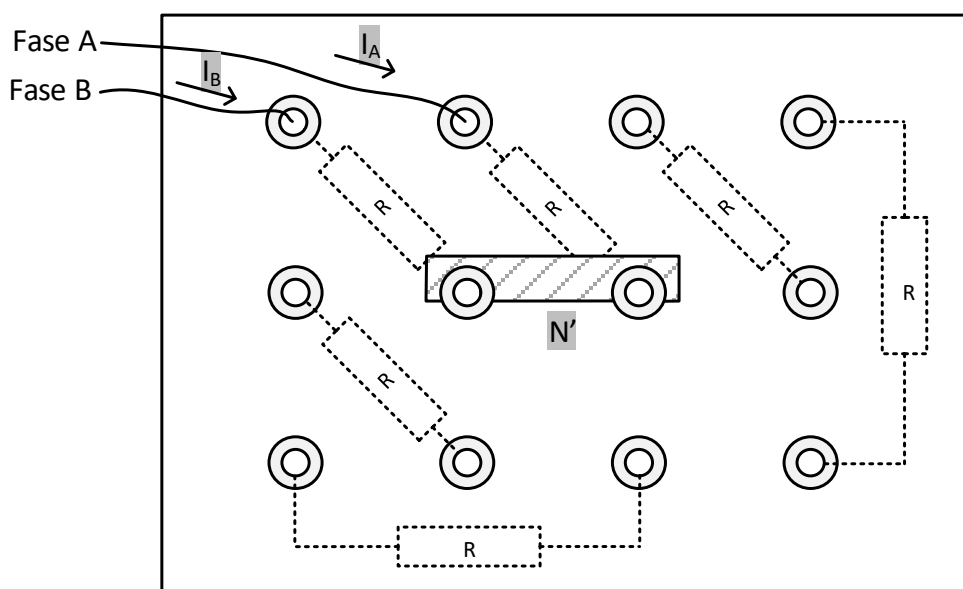


Figura 5 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

2.4. Circuito B

Para o circuito B, figura 6, calcule a corrente e a potência complexa absorvida, preenchendo a tabela 3.

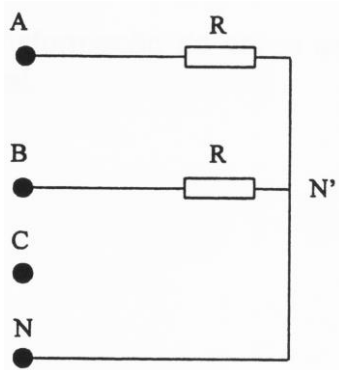


Figura 6 - Circuito B

Tabela 3 – Valores teóricos do Circuito B

| Grandeza | Valor calculado |
|----------------|-----------------|
| I_A (A) | |
| I_B (A) | |
| I_N (A) | |
| \bar{S} (VA) | |

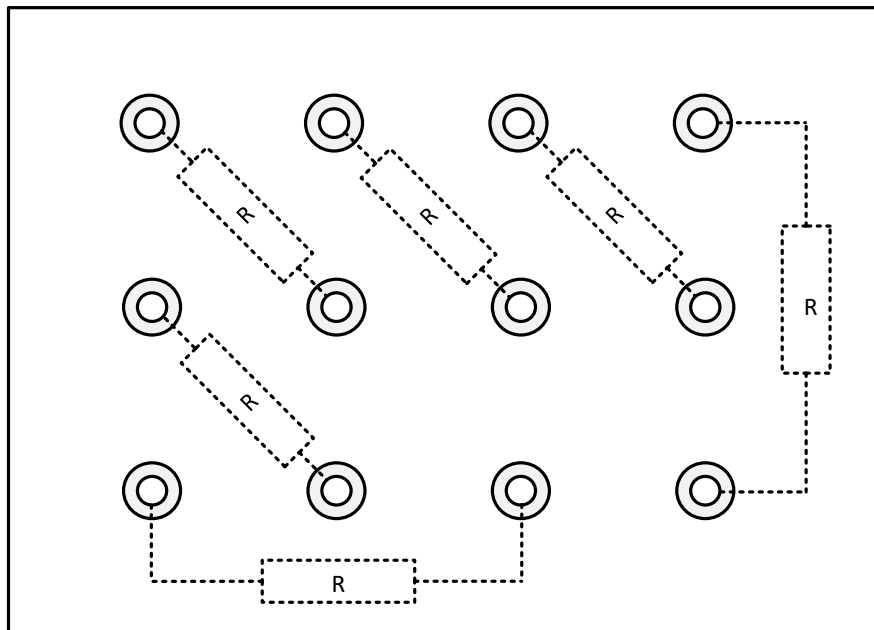


Figura 7 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

2.5. Circuito C

Para o circuito C, figura 8, calcule as grandezas, preenchendo a tabela 4.

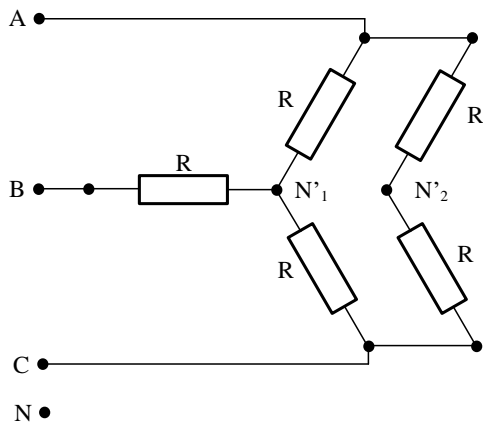


Figura 8 - Circuito C

Tabela 4 – Valores teóricos do Circuito C, N'1 e N'2 separados.

| Grandeza | Valor calculado |
|------------------|-----------------|
| I_A (A) | |
| I_B (A) | |
| I_C (A) | |
| I_{A1} (A) | |
| I_{A2} (A) | |
| I_{C1} (A) | |
| I_{C2} (A) | |
| $V_{NN'1}$ (V) | |
| $V_{NN'2}$ (V) | |
| $V_{N'1N'2}$ (V) | |

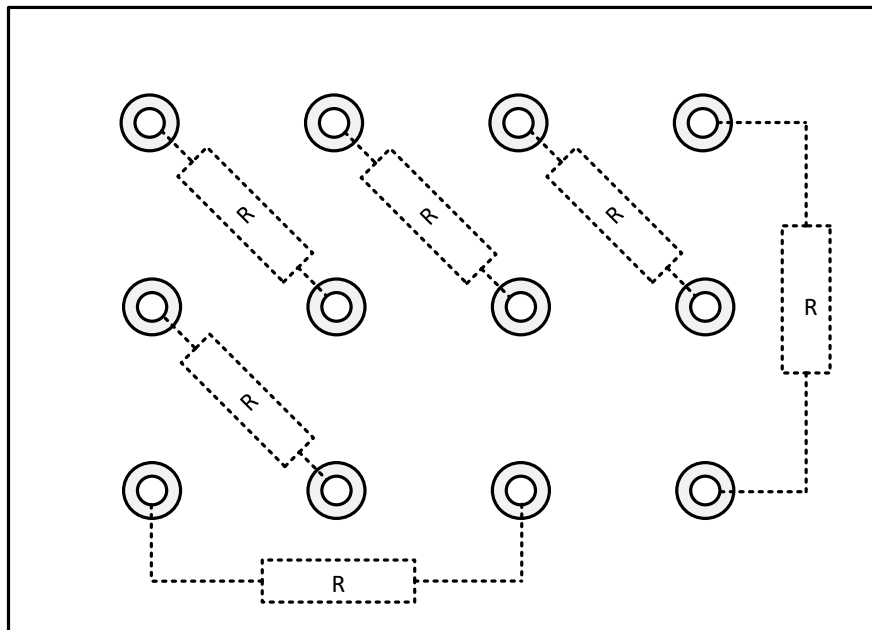


Figura 9 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

2.6. Circuito D

No circuito C, interligue os pontos N'_1 e N'_2 e repita os cálculos, preenchendo a tabela 5.

Tabela 5 – Valores teóricos do Circuito C, N'_1 e N'_2 interligados.

| Grandeza | Valor calculado |
|-----------------------------|-----------------|
| I_A (A) | |
| I_B (A) | |
| I_C (A) | |
| I_{A1} (A) | |
| I_{A2} (A) | |
| I_{C1} (A) | |
| I_{C2} (A) | |
| $V_{NN'_1} = V_{NN'_2}$ (V) | |

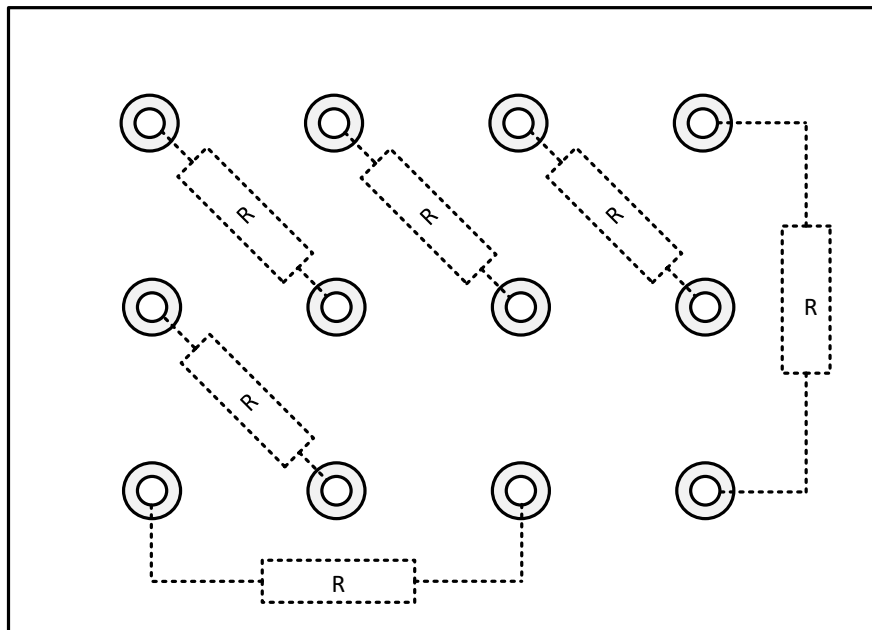


Figura 10 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

2.7. Circuito E

Para o circuito E, figura 11, calcule as grandezas indicadas, preenchendo a tabela 6. Verifique a influência da seqüência de fases.

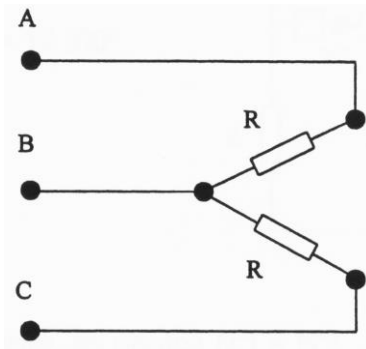


Figura 11 - Circuito E

Tabela 6 – Valores teóricos do Circuito E

| Grandeza | Valor calculado |
|-----------|-----------------|
| I_A (A) | |
| I_B (A) | |
| I_C (A) | |

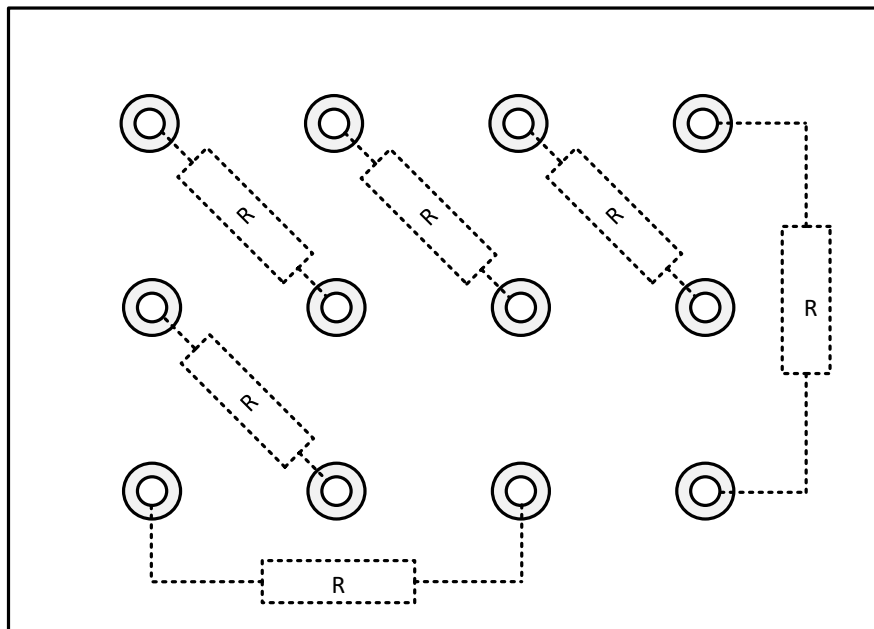


Figura 12 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

2.8. Circuito F

Para o circuito F, figura 13, calcule as grandezas indicadas, preenchendo a tabela 7.

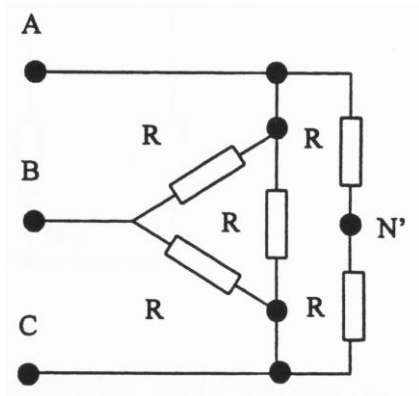


Figura 13 - Circuito F

Tabela 7 – Valores teóricos do Circuito F

| Grandeza | Valor calculado |
|---------------|-----------------|
| I_A (A) | |
| I_B (A) | |
| I_C (A) | |
| I_{AB} (A) | |
| I_{BC} (A) | |
| I_{CA} (A) | |
| $I_{AN'}$ (A) | |
| $I_{CN'}$ (A) | |

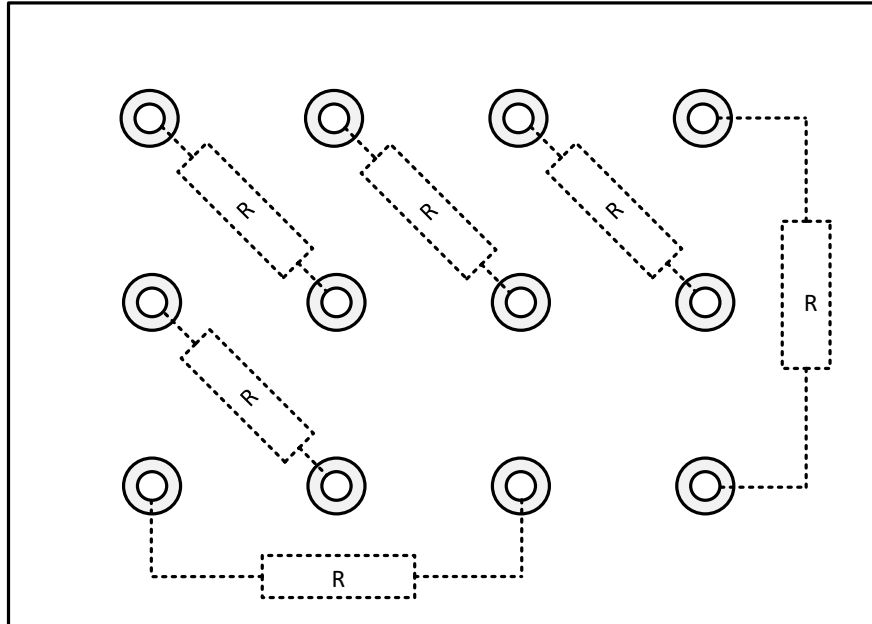


Figura 14 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

Recalcule os valores, considerando a interligação dos pontos N (fonte) e N', e preencha a tabela 8.

Tabela 8 – Valores teóricos do Circuito F

| Grandeza | Valor calculado |
|---------------|-----------------|
| I_A (A) | |
| I_B (A) | |
| I_C (A) | |
| I_{AB} (A) | |
| I_{BC} (A) | |
| I_{CA} (A) | |
| $I_{AN'}$ (A) | |
| $I_{CN'}$ (A) | |
| I_N (A) | |

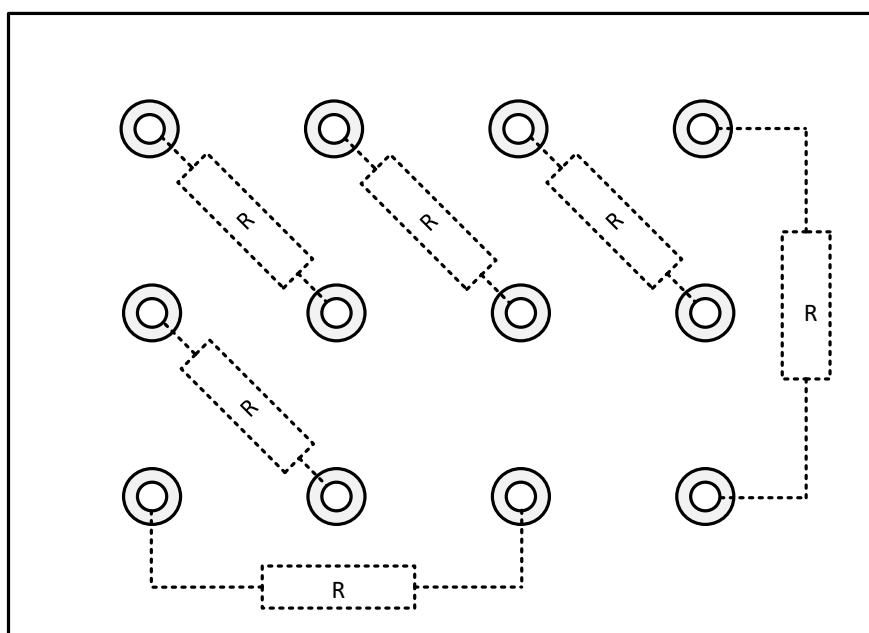


Figura 15 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

2.9. Circuito G

Para o circuito G, figura 16, calcule as grandezas indicadas, preenchendo a tabela 9. Na resolução do circuito, utilize análise de malhas e transformação triângulo - estrela.

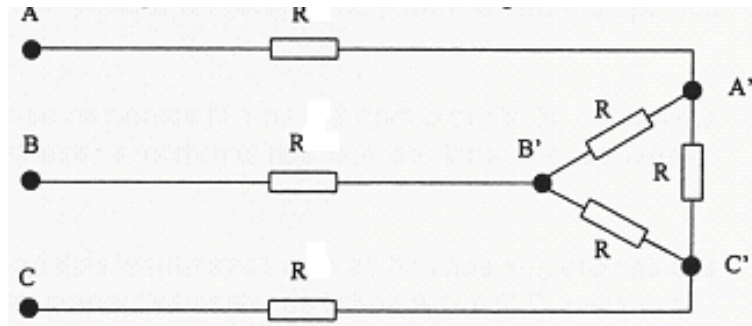


Figura 16 - Circuito G

Tabela 9 – Valores teóricos do Circuito G

| Grandeza | Valor calculado |
|--------------|-----------------|
| I_A (A) | |
| I_B (A) | |
| I_C (A) | |
| I_{AB} (A) | |
| I_{BC} (A) | |
| I_{CA} (A) | |

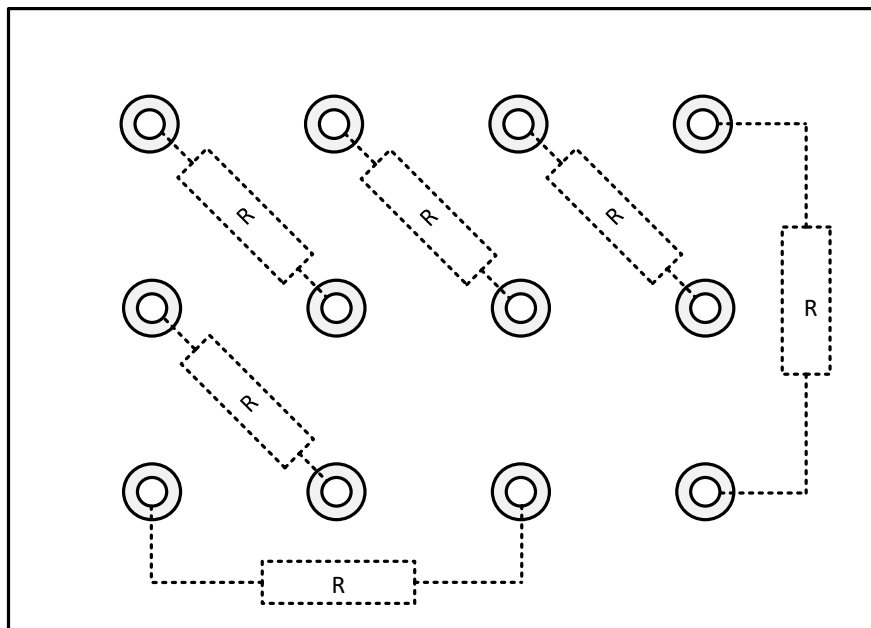


Figura 17 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

2.10. Circuito H

Para o circuito H, figura 18, tabela 10, pede-se, considerando as chaves K_1 fechadas e as chaves K_2 abertas:

- calcular a potência ativa total utilizando o teorema de Blondel;
- calcular a potência ativa absorvida em uma fase da carga (utilizando um único wattímetro);
- calcular a corrente absorvida e avaliar a potência ativa total pela somatória das potências dissipadas nas resistências ($3RI^2$);
- calcular a potência reativa utilizando um wattímetro ligado como vâmetro;
- comparar os resultados obtidos nos itens (a), (b) e (c);
- comparar o resultado obtido no item (d) com a potência reativa avaliada pelas equações abaixo:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad e \quad Q = 3XI^2$$

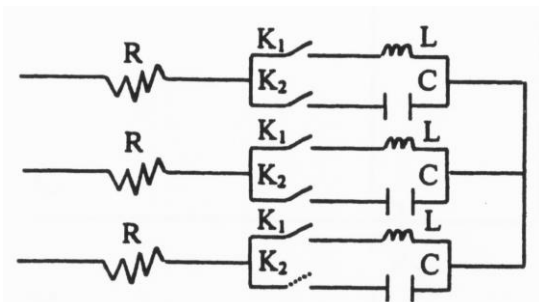


Figura 18 - Circuito H

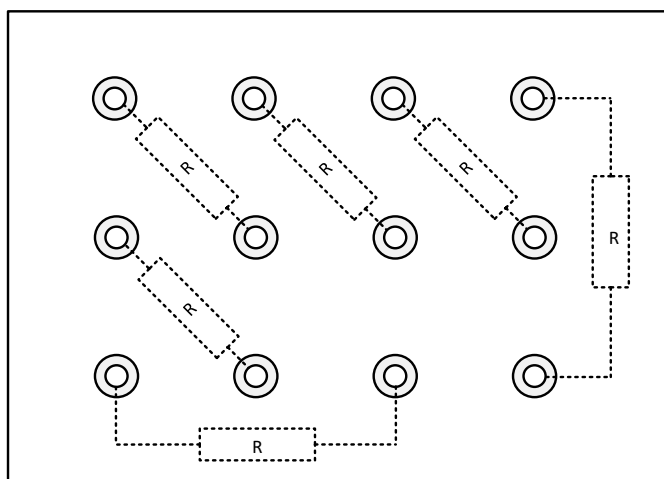


Figura 19 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

Tabela 10 – Valores teóricos do Circuito H, chaves K_1 fechadas e K_2 abertas.

| Grandeza | Valor calculado |
|--|-----------------|
| W_1 (Blondel) (W) | |
| W_2 (Blondel) (W) | |
| $P_{1\phi}$ (W) | |
| I_A (A) | |
| I_B (A) | |
| I_C (A) | |
| $P_{3\phi}$ ($3RI^2$) (W) | |
| $Q_{3\phi}$ (Vâmetro) (VAr) | |
| $Q_{3\phi}$ ($\sqrt{S^2 - P^2}$) (VAr) | |
| $Q_{3\phi}$ ($3XI^2$) (VAr) | |

2.11. Circuito I

Repetir a análise do circuito H no circuito I, obtido a partir do circuito H com as chaves K_1 abertas e as chaves K_2 fechadas, preenchendo a tabela 11.

Tabela 11 – Valores teóricos do Circuito H, chaves K_1 abertas e K_2 fechadas.

| Grandeza | Valor calculado |
|--|-----------------|
| W_1 (Blondel) (W) | |
| W_2 (Blondel) (W) | |
| $P_{1\phi}$ (W) | |
| I_A (A) | |
| I_B (A) | |
| I_C (A) | |
| $P_{3\phi}$ ($3RI^2$) (W) | |
| $Q_{3\phi}$ (Vâmetro) (VAr) | |
| $Q_{3\phi}$ ($\sqrt{S^2 - P^2}$) (VAr) | |
| $Q_{3\phi}$ ($3XI^2$) (VAr) | |

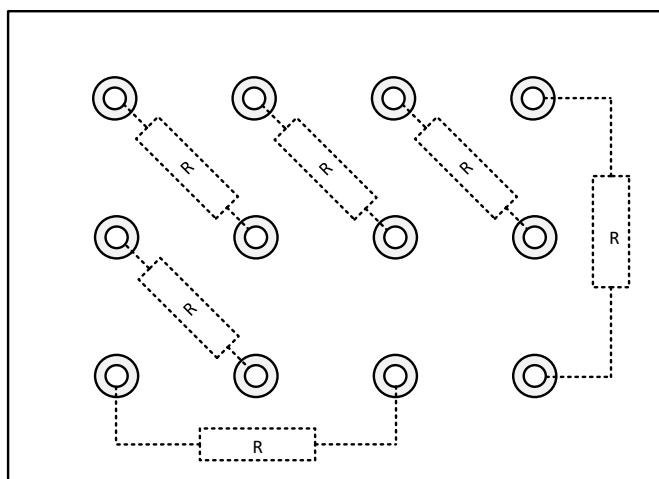


Figura 20 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

2.12. Circuito J

Para o circuito J, figura 21, tabela 12, pede-se, considerando a chave K aberta:

- medir a potência ativa total utilizando o teorema de Blondel;
- medir a potência ativa total através da soma das potências ativas absorvidas em cada fase;
- determinar a potência reativa absorvida total pela diferença entre a potência reativa absorvida pela bobina e a potência reativa fornecida pelo capacitor.

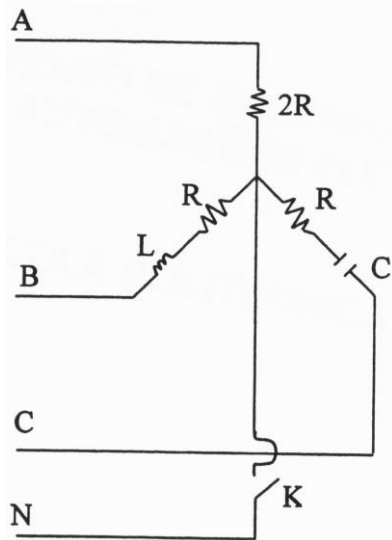


Figura 21 - Circuito J

Tabela 12 – Valores teóricos do Circuito J, chave K aberta

| Grandeza | Valor calculado |
|---|-----------------|
| W_1 (Blondel) (W): | |
| W_2 (Blondel) (W) | |
| $\dot{V}_{NN'}$ (V) | |
| \dot{I}_A (A) | |
| \dot{I}_B (A) | |
| \dot{I}_C (A) | |
| $P_{3\phi} (2RI_A^2 + RI_B^2 + RI_C^2)$ (W) | |
| $Q_{3\phi} (X_B I_B^2 + X_C I_C^2)$ (VAr) | |

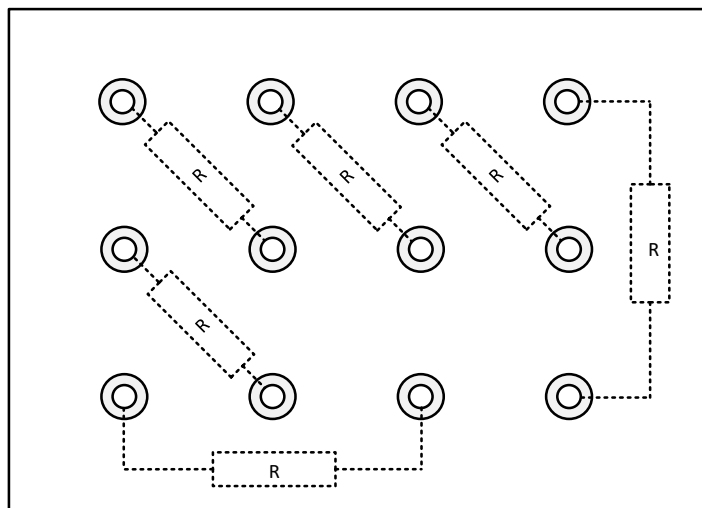


Figura 22 – Figura auxiliar para planejamento da montagem

2.13. Circuito K

Repetir a análise do circuito J, com a chave K fechada, preenchendo a tabela 13.

Tabela 13 – Valores teóricos do Circuito J, chave K fechada.

| Grandeza | Valor calculado |
|---|-----------------|
| $P_{3\phi}$ (Blondel) (W) | |
| $\dot{V}_{NN'}$ (V) | |
| \dot{I}_A (A) | |
| \dot{I}_B (A) | |
| \dot{I}_C (A) | |
| $P_{3\phi} (2RI_A^2 + RI_B^2 + RI_C^2)$ (W) | |
| $Q_{3\phi} (X_B I_B^2 + X_C I_C^2)$ (VAr) | |

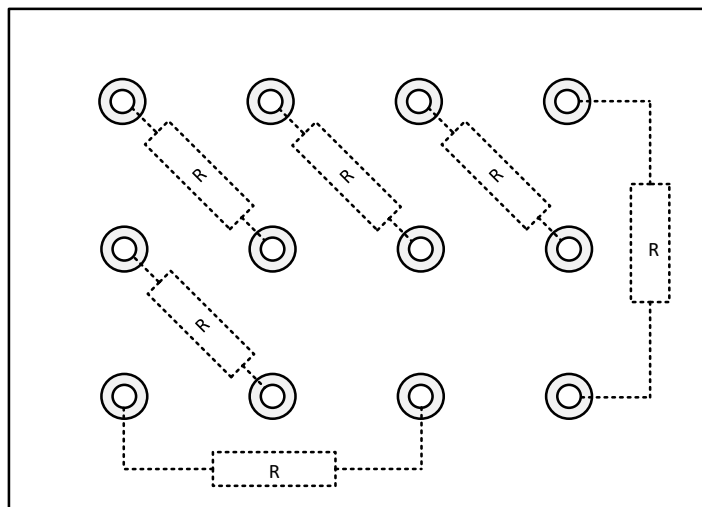


Figura 23 – Figura auxiliar para planejamento da montagem