

## Elementos de um sistema trifásico de geração de energia elétrica

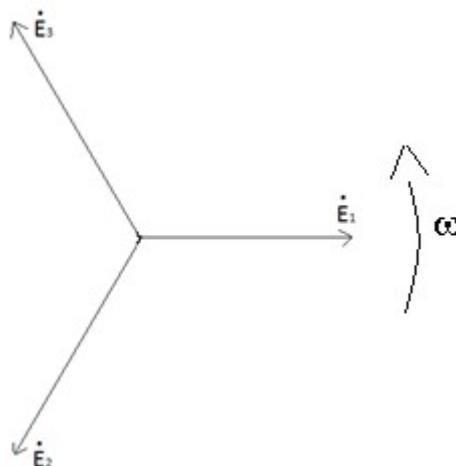
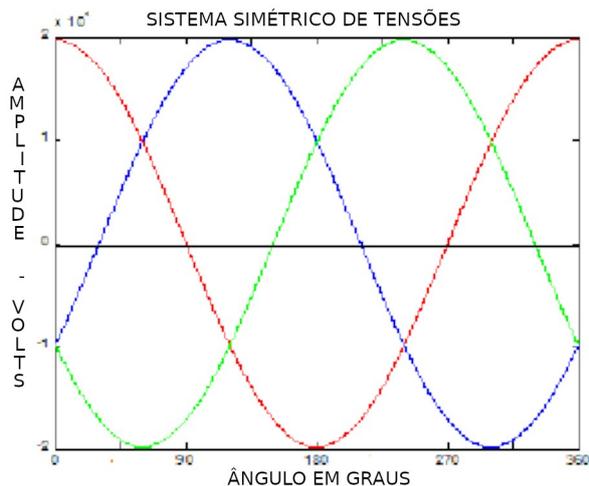
Embora tenha sido utilizada por muito tempo na modalidade “corrente contínua” para distribuição pública, a energia elétrica na modalidade “corrente alternada” é largamente oferecida atualmente para consumo a partir de uma geração homologada pelos órgãos administrativos públicos. Essa homologação visa principalmente a segurança do sistema – tanto na geração quanto na distribuição e no consumo – e sua estabilidade, incluindo aí a continuidade, a qualidade e a segurança, é de competência das concessionárias para geração e distribuição. Atualmente, os utilizadores da energia elétrica se concentram em três grandes grupos: segurança pública, industriais e domiciliares. As diferenças básicas são:

- 1 - volume de consumo de energia elétrica, que é medido em kilowatts.hora;
- 2 - características das cargas (equipamentos) conectados. e
- 3 - continuidade e qualidade no fornecimento em geral, principalmente para consumidores essenciais (hospitais, bombeiros, polícia, etc.)

O padrão mundial adotado para a distribuição é o da geração alternada trifásica, com valores de tensão padronizados e frequências normalizadas de 50Hz e 60Hz. Tanto a geração quanto o consumo em três fases permitem manter um maior equilíbrio na distribuição e no consumo da energia, onde a vasta utilização de transformadores de tensão – tanto elevadores quanto redutores – permitem também um alcance geográfico bem amplo, permitindo o atendimento a regiões remotas com a mesma qualidade observada nos grandes centros desde que os padrões e normas técnicas sejam rigorosamente seguidos. As principais características da corrente alternada trifásica, considerando as questões técnicas e financeiras, são:

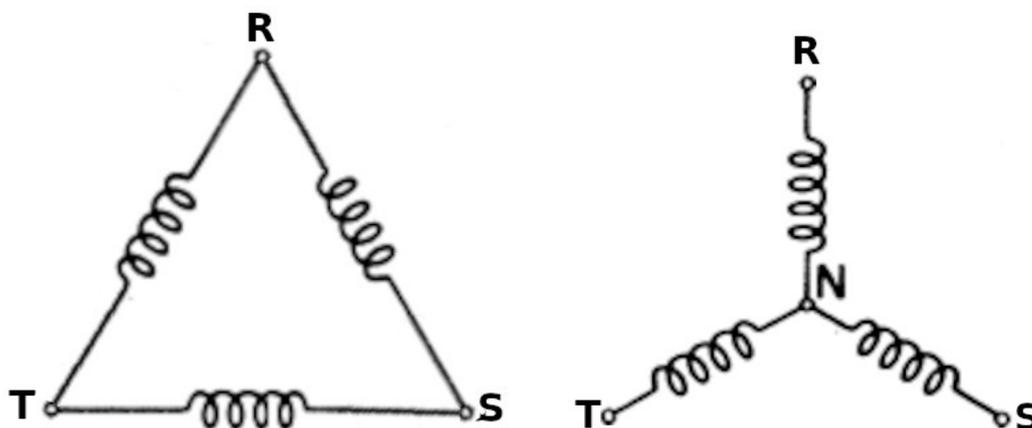
- ✓ uso de transformadores para transmissão em longas distâncias visando menores perdas, utilizando alta tensão e reduzindo o investimento e o custo;
- ✓ geradores e motores mais simples, mais baratos, mais potentes e mais eficientes do que os motores equivalentes em corrente contínua;
- ✓ estabelecimento de padrões para geração, transmissão e distribuição, além das características das cargas (equipamentos elétricos) que podem ser utilizados;
- ✓ uso do sistema trifásico permite acompanhar a distribuição equilibrada (igual) nas três fases, utilizando as modalidades Y (estrela) ou  $\Delta$  (triângulo) de ligação, tanto na geração quanto na carga;
- ✓ permite uso de cargas monofásicas e bifásicas (desequilibradas) principalmente para sistemas domiciliares, dentro de um sistema de distribuição continuado de manutenção de equilíbrio de consumo.

Em um circuito trifásico equilibrado, as relações entre as tensões - e também as correntes - nas fases podem ser representadas de acordo com a figura a seguir. Cada uma das cores – vermelho, azul e verde – simboliza o que acontece com cada fase: a tensão “alterna” entre valores de pico positivo e negativo, seguindo o modelo de uma senóide, na frequência estabelecida pelo sistema (50Hz ou 60Hz) e com desvio fase fixa de  $120^\circ$  entre elas. O desvio de fase é garantido pela construção mecânica dos geradores físicos e raramente sofre desvios, portanto, a qualquer momento, se uma das fases está em  $0^\circ$  (zero graus), a próxima estará defasada de  $120^\circ$  e a terceira de  $240^\circ$  em relação à primeira. O diagrama de fases ao lado representa essa relação.



## Conexões Y (estrela) ou $\Delta$ (triângulo)

Tanto geração quanto carga podem ser interligados em uma das duas formas representadas abaixo.



Notam-se as seguintes características:

- 1 – as fases recebem designações formais válidas para os dois casos: R, S e T;
- 2 – a conexão à esquerda ( $\Delta$ ) não possui conexão comum - N, ou Neutro - presente na conexão à direita (Y);
- 3 – o conceito de conexão monofásica – entre fase e neutro - se aplica somente às ligações estrela, enquanto as conexões bifásicas e trifásicas se aplicam a ambas.

Transformadores trifásicos podem combinar conexões  $\Delta$ - $\Delta$ ,  $\Delta$ -Y e Y-Y, conforme necessário, e as tensões tanto do primário quanto do secundário podem variar conforme a aplicação.

Motores trifásicos também podem ter suas conexões em  $\Delta$  ou Y de acordo com suas aplicações e do tipo de carga. Em muitos casos, é comum o uso de chaves  $\Delta \rightarrow Y$  para partida pois o torque obtido na ligação  $\Delta$  é menor do que o obtido na ligação Y para os mesmos valores de tensão fornecida. Assim, depois que o motor se encontra em operação normal, retorna-se à conexão  $\Delta$ , que também caracteriza um menor consumo de corrente para as mesmas condições de trabalho.

Em sistemas trifásicos equilibrados – seja no consumo ou na geração – a corrente de neutro nas ligações Y é sempre uma ferramenta essencial no acompanhamento do consumo.

**Em condições normais, a corrente de neutro em sistemas trifásicos equilibrados conectados em Y deve ser sempre zero, e monitorar o seu valor significa monitorar o equilíbrio do sistema, tanto na geração quanto nas cargas.**

Sistemas de verificação de operação de motores e transformadores trifásicos reparados ou com operação irregular (aquecimento, baixo desempenho, perda de potência, etc.) devem sempre utilizar o monitoramento da corrente de neutro como garantia de operação equilibrada.

## Referências

[https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/cap1\\_circuitos-trifasicos.pdf](https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/cap1_circuitos-trifasicos.pdf) acesso em 2 de agosto de 2024