

Acionamentos Eletrônicos

Aula 08 - Circuitos conversores: CA em CA - Cicloconversores

Apresentação

A conversão de tensão alternada em outra tensão alternada pode ser feita de várias maneiras, dependendo da aplicação. Essa conversão pode ser realizada, como vimos anteriormente, utilizando-se o circuito retificador juntamente com o circuito inversor. Nesse caso, a tensão alternada é transformada em tensão contínua e depois novamente em alternada. Essa pode ser feita utilizando-se tiristores, os quais modificam o valor eficaz da tensão de entrada fornecida, que pode ser feita por meio dos cicloconversores que fazem essa conversão CA – CA em apenas um módulo, sem circuitos intermediários.

Objetivos

- Identificar os tipos de circuitos que são capazes de controlar o fluxo de potência de um circuito CA para outro também CA.
- Descrever as características dos cicloconversores.
- Saber definir a forma de operação dos cicloconversores.

Cicloconversores

Os circuitos conversores de tensão CA em tensão CA são necessários, pois a tensão da rede de alimentação, que é alternada, apresenta amplitude e frequência fixas, e nós já vimos que para algumas aplicações, especialmente as industriais, é necessário que se tenha o controle sobre esses parâmetros da tensão que alimenta os equipamentos.

Os cicloconversores são circuitos capazes de converter tensão alternada fixa em tensão alternada controlada, porém existem outras formas de fazer isso: por meio dos circuitos variadores de tensão CA e dos inversores de frequência. Então, será que todos são iguais? Na verdade, existe diferença entre eles.

Os circuitos variadores de tensão são baseados em tiristores e permitem apenas que a tensão na saída seja menor que a tensão na entrada, não havendo controle sobre a frequência do sinal. A forma da variação de tensão foi mostrada na aula 03, no exemplo da tensão aplicada a uma lâmpada, lembram?

Os inversores de frequência são constituídos de dois módulos, primeiro o retificador, que transforma a tensão CA em tensão CC, e depois o inversor, que transforma a tensão CC em tensão CA. Essas duas etapas permitem que a tensão CA na saída tenha tanto a sua amplitude quanto a sua frequência controladas.

Já o cicloconversor também permite que haja o controle de frequência e amplitude da tensão CA, porém, é capaz de realizar essa tarefa com apenas um circuito. A comparação entre as três formas de converter tensão CA em tensão CA pode ser observada na Figura 1.

Figura 01 - Comparação entre circuitos conversores CA – CA.



Fonte: Autoria própria.

Quando comparamos a aplicação dos cicloconversores com as dos inversores de frequência, temos de levar em consideração algumas informações relevantes, como, por exemplo, a frequência da tensão de entrada que pode ser modificada pelo circuito e as potências em que os circuitos podem operar. O Quadro 1 mostra uma comparação entre os cicloconversores e os inversores de frequência.

	Cicloconversores	Inversores de Frequência
Tipo de conversão	Direta	Variável
Amplitude da tensão de saída	Indireta	Variável
Frequência da tensão de saída	Menor que a da entrada	Maior ou menor que a da entrada
Necessidade de etapa CC	Não	Sim

Quadro 1 - Comparação entre cicloconversores e inversores de frequência.

Fonte: Autoria própria.

Os cicloconversores apresentam conversão direta por serem caracterizados por apenas um circuito, já no inversor de frequência a conversão é indireta por apresentar dois módulos, o retificador e o inversor de tensão, apresentando uma etapa CC entre os dois módulos. Assim, os cicloconversores têm a capacidade de

operar com alto torque e velocidades baixas, porém, operam com redução na frequência do sinal de entrada, enquanto que os inversores de frequência dispõem na saída sinais com a frequência desejada dentro da capacidade das chaves.

Atividade 01

1. Quais as formas conhecidas de transformar tensão CA fixa em tensão CA controlada? Quais as principais diferenças entre elas?

Para checar as respostas, clique [aqui](#).

Respostas

1. Quais as formas conhecidas de transformar tensão CA fixa em tensão CA controlada? Quais as principais diferenças entre elas?

Os variadores de tensão, os inversores de frequência e os cicloconversores.

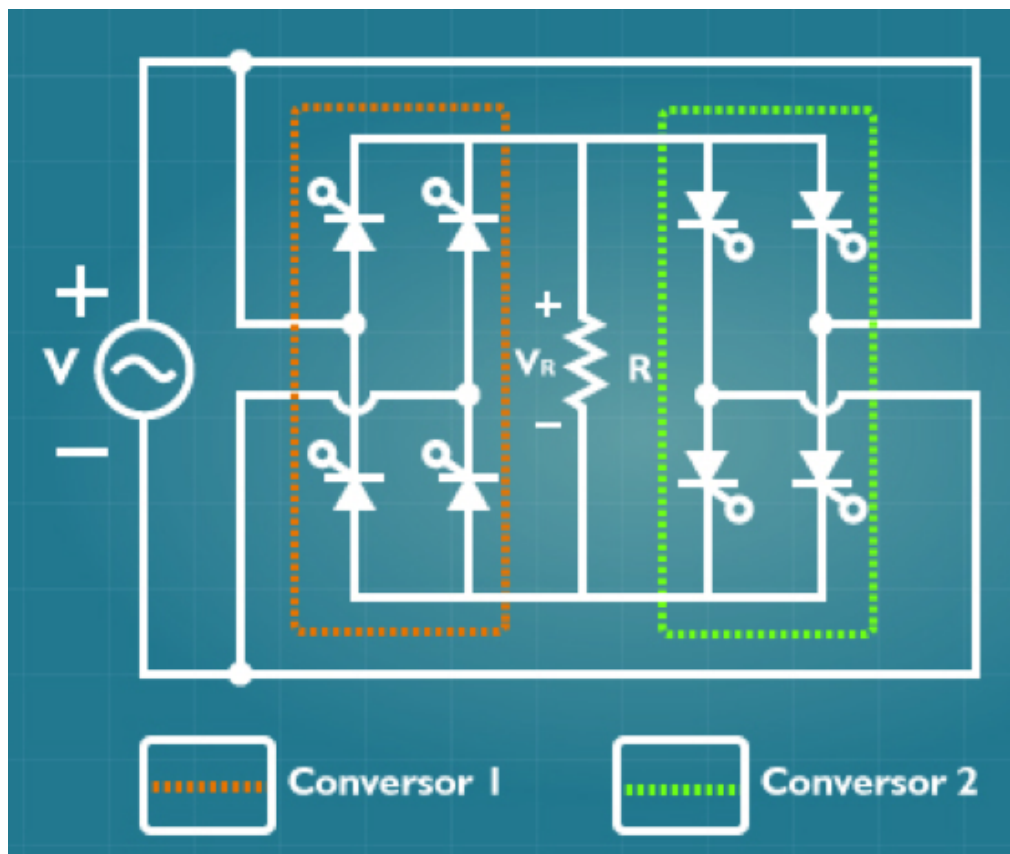
Princípio de funcionamento dos Cicloconversores

Os circuitos cicloconversores são circuitos compactos quando comparados ao inversor de frequência e, como todos os conversores, podem ser monofásicos ou trifásicos. O princípio de operação, no entanto, é o mesmo em ambos os casos. Os cicloconversores baseiam-se em tiristores. Normalmente, não são utilizados transistores devido à alta potência que é requerida na maioria das suas aplicações (alto torque e baixa velocidade).

Cicloconversor Monofásico / Monofásico

Um cicloconversor que apresenta entrada e saída monofásicas para uma carga resistiva é mostrado na Figura 2.

Figura 02 - Cicloconversor com entrada monofásica e saída monofásica.



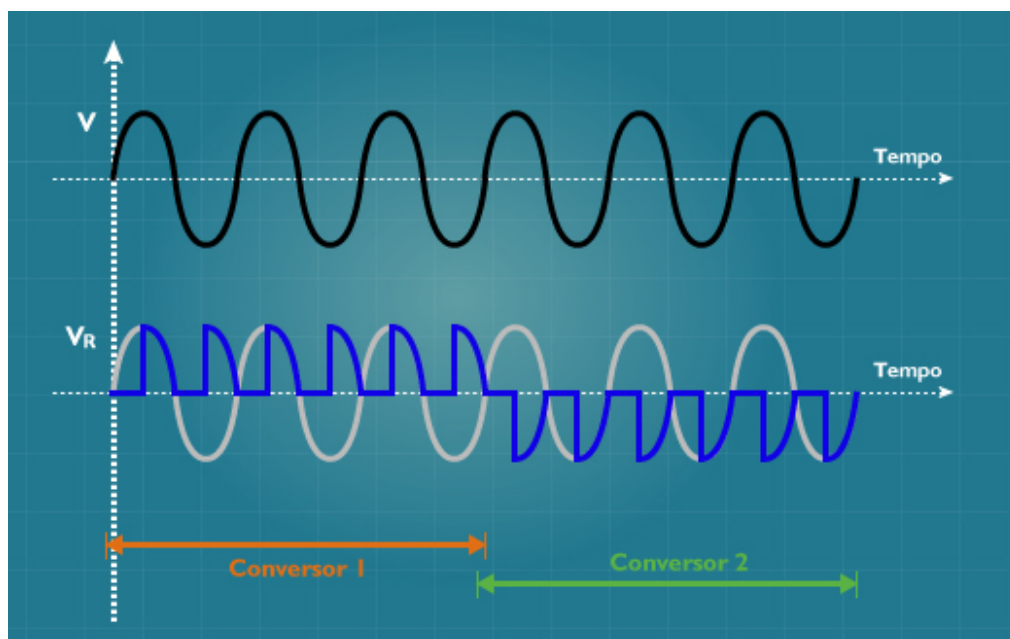
Fonte: Autoria própria.

O cicloconversor monofásico/monofásico opera em dois estágios, de acordo com a operação do conversor 1 ou do conversor 2. Assim, os dois conversores controlados são operados como retificadores em ponte, porém, com ângulos de disparo controlados de tal maneira que um conversor atua em oposição ao outro. Desse modo, o conversor 1 é responsável por gerar a parte positiva do sinal de saída; enquanto que o conversor 2, a parte negativa.

A Figura 3 mostra a forma de onda na saída do cicloconversor monofásico/monofásico. Quando é aplicada uma tensão alternada V com amplitude e frequência fixas, os dois conversores atuam de forma a gerar um sinal com amplitude e frequência diferentes. Quanto ao ciclo de trabalho, é controlado para que apenas o conversor 1 trabalhe durante um determinado período, gerando assim a parte positiva do sinal de saída. O mesmo procedimento ocorre para a obtenção da parte negativa. Dessa forma, é possível, ajustando-se os tempos de cada conversor, controlar a frequência do sinal de saída, uma vez que o período do sinal da tensão de saída é dado por um ciclo do sinal, indicando o tempo que ele fica positivo somado ao tempo que ele permanece negativo.

Quanto à amplitude do sinal, os tiristores cortam um pouco da onda e isso acarreta um valor médio da tensão menor na saída. Então é possível observar que o cicloconversor convencional não é capaz de fornecer na saída uma tensão maior que a tensão de entrada. Portanto, ele controla a amplitude da tensão de zero até o valor da tensão de entrada.

Figura 03 - Forma de onda do cicloconversor com entrada monofásica e saída monofásica.



Fonte: Autoria própria.

Atividade 02

1. Considerando a Figura 3 e que o sinal V de entrada tem uma frequência de 60Hz, qual a frequência do sinal VR?

Para checar as respostas, clique [aqui](#).

Respostas

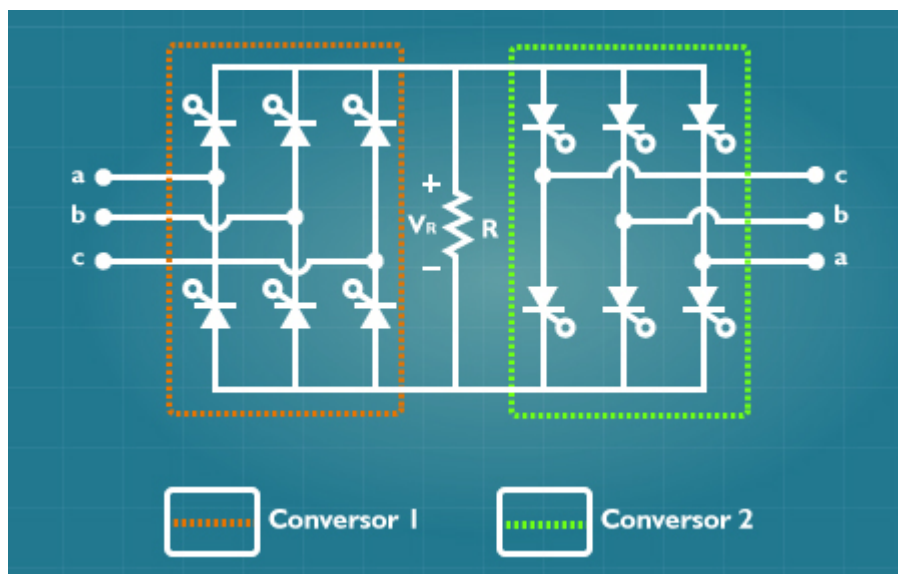
1. Considerando a Figura 3 e que o sinal V de entrada tem uma frequência de 60Hz, qual a frequência do sinal VR?

Observando a figura, temos que durante o período analisado, a rede gerou 6 ciclos completos enquanto o cicloconversor gerou apenas um ciclo (cada ciclo é gerado por uma parte positiva e outra negativa). Logo, se a rede tem 60 Hz (60 ciclos em 1 segundo) a saída do cicloconversor (VR) tem frequência de 10 Hz.

Cicloconversor Trifásico/Monofásico

O cicloconversor monofásico com entrada monofásica é composto por retificadores monofásicos em ponte. Portanto, o mesmo processo ocorre com o cicloconversor monofásico com entrada trifásica, a diferença é que os retificadores que o compõem são trifásicos. Um cicloconversor que apresenta entrada trifásica e saída monofásica para uma carga resistiva é mostrado na Figura 4.

Figura 04 - Cicloconversor com entrada trifásica e saída monofásica.

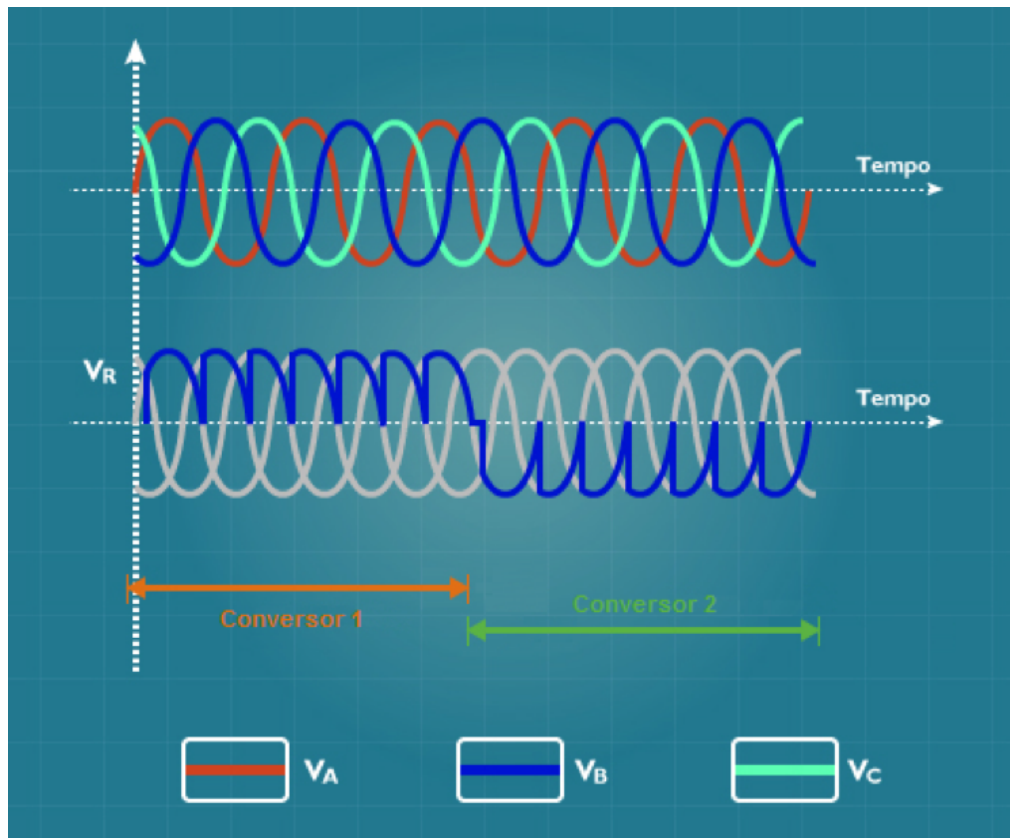


Fonte: Autoria própria.

O cicloconversor com entrada trifásica também apresenta o funcionamento em dois estágios, baseado no funcionamento de dois conversores, 1 e 2. A Figura 5 mostra a forma de onda da tensão VR na saída do cicloconversor. Assim, o funcionamento é semelhante ao funcionamento do cicloconversor com entrada

monofásica. O conversor 1 opera durante meio período do sinal de saída, gerando a parte positiva do sinal; já o conversor 2 opera durante a outra metade do período, gerando a parte negativa.

Figura 05 - Forma de onda do cicloconversor com entrada trifásica e saída monofásica.



Fonte: Autoria própria.

Atividade 03

1. Qual a principal diferença entre um cicloconversor monofásico com entrada monofásica para um com entrada trifásica sob as mesmas condições e valores de tensão?

Para checar as respostas, clique [aqui](#).

Respostas

1. Qual a principal diferença entre um cicloconversor monofásico com entrada monofásica para um com entrada trifásica sob as mesmas condições e valores de tensão?

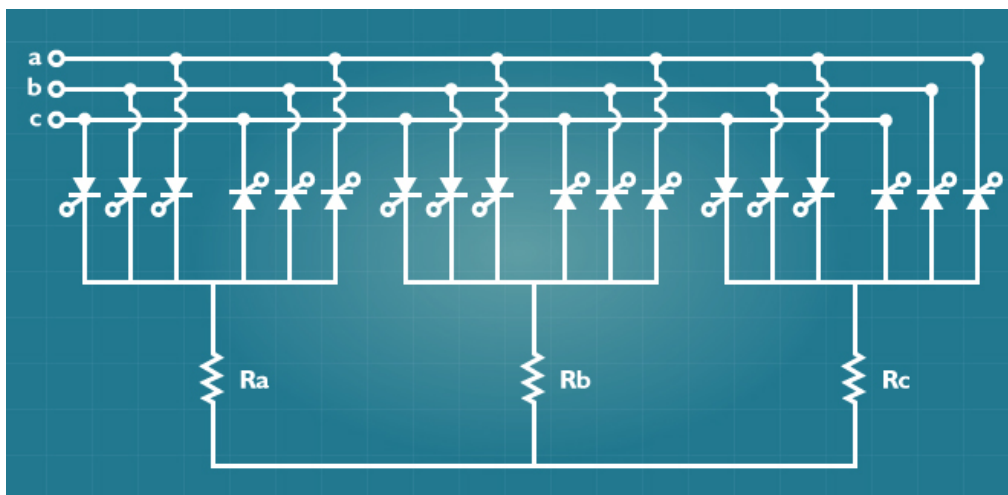
O valor médio do cicloconversor trifásico/monofásico será maior que no monofásico/monofásico. Isso pode ser observado comparando as figuras 3 e 5. Como mais senoides são rebatidas no cicloconversor trifásico/monofásico, você obtém um espaçamento bem menor entre cada crista se comparado com o cicloconversor monofásico/monofásico.

Cicloconversor Trifásico / Trifásico

Quando se deseja alimentar uma carga trifásica por meio de um cicloconversor, a melhor opção é montar um cicloconversor a partir do arranjo de três conversores monofásicos com entrada trifásica, já mostrado na Figura 4. Nesse caso, utiliza-se só as chaves conectadas a uma das entradas das cargas (já que numa carga trifásica, as fases se complementam, são interligadas na outra extremidade). Logo, o arranjo permite uma saída trifásica utilizando-se menos chaves. Se fossem utilizados conversores trifásicos/monofásicos completamente para montar o cicloconversor, então seria necessário o dobro das chaves, pois existiriam outro conjunto igual de chaves para a outra extremidade da carga.

A seguir, a Figura 6 mostra o circuito de um cicloconversor com entrada trifásica e saída trifásica a partir da combinação de conversores monofásicos para uma carga resistiva.

Figura 06 - Cicloconversor com entrada trifásica e saída trifásica.



Fonte: Autoria própria.

É importante observar que o controle das chaves é de extrema importância para o correto funcionamento do cicloconversor, pois ele será o responsável por, além de organizar os ciclos positivos e negativos das tensões de cada fase, sincronizar as três fases de forma que o sinal trifásico na saída seja equilibrado e defasado 120° entre si.

Atividade 04

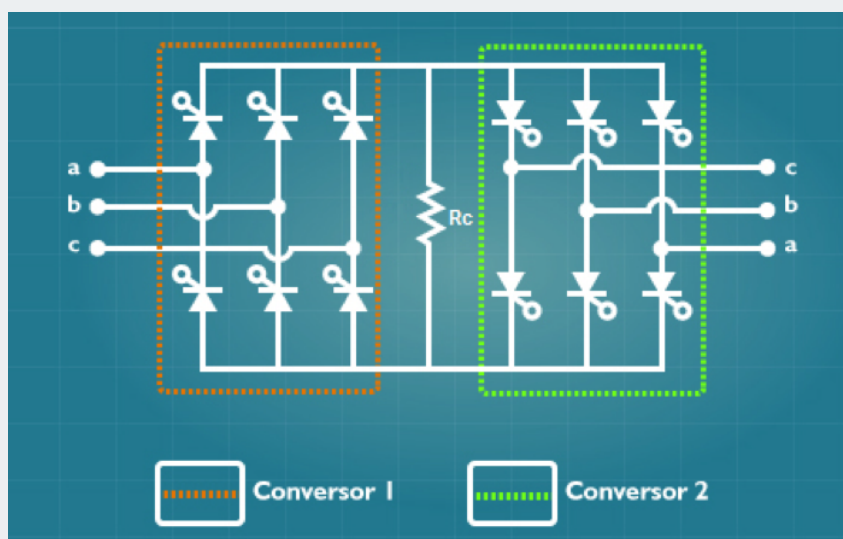
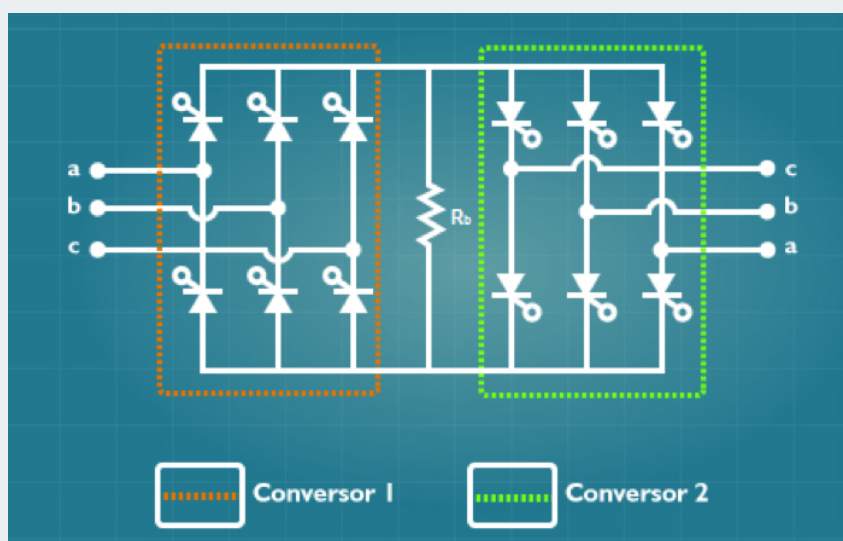
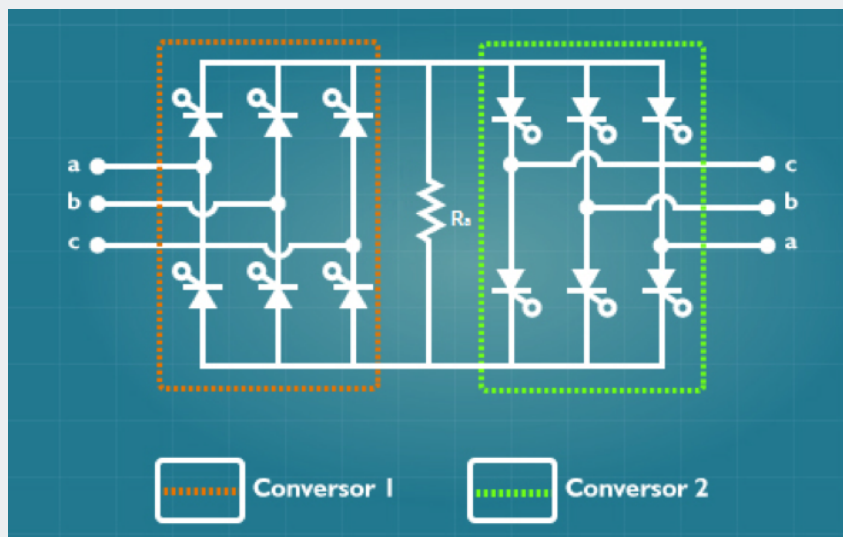
1. Mostre por que são necessárias mais chaves para montar um cicloconversor trifásico/trifásico a partir de cicloconversores trifásicos/monofásicos do que dos arranjos trifásicos.

Para checar as respostas, clique [aqui](#).

Respostas

1. Mostre por que são necessárias mais chaves para montar um cicloconversor trifásico/trifásico a partir de cicloconversores trifásicos/monofásicos do que dos arranjos trifásicos.

Para cada carga de cada fase é necessário um circuito cicloconversor trifásico/monofásico, logo teremos:



Pode-se perceber que a quantidade de chaves por saída trifásica dobrou. Com o arranjo o circuito possui 6 chaves por fase e com o cicloconversor trifásico/monofásico se tem 12 chaves.

Leitura Complementar

Nessa leitura complementar você terá acesso a mais informação sobre o funcionamento dos variadores de tensão CA, verá uma descrição um pouco mais detalhada dos tipos de conversores de tensão CA-CA, assim como das topologias e formas de onda.

- POMÍLIO, J. A. Conversores CA-CA: variadores de tensão e cicloconversores. In: _____. **Eletrônica de potência**. Campinas-SP: UNICAMP, 2009. cap. 10. Disponível em: <http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/eltpot/cap10.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2014.

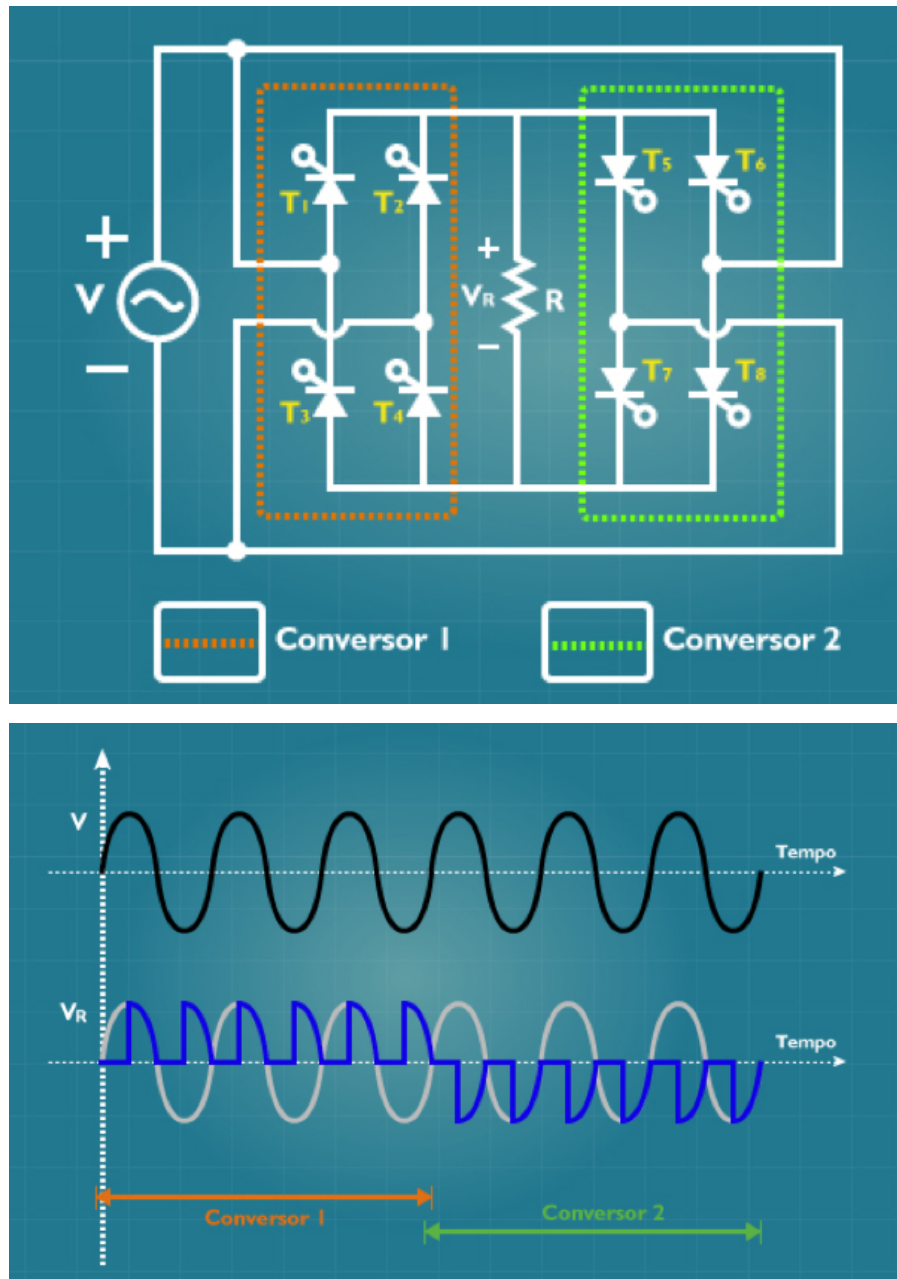
Resumo

Nesta aula, você estudou sobre os circuitos cicloconversores. Teve a oportunidade de ver a diferença entre circuitos variadores de tensão, inversores de frequência e cicloconversores. Do mesmo modo, conheceu sobre as topologias de cicloconversores com entradas e saídas trifásicas e monofásicas, assim como sua composição a partir de circuitos retificadores, o seu funcionamento e a forma de onda na saída.

Autoavaliação

1. O que é um cicloconversor?
2. Qual a principal vantagem e desvantagem do cicloconversor sobre:
 - a. Os circuitos variadores de tensão.
 - b. Os inversores de frequência.
3. Considerando o cicloconversor monofásico/monofásico, por que são necessários dois conversores em ponte?

4. Faça um gráfico dos sinais de controle para as chaves do cicloconversor monofásico/monofásico para que ele opere de forma apresentada na figura abaixo.



Para checar as respostas, clique [aqui](#).

Respostas

1. O que é um cicloconversor?

Os cicloconversores são circuitos capazes de converter tensão alternada fixa em tensão alternada controlada, havendo o controle de frequência e amplitude da tensão CA.

2. Qual a principal vantagem e desvantagem do cicloconversor sobre:

a. Os circuitos variadores de tensão.

A principal vantagem é a possibilidade de controlar a frequência e a principal desvantagem é a quantidade de retificadores.

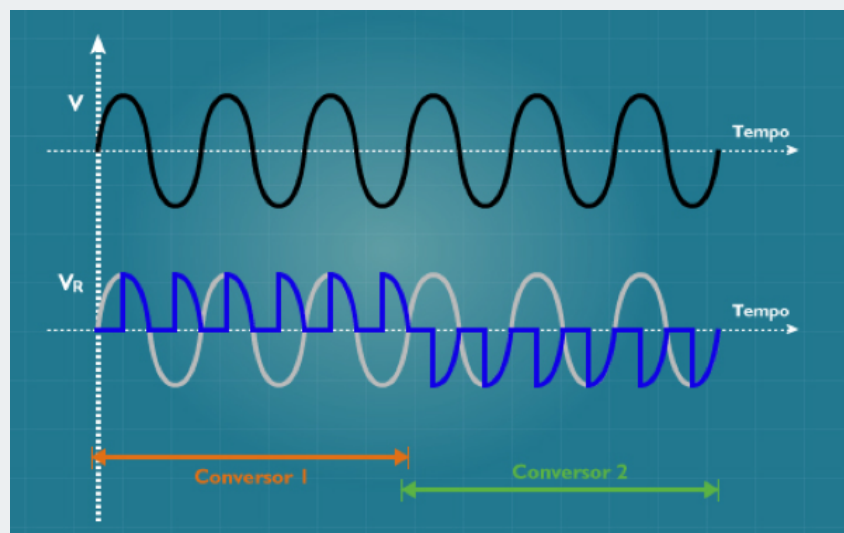
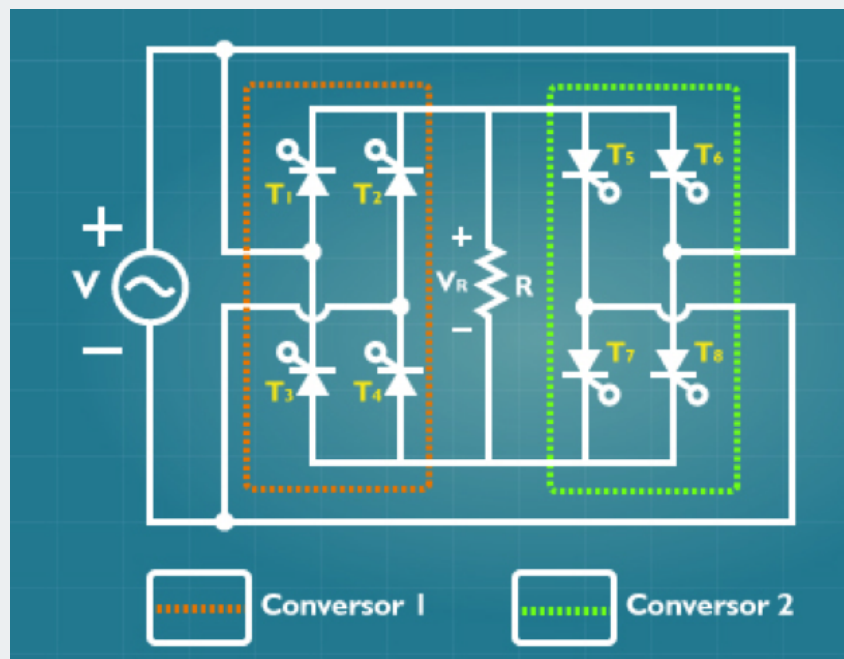
b. Os inversores de frequência.

A principal vantagem é o tamanho do circuito, pois não possui uma etapa CC (A conversão é direta) e a principal desvantagem é a impossibilidade de elevar a frequência. A frequência gerada é sempre menor ou igual a frequência de entrada.

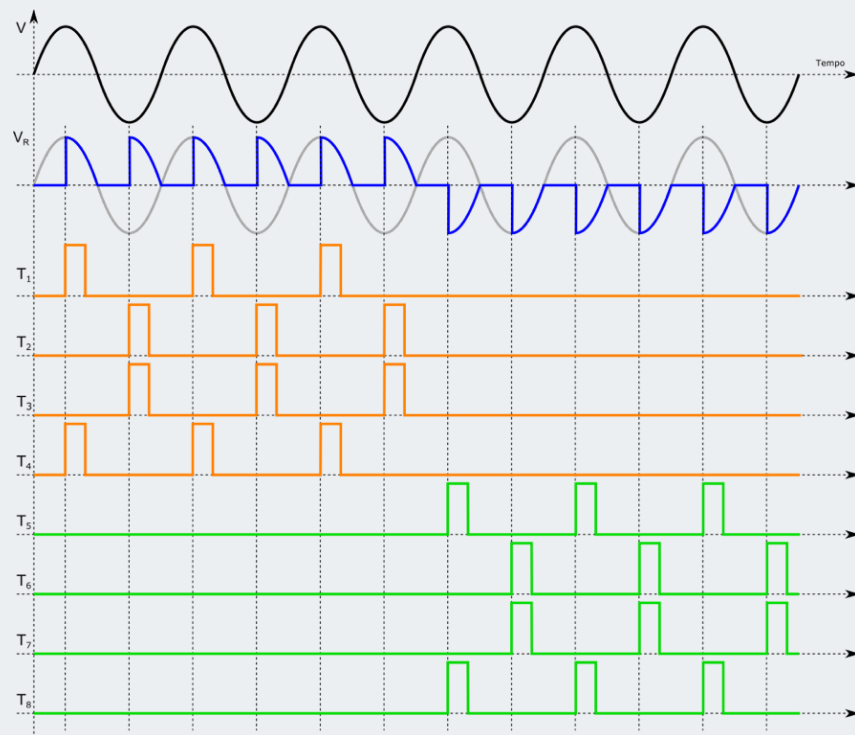
3. Considerando o cicloconversor monofásico/monofásico, por que são necessários dois conversores em ponte?

Para poder controlar a frequência de saída. Com dois conversores em ponte pode-se rebater a tensão negativa para o lado positivo e vice versa, aumentando o período em que o sinal fica no ciclo positivo ou no negativo, prolongando o período do ciclo e isso diminui a frequência.

4. Faça um gráfico dos sinais de controle para as chaves do cicloconversor monofásico/monofásico para que ele opere de forma apresentada na figura abaixo.



Resposta:



Referências

RASHID, M. H. **Eletrônica de potência**. São Paulo: Makron, 1999.