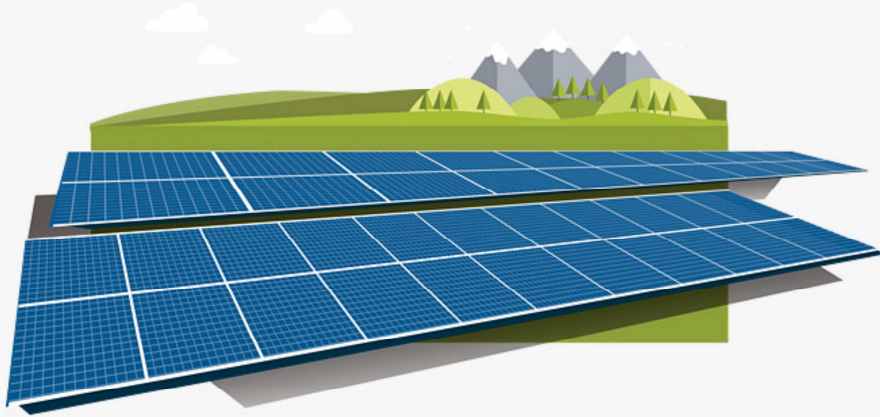


## Aula 09 – Controladores de tensão c.a.

### Parte 1 – Princípio de operação e Tipos de conversores



Prof. Heverton Augusto Pereira  
heverton.pereira@ufv.br

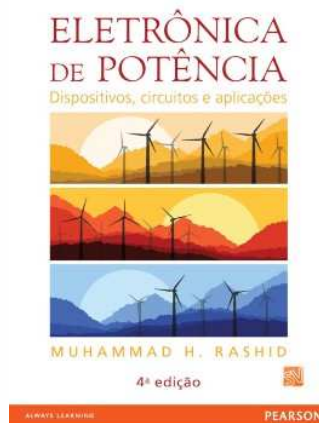


# Introdução

		Tópicos
01	-	Introdução
02	-	Diodos de potência e circuitos RLC chaveados
03	-	Retificadores com diodos
04	-	Transistores de potência
05		Conversores CC-CC
06		Tiristores
07		Retificadores controlados
08	-	Conversores CC-CA
09	-	Controladores de tensão CA
10	-	Inversores de pulso ressonante

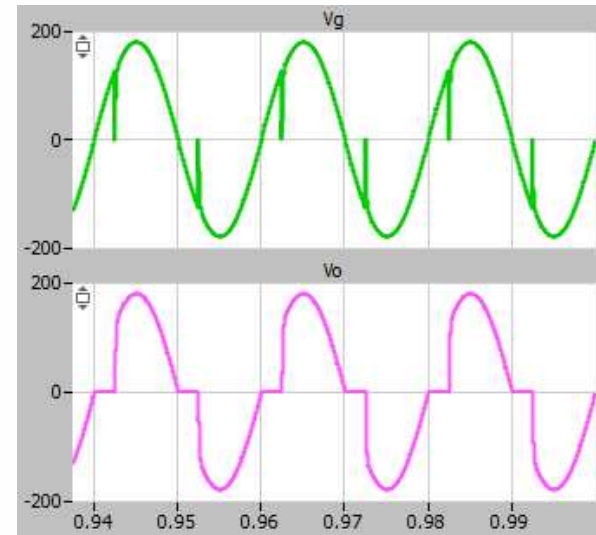
## Capítulo 11 do Livro

M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014



# Introdução

- Se uma chave for conectada entre uma alimentação c.a. e a carga, o fluxo de potência poderá ser controlado variando-se o valor rms da tensão c.a. aplicada sobre a carga.
- Esse tipo de circuito de potência é conhecido como *controlador de tensão c.a.*

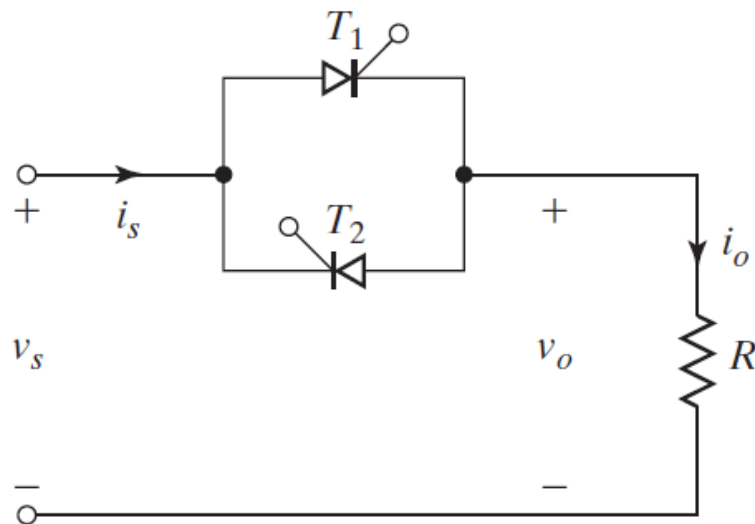


# Introdução

- As aplicações mais comuns dos controladores de tensão CA são:
  - ✓ aquecimento industrial;
  - ✓ comutação de conexões de transformadores em carga;
  - ✓ controles de iluminação;
  - ✓ controle de velocidade de motores de indução polifásicos e
  - ✓ controle de eletroímãs CA.
  
- Para a transferência de potência, normalmente são utilizados dois tipos de controle:
  - ✓ Controle liga-desliga (on-off).
  - ✓ Controle do ângulo de fase.

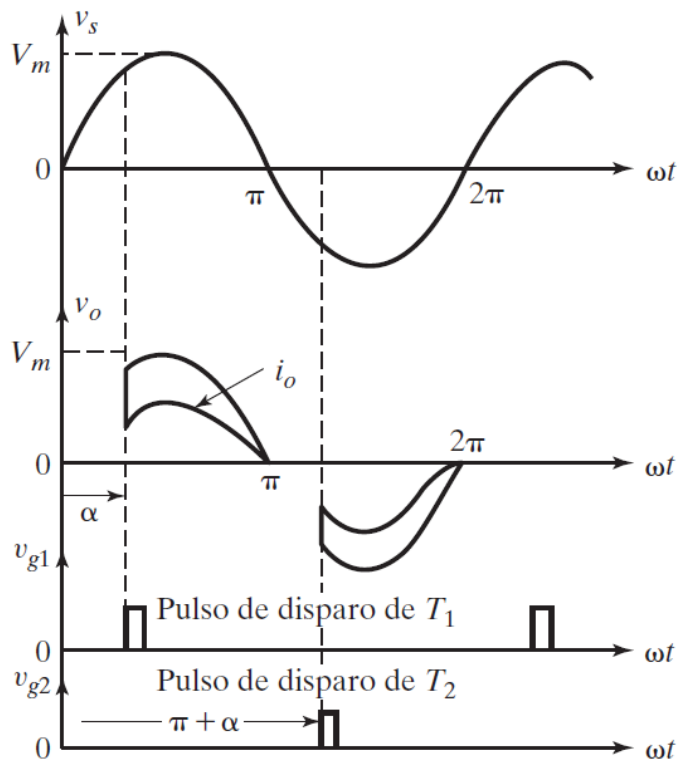
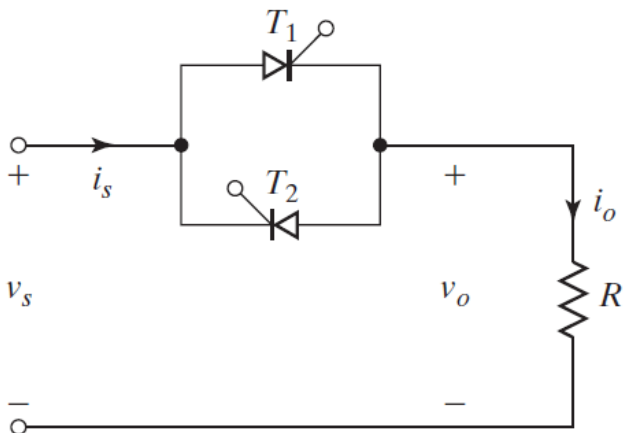
# Controladores monofásicos de onda completa

- Com cargas resistivas
- ✓ Acionamento isolado



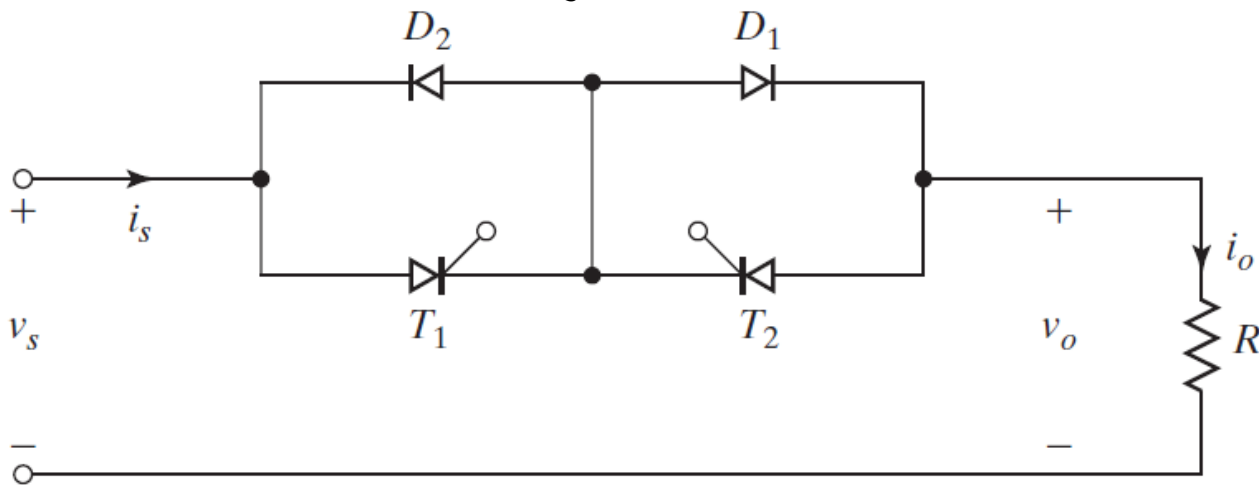
# Controladores monofásicos de onda completa

- Com cargas resistivas

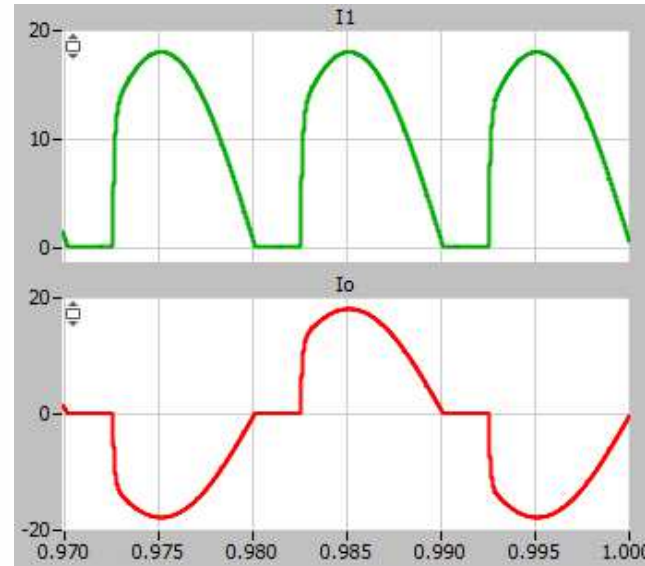
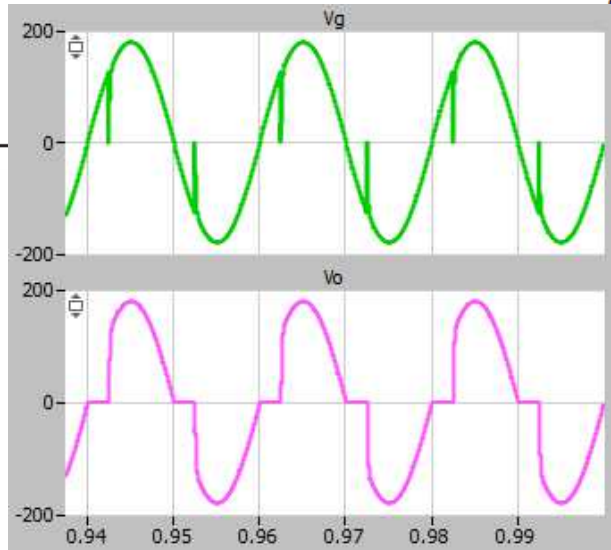
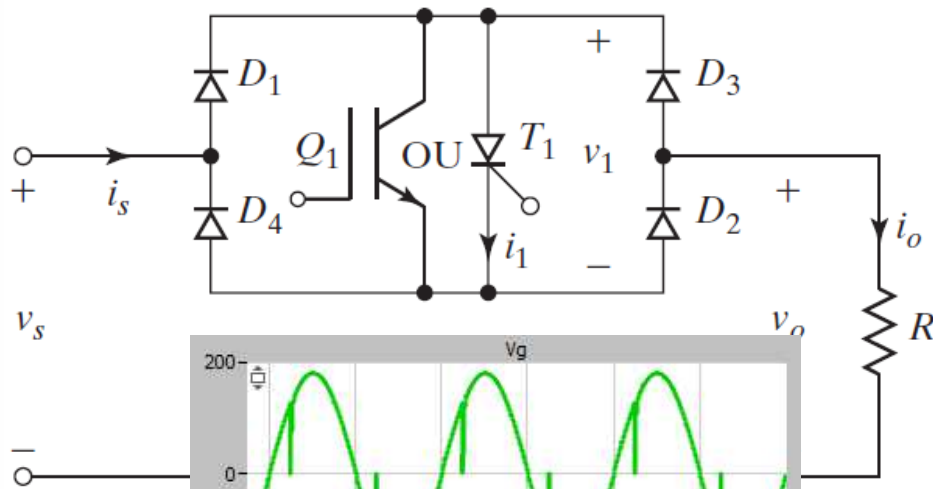


# Controladores monofásicos de onda completa

- Com cargas resistivas e catodo em comum
- ✓ Acionamento com um circuito de isolamento



# Controladores monofásicos de onda completa

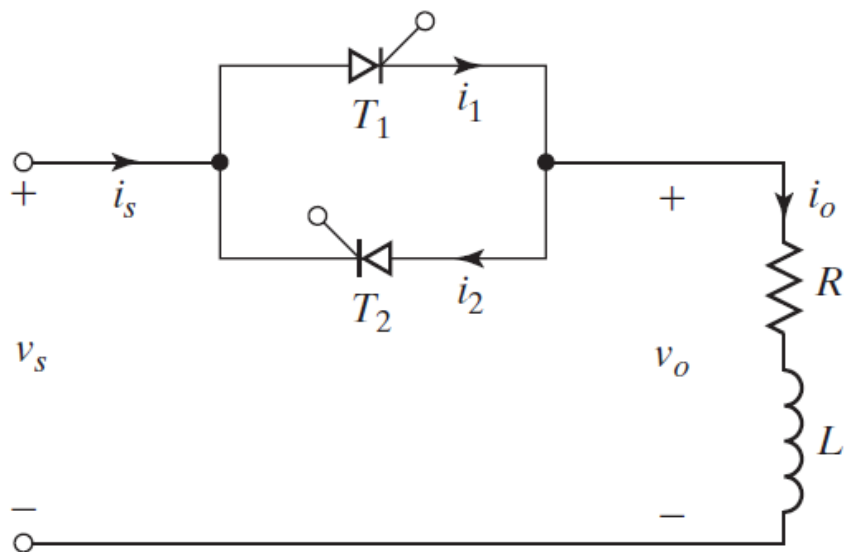


■  $\alpha=45^\circ$



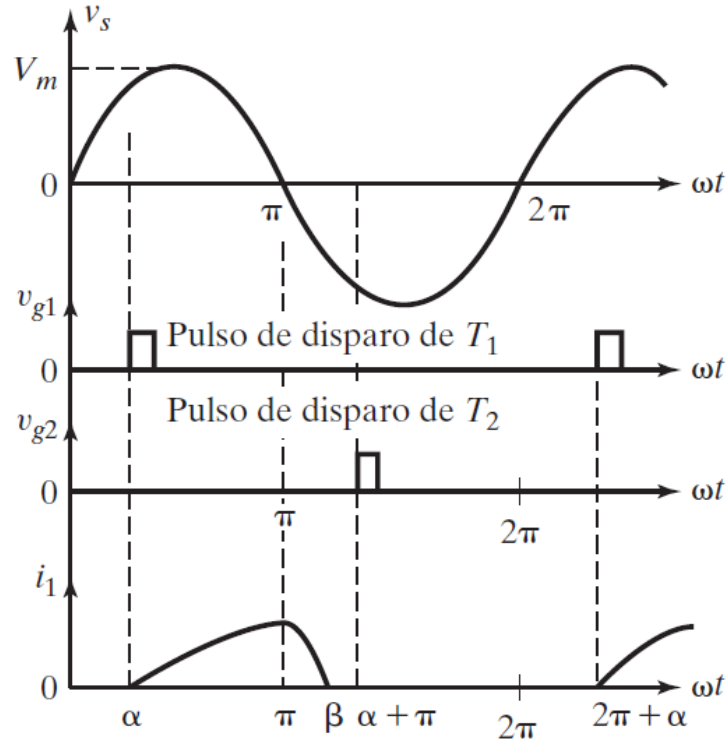
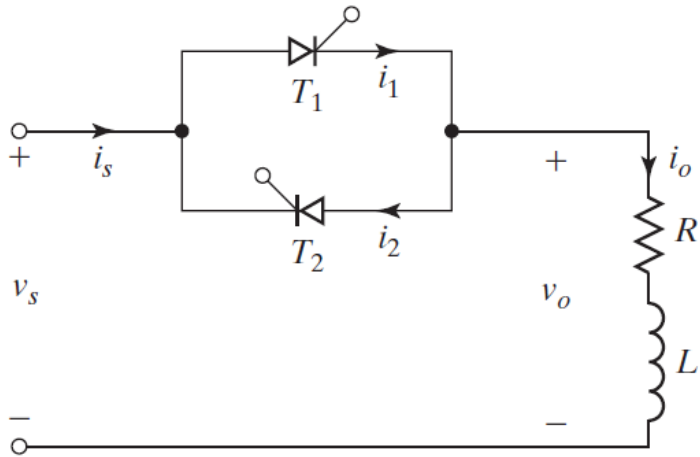
# Controladores monofásicos de onda completa

- Com carga RL



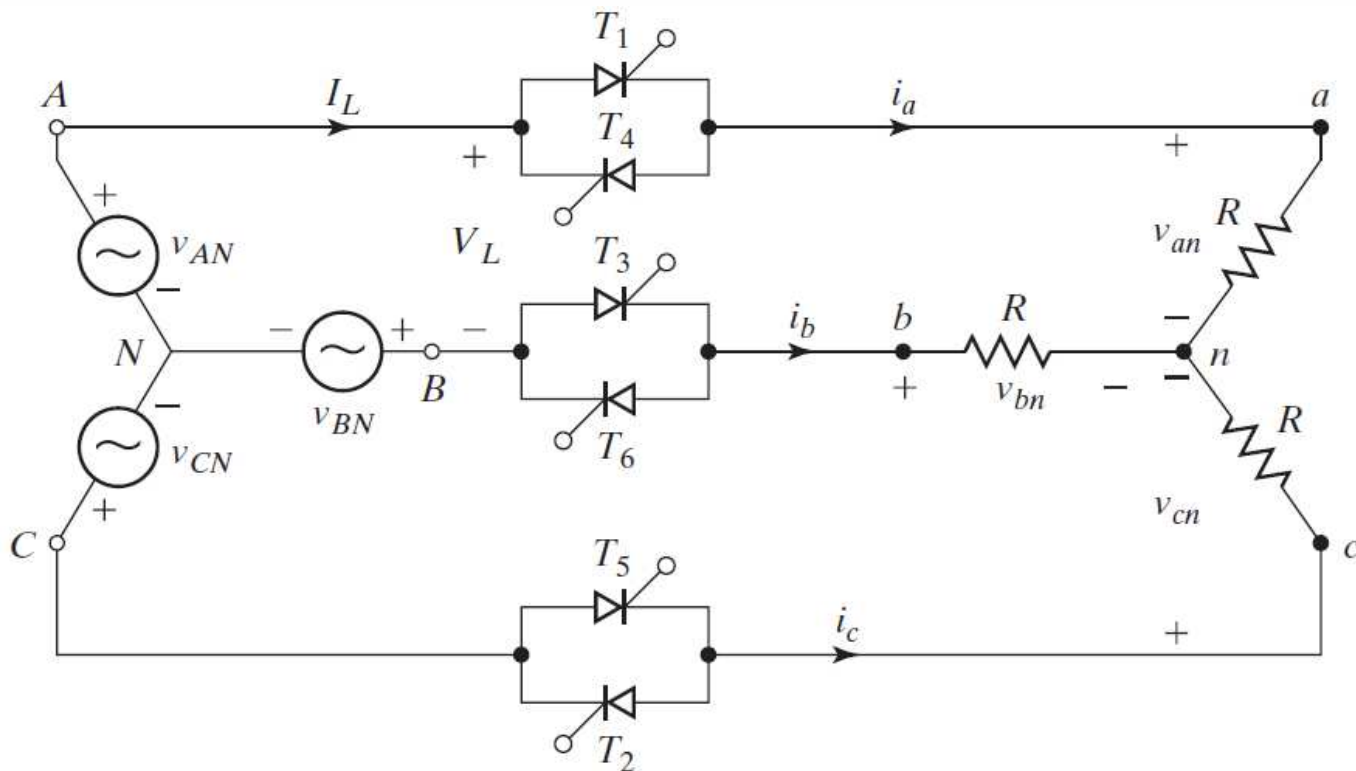
# Controladores monofásicos de onda completa

- Com carga RL

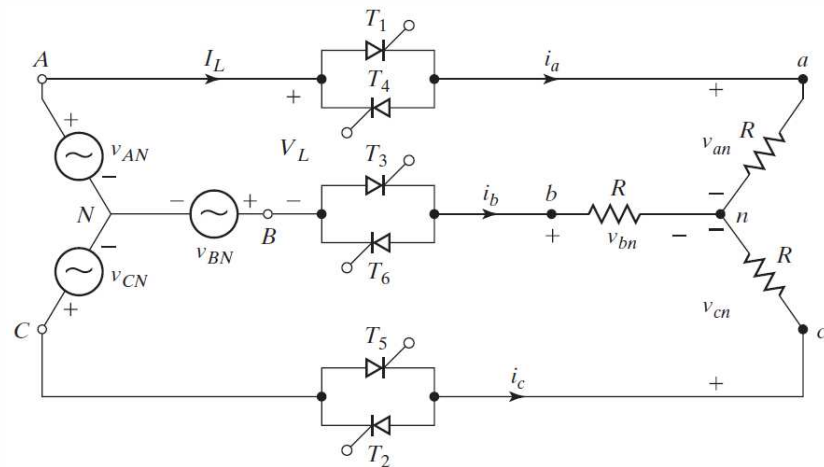
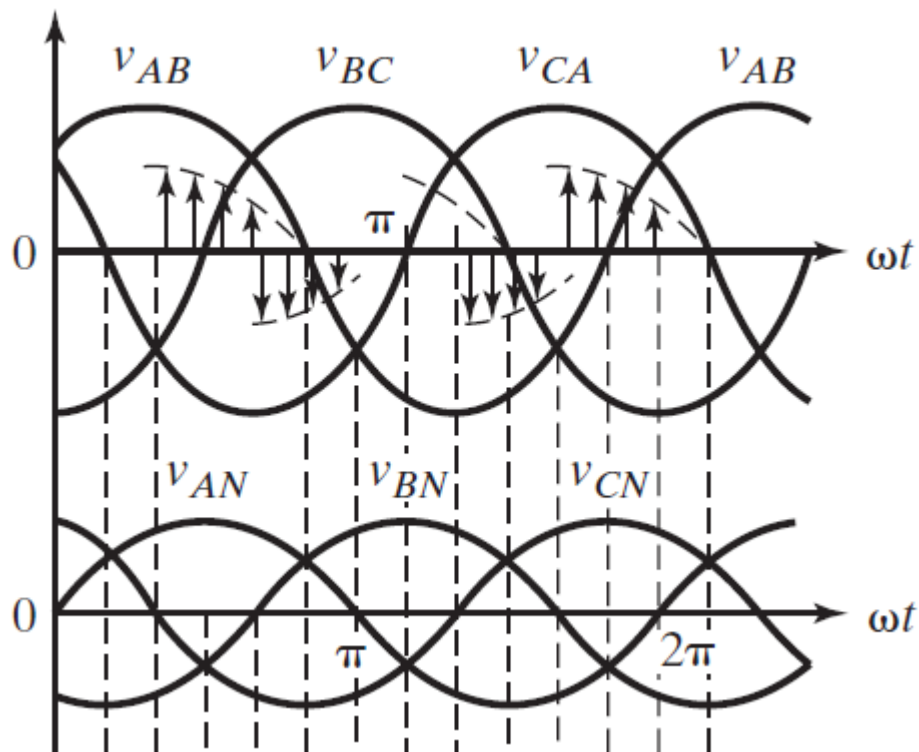


# Controladores trifásico de onda completa

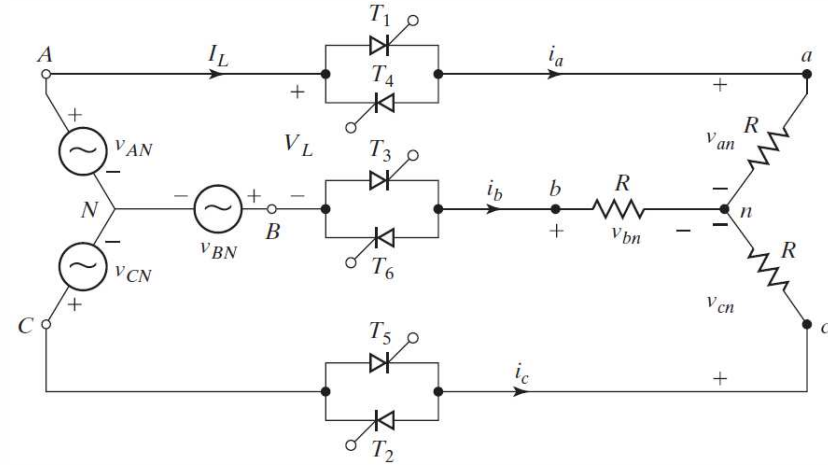
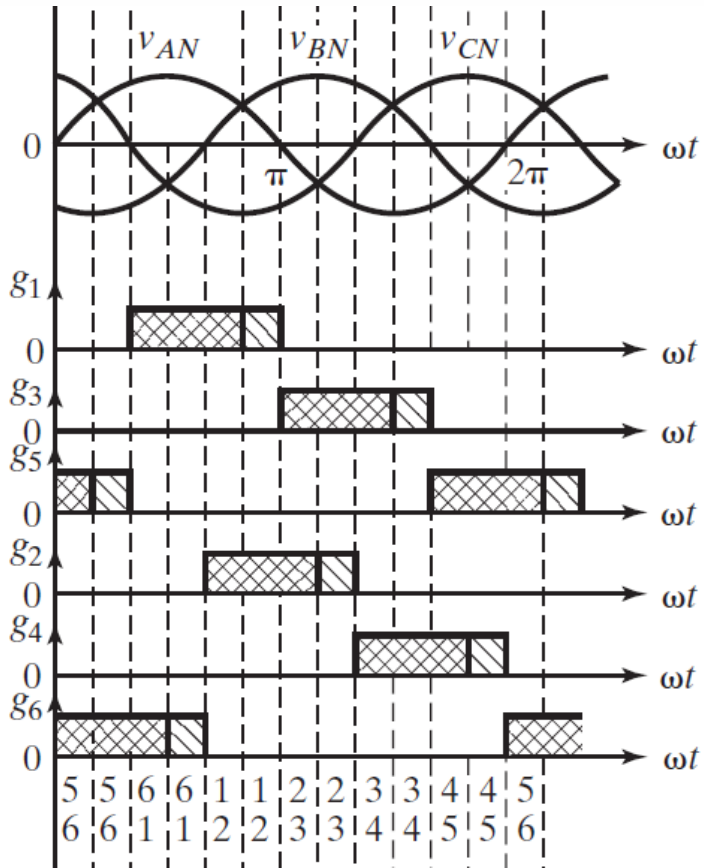
- Controlador trifásico bidireccional:



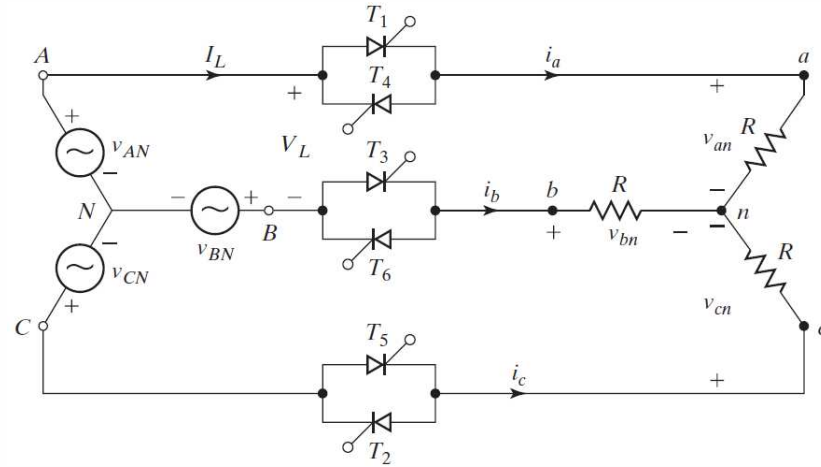
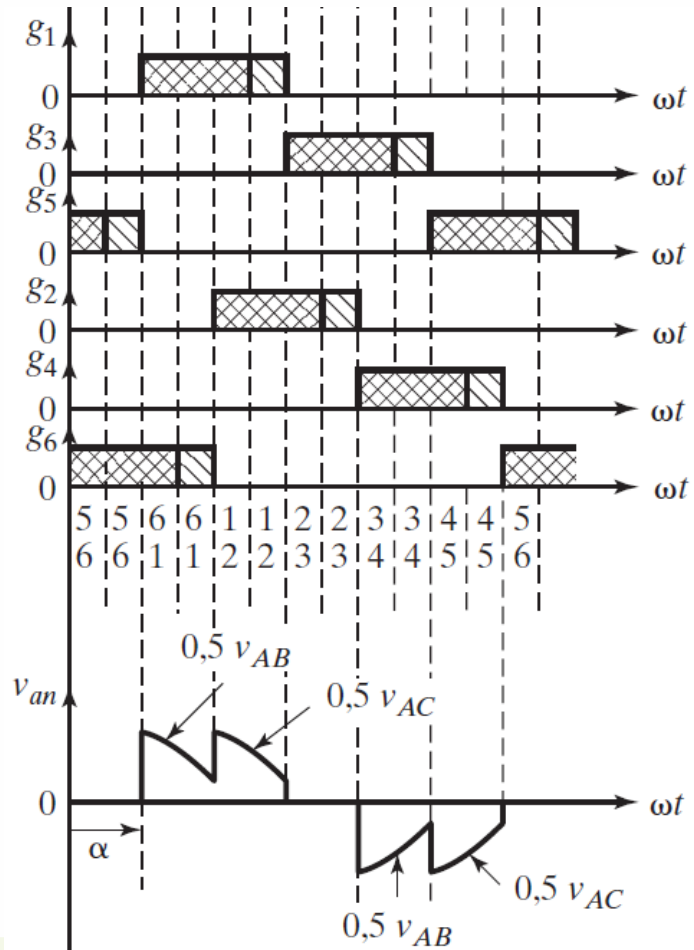
# Controladores trifásico de onda completa



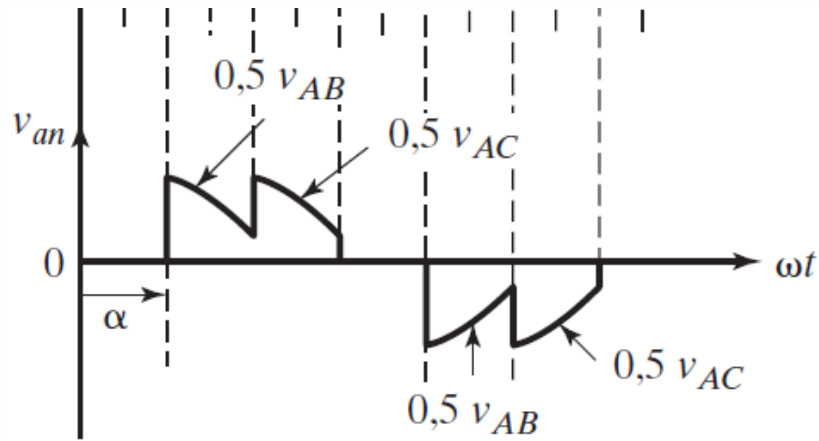
# Controladores trifásico de onda completa



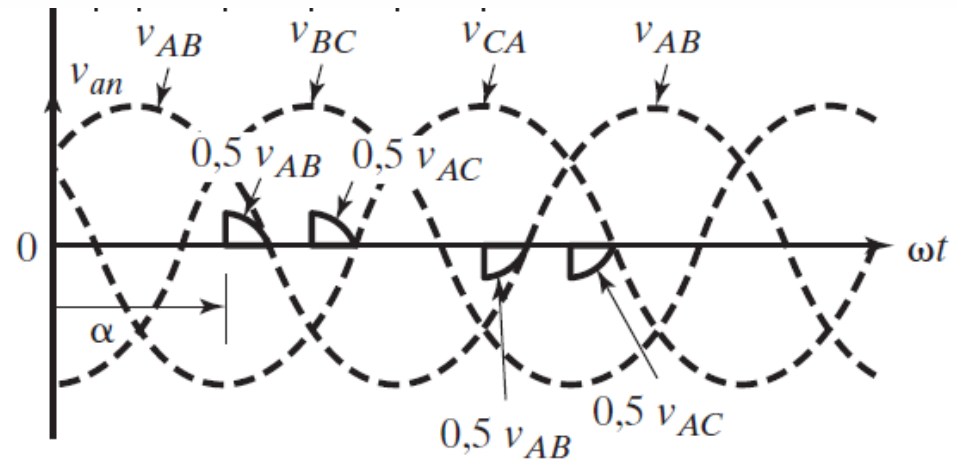
# Controladores trifásico de onda completa



# Controladores trifásico de onda completa



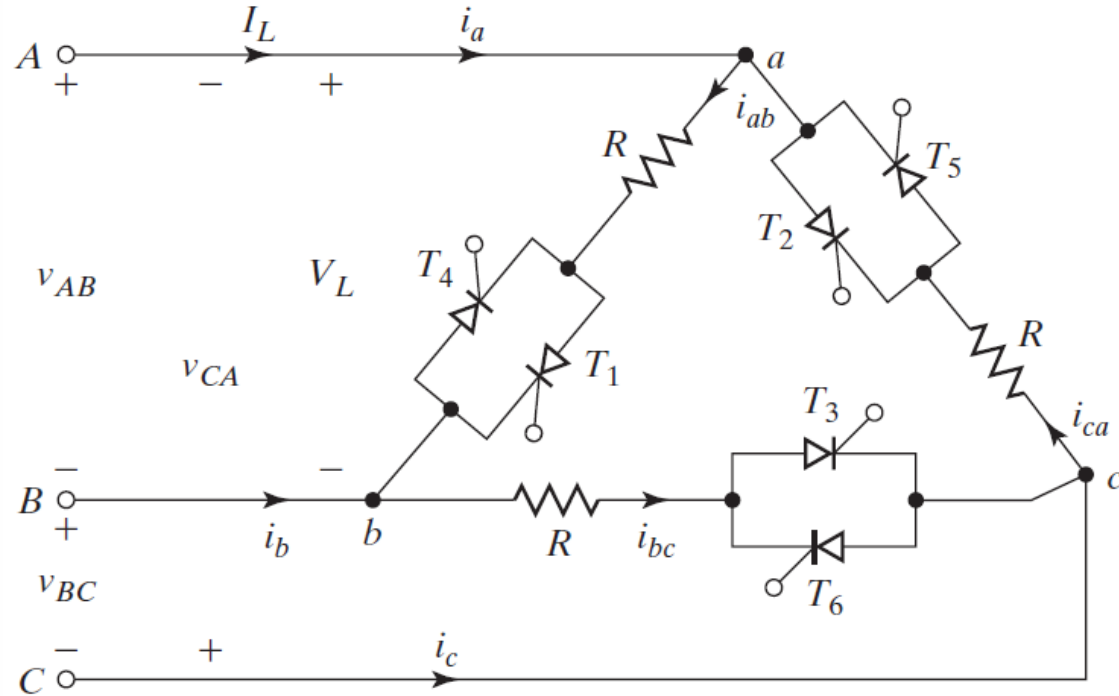
Para  $\alpha = 60^\circ$



Para  $\alpha = 120^\circ$

# Controladores trifásico de onda completa

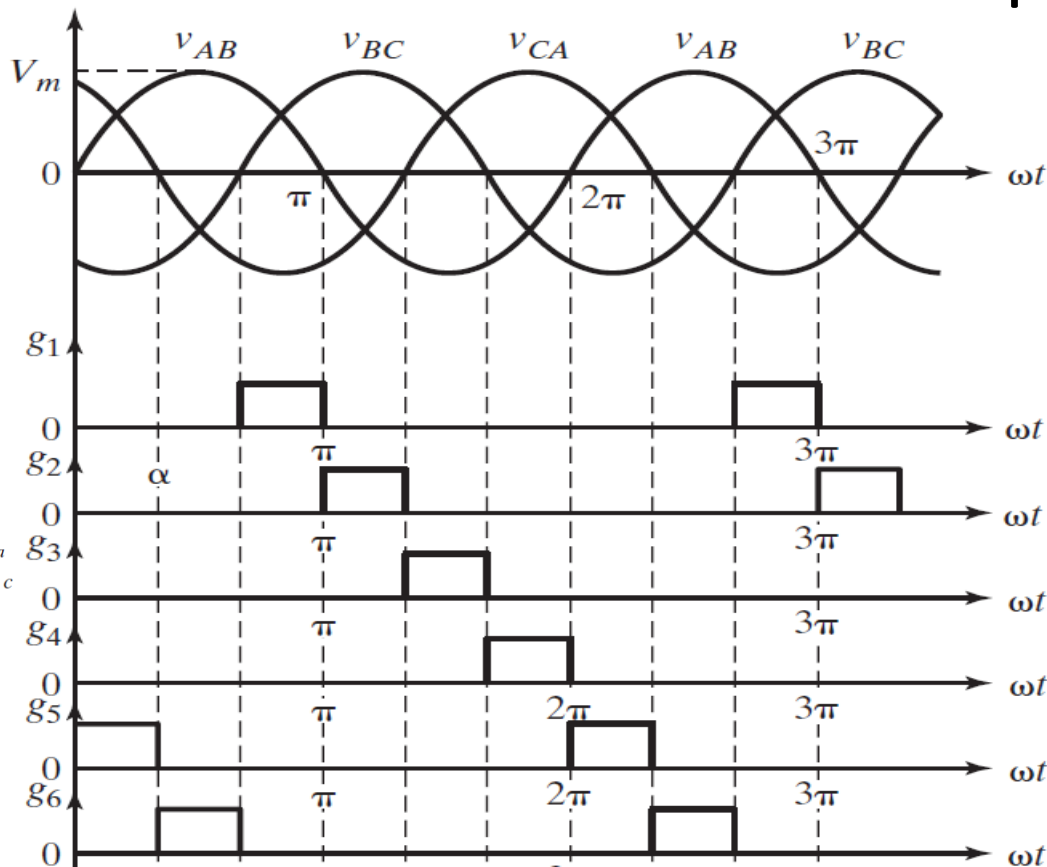
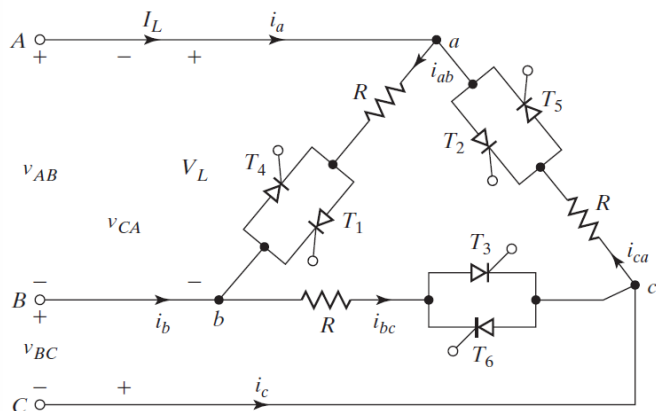
- Controlador trifásico conectado em delta (triângulo):



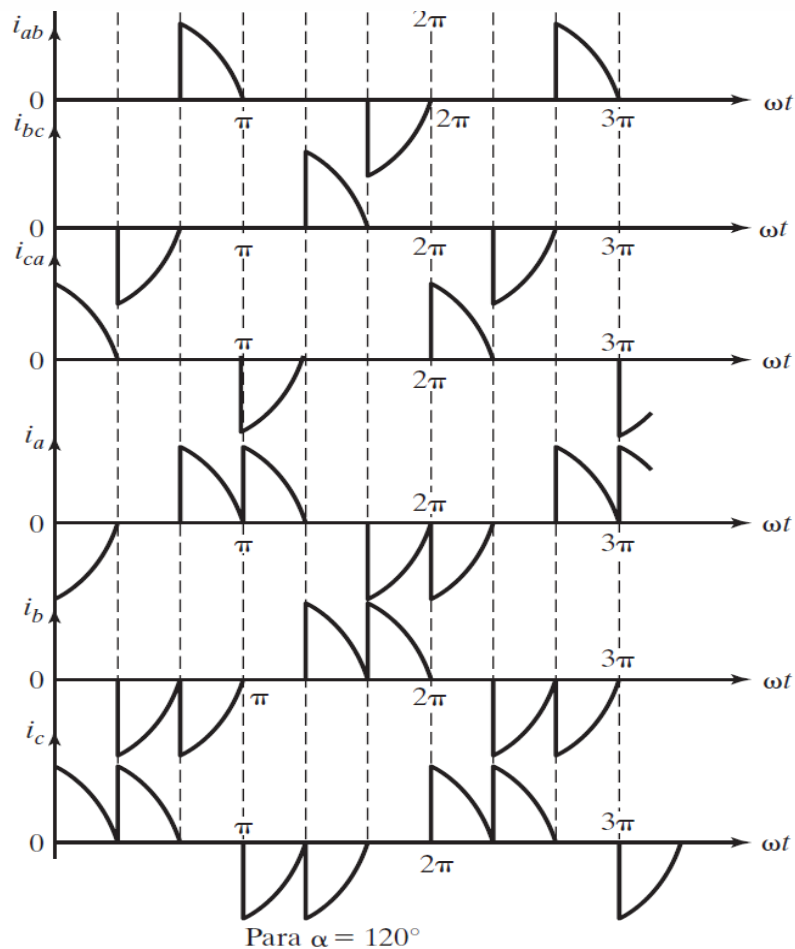


# Controladores trifásico de onda completa

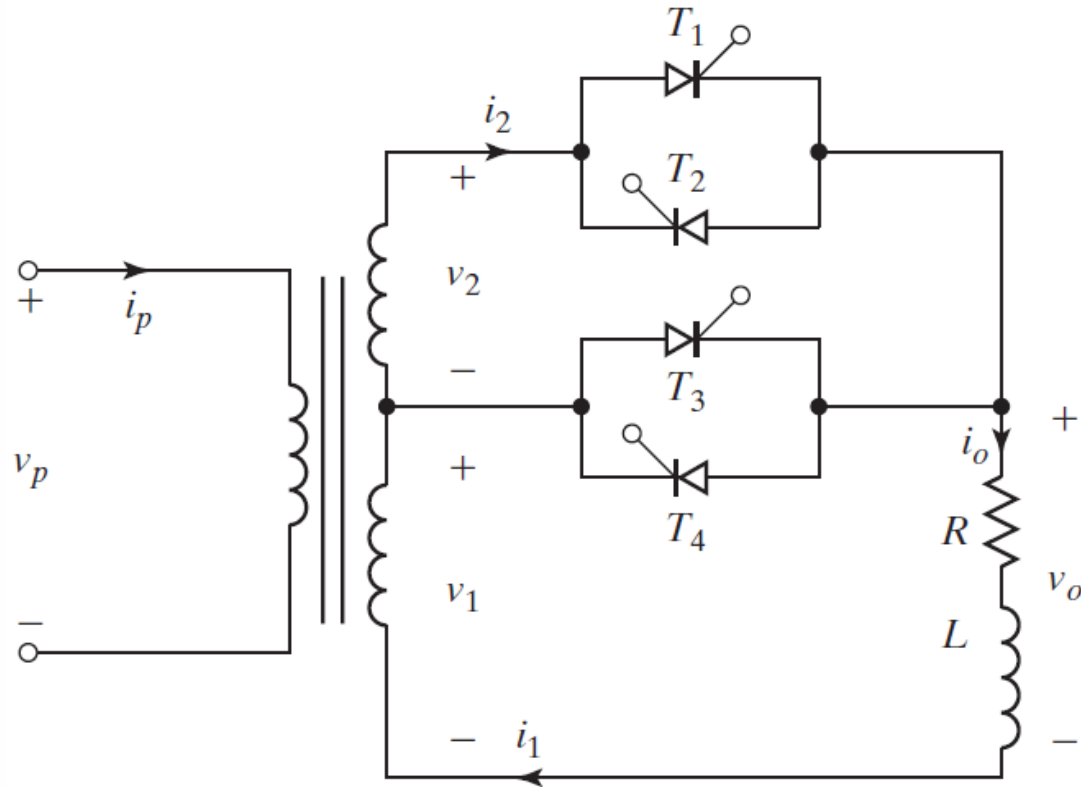
- Com cargas resistivas:  
 $\alpha = 120^\circ$



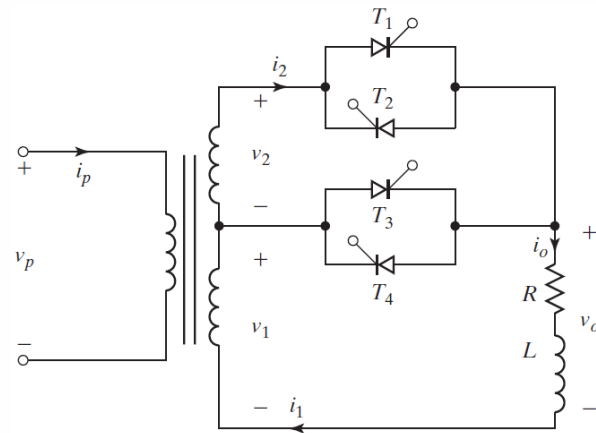
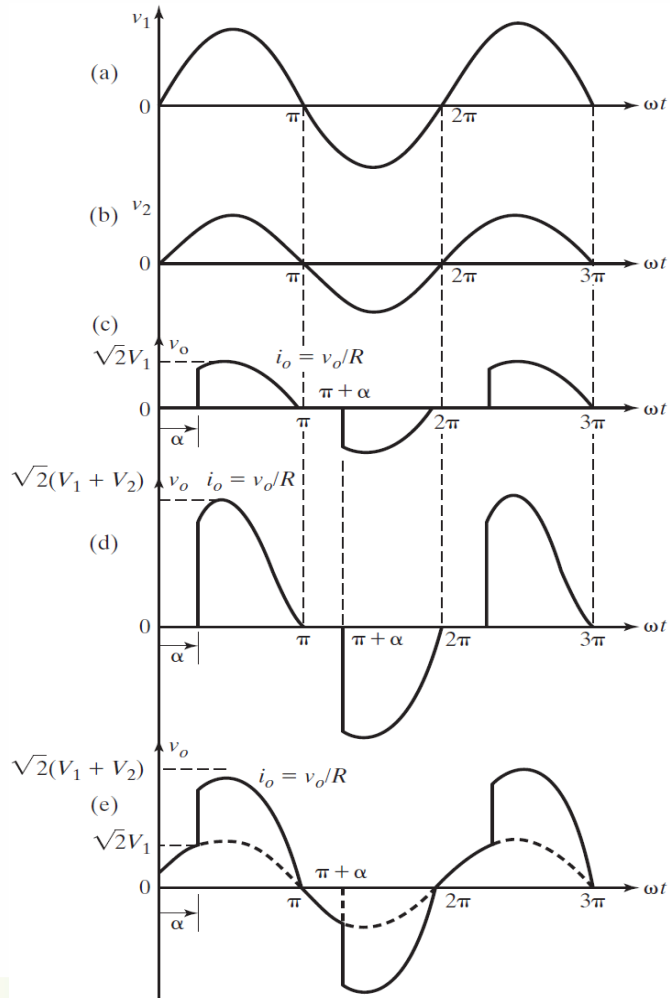
# Controladores trifásico de onda completa



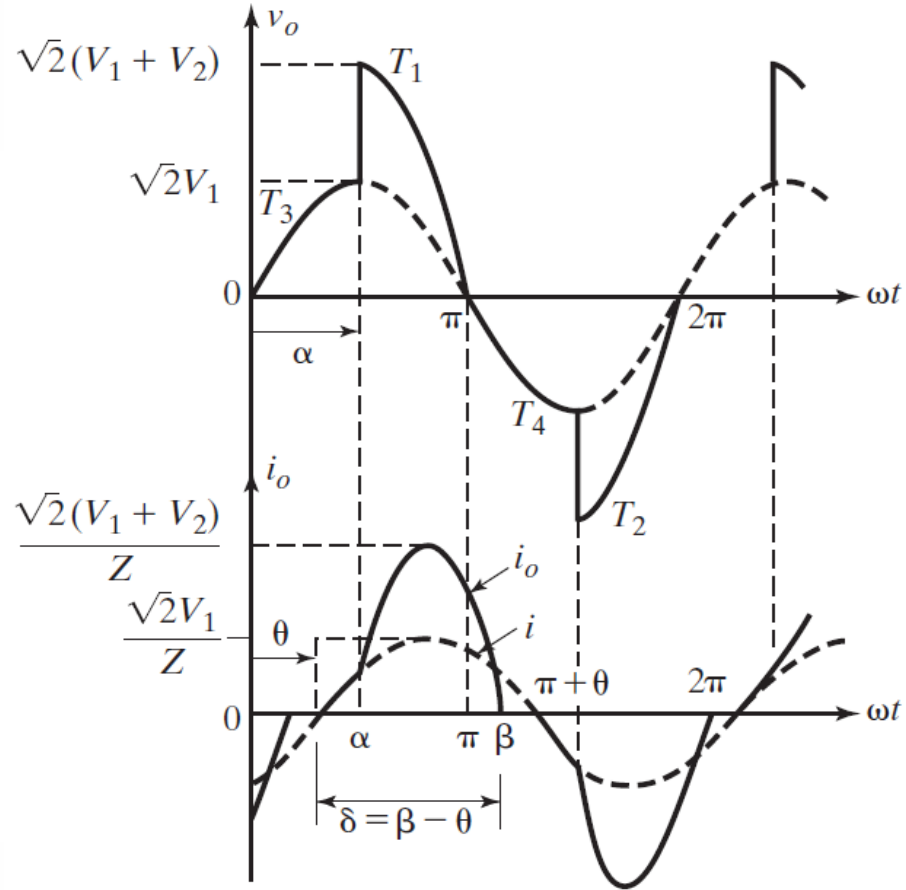
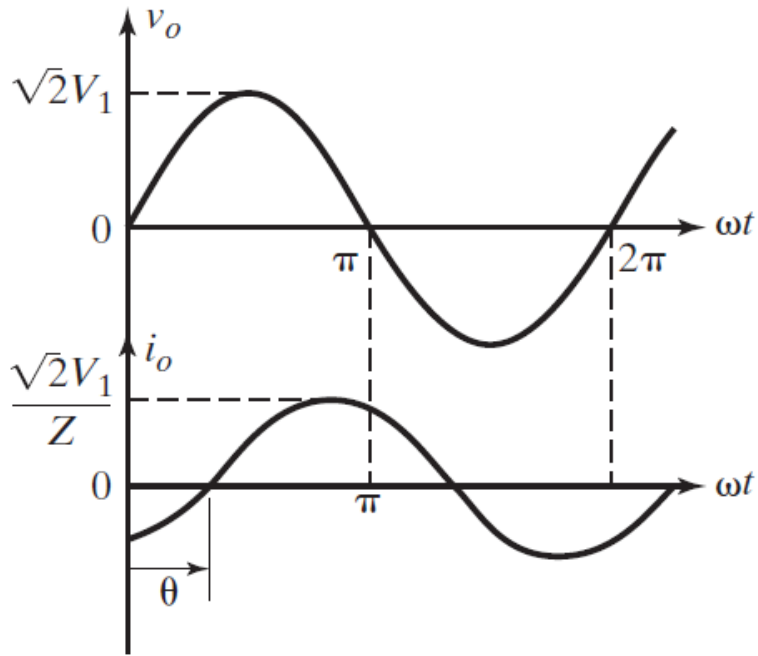
# Comutadores de conexões de transformadores monofásicos



# Comutadores de conexões de transformadores monofásicos



# Comutadores de conexões de transformadores monofásicos





Abraço

---

**Heverton Augusto Pereira**

Prof. Departamento de Engenharia Elétrica | UFV

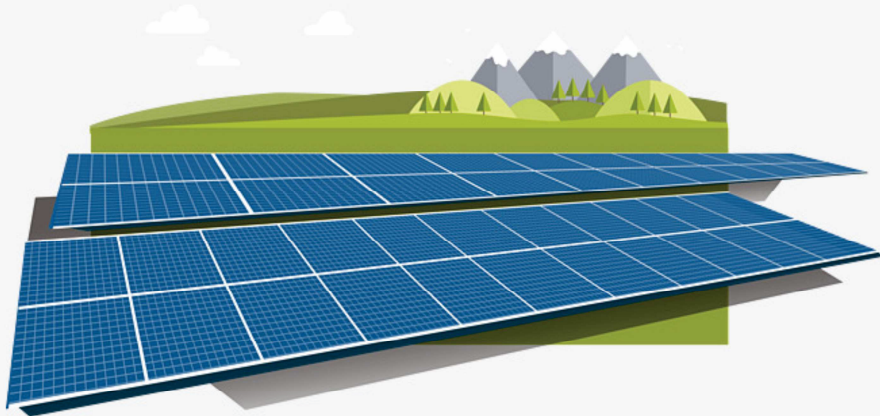
Coordenador da Gerência de Especialistas em Sistemas Elétricos de Potência | Gesep

Membro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica | PPGEL/CEFET-MG

E-mail: [heverton.pereira@ufv.br](mailto:heverton.pereira@ufv.br)

## Aula 09 – Controladores de tensão c.a.

### Parte 2 – Cicloconversores e Conversor Matricial



Prof. Heverton Augusto Pereira  
[heverton.pereira@ufv.br](mailto:heverton.pereira@ufv.br)



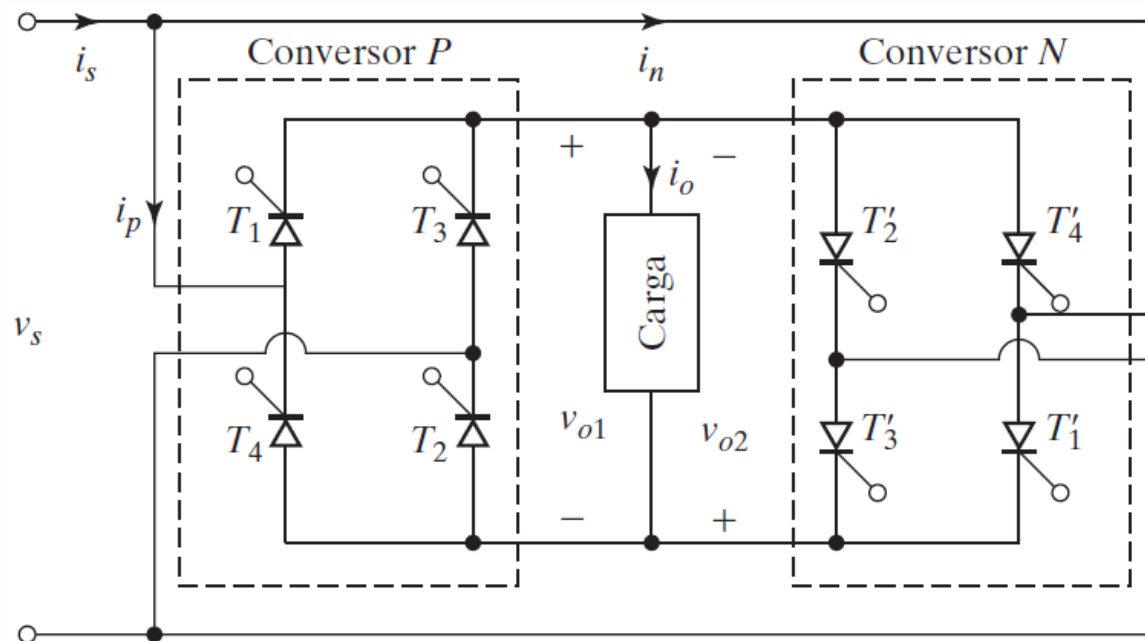
# Cicloconversores

- Um *cicloconversor* é um variador de frequência direta que converte tensão c.a. de uma frequência em tensão c.a. em outra frequência, sem estágio intermediário.
- A maioria dos cicloconversores é com comutação natural, e a frequência máxima de saída é limitada a um valor que é apenas uma fração da frequência da fonte de alimentação.
- Conseqüentemente, as principais aplicações dos cicloconversores ocorrem em acionamentos de motores CA de baixa velocidade, na faixa de até 15.000 kW com frequências de 0 a 20 Hz.



# Cicloconversores

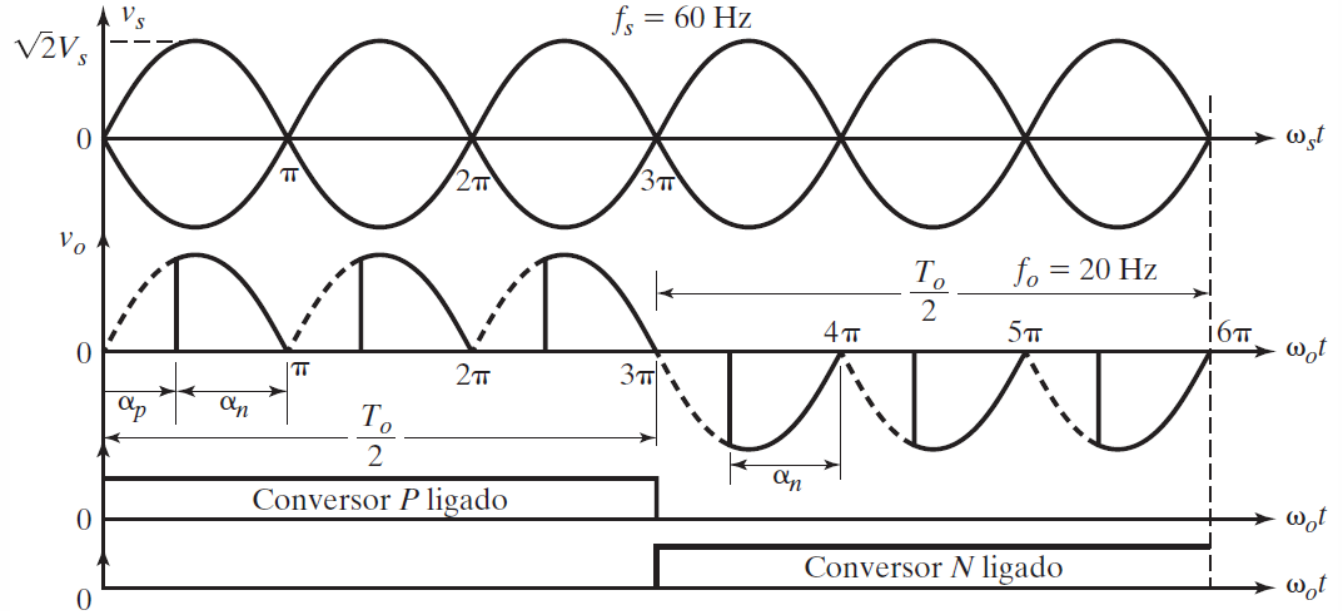
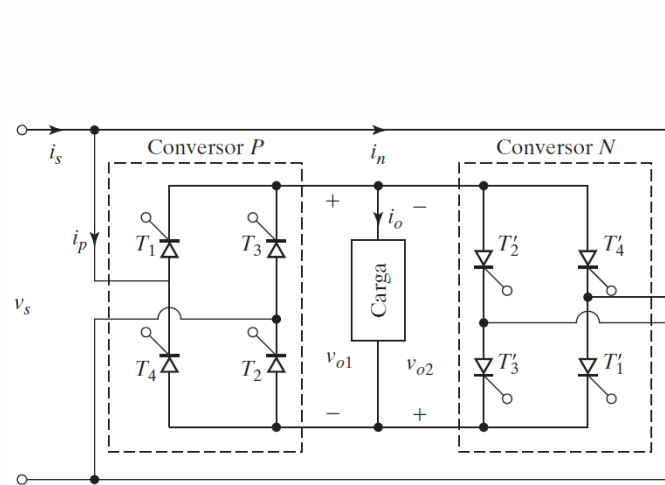
- Cicloconversor do tipo monofásico/monofásico:





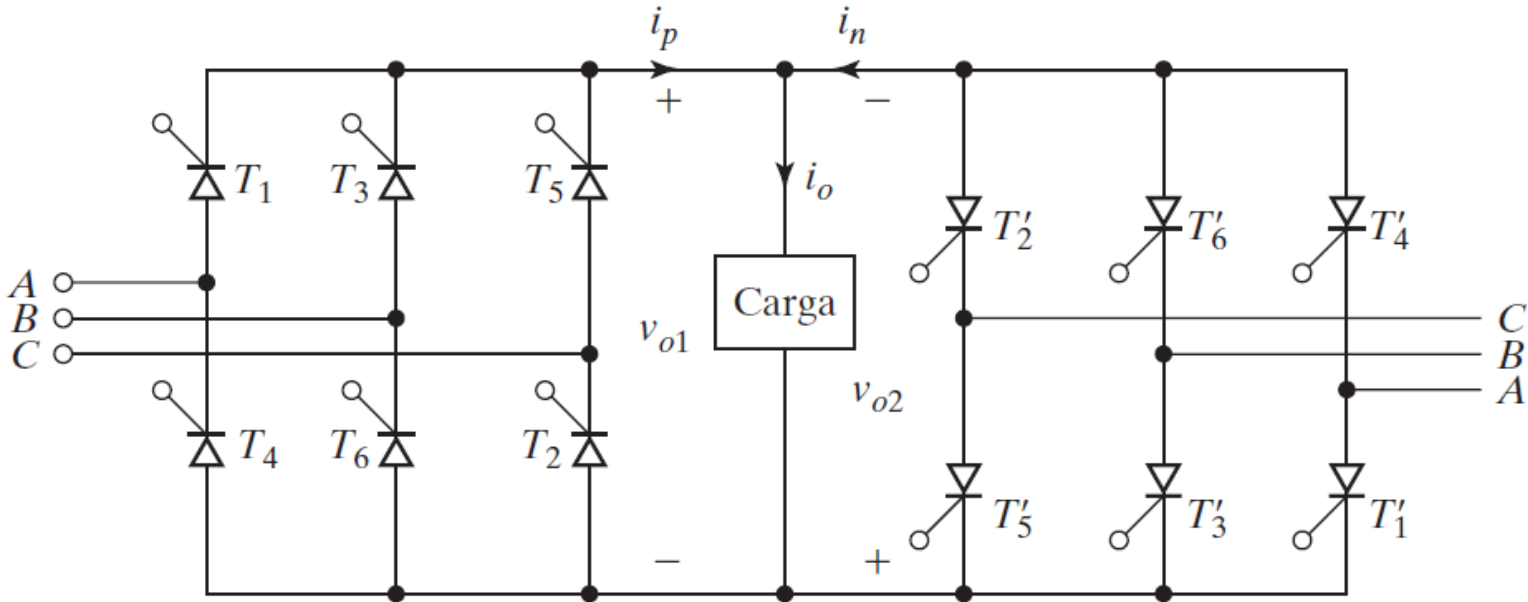
# Cicloconversores

- Cicloconversor do tipo monofásico/monofásico:



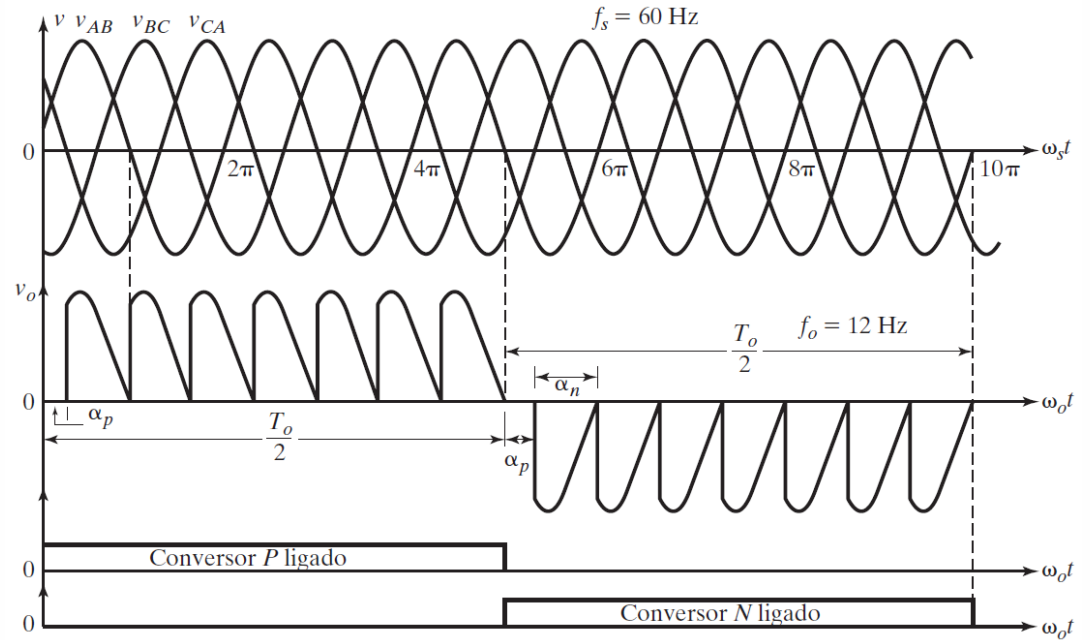
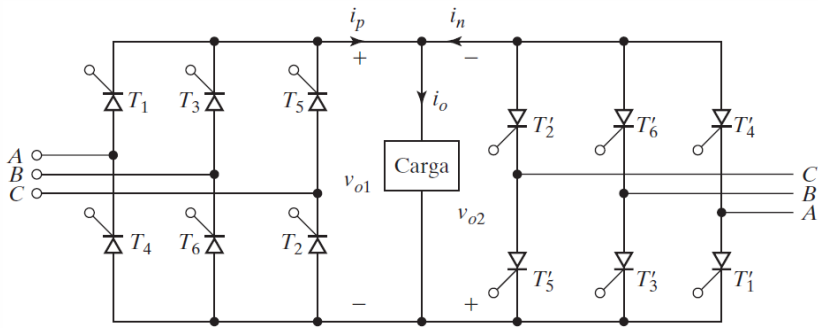
# Cicloconvertidores

- Cicloconvertor trifásico/monofásico:



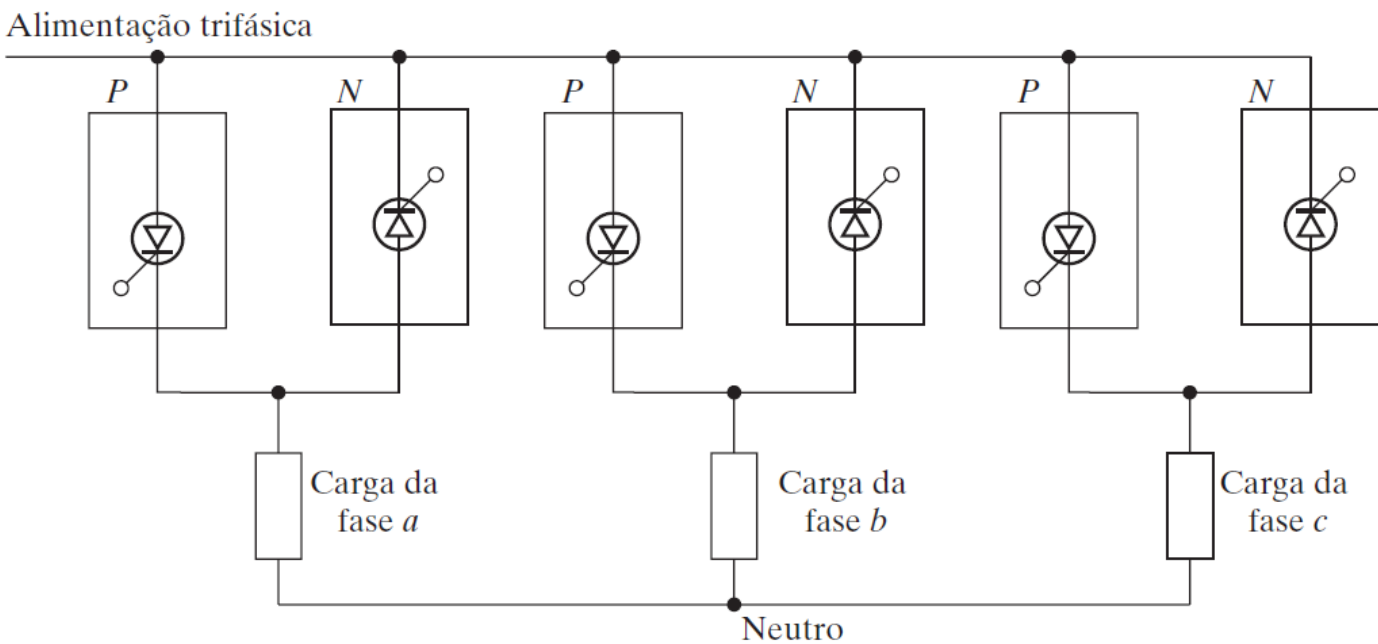
# Cicloconvertidores

- Cicloconvertor trifásico/monofásico:



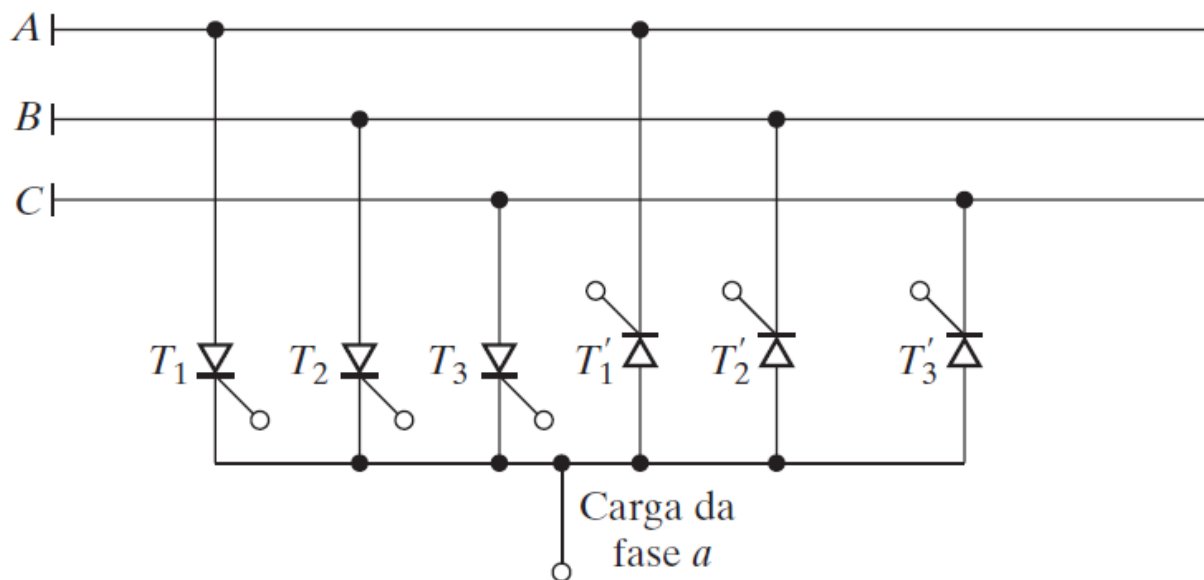
# Cicloconversores

- Cicloconversor trifásico/trifásico:

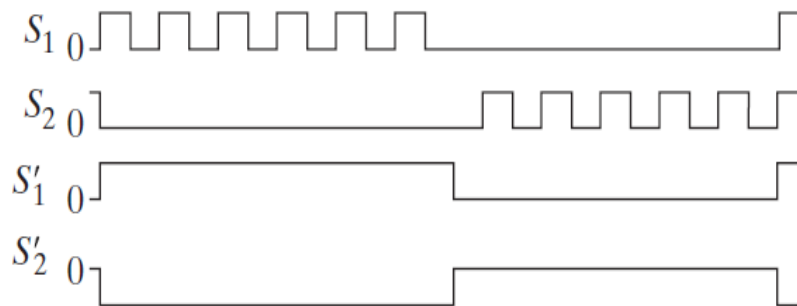
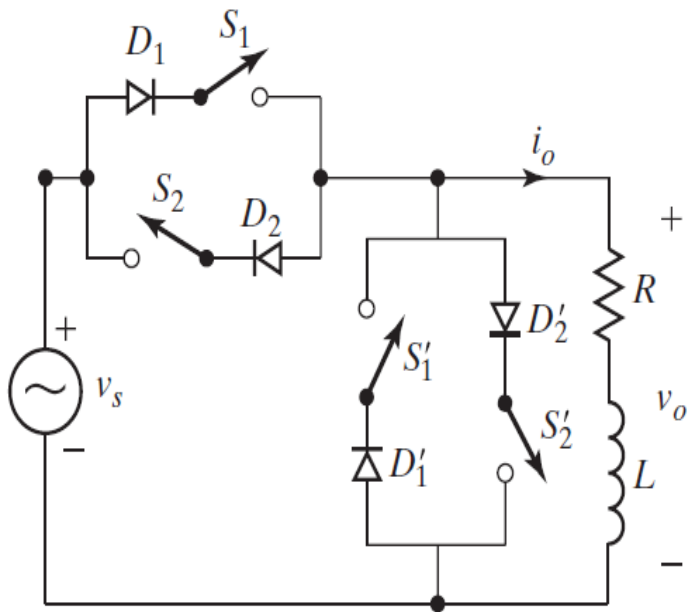


# Introdução

- Cicloconversor trifásico/trifásico:



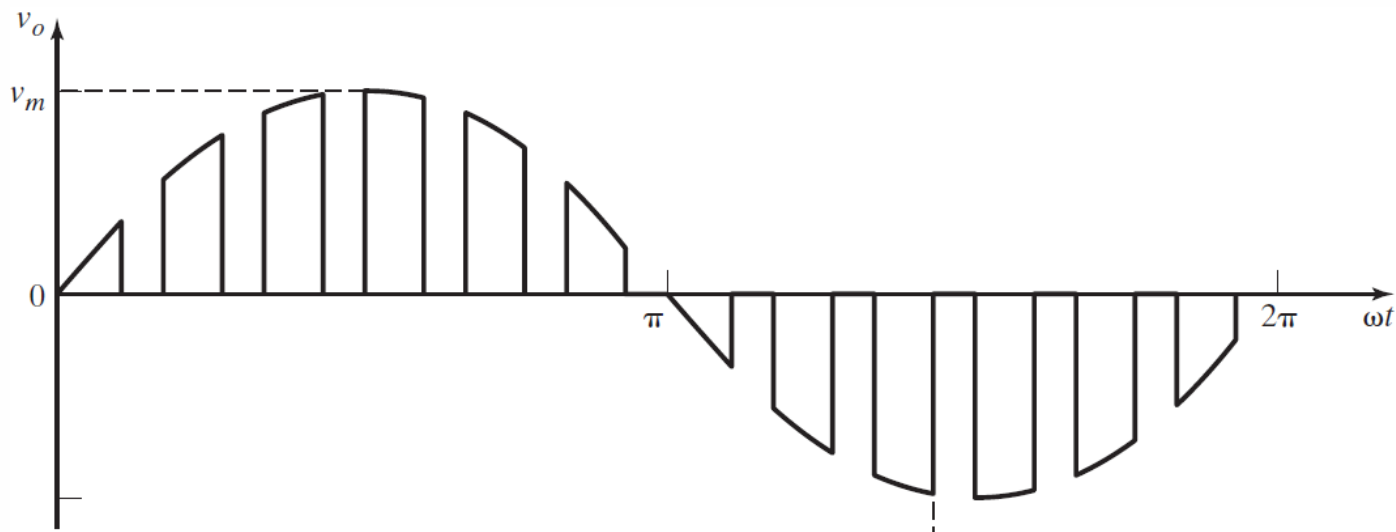
# Controladores de tensão CA com controle PWM





# Controladores de tensão CA com controle PWM

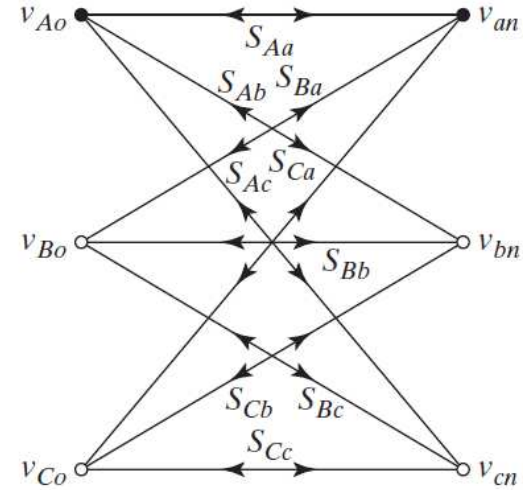
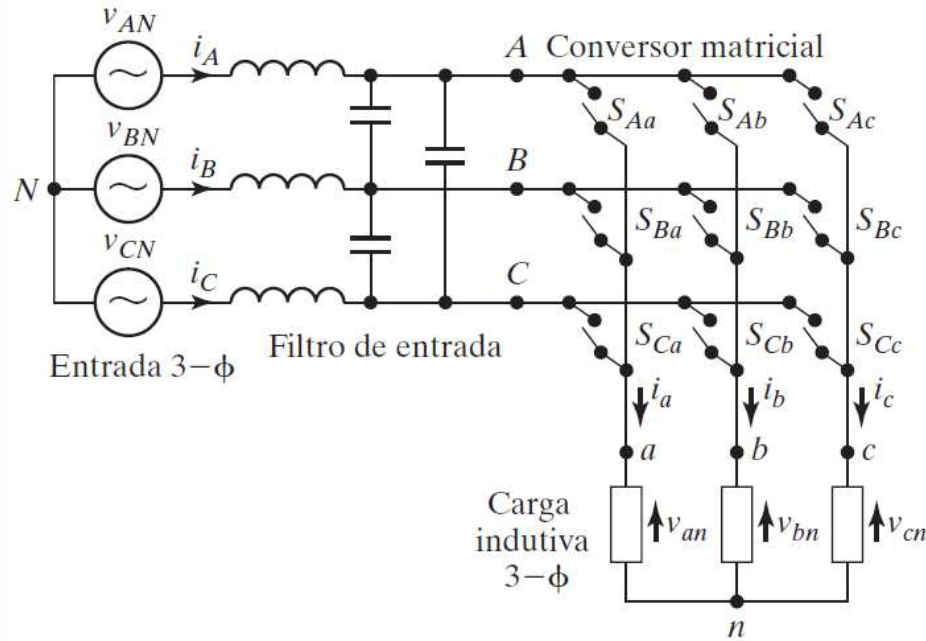
- Tensão de saída e corrente de carga de um controlador de tensão CA. Tensão de saída:



# Conversor matricial

- O conversor matricial utiliza chaves bidirecionais totalmente controladas para conversão direta de CA em CA.
- Trata-se de um conversor de estágio único que necessita apenas de **9 chaves** para a conversão de trifásico para trifásico.
- É uma alternativa para o inversor-retificador de tensão PWM de dupla face.

# Conversor matricial



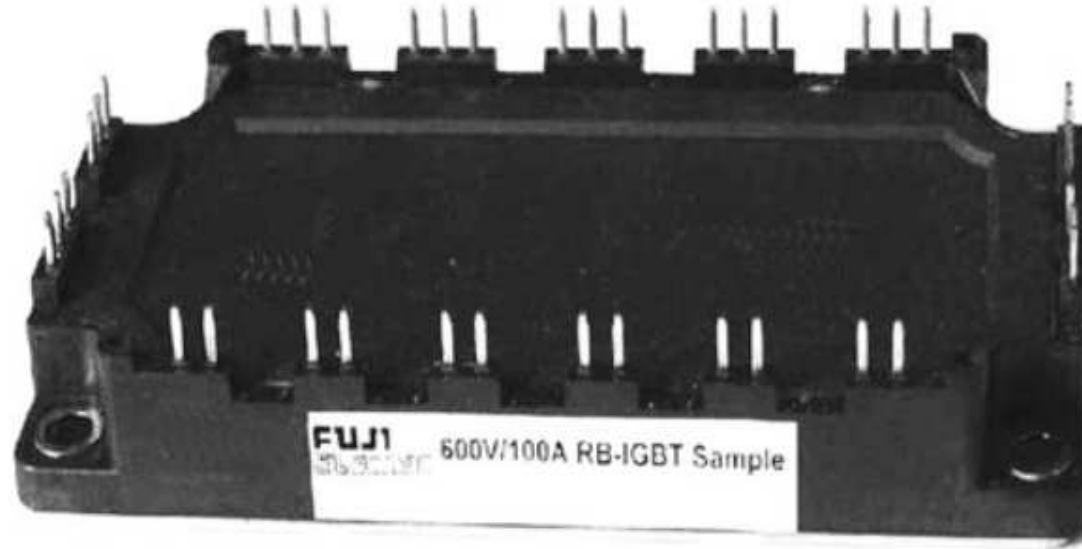
# Conversor matricial



Fonte:

<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjDnb2FoJfUAhVJhZAKHYyGBCQQFggwMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.springer.com%2Fcontent%2Fdocument%2Fdocument%2Fdocument%2F9781447148951-c2.pdf%3FSGWID%3D0-0-45-1381710-p174739628&usg=AFQjCNGyW0mqjZEInkqQ8K2XzETTm4t-mA&sig2=-oOASxjBKPkNUQoc4XW2nQ>

# Conversor matricial



## Fonte:

<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjDnb2FofjUAhVJhZAKHYyGBCQQFggwMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.springer.com%2Fcontent%2Fdocument%2Fdocument%2Fdownloaddocument%2F9781447148951-c2.pdf%3FSGWID%3D0-0-45-1381710-p174739628&usg=AFQjCNGyW0mqjZElnkqQ8K2XzETTm4t-mA&sig2=-oOASxjBKPkNUQoc4XW2nQ>

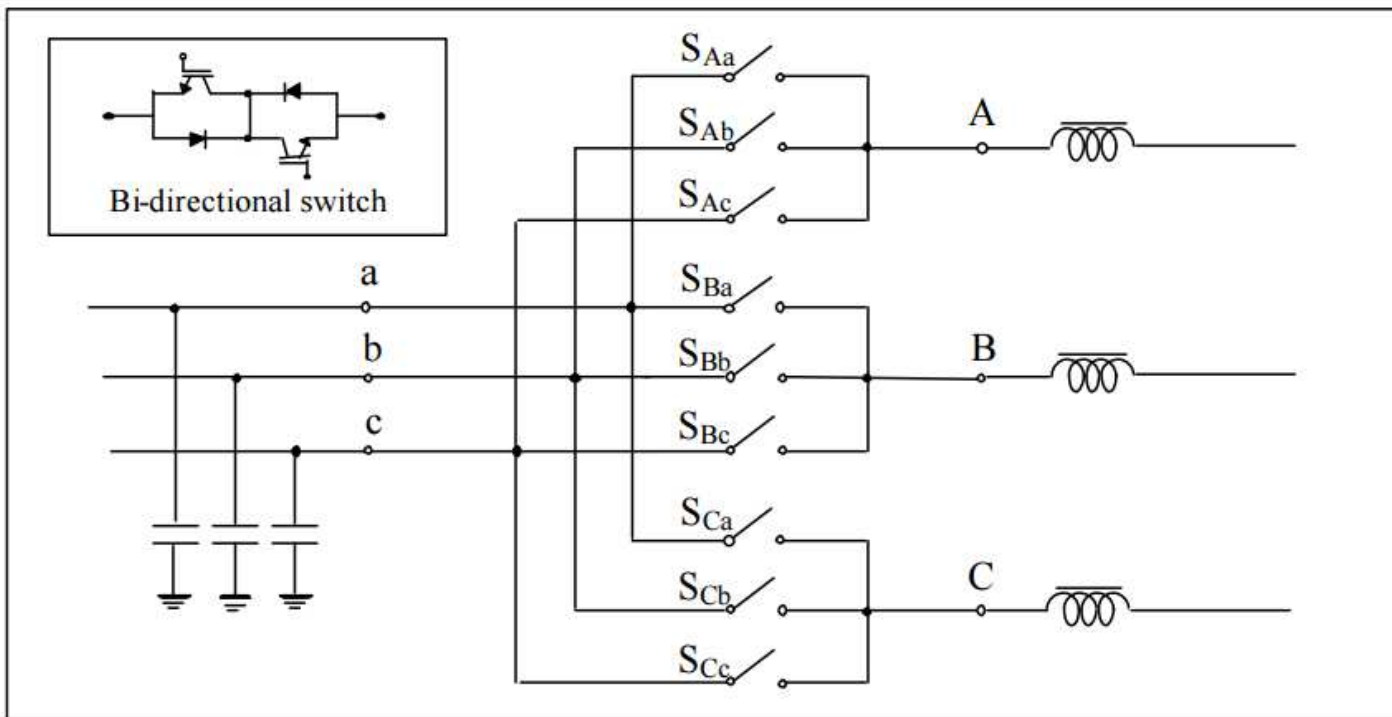
# Conversor matricial

- Vantagens:
  - ✓ Tensão de saída e entrada senoidal
  - ✓ Mínimo componentes harmônicas de ordem elevada
  - ✓ Sem subharmônicos
  - ✓ É um conversor bidirecional natural
  - ✓ Fator de potência de entrada pode ser totalmente controlado
  - ✓ Mínimo armazenamento de energia
  - ✓ Aumento na vida útil do conversor

# Conversor matricial

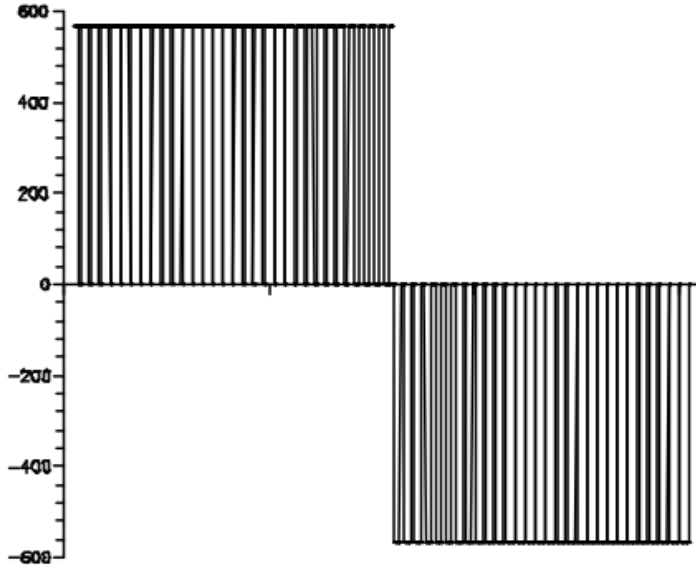
- Desvantagens:
  - ✓ Transferência máxima de tensão entrada-saída de 87 % (região linear).
  - ✓ Necessita de mais chaves semicondutoras que outros conversores ac/ac
  - ✓ Necessidade de chave bidirecionais construídas a partir de chaves unidirecionais.

# Convertor matricial

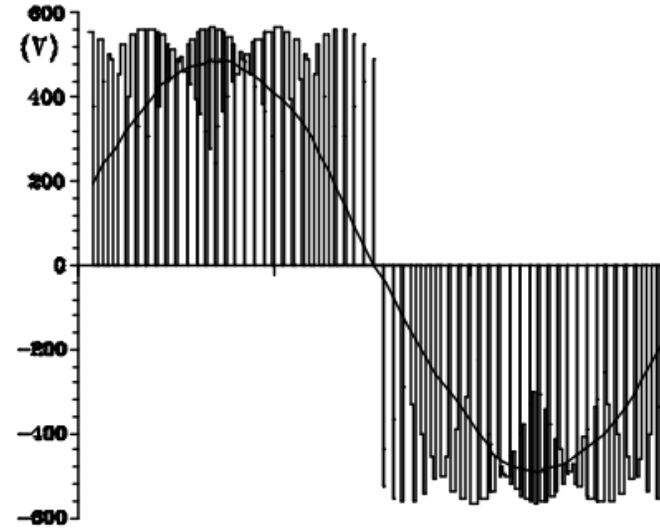




# Convertor matricial

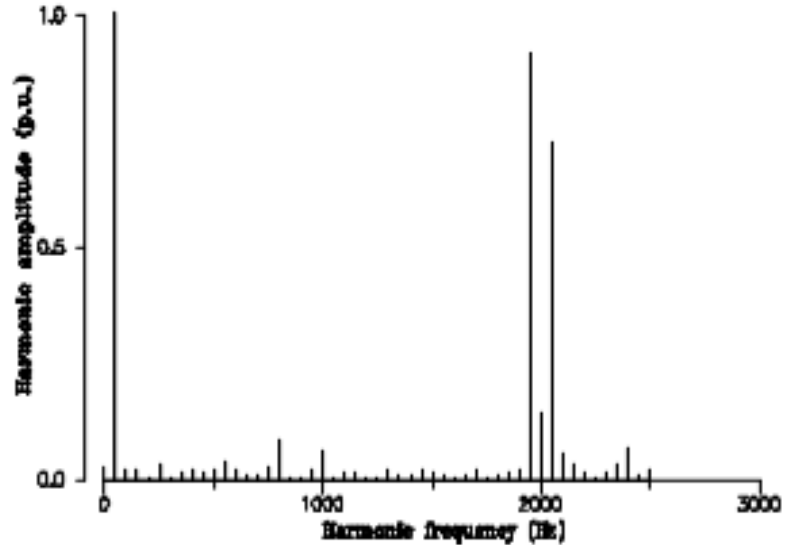
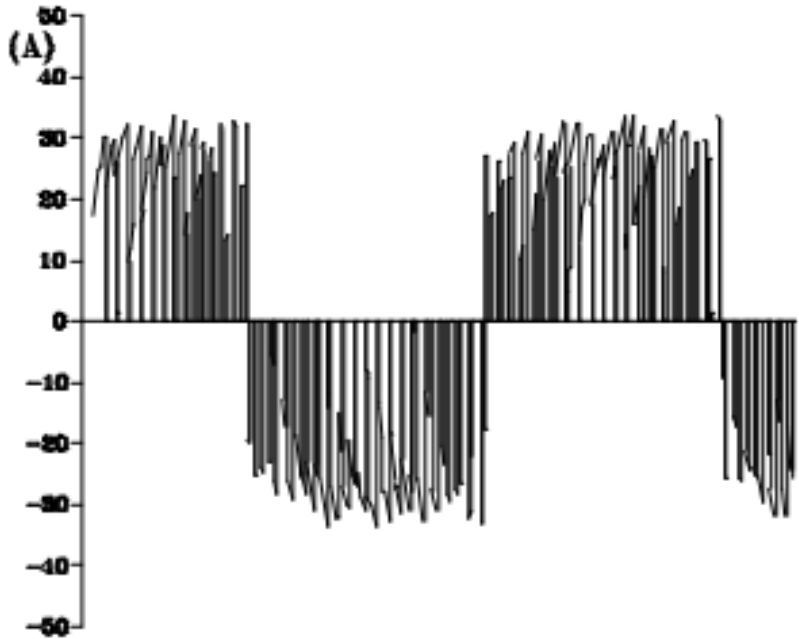


a) VSI



b) Matrix converter

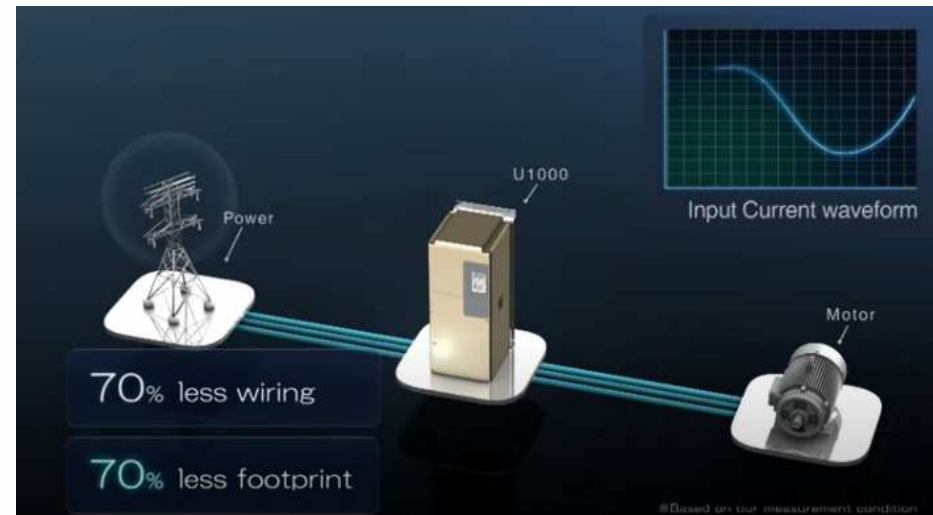
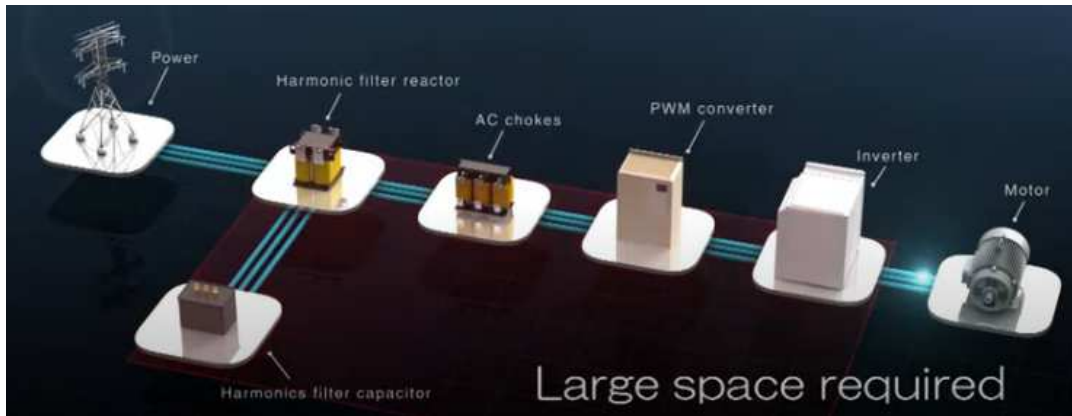
# Convertor matricial



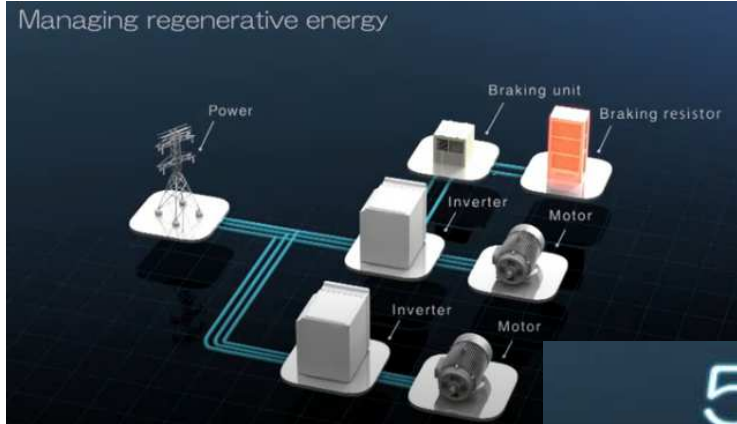
# Conversor matricial



# Conversor matricial

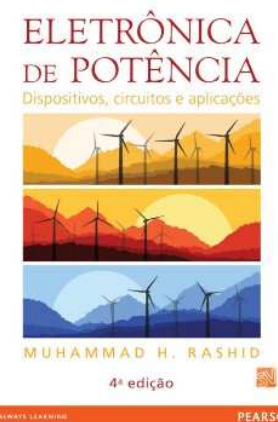


# Conversor matricial



## Capítulo 11 do Livro

M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014



**Heverton Augusto Pereira**

Prof. Departamento de Engenharia Eletrica | UFV

Coordenador da Gerência de Especialistas em Sistemas Elétricos de Potência | Gesep

Membro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica | PPGEL/CEFET-MG

E-mail: [heverton.pereira@ufv.br](mailto:heverton.pereira@ufv.br)