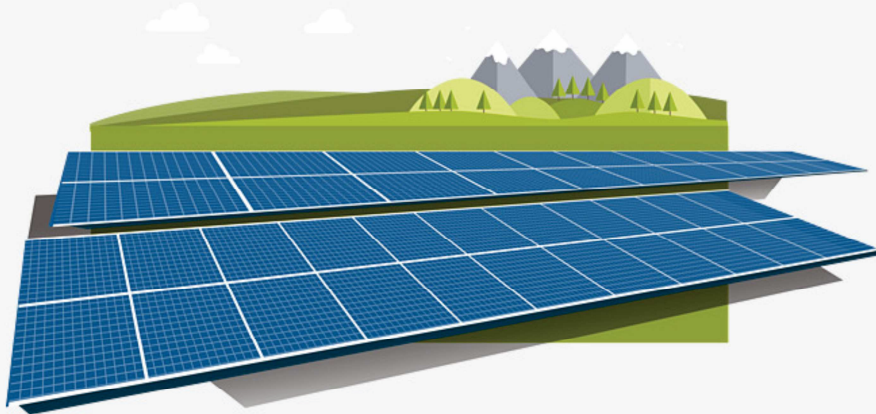


Aula 07 – Retificadores Controlados

Parte 1 – Itaipu



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

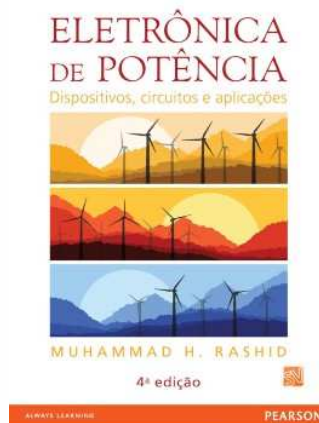


Introdução

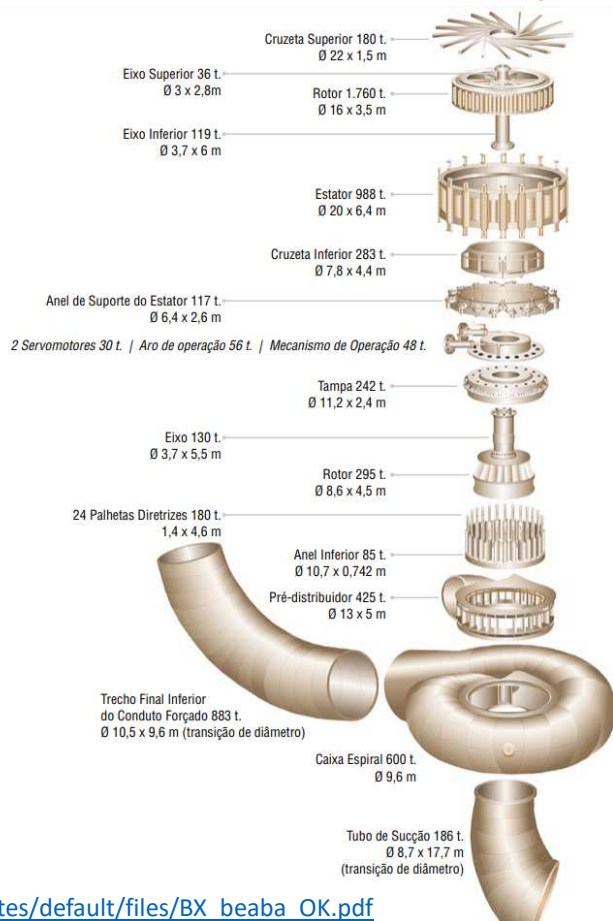
		Tópicos
01	-	Introdução
02	-	Diodos de potência e circuitos RLC chaveados
03	-	Retificadores com diodos
04	-	Transistores de potência
05		Conversores CC-CC
06		Tiristores
07		Retificadores controlados
08	-	Conversores CC-CA
09	-	Controladores de tensão CA
10	-	Inversores de pulso ressonante

Capítulo 10 do Livro

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



Introdução - Itaipu



Histórico das unidades geradoras

UNIDADE	INÍCIO COMERCIAL
U01	01/03/1985
U02	23/03/1985
U03	30/11/1985
U04	12/03/1986
U15	07/02/1987
U14	19/03/1987
U05	17/07/1987
U06	14/09/1987
U07	02/01/1988
U08	12/05/1988
U09	13/09/1988
U13	20/12/1988
U12	17/06/1989
U11	18/08/1989
U10	02/11/1989
U16	02/10/1990
U17	26/03/1991
U18	30/05/1991
U09A	01/12/2006
U18A	01/04/2007

Introdução - Itaipu

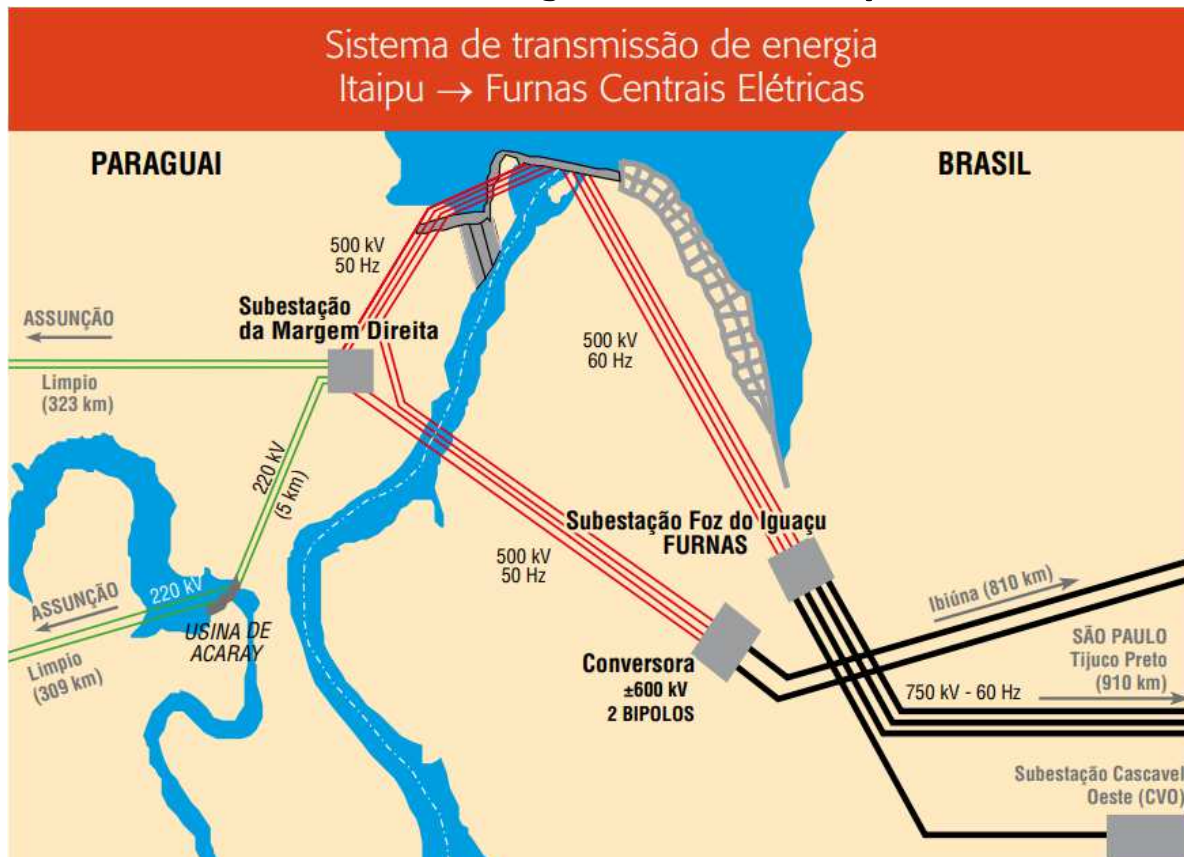
- ✓ As unidades de 50 Hz:
 - ✓ 823,6 MVA,
 - ✓ fator de potência de 0,85

- ✓ As unidades de 60 Hz:
 - ✓ 737,0 MVA,
 - ✓ fator de potência de 0,95

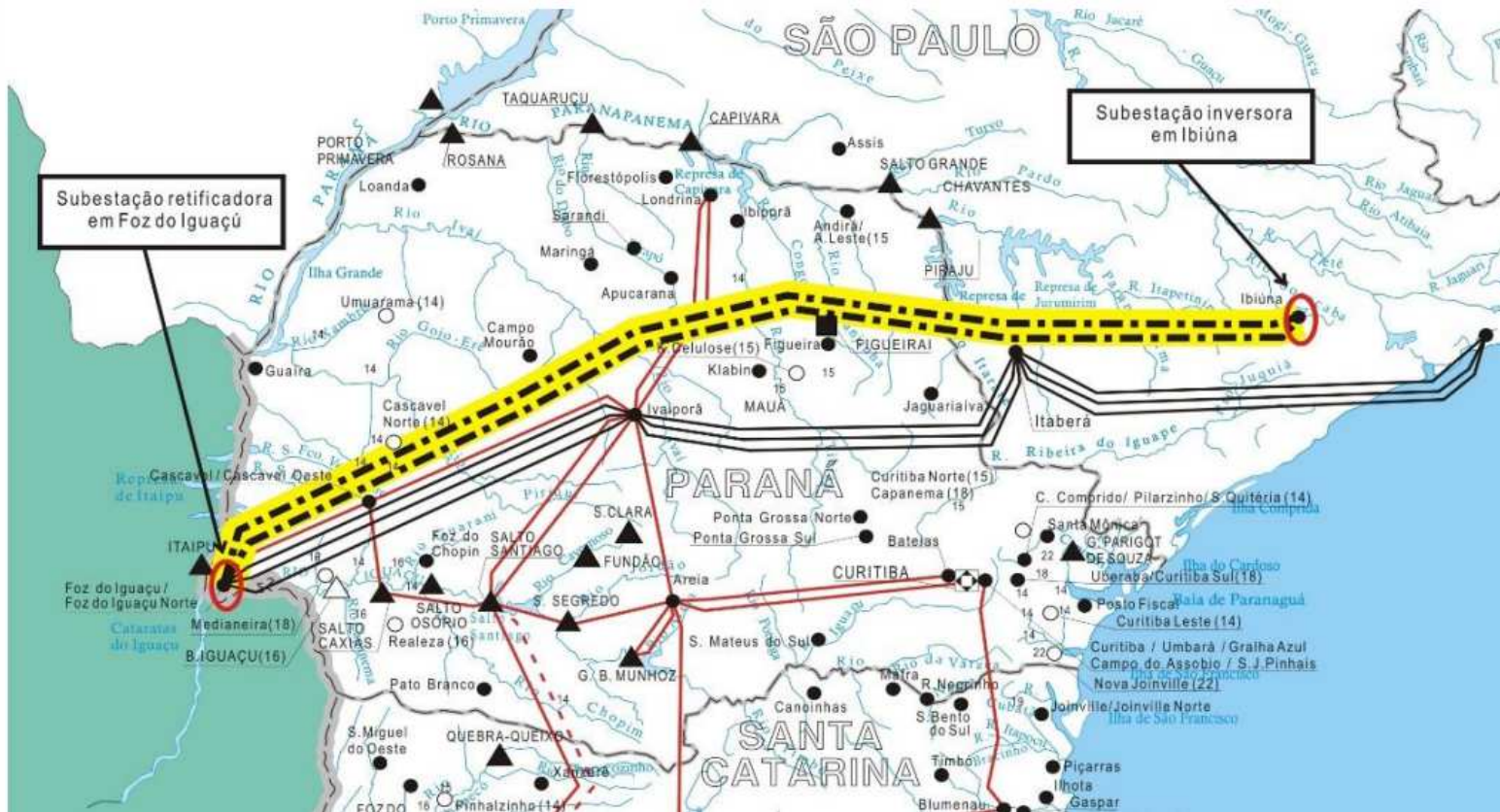
- ✓ Tensão nominal de 18 kV.



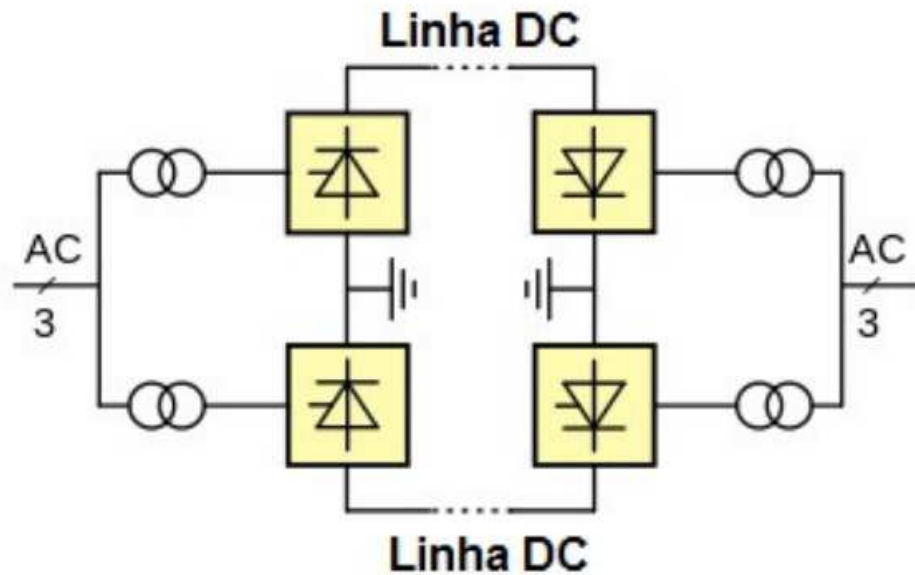
Introdução - Itaipu



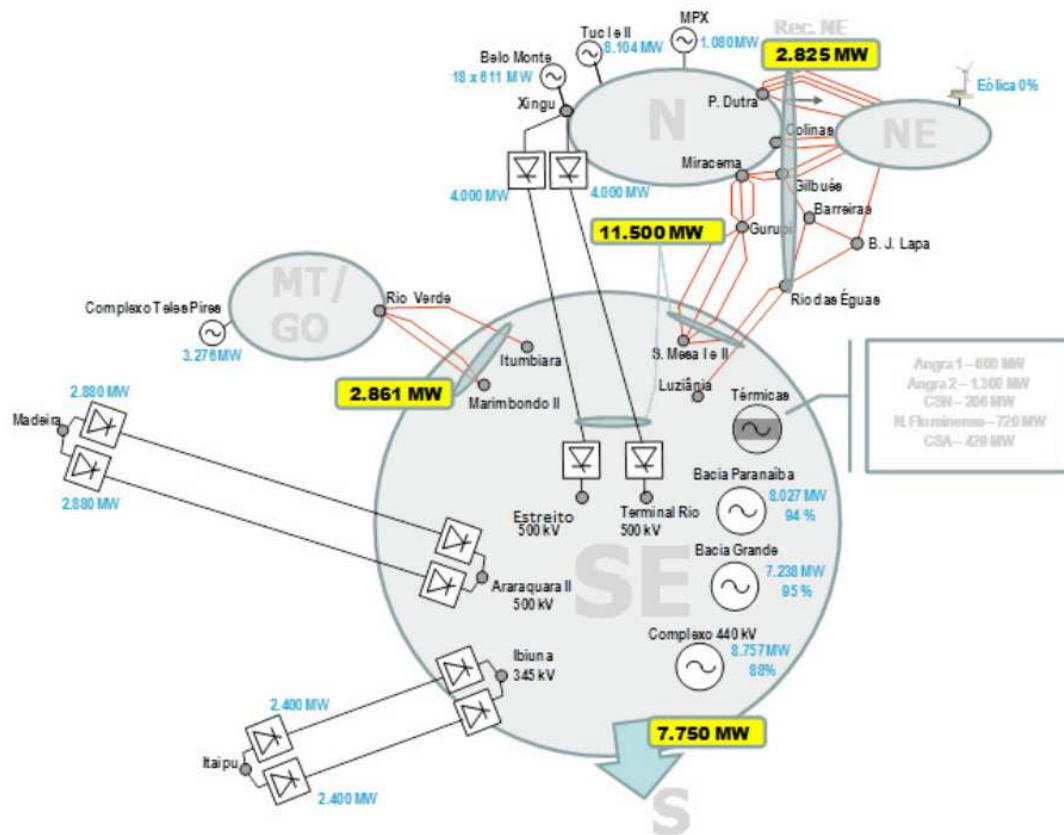
Introdução - Itaipu



Bipolo

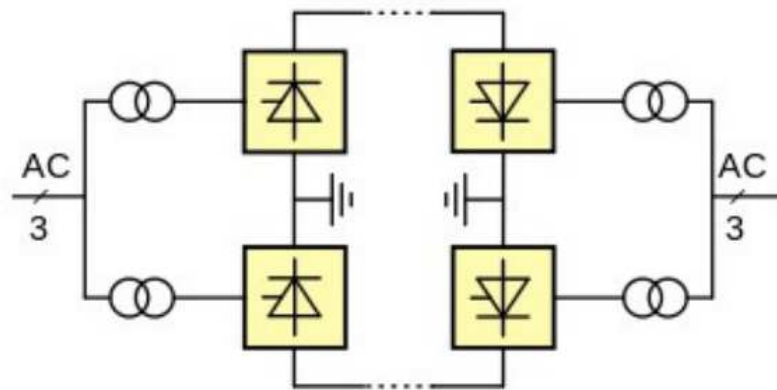
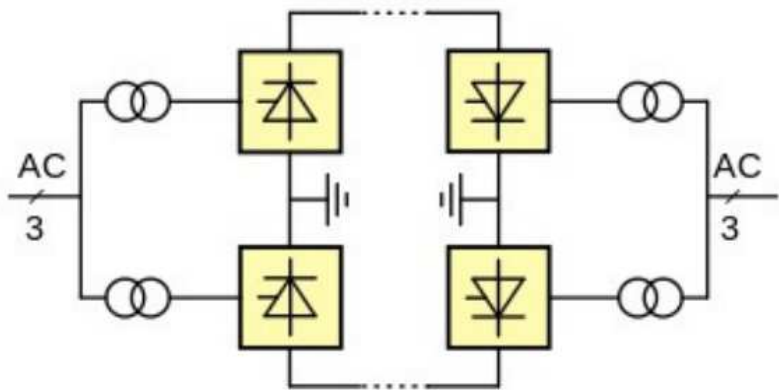


Bipolo



Itaipu

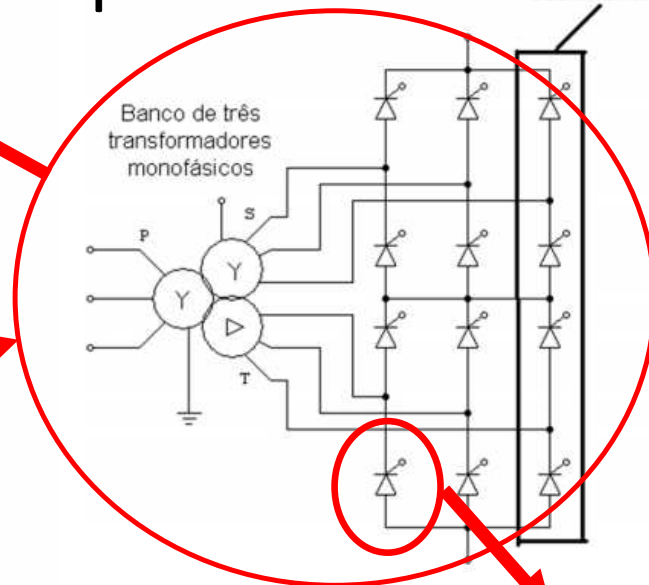
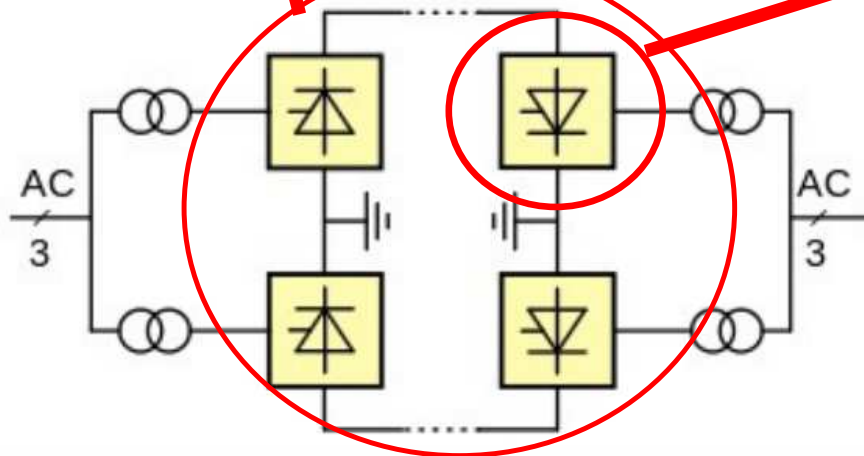
1. Transmissão de energia em corrente contínua, em alta tensão (HVDC),
2. Linha CC que conecta Itaipu a Ibiúna (SP)
3. Energia comprada do Paraguai (originalmente em 50 Hz).
4. O sistema opera, via dois cabos
5. Estão alimentados em +/- 600 kV,
6. Transmitindo a potência de 6.000 MW.
7. Neste caso têm-se retificadores controlados, permitindo um controle do sistema, incluindo a absorção/fornecimento de reativos.



Itaipu

1.152 tiristores

4608 tiristores no bipolo (retificador + inversor)

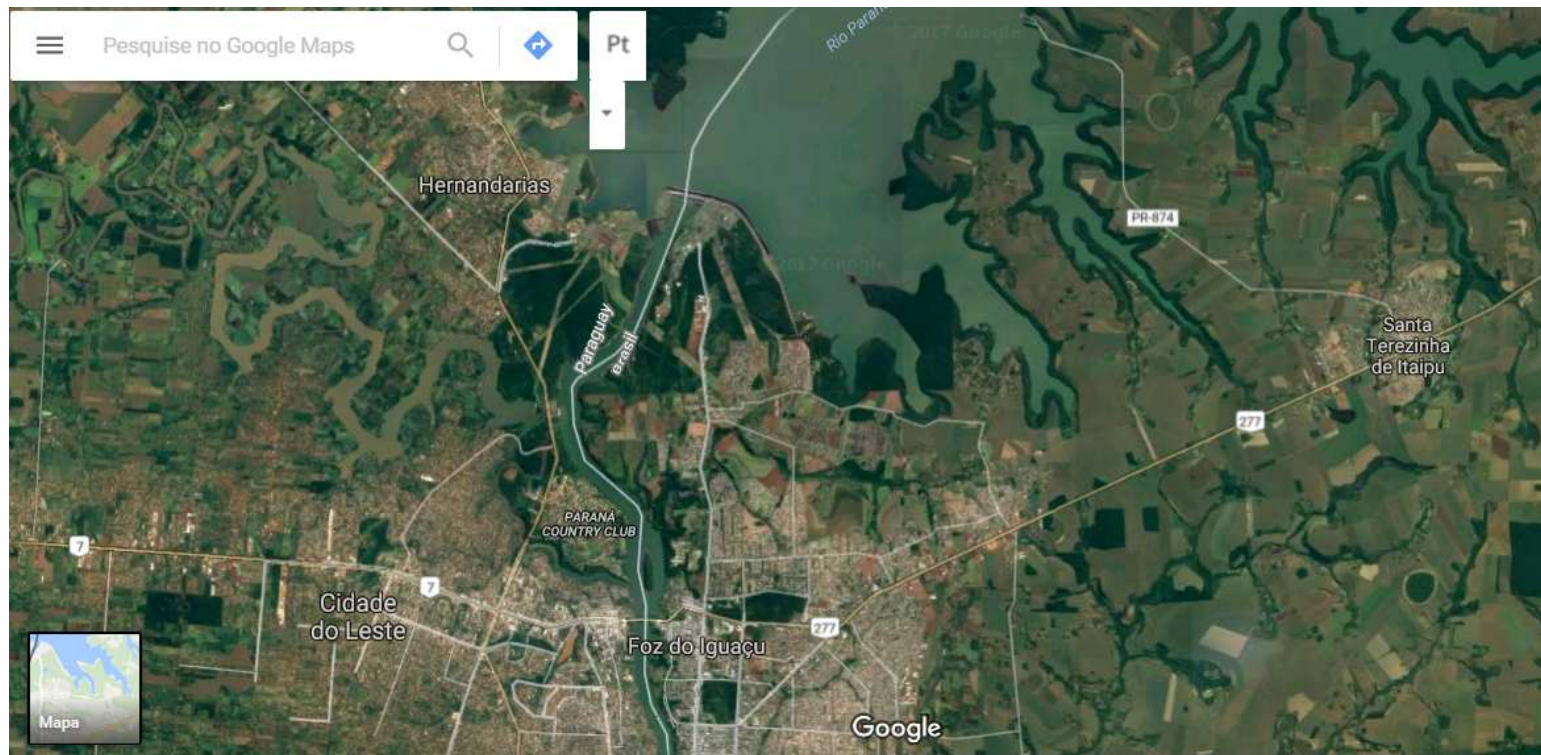


96 tiristores série em cada válvula
valores nominais do tiristor:
tensão bloqueio 3kV;
corrente média 2,6kA;
corrente surto 29kA.

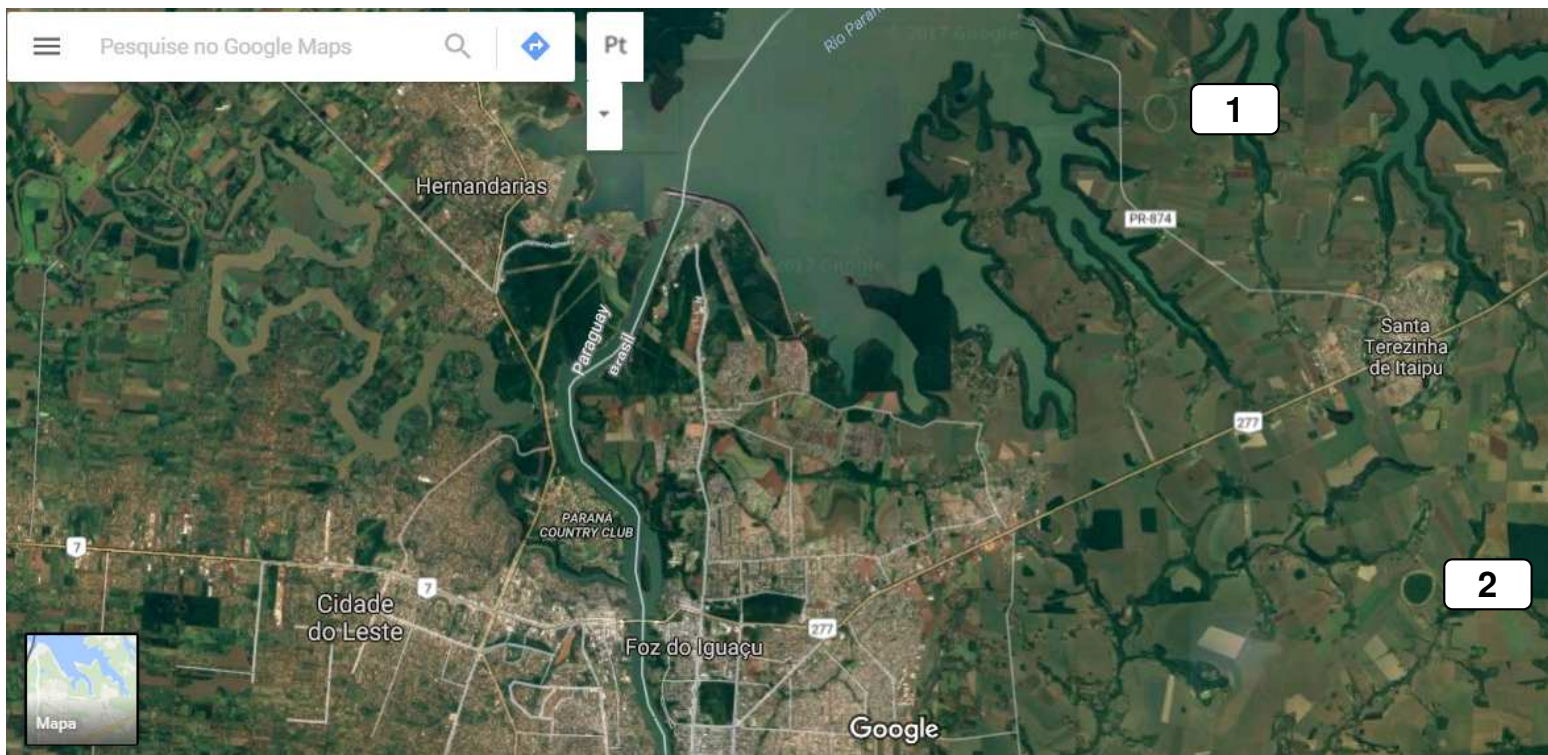
Itaipu



Pontos de aterramento



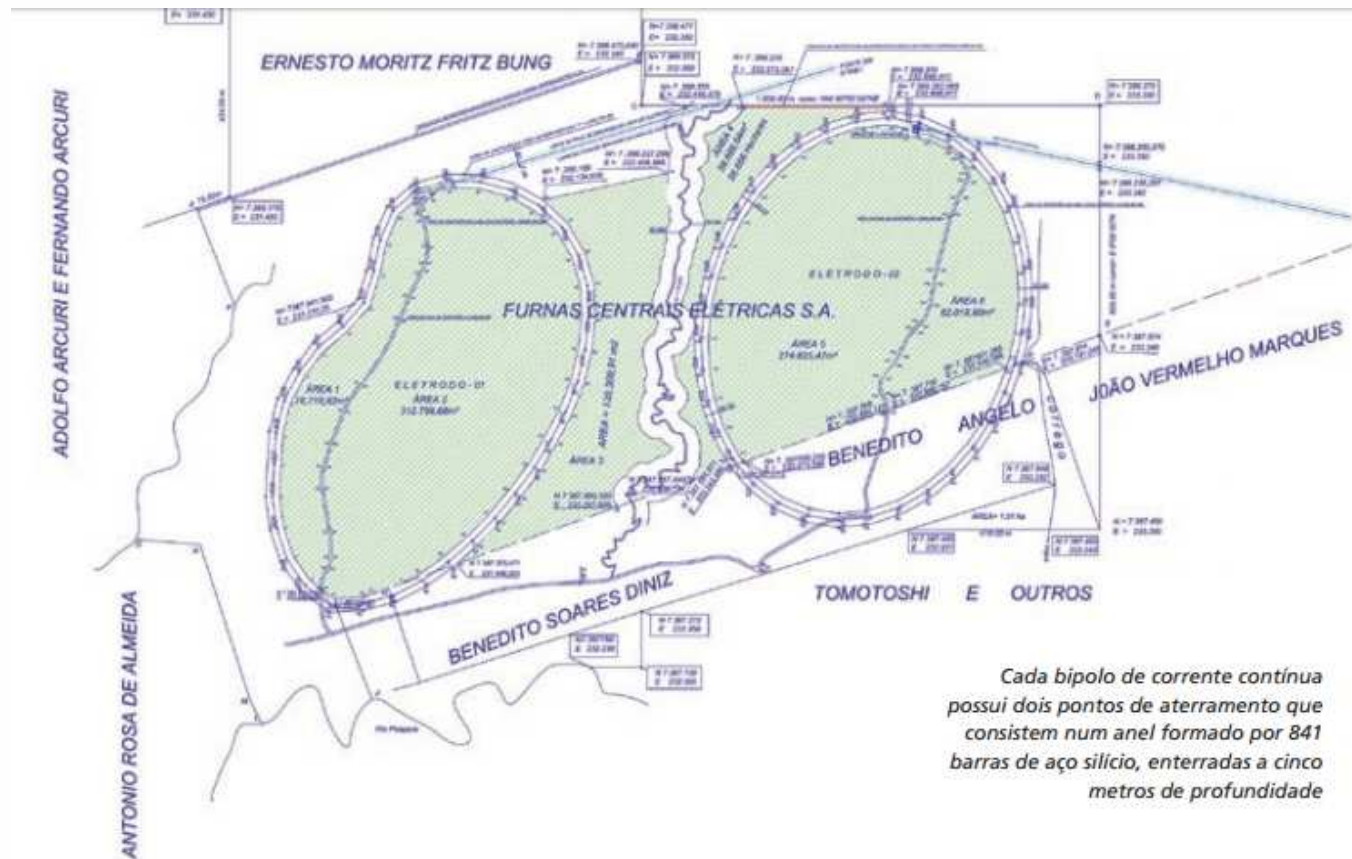
Pontos de aterramento



Pontos de aterramento



Pontos de aterramento



Cada bipolo de corrente contínua possui dois pontos de aterramento que consistem num anel formado por 841 barras de aço silício, enterradas a cinco metros de profundidade

Pontos de aterramento

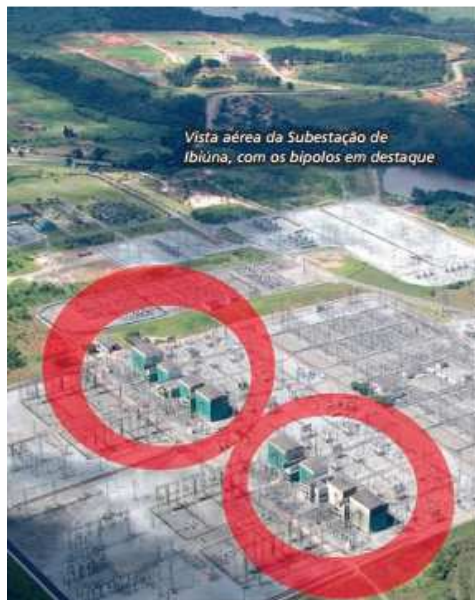


Fotos: Jorge Chimpkat, Arquero FURNAS

Casa de eletrodos

Mais informações...

REFERÊNCIA MUNDIAL EM transmissão



Vista aérea da Subestação de Ibiúna, com os bipolos em destaque

Eletrodos de terra “vigiam”
estabilidade do sistema de
corrente contínua

texto **Gleice Bueno**

Todo brasileiro sabe da importância da Usina de Itaipu (PR) para o país. O que talvez pouca gente conheça é a relevância das linhas dos eletrodos de terra, que mantêm a estabilidade do Sistema de Transmissão em Corrente Contínua (HVDC), construído e operado por FURNAS.

“As linhas dos eletrodos das subestações de Ibiúna (SP) e Foz do Iguaçu (PR) são as mais importantes da Empresa”, afirma o gerente do Departamento de Produção São Roque (DRQ.O), Jairo Junqueira Kalife. Os eletrodos constituem os pontos centrais do Elo HVDC, que é constituído por dois bipolos e cuja capacidade de transmissão é de 6.300 megawatts (MW). Em operação normal, eles absorvem as correntes de desequilíbrio



Abraço!

Heverton Augusto Pereira

Prof. Departamento de Engenharia Elétrica | UFV

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

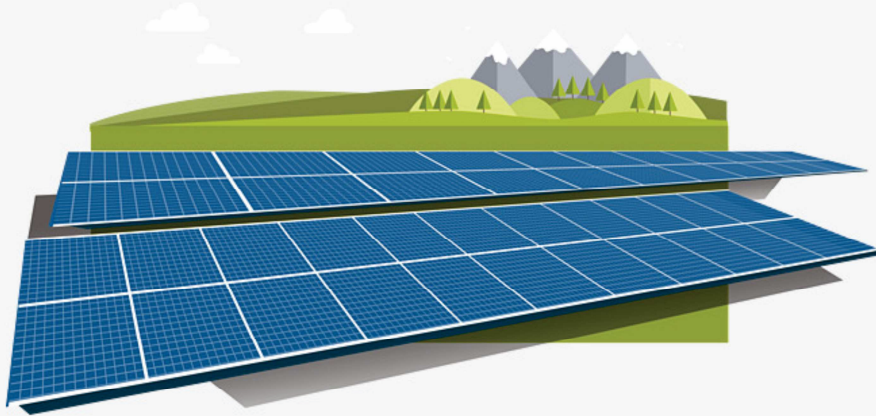
Membro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica | PPGEL/CEFET-MG

E-mail: heverton.pereira@ufv.br

Eletrônica de Potência

Aula 07 – Retificadores Controlados

Parte 2 – Tipos de Retificadores



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

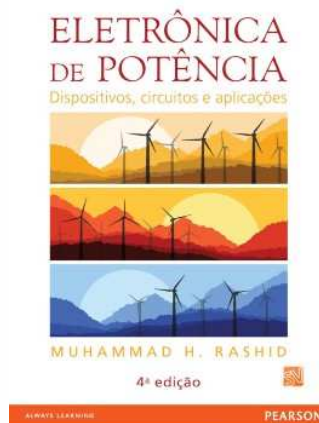


Introdução

		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 10 do Livro

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



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 14 do Livro

Principles and Elements of POWER ELECTRONICS: Devices, Drivers, Applications, and Passive Components. Barry W Williams

Introdução

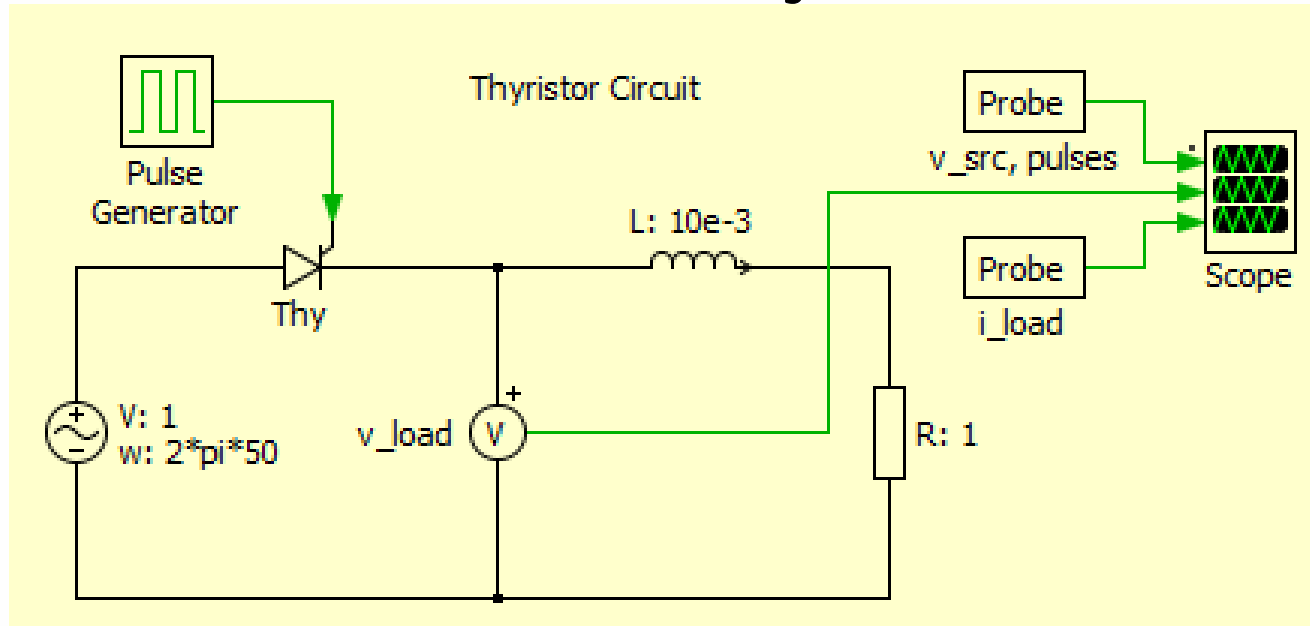
- Os conversores com controle de fase podem ser classificados em:
 - monofásicos e
 - trifásicos.

- Cada tipo pode ser subdividido em:
 - Semiconversor – conversor de um quadrante e possui uma única polaridade de tensão e corrente de saída.
 - Conversor completo – conversor de dois quadrantes, e a polaridade de sua tensão de saída pode ser positiva ou negativa.

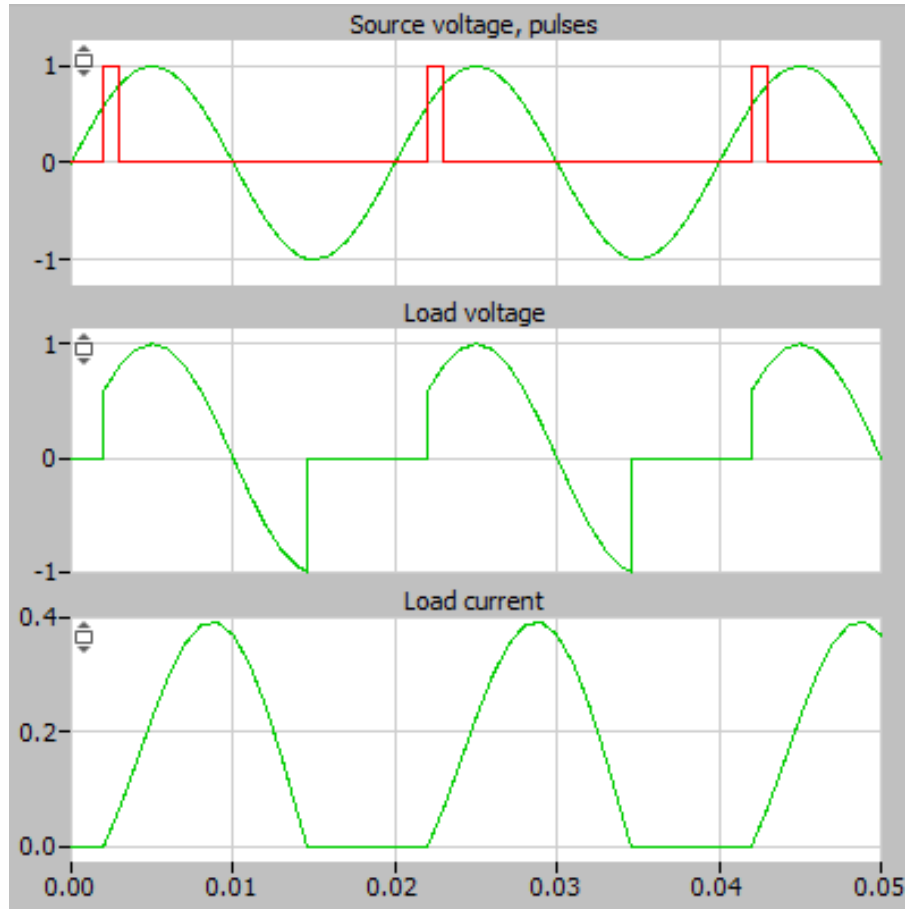
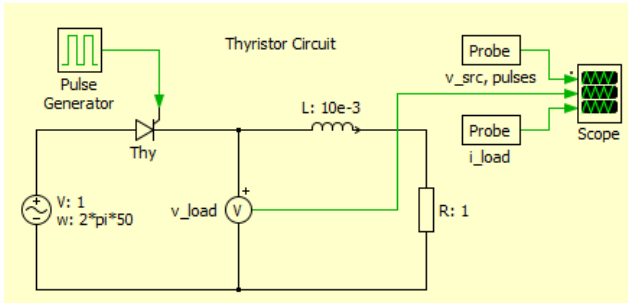
Introdução

- Conversor dual – pode operar em quatro quadrantes, e tanto a tensão quanto a corrente de saída podem ser positivas ou negativas.
- Os seguintes tipos de conversor serão analisados:
 - Conversores monofásicos completos e duais.
 - Conversores trifásicos completos e duais.
 - Conversores monofásicos completos em série.
 - Conversores de doze pulsos.
 - Conversores com controle por modulação por largura de pulso (PWM).

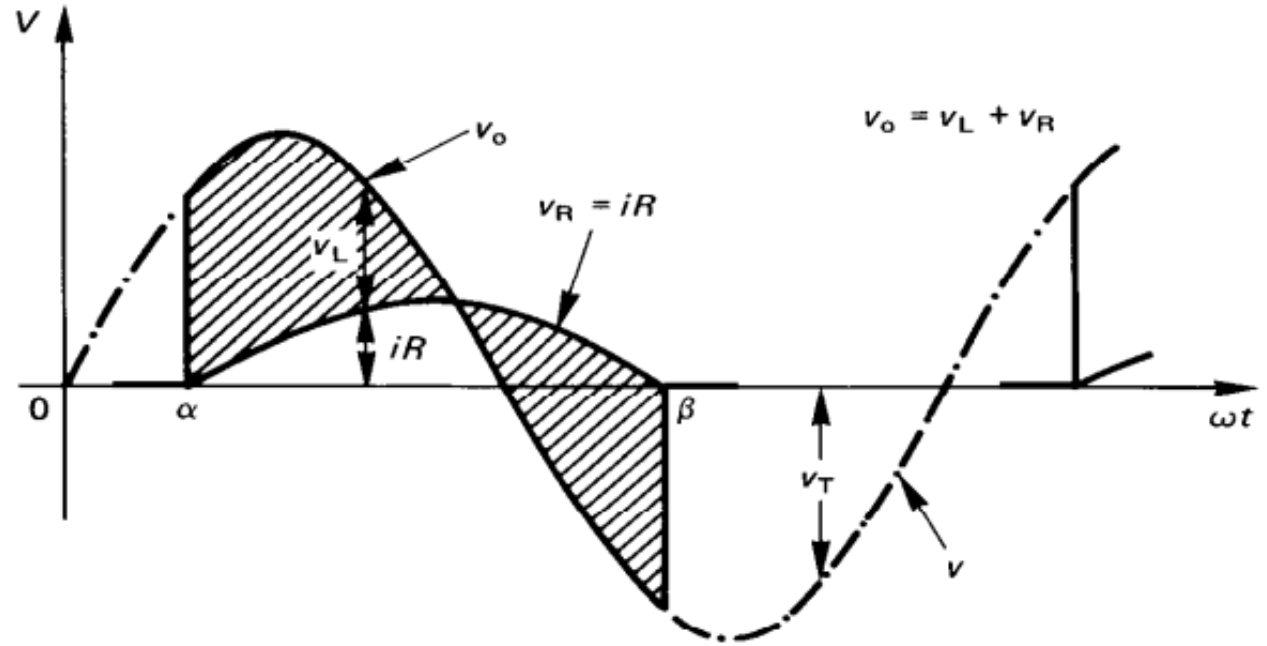
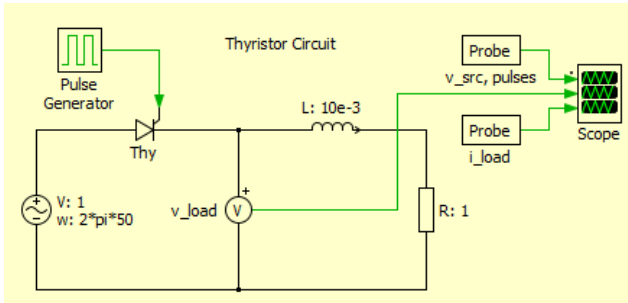
Introdução



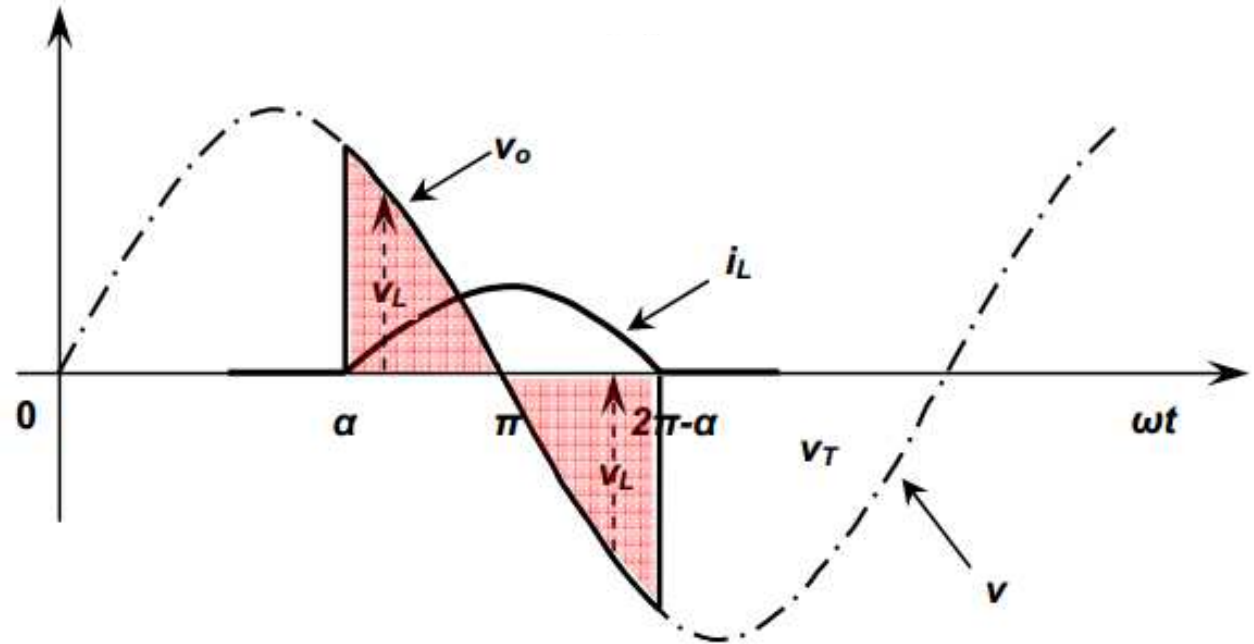
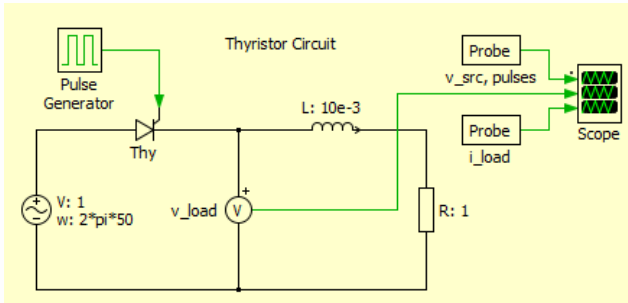
Retificador Meia Onda



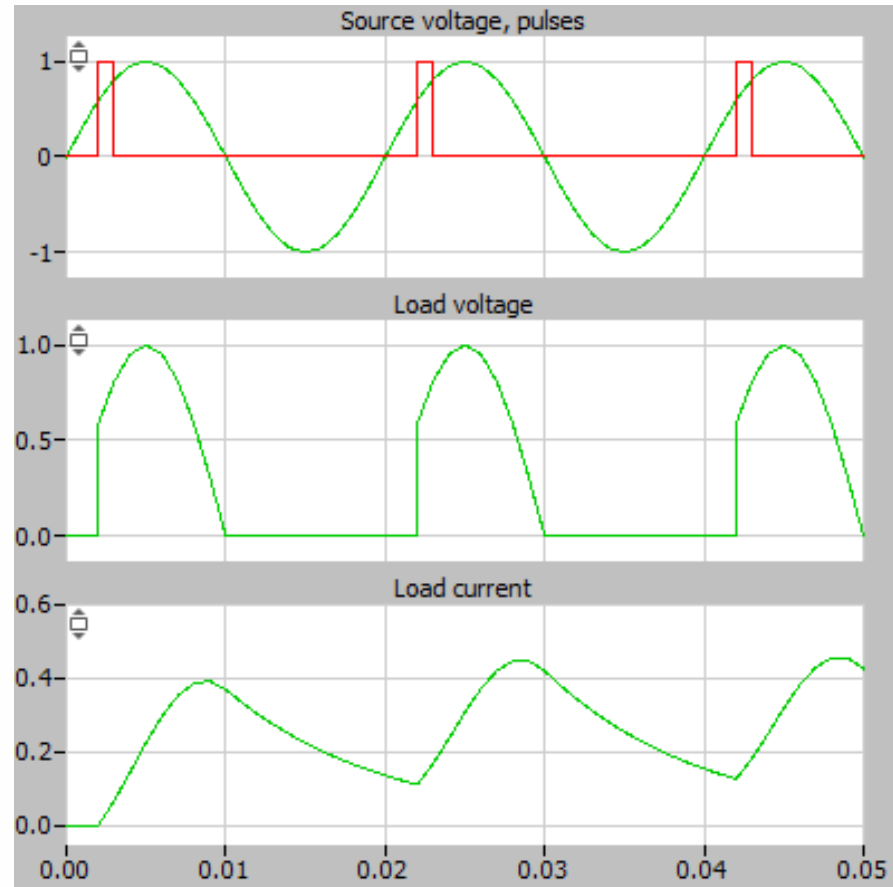
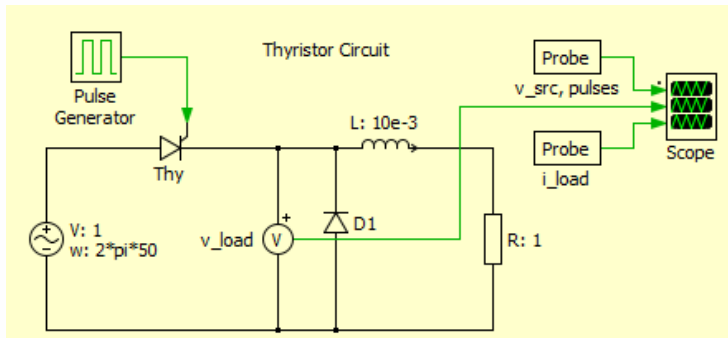
Retificador Meia Onda



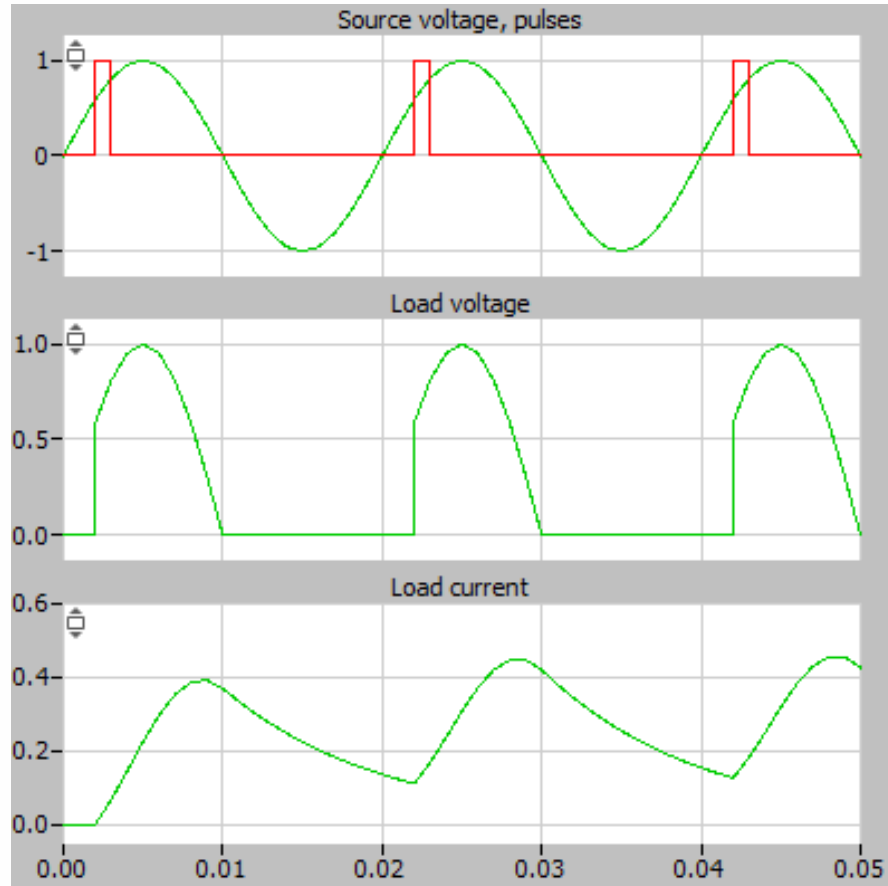
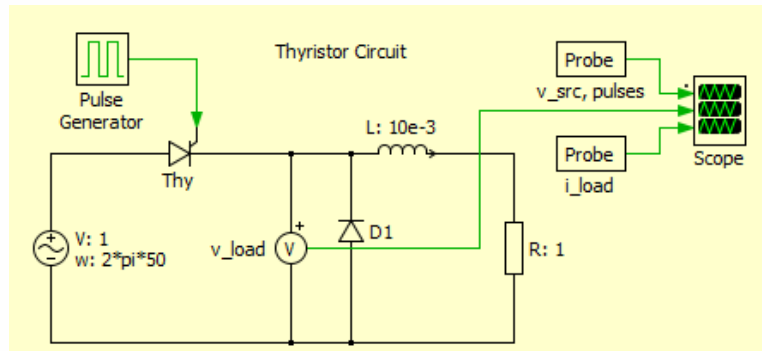
Retificador Meia Onda



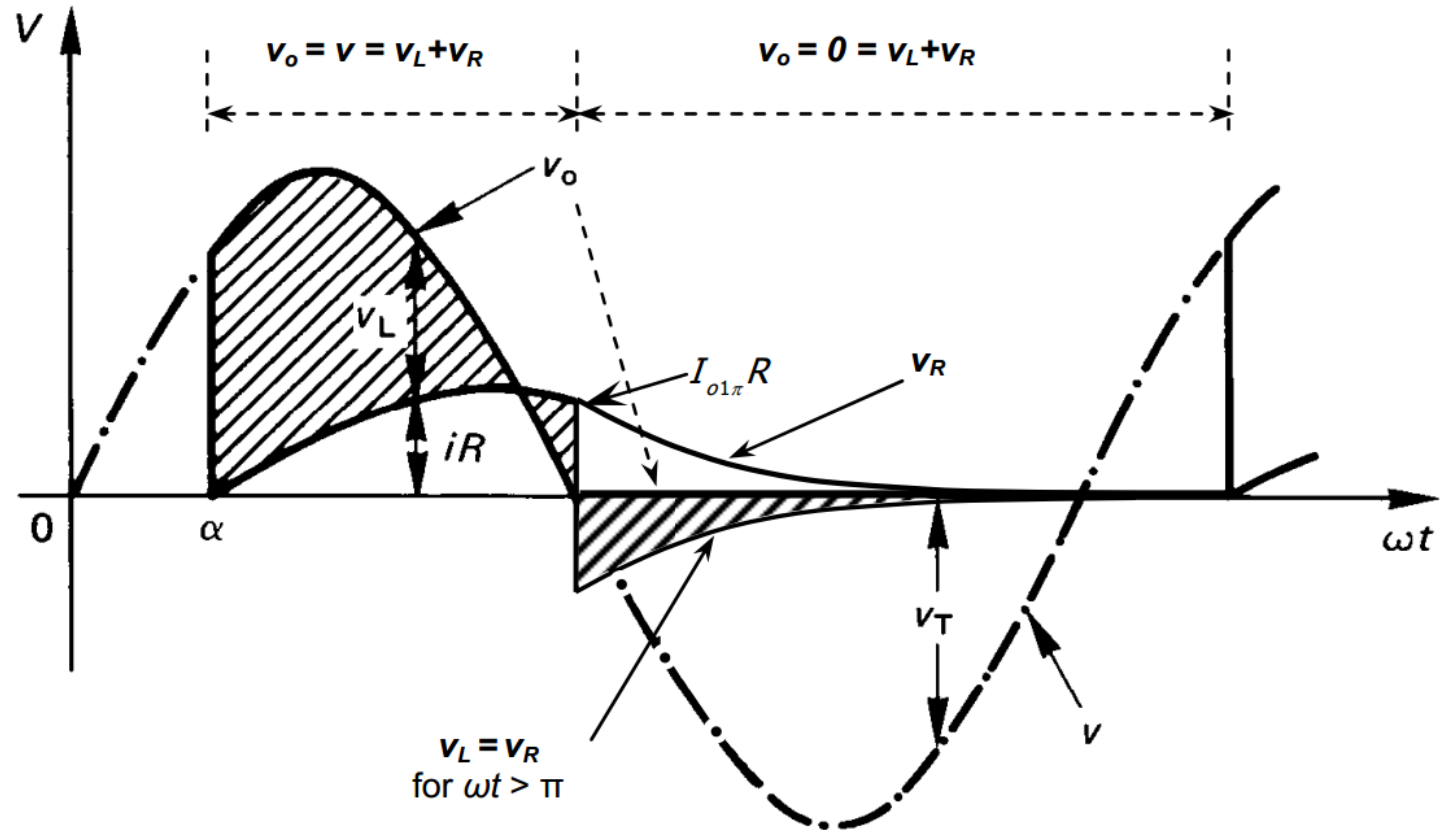
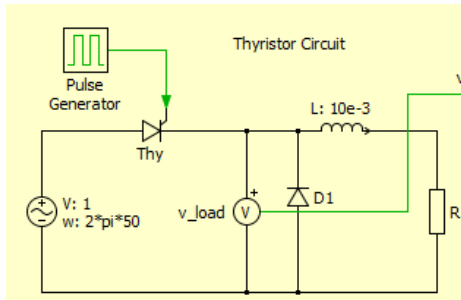
Retificador Meia Onda



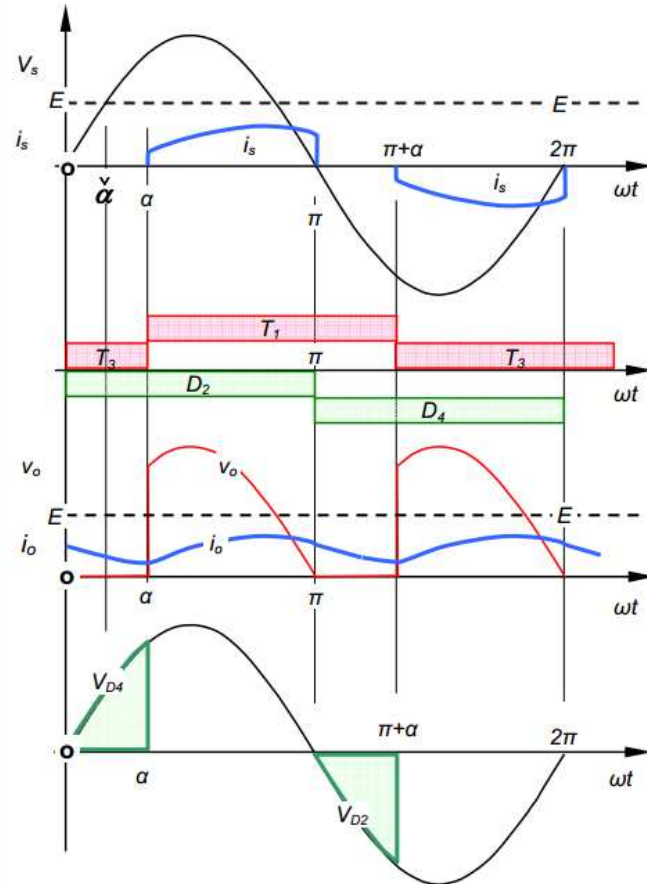
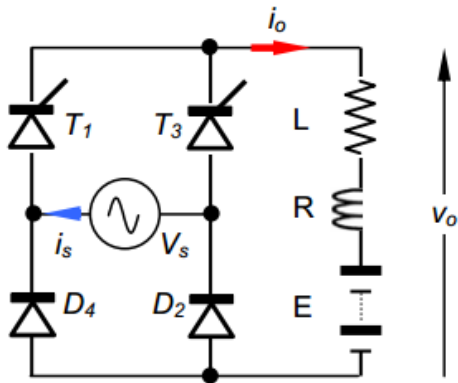
Retificador Meia Onda



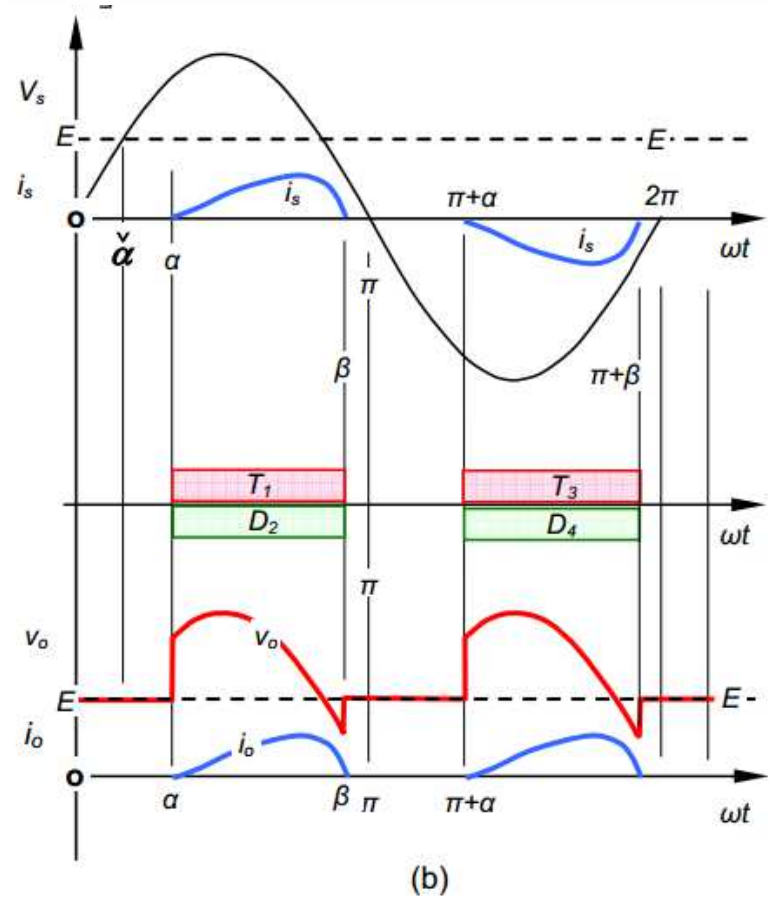
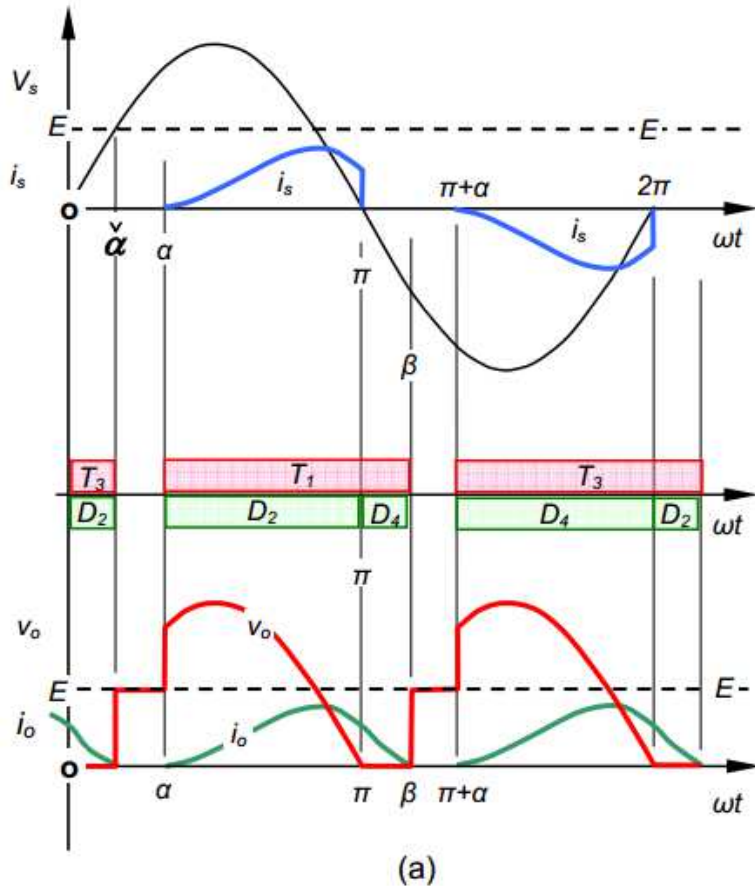
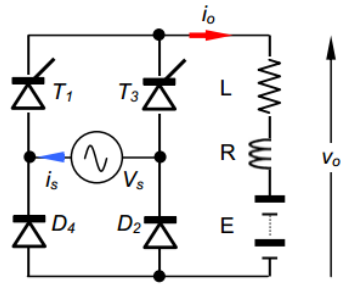
Retificador Meia Onda



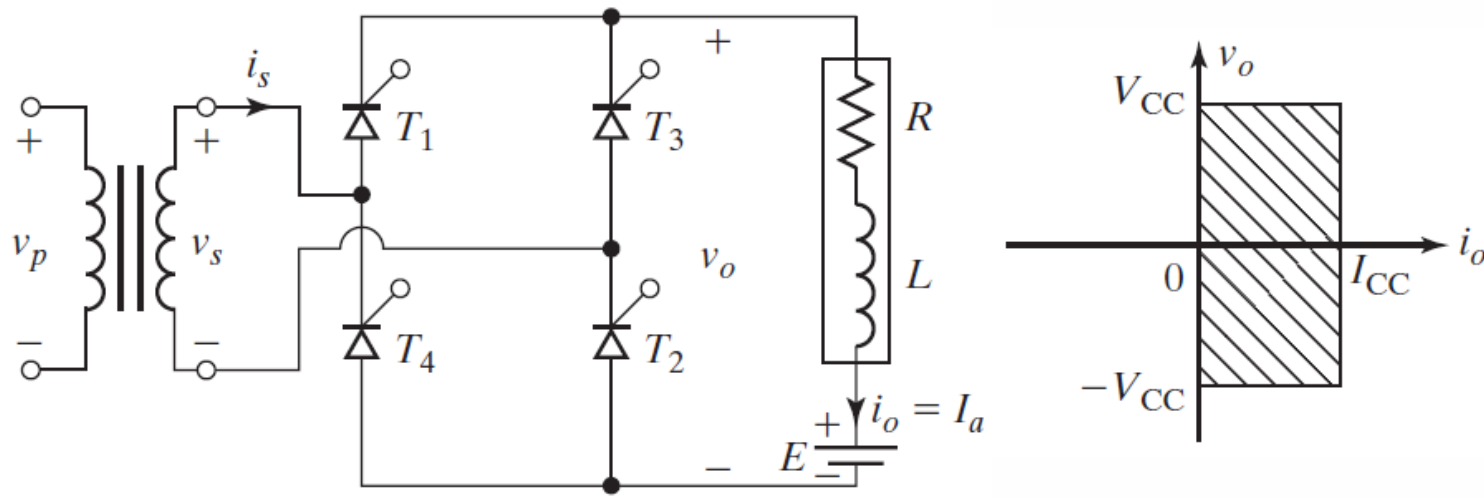
Conversores monofásicos



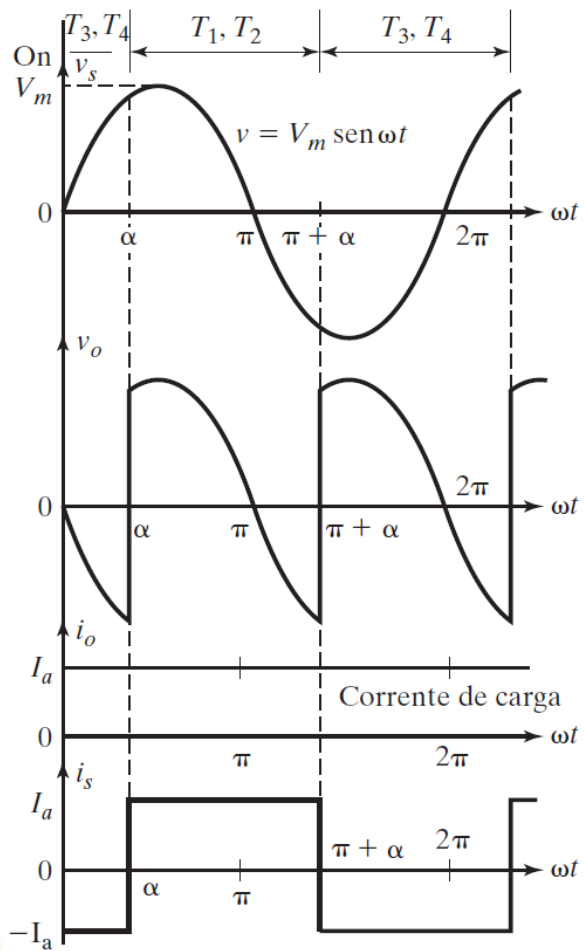
Conversores monofásicos



Conversores monofásicos completos



Conversores monofásicos completos

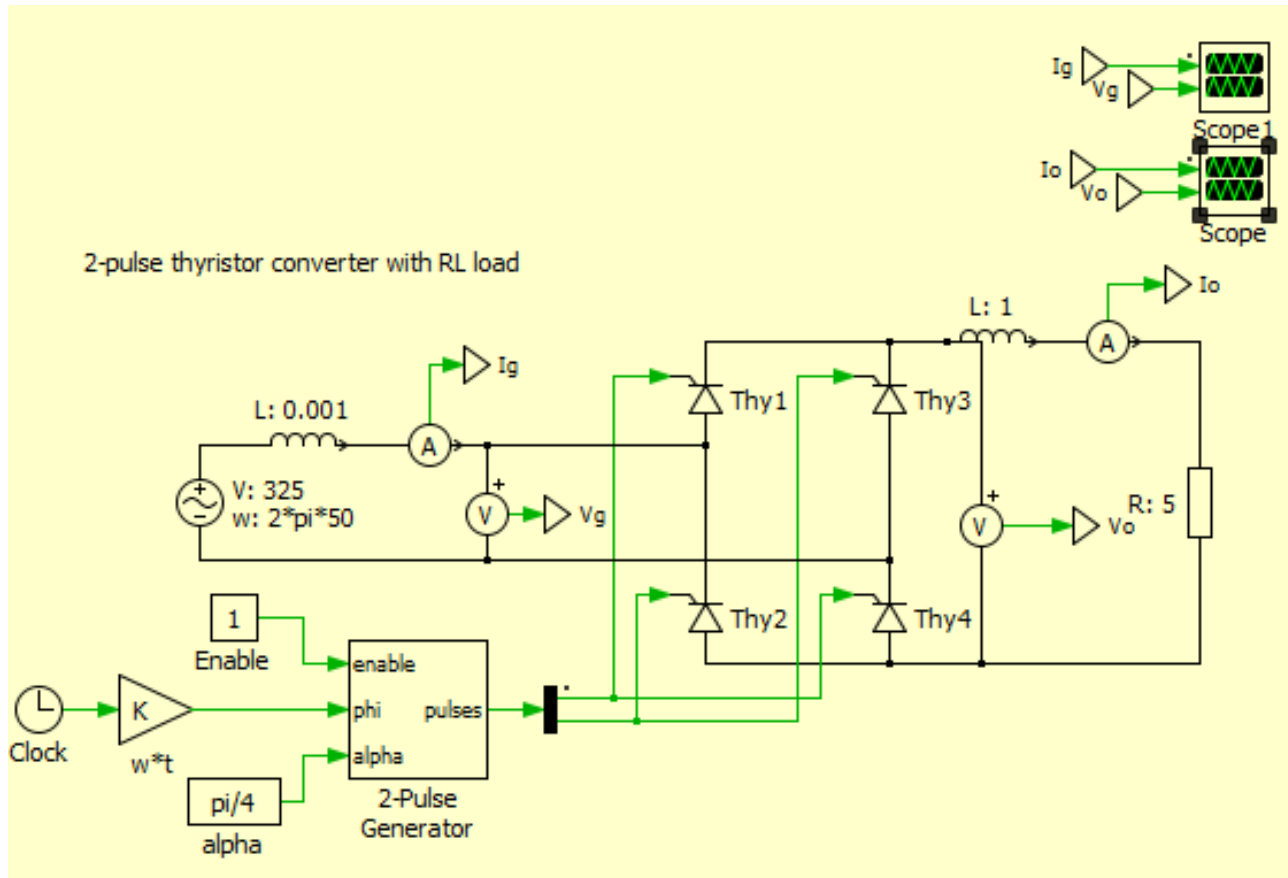


Conversor monofásico completo.
Tensão de alimentação de entrada,

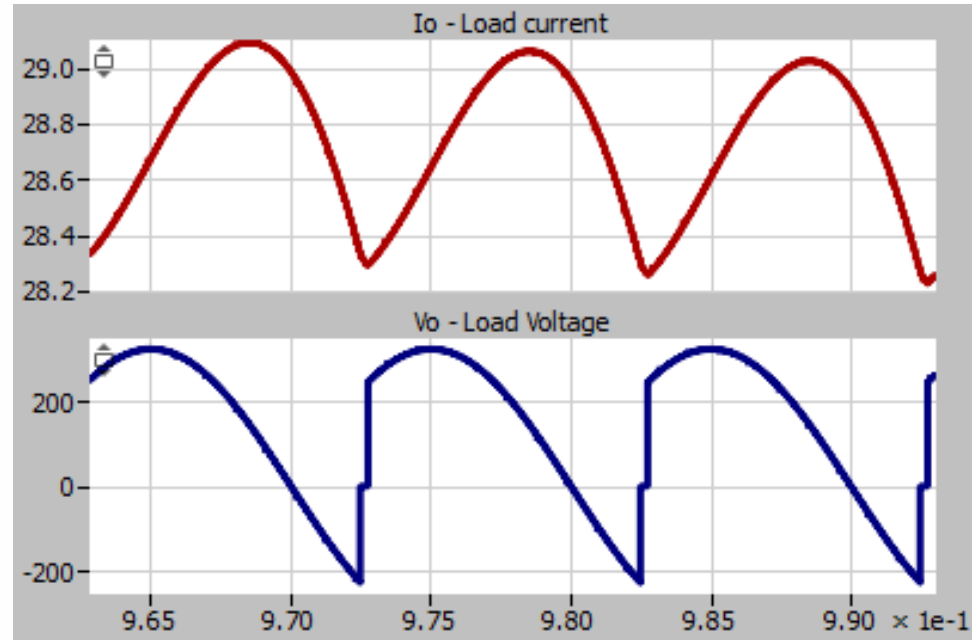
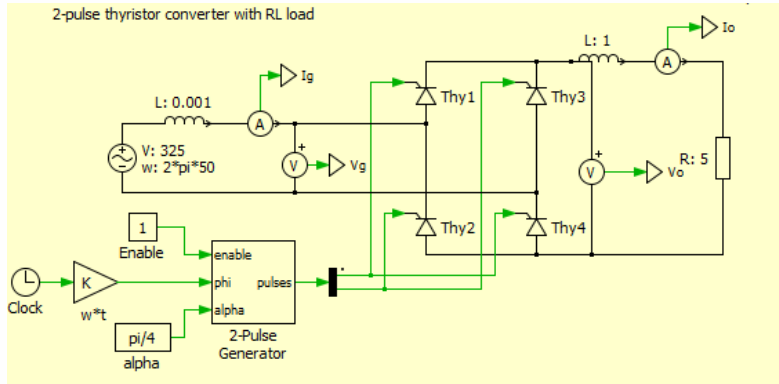
tensão de saída,

corrente de carga constante e
corrente de alimentação de entrada:

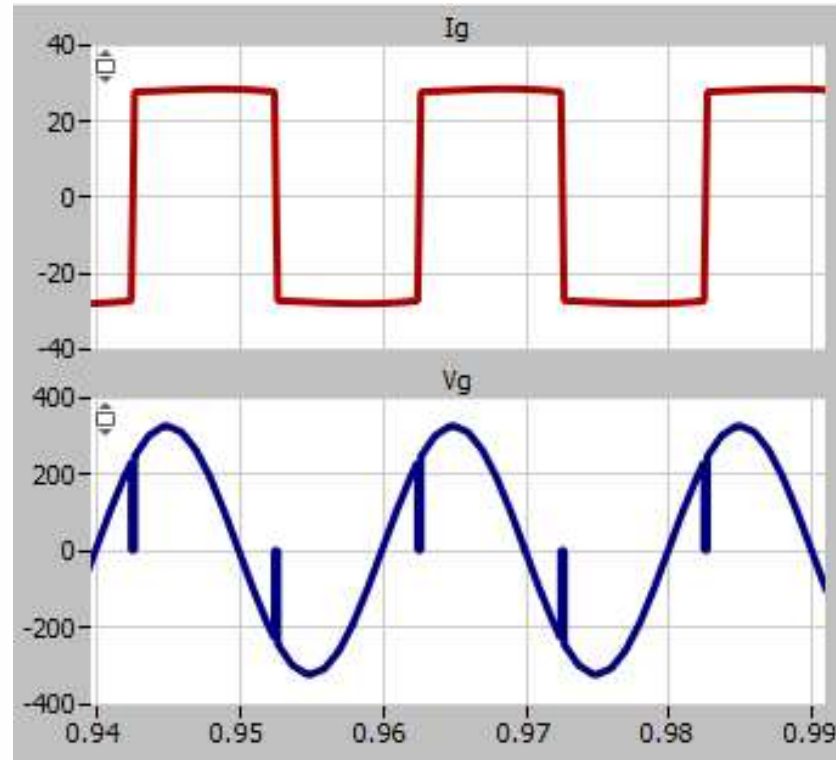
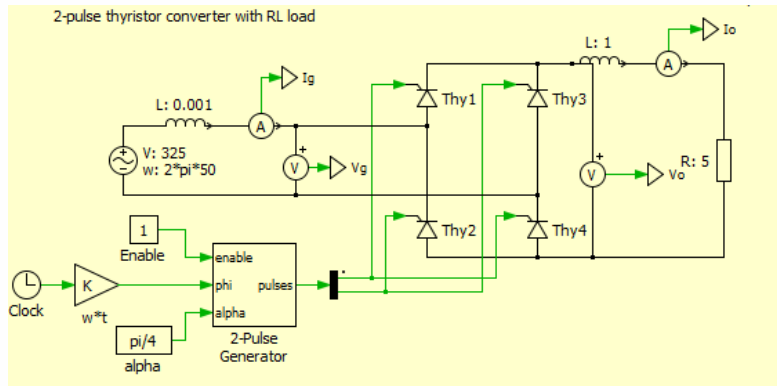
Conversores monofásicos completos



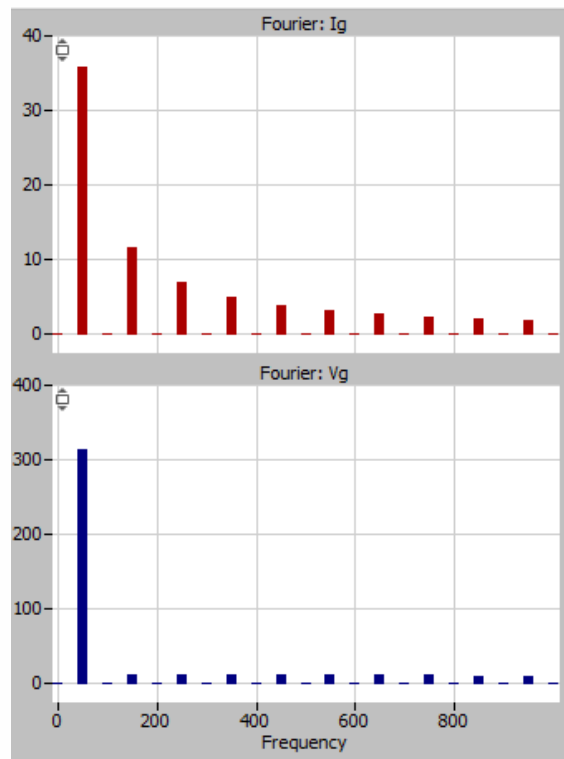
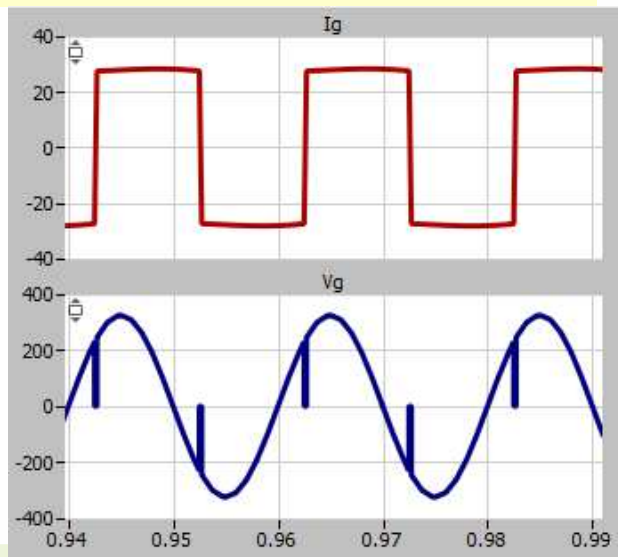
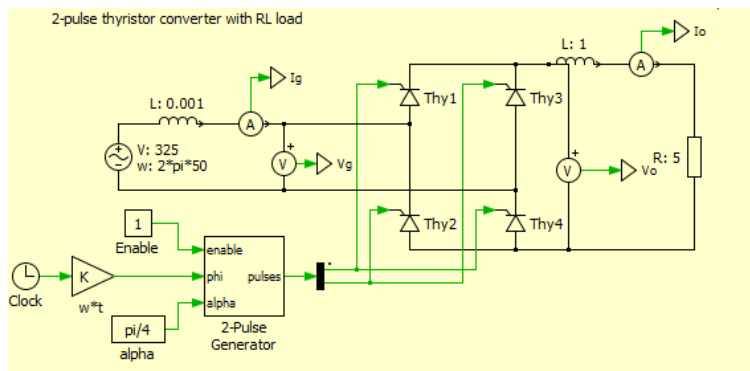
Conversores monofásicos completos



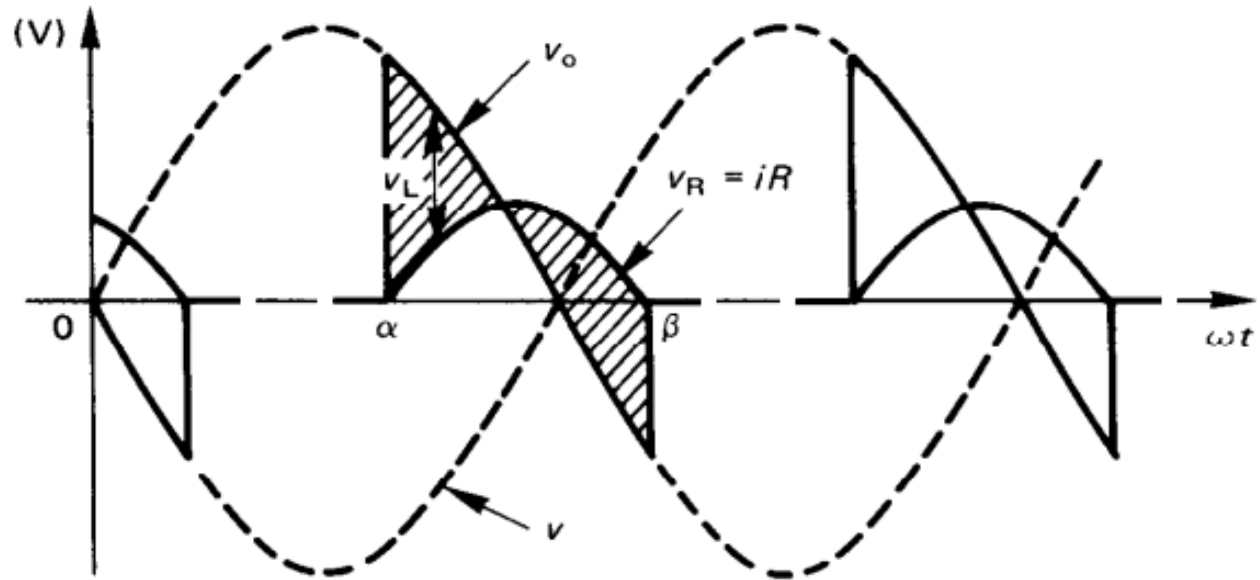
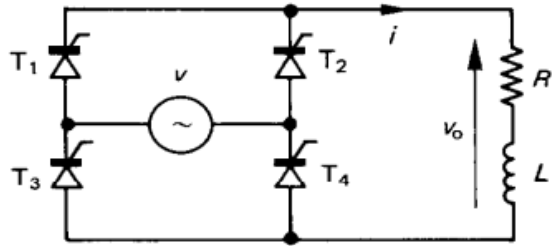
Conversores monofásicos completos



Conversores monofásicos completos

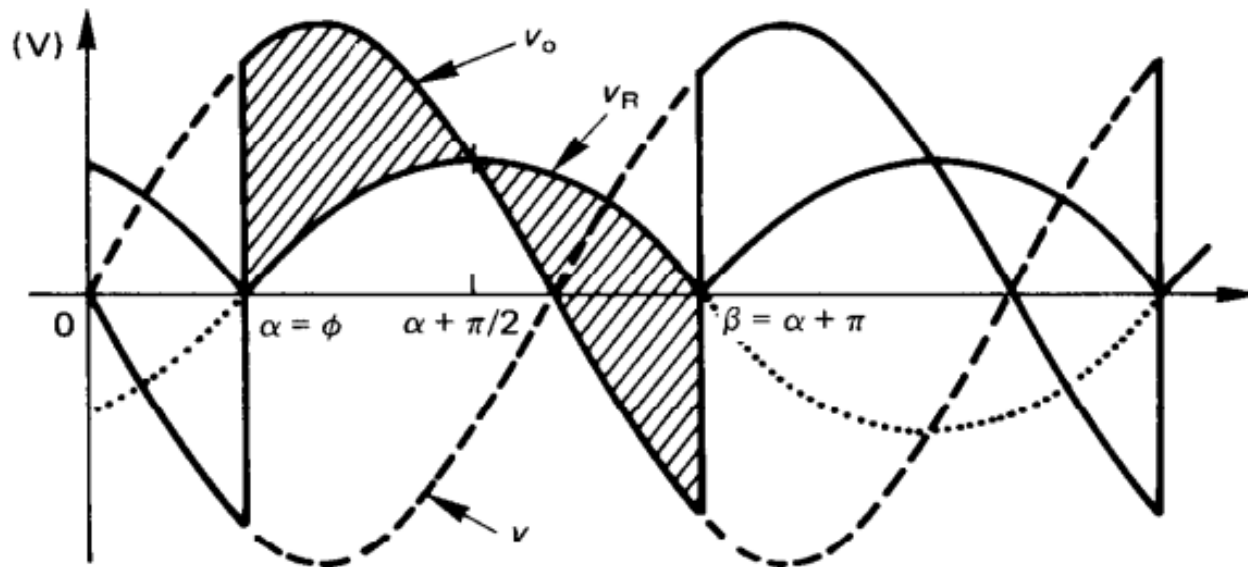
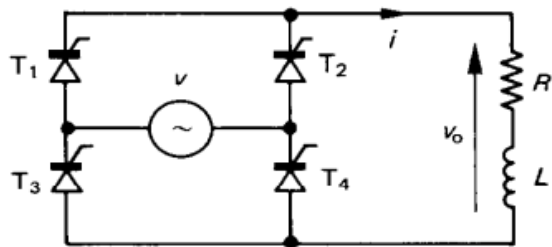


Conversores monofásicos completos



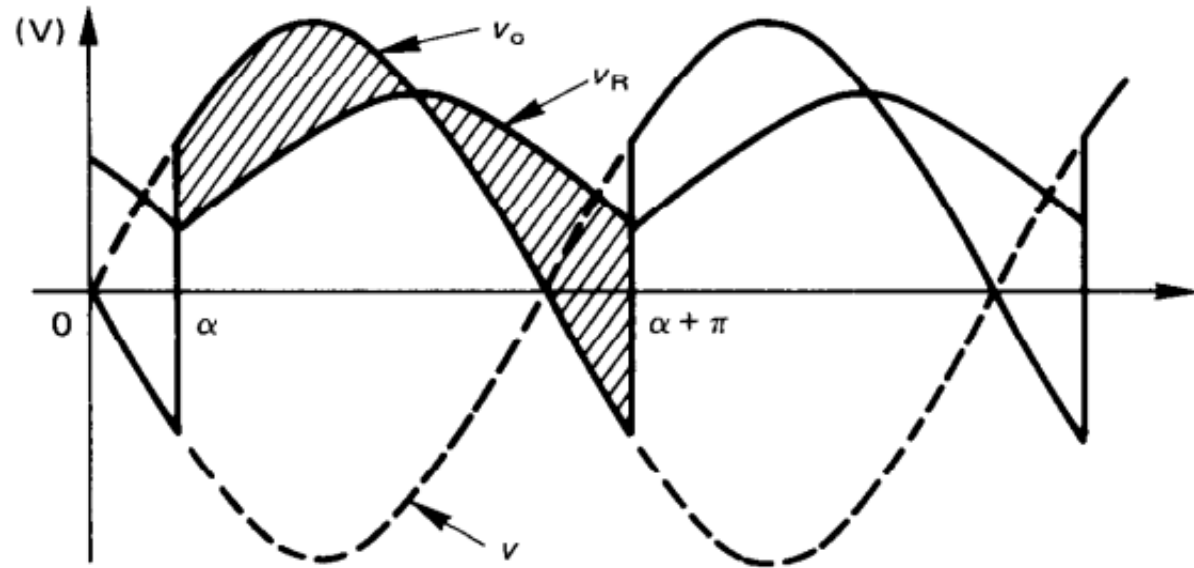
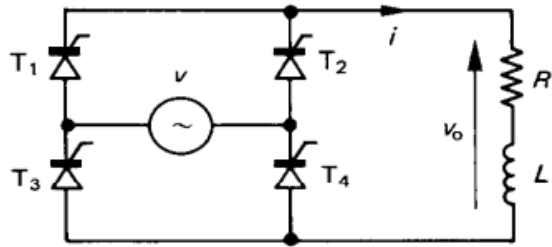
MODO DESCONTÍNUO

Conversores monofásicos completos



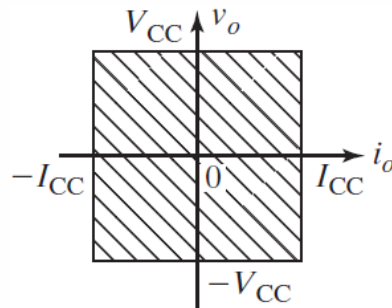
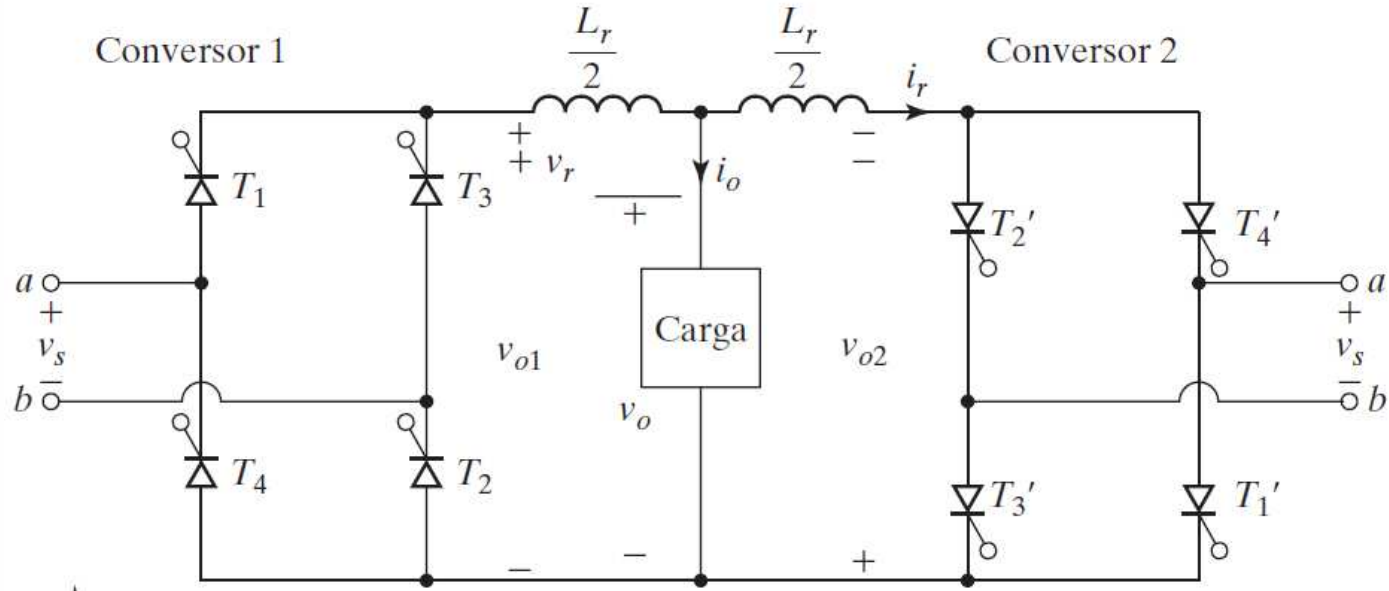
Limite Modo Contínuo

Conversores monofásicos completos

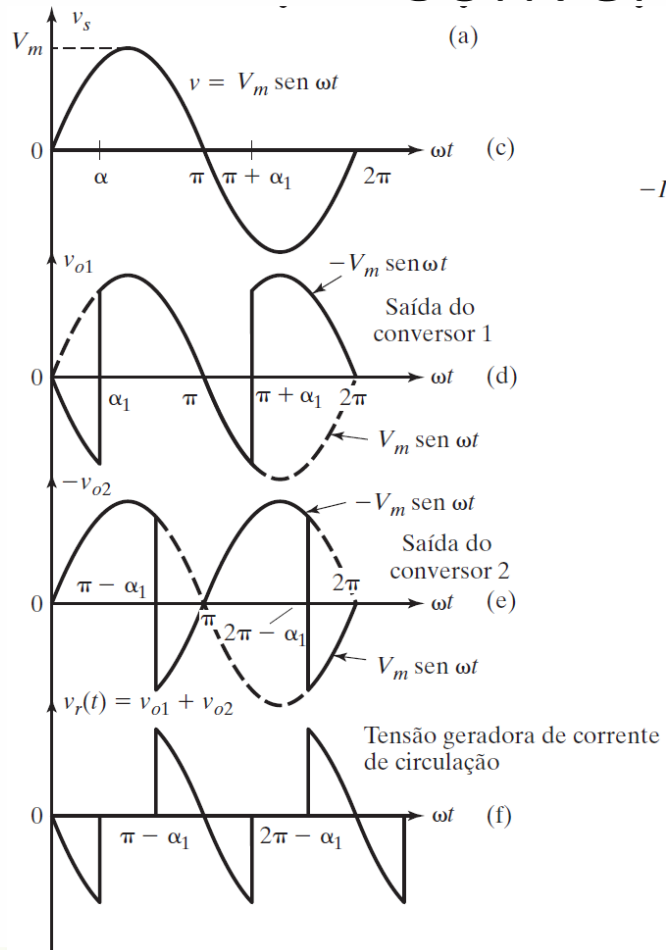


Modo Contínuo

Conversores duais monofásicos



Conversores duais monofásicos



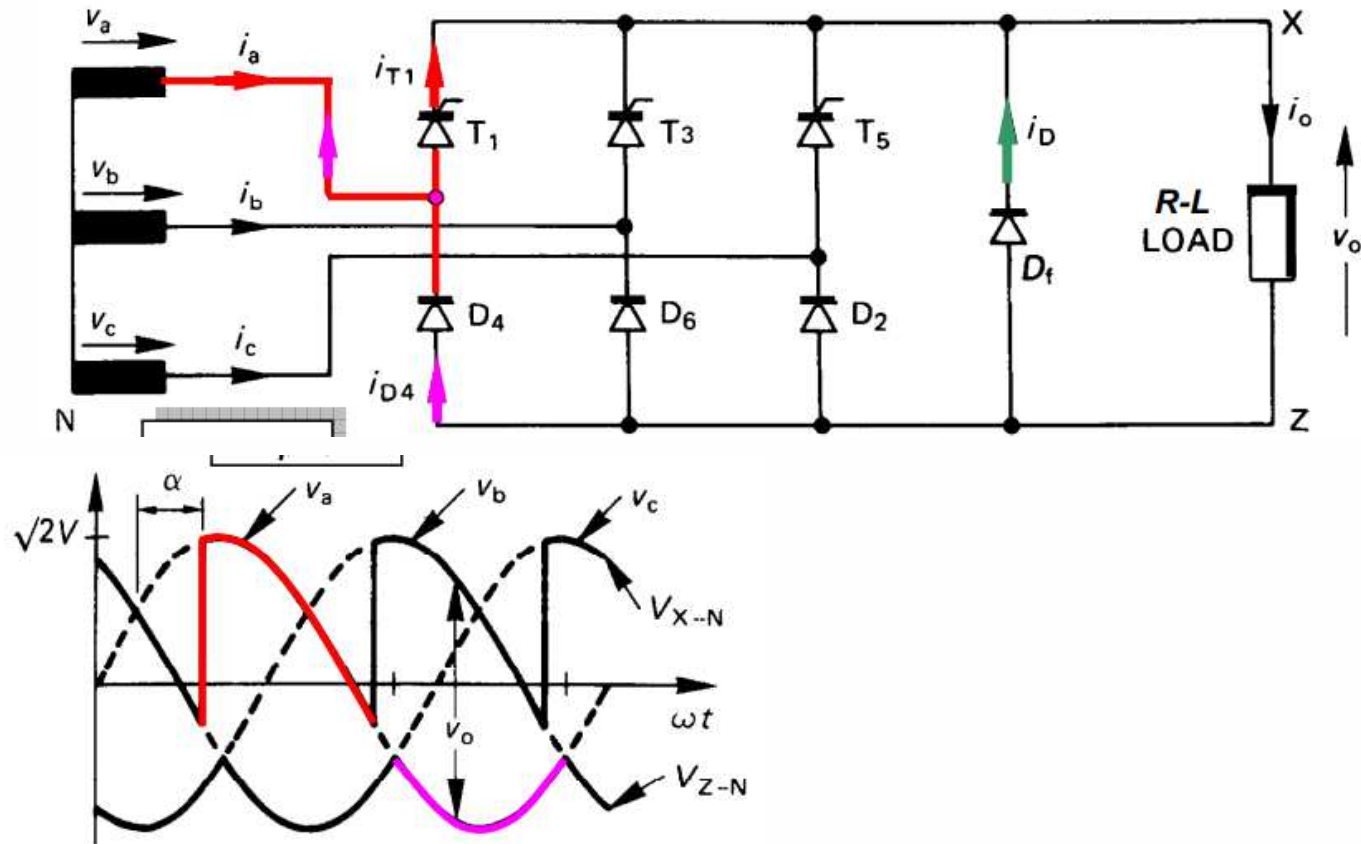
Conversor dual monofásico. Tensão de alimentação de entrada,

tensão de saída para o conversor 1,

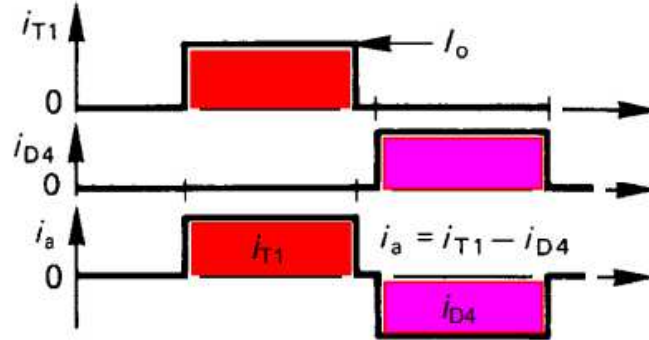
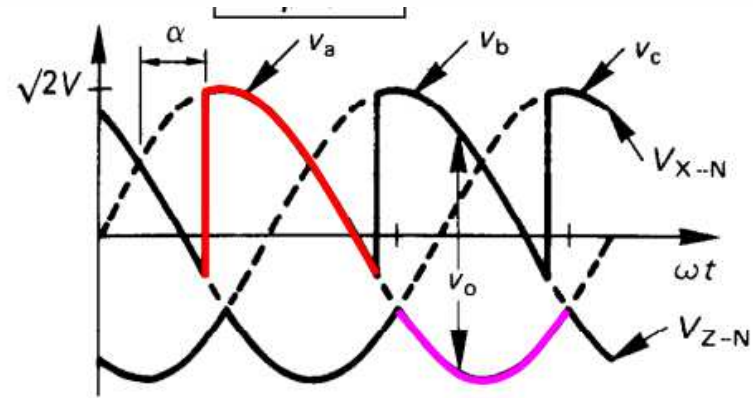
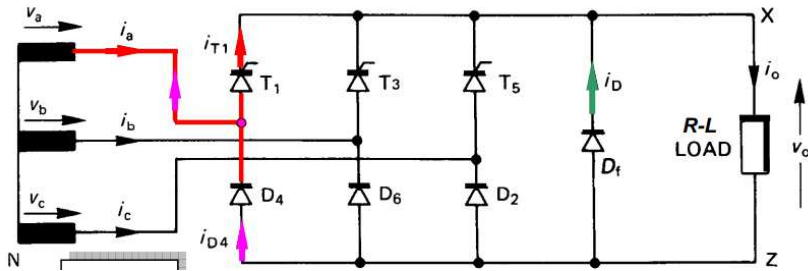
tensão de saída para o conversor 2 e

tensão no indutor de circulação:

Conversores trifásicos

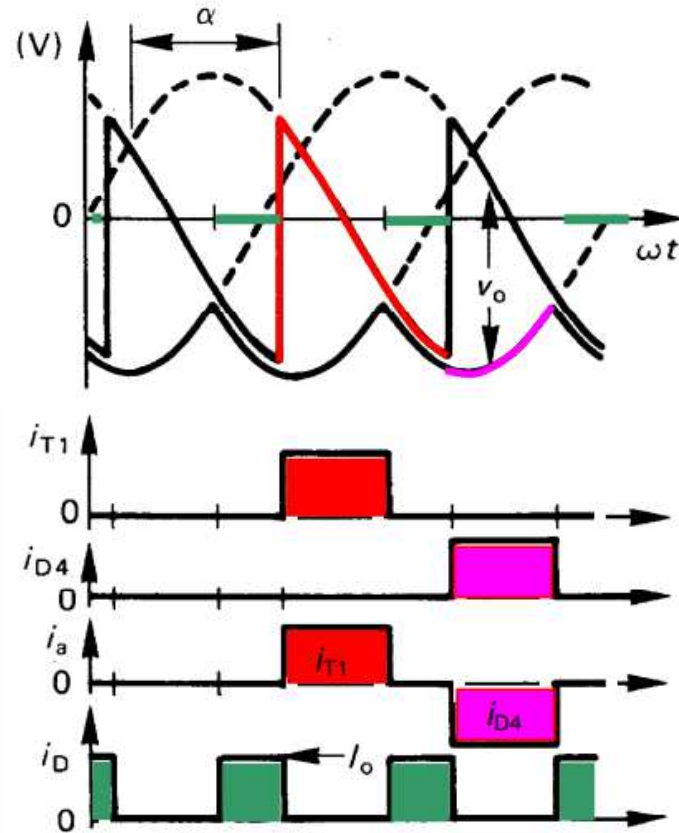
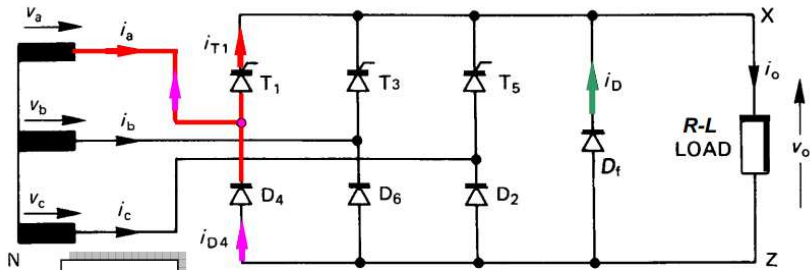


Convertidores trifásicos

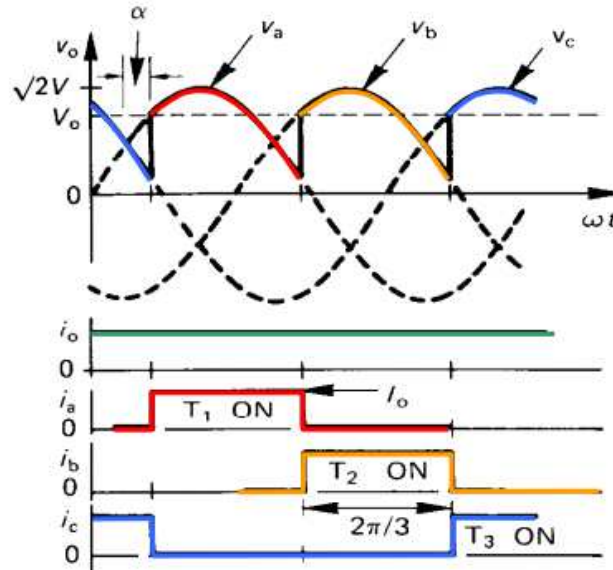
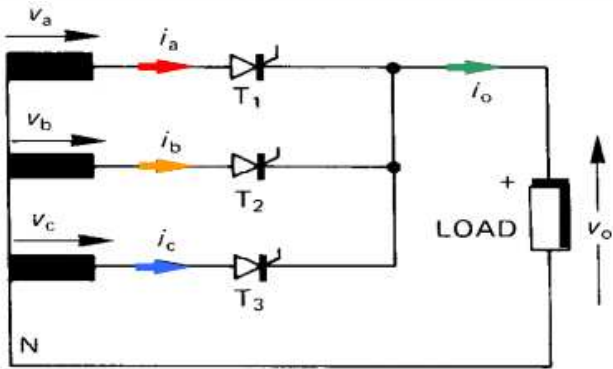


$$i_D = 0$$

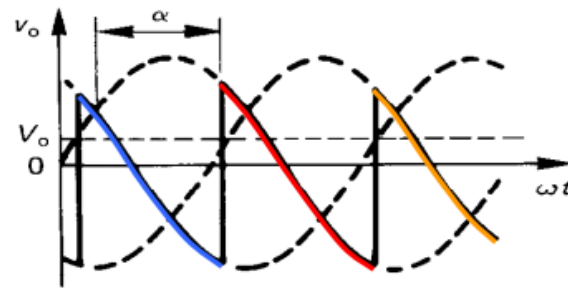
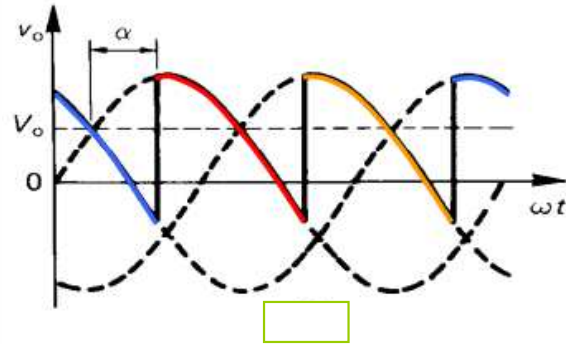
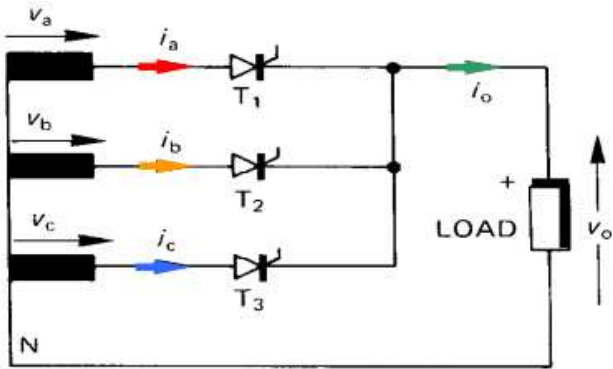
Conversores trifásicos



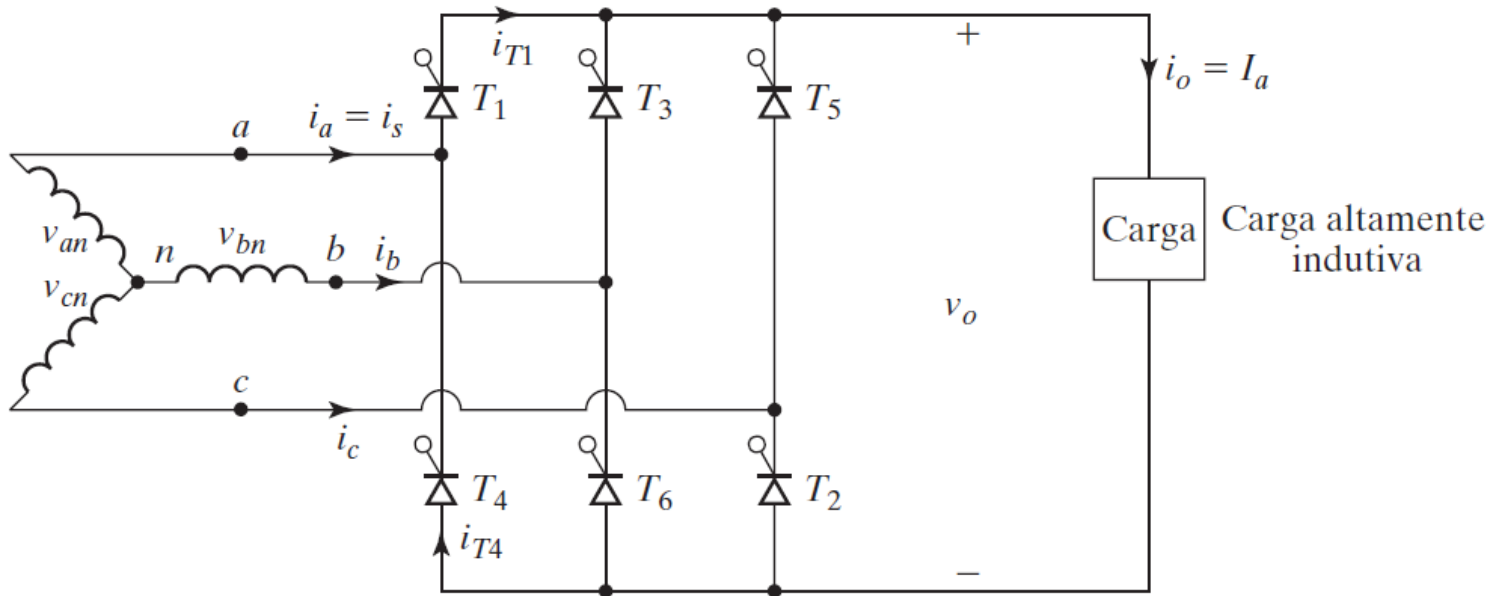
Convertidores trifásicos



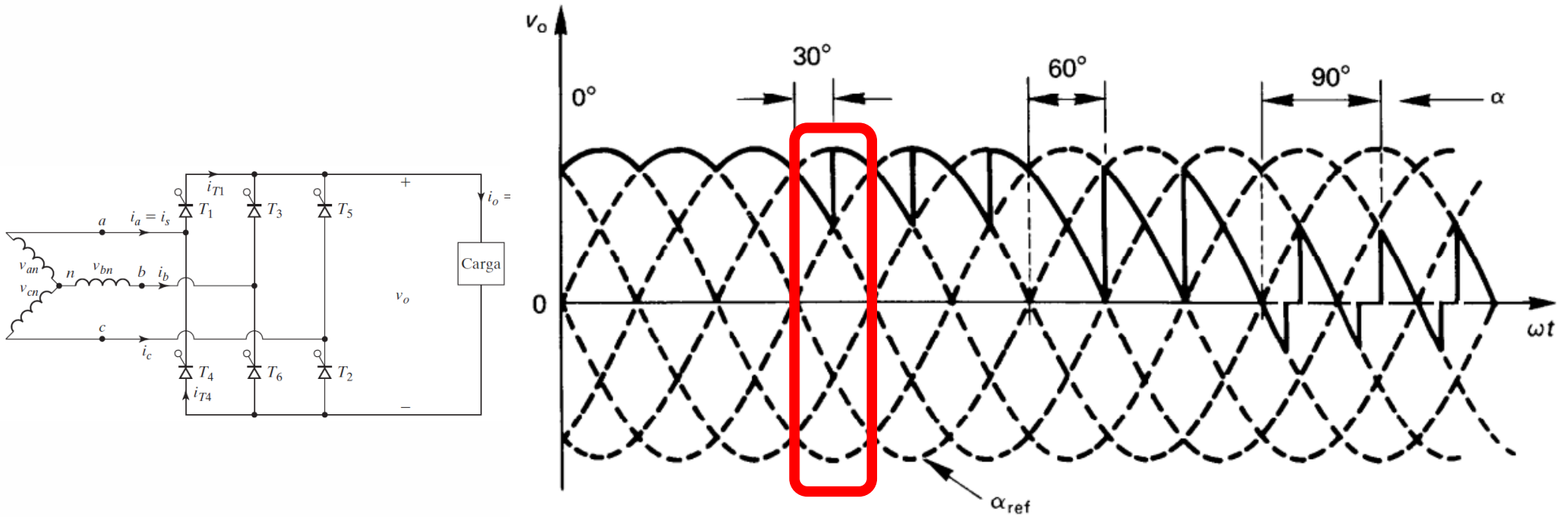
Conversores trifásicos



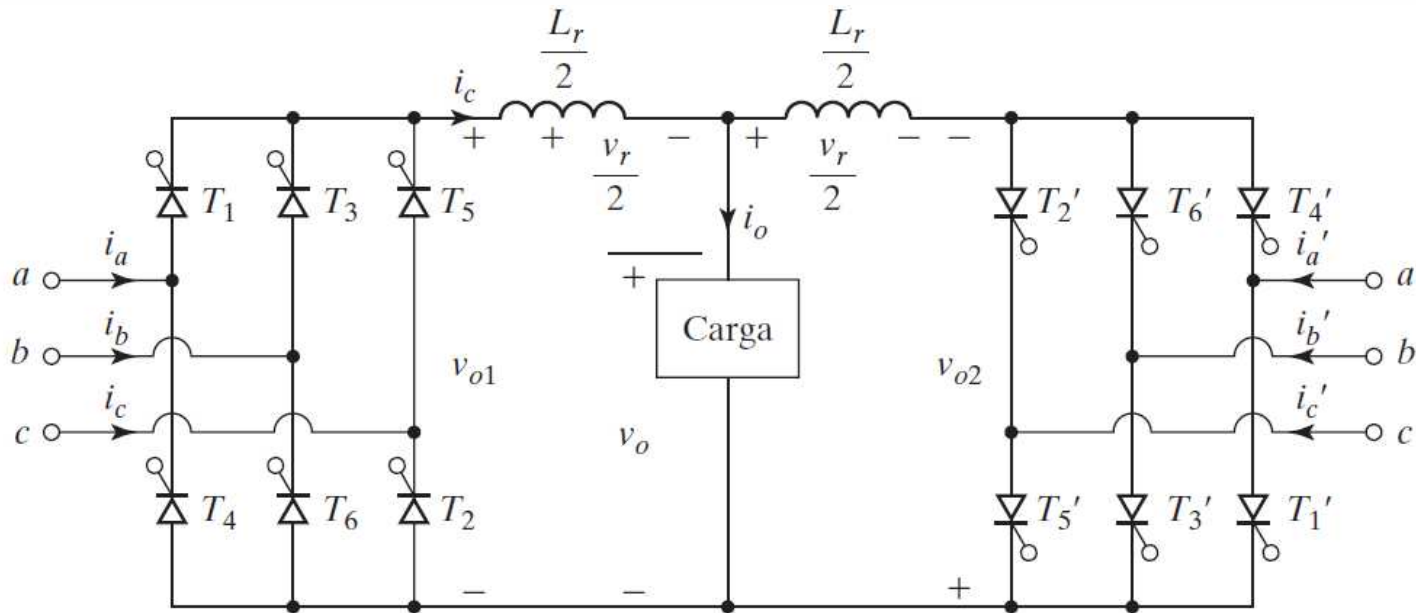
Conversores trifásicos completos



Conversores trifásicos completos

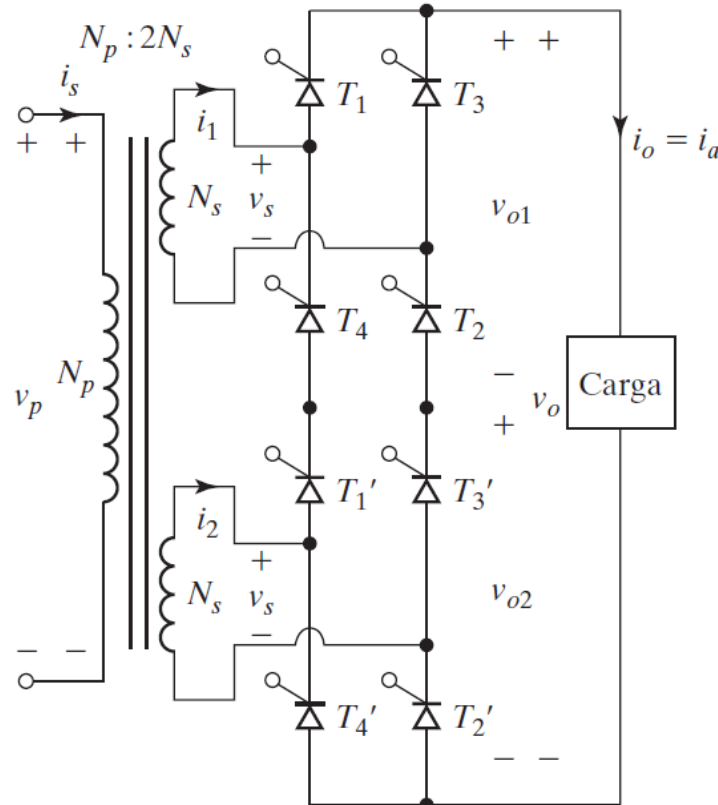


Conversores duais trifásicos

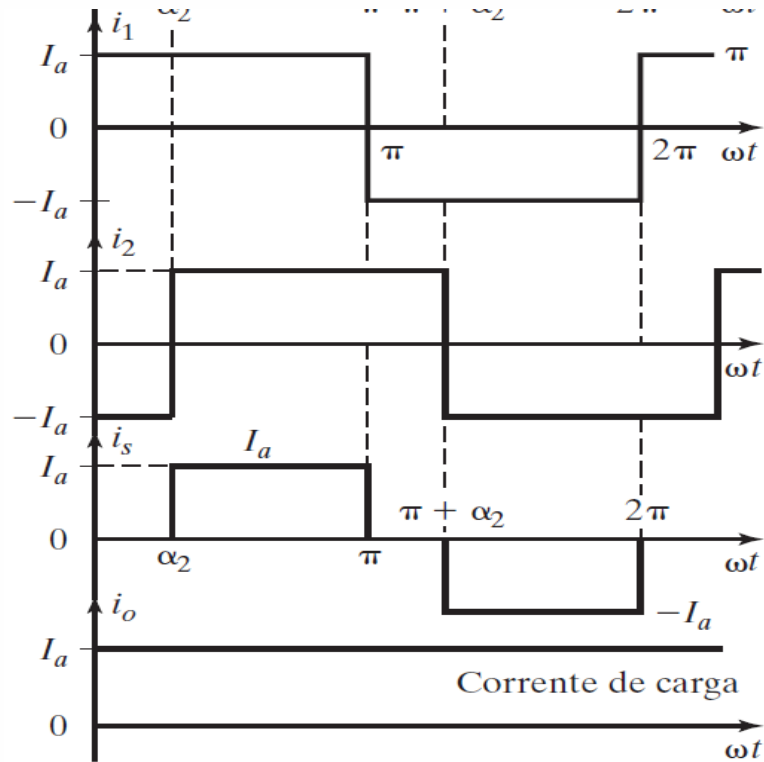
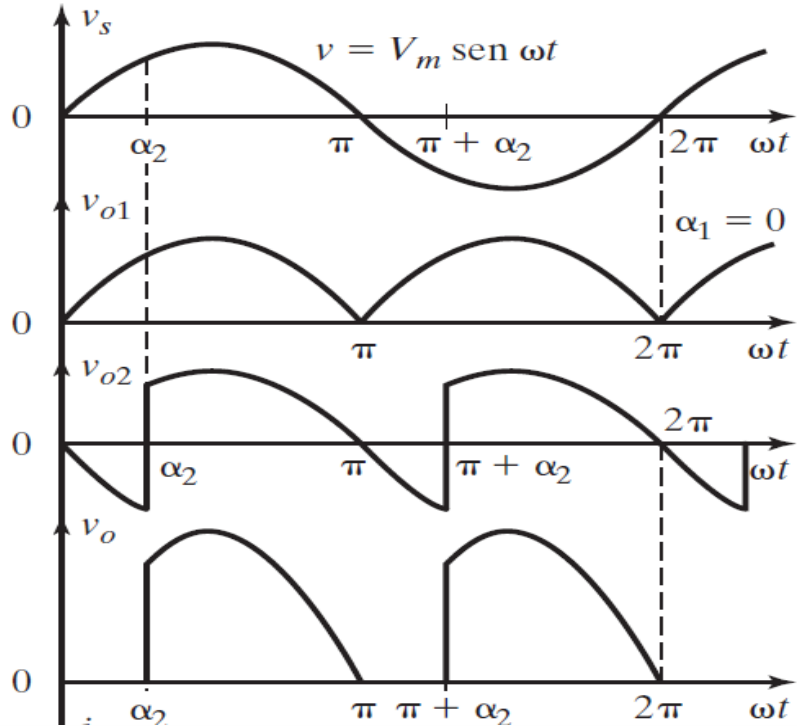


Conversores monofásicos em série

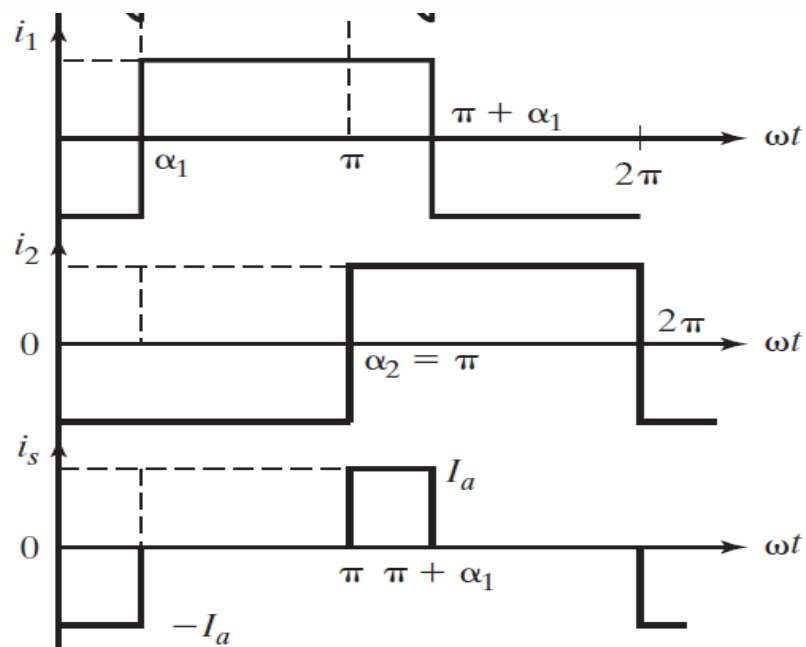
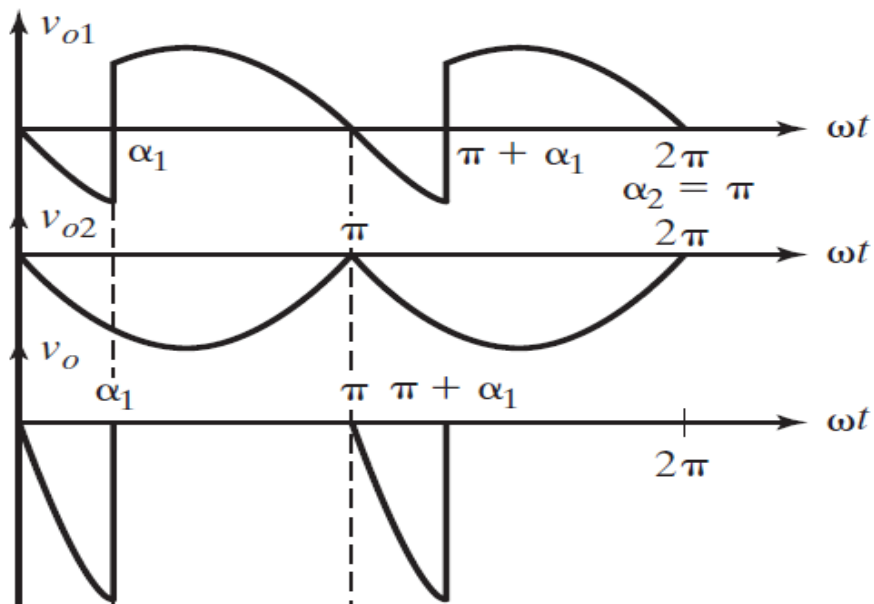
- Conversores monofásicos completos.



Conversores monofásicos em série

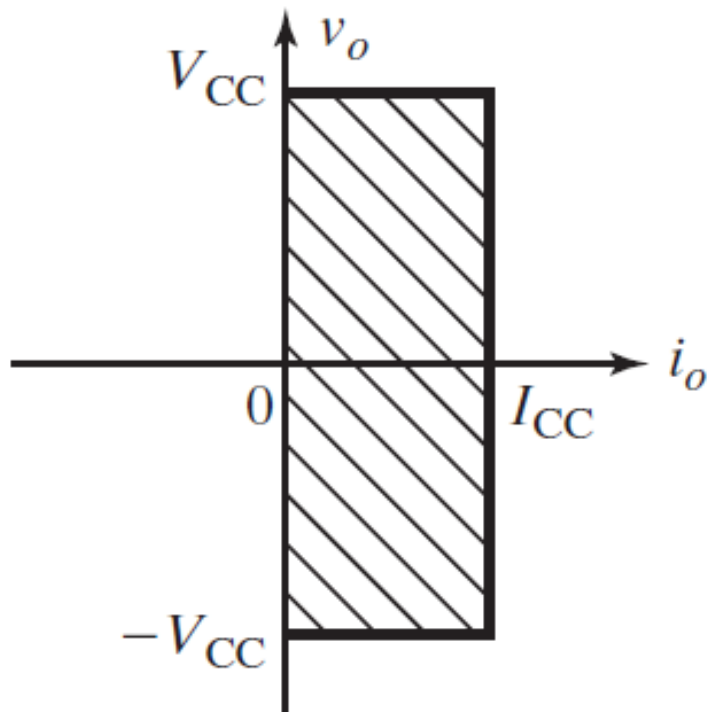


Conversores monofásicos em série



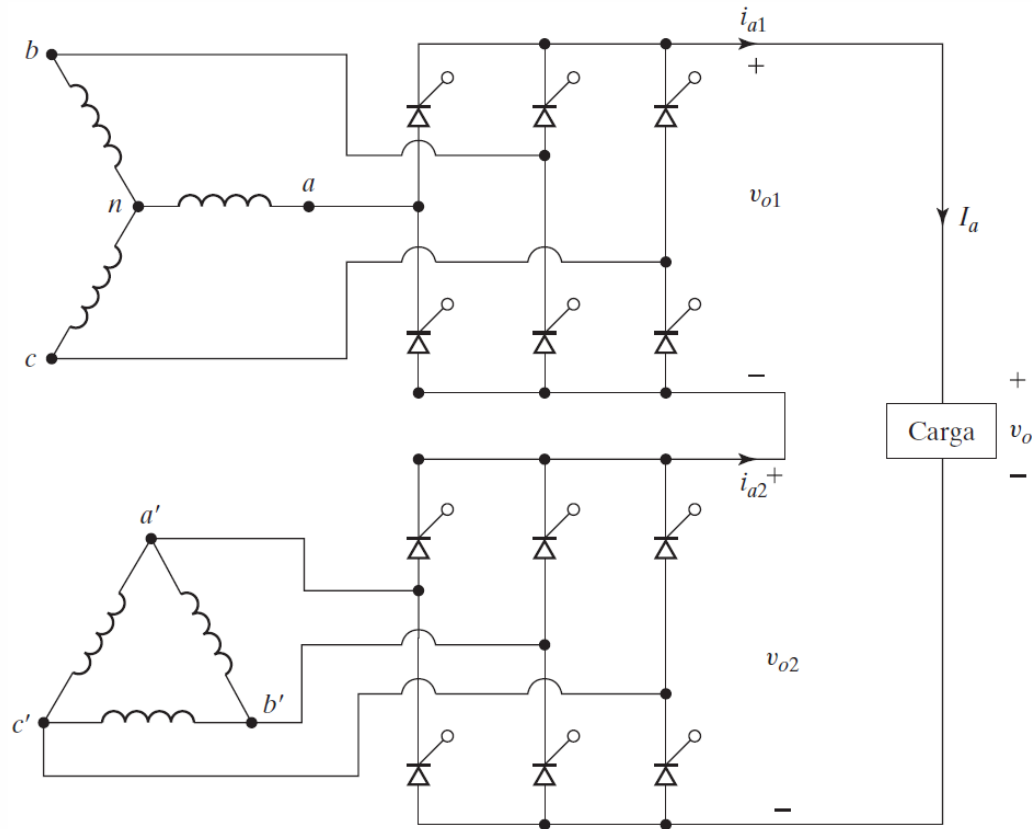
Conversores monofásicos em série

- Conversores monofásicos completos. Quadrantes:



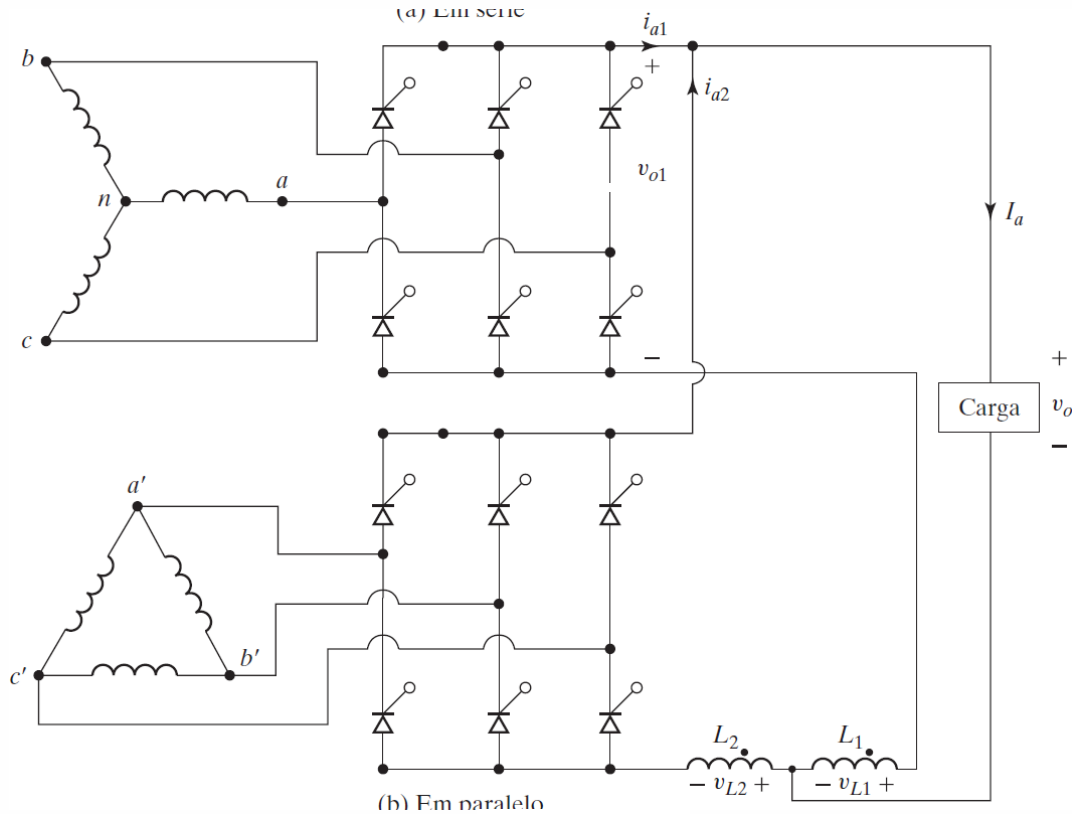
Conversores de doze pulsos

- Configurações para saída de 12 pulsos. Em série:



Conversores de doze pulsos

- Configurações para saída de 12 pulsos. Em paralelo:



Conversores Industriais

SIEMENS



Company

Products

DC variable-speed DC drive / AC / Modbus
G120P series



Conversores Industriais



Products > Motor and Motor Control > Regenerative DC drive > CONTROL TECHNIQUES

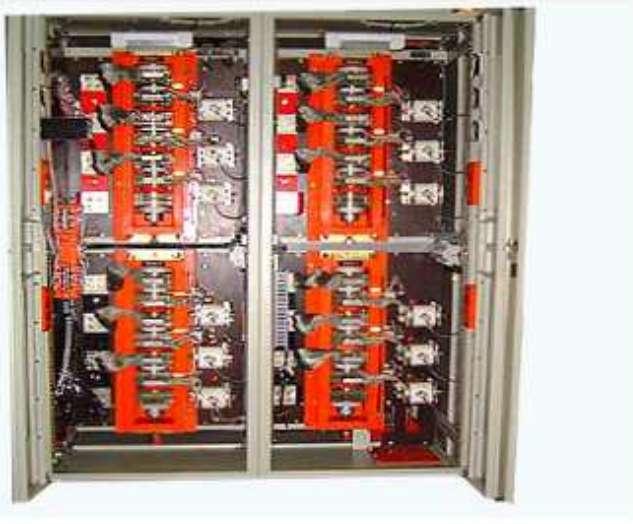
- **Current:**
Min.: 25 A
Max.: 2500 A
- **Power:**
Min.: 5 ch (4.93 hp)
Max.: 1600 ch (1578.11 hp)

Regenerative DC drive / four-quadrant / for automation
Mentor MP



Conversores Industriais

Digital DC drive / motor



PRICES / QUOTE



QUESTION



DOCUMENTATION



WHERE TO BUY



FAVORITES

Characteristics

- Type:
digital
- Other characteristics:
motor
- Power:
Min.: 20 kW (26.82 hp)
Max.: 5000 kW (6705.11 hp)

Capítulo 10 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