



e-Learning tools for Electrical Engineering

Temática – Electrónica de Potência

Capítulo – Generalidades

Secção – Estruturas de conversão

CONVERSORES DIRECTOS

INTRODUÇÃO

Neste curso, define-se o que se entende por conversor directo: é um circuito electrónico, no qual os interruptores com dispositivos semicondutores ou electrónicos, e funcionando em regime de comutação, interagem directamente sobre as ligações entre o gerador e o receptor que este alimenta.

Mostra-se a seguir, com 3 exemplos, como agir sobre as ligações entre o gerador e o receptor, para:

- converter uma tensão alternada numa tensão praticamente contínua
- converter uma tensão contínua numa tensão alternada (não sinusoidal).

Pré-requisitos: nenhum

Nível: Bases da engenharia electrotécnica ou área de especialização

Duração estimada: 15 minutos

Autor: Francis Labrique

Realização: Sophie Labrique

Versão Portuguesa: Fernando Alves da Silva.



Este projecto é financiado pela União Europeia no âmbito de uma acção Sócrates-Minerva. As informações nele contidas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores. A União Europeia declina toda a responsabilidade relativamente ao seu uso.

1. ESTRUTURA E COMANDO

Num conversor comutado directo os interruptores, com dispositivos semicondutores funcionando em regime de comutação, ligam (ou desligam) directamente os terminais de saída do gerador aos do receptor (figura 1).

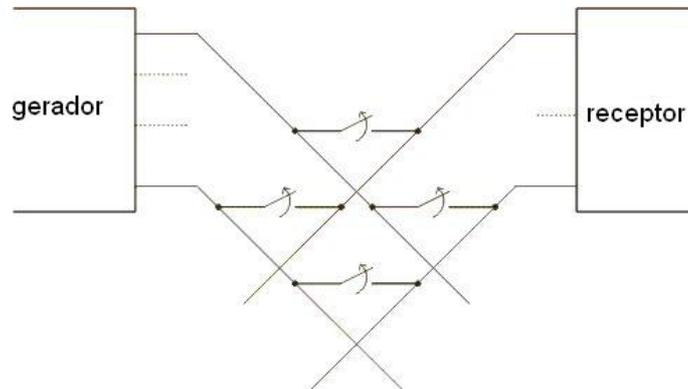


Figura 1

Em função do estado dos semicondutores (CONDUÇÃO ou CORTE), estabelecem-se (ou suprimem-se) as ligações entre os bornes do gerador e do receptor.

As tensões, as correntes e a potência fornecida pelo gerador ao receptor, dependem do arranjo topológico dos dispositivos semicondutores e das relações entre os seus intervalos de condução e os de corte. Estas relações geralmente variam em função do tempo (dinâmica).

As comutações (passagens do estado condutor ao estado de corte, e vice-versa) dos dispositivos semicondutores, depende do tipo de dispositivo semicondutor usado (díodo, dispositivo de condução comandada, dispositivos de corte e condução comandadas) e resulta:

- ou da evolução temporal das correntes que atravessam os terminais de potência dos semicondutores, e/ou da tensão aplicada nesses terminais (polarização);
- ou do comando eléctrico aplicado nos terminais de comando do semicondutor, estando garantidas as condições de polarização necessárias.

Nos semicondutores comandados existentes é possível actuar (através das tensões e correntes no terminal de comando) na evolução temporal das ligações entre o gerador e o receptor (figura 2). No entanto, é **NECESSÁRIO GARANTIR** que as interligações a estabelecer ou a interromper respeitam a teoria dos circuitos (leis de Kirchhoff, constituição dos elementos do circuito) e respeitam a continuidade da energia eléctrica nos elementos indutivos (L) e capacitivos (C) próprios do gerador e do receptor.

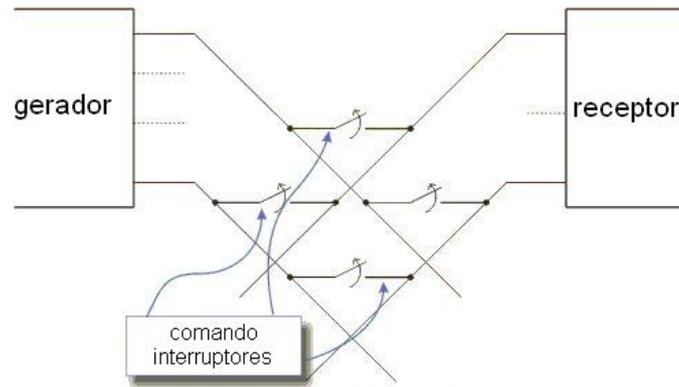


Figura 2

2. EXEMPLO DE CONVERSÃO A REALIZAR: A RECTIFICAÇÃO

Pretende alimentar-se um receptor ou carga resistiva-indutiva (R - L) com uma tensão contínua a partir de um gerador ou fonte de tensão alternada trifásica ligada em estrela (figura 3).

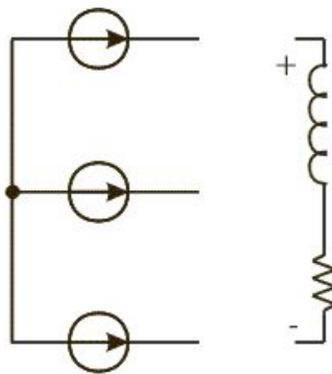


Figura 3

Pode começar-se por ligar um dos terminais (o assinalado -) da carga ao ponto neutro da estrela das fontes de tensão.

Liga-se agora o terminal + do receptor RL aos três terminais livres do gerador trifásico, usando para isso três interruptores K_1 , K_2 , K_3 , baseados em dispositivos semicondutores (figura 4).

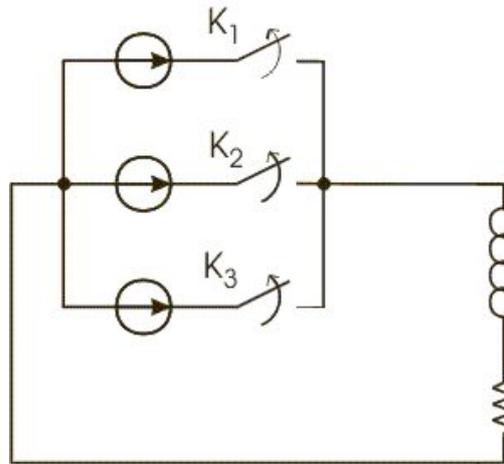


Figura 4

Os três interruptores electrónicos poderão ser escolhidos ou comandados para que conduza:

- K_1 durante o intervalo de tempo onde a tensão e_1 é a mais positiva
- K_2 durante o intervalo de tempo onde a tensão e_2 é a mais positiva
- K_3 durante o intervalo de tempo onde a tensão e_3 é a mais positiva

Obtém-se uma tensão com valor médio positivo. No entanto, ela é apenas aproximadamente contínua (no sentido de constante), dado que a tensão apresenta uma variação temporal (tremor) em torno do seu valor médio (figura 5).

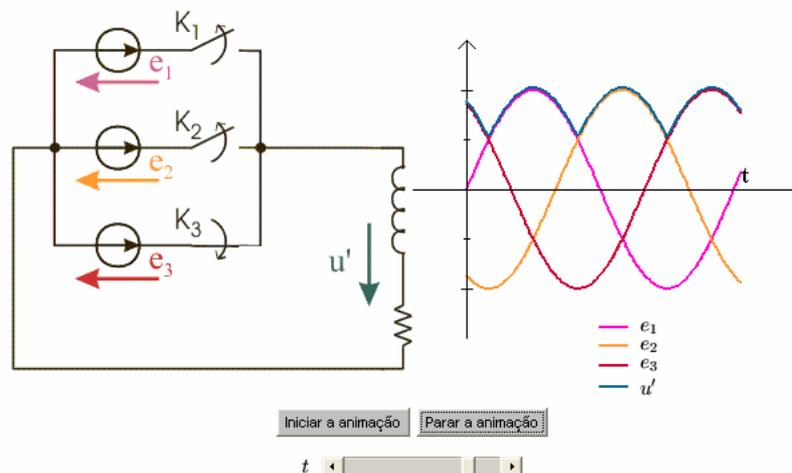


Figura 5

Apesar disso, a corrente na carga é tanto mais próxima duma corrente contínua (constante) quanto maior for o valor do coeficiente de auto-indução da bobine da carga, dado que esta exige, para grandes variações de corrente, grandes variações de tensão ($u_L(t) = L \frac{di_L}{dt}$), "opondo-se" então às variações da corrente, tanto mais quanto maior for L e menor o tremor da tensão.

Se a variação (ou tremor) da corrente não for suficientemente baixa, para tornar a tensão aos terminais de R quase constante, pode construir-se um filtro L - C , acrescentando-se um condensador C em paralelo com a resistência R (figure 6).

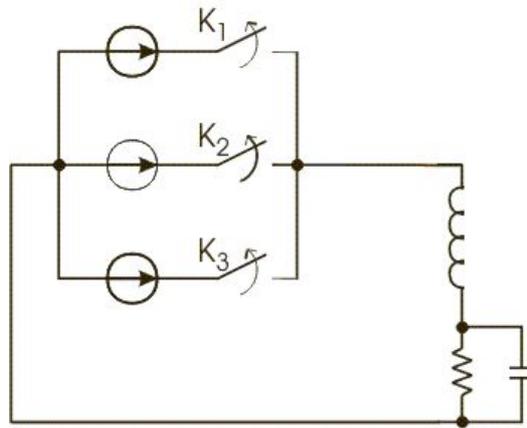


Figura 6

3. EXEMPLO DE CONVERSÃO A REALIZAR: O ONDULADOR

Pretende alimentar-se um receptor R-L monofásico com uma corrente alternada, a partir de um gerador (fonte) de tensão contínua (figura 7)

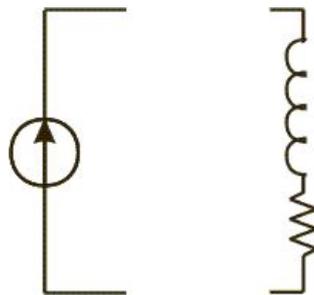


Figura 7

Para obter uma corrente alternada, cada terminal do receptor deve poder ser ligado alternadamente e sucessivamente a cada um dos terminais + e - da fonte de tensão contínua. Liga-se então cada terminal do receptor ao terminal +, com um interruptor electrónico, e também ao terminal - com outro interruptor, obtendo-se um circuito com 4 interruptores electrónicos (figura 8).

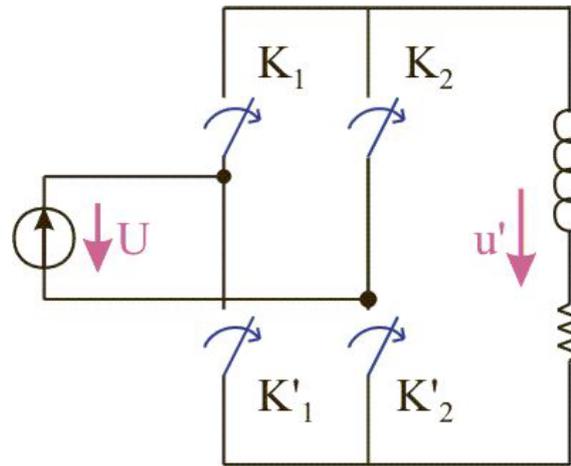


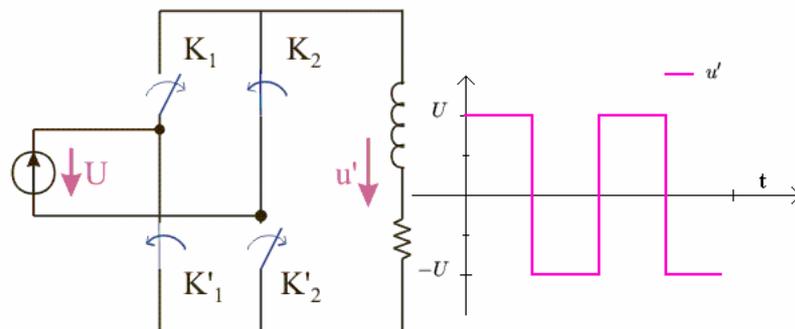
Figura 8

Comandando ao fecho (ou à condução ou ligado) os interruptores K_1 e K'_2 (com K'_1 e K_2 abertos) aplica-se a tensão $+U$ no receptor.

Comandando à condução os interruptores K'_1 e K_2 (com K_1 e K'_2 abertos) aplica-se a tensão $-U$ no receptor.

Fazendo conduzir K_1 e K'_2 , depois K'_1 e K_2 e assim sucessivamente, é aplicada no receptor uma tensão positiva $+U$, depois negativa $-U$, e depois novamente positiva $+U$...

Efectuando periodicamente estas comutações dos interruptores, de forma a aplicar $+U$ durante meio período T , depois $-U$ durante o meio período seguinte, obtém-se aos terminais do receptor uma tensão alternada rectangular (não sinusoidal) de período T (figura 9).



Iniciar a animação Parar a animação

t

Figura 9

A tensão alternada rectangular, de período T , pode ser decomposta (análise de Fourier) numa componente sinusoidal de frequência $f = 1/T$, e em harmónicas ímpares (tensão com simetria de meia onda) de frequências $3f$, $5f$, ...

A corrente que circula na carga R - L tem um andamento temporal mais próximo do sinusoidal (em relação à tensão rectangular), dado que a impedância da bobine L cresce com a ordem k da harmónica ($X_L = \omega L = 2\pi kf L$).

Caso seja necessário, pode utilizar-se um filtro L - C passa-baixo para reduzir as harmónicas, tornando a tensão aos terminais da resistência mais próxima de uma sinusóide (figura 10).

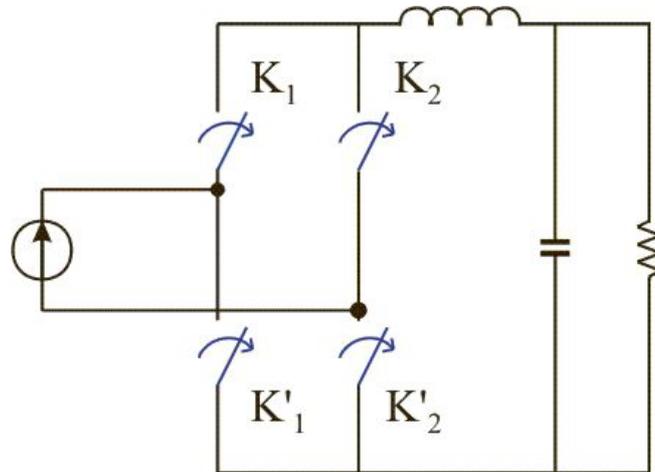


Figura 10

4. EXEMPLO DE CONVERSÃO A REALIZAR: A CONVERSÃO CC-CC

Vai alimentar-se uma carga resistiva indutiva (R-L) com uma tensão contínua regulável, a partir de uma fonte de tensão contínua, geralmente de valor fixo, (figura 11) .

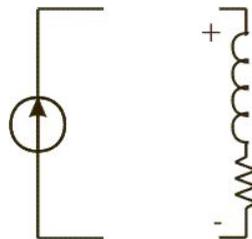


Figura 11

Para obter nos terminais da carga uma tensão que possa variar desde zero até ao valor da tensão do gerador, pode-se:

- ligar o terminal - do gerador ao terminal - do receptor (carga)
- ligar o outro terminal do receptor (+), ou ao terminal +, ou ao terminal - do gerador, usando dois interruptores K_1 e K_2 construídos com dispositivos semicondutores de potência (figura 12).

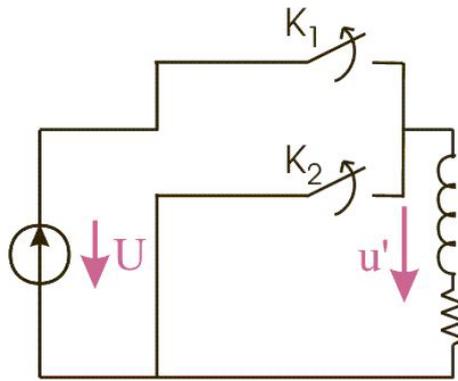


Figura 12

Fechando K_1 , a tensão aos terminais do receptor vale U .

Fechando K_2 , a tensão aos terminais do receptor vale zero.

Fornecendo a K_1 e a K_2 a possibilidade de um funcionamento periódico, e fechando K_1 durante a fracção D (factor de ciclo) do período T de funcionamento, obtém-se nos terminais do receptor uma tensão com a forma de um trem ou pente de impulsos, cujo valor médio (a componente contínua) vale DU . Fazendo variar D de zero a um ($0 < D < 1$) a componente contínua varia de zero a U (figura 13).

A bobine (com coeficiente de auto-indução L) do receptor (ou carga) limita a variação (ou tremor) da corrente, tremor esse devido ao carácter pulsado da tensão aplicada na carga.

A corrente de entrada da carga é tanto mais próxima duma corrente constante, quanto maior for L , ou quanto maior for a frequência de funcionamento $f = 1/T$.

5. PROBLEMAS A RESOLVER

Em função das características do gerador e do receptor, é necessário determinar:

- o(s) quadrante(s) do plano tensão-corrente ($u-i$) no(s) qual(is) os dispositivos semicondutores, em funcionamento como interruptor, devem:
 - poder estar no estado de condução
 - poder estar no estado de corte
- as comutações (transições de estado) que se podem (devem) comandar, de modo a poder escolher, para cada interruptor a realizar, o dispositivo semiconductor ou a associação de dispositivos adequada.

É ainda necessário GARANTIR que as mudanças de estado comandadas são feitas de modo a:

- respeitar a continuidade da energia magnética (continuidade das correntes em bobines isoladas, ou do fluxo em bobines acopladas magneticamente);
- respeitar a continuidade da energia eléctrica (continuidade da tensão aos terminais dos condensadores);
- não curto-circuitar fontes de tensão;
- não colocar em circuito aberto (interromper) fontes de corrente.

que façam parte do gerador ou no receptor.

Para satisfazer estas exigências é necessário comandar adequadamente os dispositivos semicondutores e, caso não seja ainda possível cumprir aquelas condições, adaptar as características do gerador ou do receptor, adicionando bobines em série nos terminais de acesso, ou condensadores em paralelo nos mesmos terminais.