



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

ES664 - Laboratório de Eletrônica para Automação Industrial

Relatório - Simulação 2 Retificadores controlados

Nome:

Daniel Dello Russo Oliveira

Marcelli Tiemi Kian

RA

101918

117892

21 de setembro de 2016

0.1 Objetivos

Essa simulação tem como objetivo o estudo de retificadores controlados. Analisaremos o efeito do ângulo de disparo e de cargas indutivas e capacitivas na saída de um retificador monofásico controlado.

0.2 Carga R

Através do Simulink implementamos o retificador monofásico totalmente controlado detalhado em [FUJIWARA, 2016] conforme mostrado na figura 1.

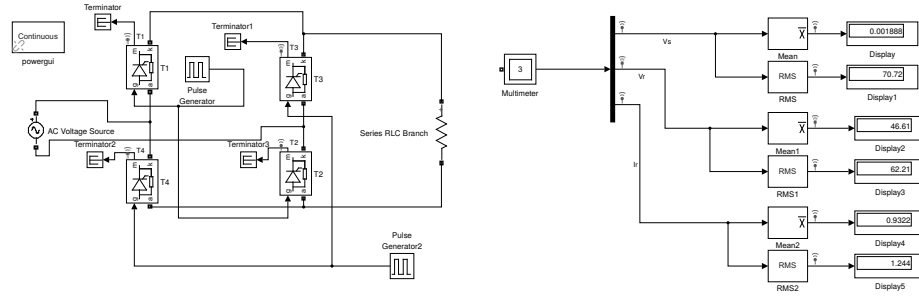


Figura 1: Esquema para simulação do retificador monofásico controlado com carga R

Extraímos dessa simulação as curvas de tensão na fonte (figura 2), tensão na carga (figura 3) e corrente na carga (figura 4) para dois períodos da fonte e com um ângulo de disparo $\alpha = 60^\circ$.

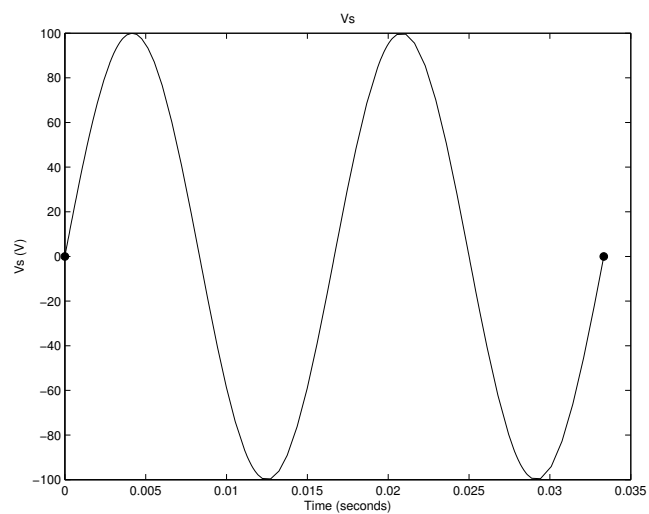


Figura 2: Tensão da fonte para retificador monofásico com carga R

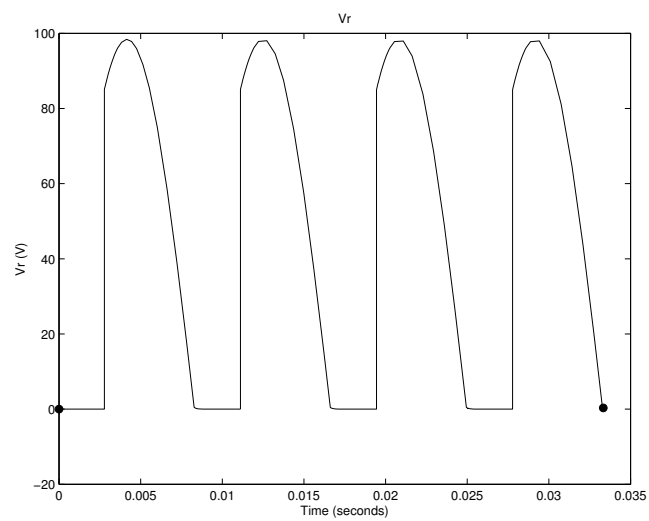


Figura 3: Tensão na carga para retificador monofásico com carga R

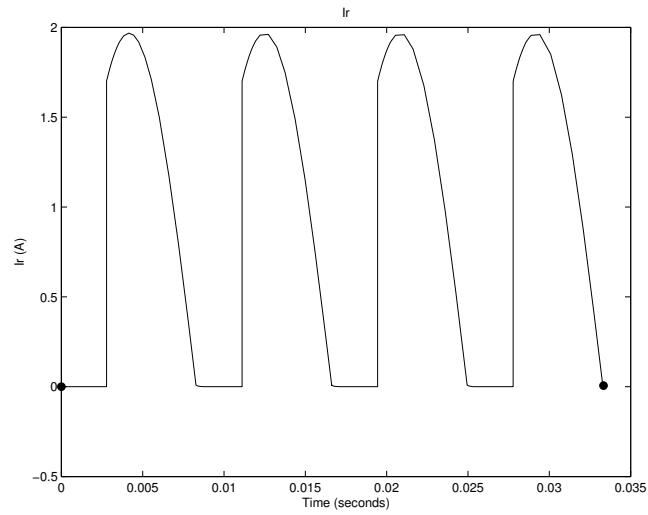


Figura 4: Corrente na carga para retificador monofásico com carga R

Medimos as tensões e correntes médias e efetivas na carga, obtendo os seguintes valores:

$$\overline{V_r} = 46.6080 \text{ V} \quad (1)$$

$$\overline{I_r} = 0.9322 \text{ A} \quad (2)$$

$$V_{r_{rms}} = 62.2060 \text{ V} \quad (3)$$

$$I_{r_{rms}} = 1.2441 \text{ A} \quad (4)$$

Obtivemos também as curvas de tensão e corrente para cada tiristor do arranjo, representadas nas figuras 5, 6, 7 e 8

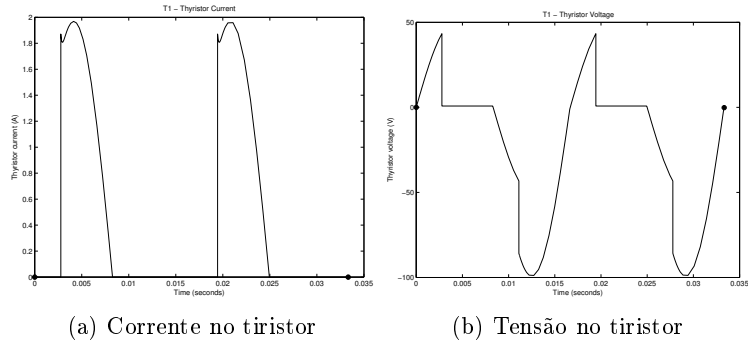


Figura 5: Curvas do tiristor 1 para retificador monofásico com carga R

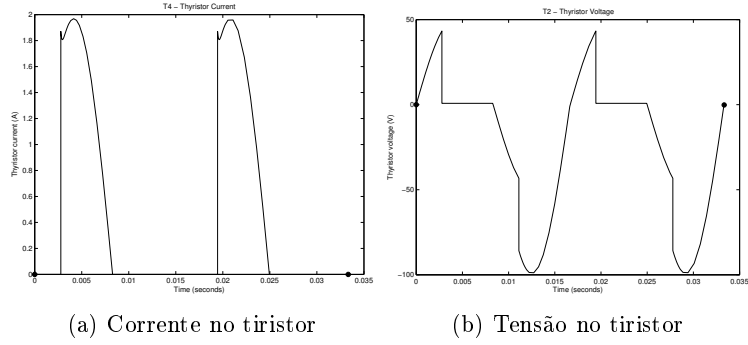


Figura 6: Curvas do tiristor 2 para retificador monofásico com carga R

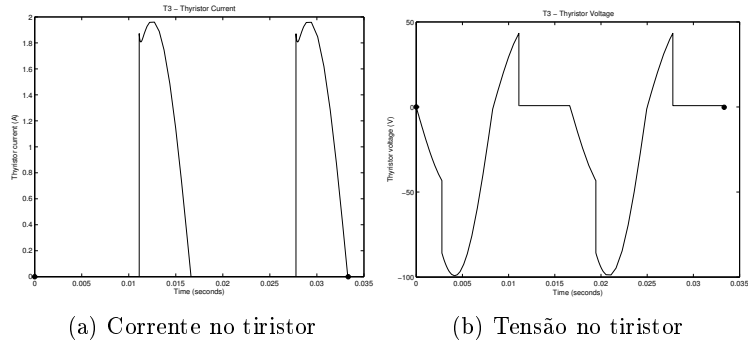


Figura 7: Curvas do tiristor 3 para retificador monofásico com carga R

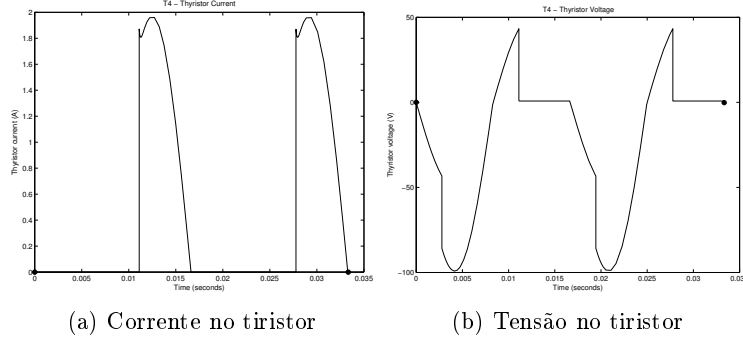


Figura 8: Curvas do tiristor 4 para retificador monofásico com carga R

Conforme podemos ver analisando as curvas dos diodos (figuras 5, 6, 7 e 8) e a tensão da fonte (figura 2), para uma carga puramente resistiva, durante o semi-ciclo positivo da fonte, os tiristores 1 e 2 conduzem se o ângulo de disparo α já foi atingido enquanto 3 e 4 estão bloqueando, dessa forma a tensão sobre a carga é V_s . Já no semi-ciclo negativo da fonte, os tiristores 3 e 4 conduzem se o ângulo de disparo $\alpha + 180^\circ$ já foi atingido enquanto 1 e 2 estão bloqueando, fazendo que a tensão na carga seja de $-V_s$. Dessa forma conseguimos transformar uma tensão senoidal sobre a carga em uma tensão sempre positiva, de maneira que seu valor médio não seja nulo.

Podemos calcular a tensão média teórica sobre a carga através da equação 5

$$\overline{Vr} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_s \sin(\theta) d\theta = \frac{V_s(1 + \cos(\alpha))}{\pi} \quad (5)$$

Para calcular o valor efetivo da tensão sobre a carga utilizamos a equação 6.

$$Vr_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (V_s \sin(\theta))^2 d\theta} = \frac{V_s \sqrt{\pi + \frac{\sin(2\alpha)}{2} - \alpha}}{\sqrt{2\pi}} \quad (6)$$

Varrendo o ângulo de disparo α entre 0° e 180° comparamos os valores teóricos e medidos para a tensão (figura 9) e corrente (figura 10) sobre a carga

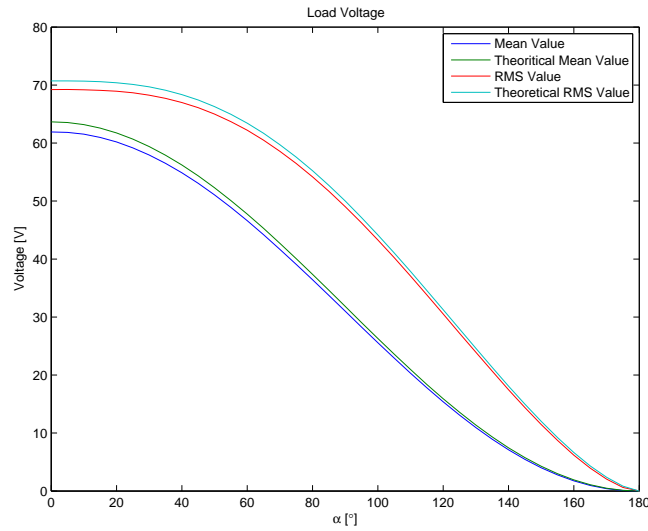


Figura 9: Tensão na carga média e efetiva em função do ângulo de disparo

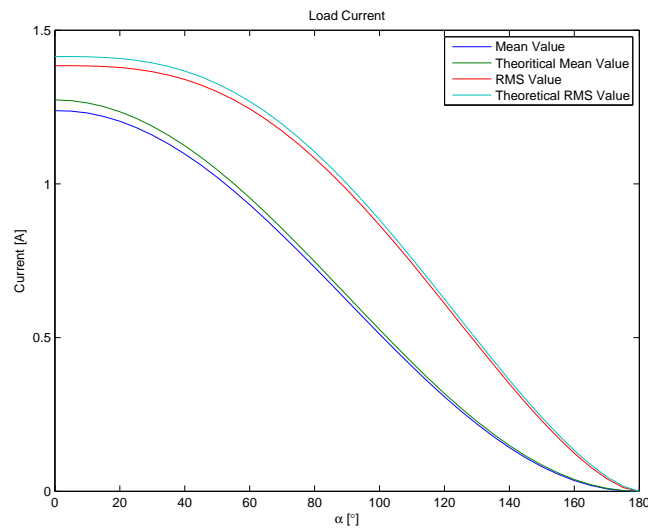


Figura 10: Corrente na carga média e efetiva em função do ângulo de disparo

Como podemos ver os valores obtidos são um pouco menores dos que os esperados teoricamente, isso se deve às imprecisões numéricas da simulação, à queda de tensão introduzida pelos diodos, ao pequeno período de amostragem, entre outros fatores.

Calculamos o fator de retificação para um ângulo de disparo $\alpha = 60^\circ$

usando a equação 7.

$$\sigma = \frac{\overline{P}}{P_{rms}} = \frac{\overline{V_r^2}}{V_{rms}^2} \quad (7)$$

$$\sigma = 0.5614 \quad (8)$$

Encontramos por fim o fator de forma para um ângulo de disparo $\alpha = 60^\circ$ usando a equação 9.

$$FF = \frac{\overline{V_r}}{V_{rms}} \quad (9)$$

$$FF = 1.3347 \quad (10)$$

Referências Bibliográficas

[FUJIWARA, 2016] FUJIWARA, E. **Retificadores controlados**. Roteiro Simulação 2, Unicamp/FEM/DSI, 2016.