



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

ES664 - Laboratório de Eletrônica para Automação Industrial

Relatório - Experimento 1 Retificadores não controlados

Nome:

Daniel Dello Russo Oliveira
Marcelli Tiemi Kian

RA

101918
117892

14 de setembro de 2016

0.1 Objetivos

Essa simulação tem como objetivo a familiarização com o ambiente de Simulink, com a toolbox SimPowerSystems e com retificadores não controlados.

0.2 Retificador monofásico

Através do Simulink implementamos o retificador monofásico de onda completa detalhado em [?] conforme mostrado na figura ??.

Figura 1: Esquema do retificador monofásico não controlado

Extraímos dessa simulação as curvas de tensão na fonte (figura ??), tensão na carga (figura ??) e corrente na carga (figura ??) para dois períodos da fonte.

Figura 2: Tensão da fonte para retificador monofásico

Figura 3: Tensão na carga para retificador monofásico

Figura 4: Corrente na carga para retificador monofásico

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

$$\overline{V_r} = 62.0713 \text{ V} \quad (1)$$

$$\overline{I_r} = 1.2414 \text{ A} \quad (2)$$

$$V_{r_{rms}} = 69.2708 \text{ V} \quad (3)$$

$$I_{r_{rms}} = 1.3854 \text{ A} \quad (4)$$

Obtivemos também as curvas de tensão e corrente para cada diodo do arranjo, representadas nas figuras ??, ??, ?? e ??

(a) Corrente no diodo (b) Tensão no diodo

Figura 5: Curvas do diodo 1 para retificador monofásico

(a) Corrente no diodo (b) Tensão no diodo

Figura 6: Curvas do diodo 2 para retificador monofásico

(a) Corrente no diodo (b) Tensão no diodo

Figura 7: Curvas do diodo 3 para retificador monofásico

(a) Corrente no diodo (b) Tensão no diodo

Figura 8: Curvas do diodo 4 para retificador monofásico

Conforme podemos ver analisando as curvas dos diodos (figuras ??, ??, ?? e ??) e a tensão da fonte (figura ??), para uma carga puramente resistiva, durante o semi-ciclo positivo da fonte, os diodos 1 e 2 estão conduzindo enquanto 3 e 4 estão bloqueando, dessa forma a tensão sobre a carga é V_s . Já no semi-ciclo negativo da fonte, os diodos 3 e 4 estão conduzindo 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 ??

$$\overline{V_r} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_s \sin(\theta) d\theta = \frac{2V_s}{\pi} \quad (5)$$

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

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (V_s \sin(\theta))^2 d\theta} = \frac{V_s}{\sqrt{2}} \quad (6)$$

Utilizando os valores da simulação ($V_s = 100 \text{ V}$), encontramos as tensões e correntes esperadas:

$$\overline{V_r} = 63.6620 \text{ V} \quad (7)$$

$$\overline{Ir} = 1.2732 \text{ A} \quad (8)$$

$$Vr_{rms} = 70.7107 \text{ V} \quad (9)$$

$$Ir_{rms} = 1.4142 \text{ A} \quad (10)$$

Conforme podemos ver os valores medidos e esperados diferem levemente, 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 teórico (??) e medido (??) usando a equação ??.

$$\sigma = \frac{\overline{P}}{P_{rms}} = \frac{\overline{Vr}^2}{Vr_{rms}^2} \quad (11)$$

$$\sigma_t = 0.8106 \quad (12)$$

$$\sigma_m = 0.8029 \quad (13)$$

Encontramos por fim o fator de forma teórico (??) e medido (??) usando a equação ??.

$$FF = \frac{\overline{Vr}}{Vr_{rms}} \quad (14)$$

$$FF_t = 1.1107 \quad (15)$$

$$FF_m = 1.1160 \quad (16)$$

0.3 Retificador trifásico

Implementamos o retificador trifásico de onda completa detalhado em [?] cujo esquema está na figura ??.

Figura 9: Esquema do retificador trifásico não controlado

Com o auxílio de um osciloscópio, medimos as curvas das tensão na carga

(figura ??) na lampada 1 isoladamente (figura ??) e sobre o díodo 1 (figura ??).

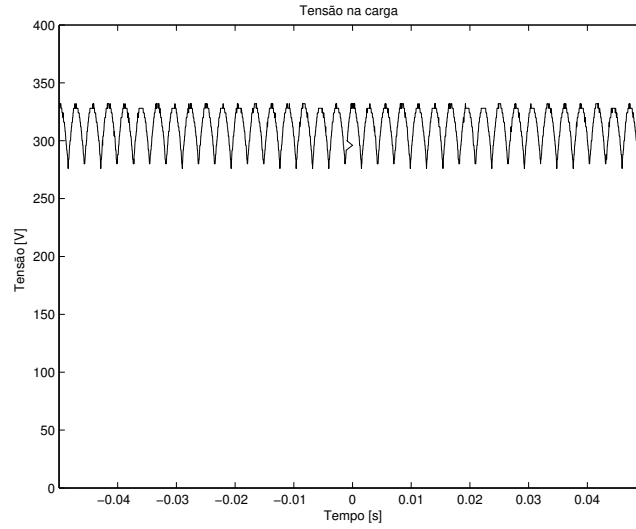


Figura 10: Tensão na carga para retificador trifásico

Figura 11: Tensão na lampada 1 para retificador trifásico

Figura 12: Tensão no diodo 1 para retificador trifásico

Medimos as tensões médias e efetivas na carga e na lampada 1 separadamente, obtendo os seguintes valores:

$$\overline{Vr} = 311 \text{ V} \quad (17)$$

$$Vr_{rms} = 312 \text{ V} \quad (18)$$

$$\overline{Vl1} = 153 \text{ V} \quad (19)$$

$$Vl1_{rms} = 153 \text{ V} \quad (20)$$

Medimos por fim a resistência de cada lâmpada, obtendo os valores:

$$R_{l1} = 56.9 \, \Omega \quad (21)$$

$$R_{l2} = 70.1 \, \Omega \quad (22)$$

Podemos calcular a tensão média teórica sobre a carga total através da equação ??.

$$\overline{Vr} = \frac{3}{\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{4\pi}{6}} V_s (\sin(\theta) - \sin(\theta - \frac{2\pi}{3})) d\theta = \frac{3\sqrt{3}V_s}{\pi} \quad (23)$$

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

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{3}{\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{3\pi}{6}} V_s^2 (\sin(\theta) - \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}))^2 d\theta} = \sqrt{\frac{3}{2} + \frac{9\sqrt{3}}{4\pi}} V_s \quad (24)$$

Utilizando os valores da simulação ($V_s = \frac{330}{\sqrt{3}} V$), encontramos as tensões e correntes esperadas:

$$\overline{Vr} = 315.12 V \quad (25)$$

$$V_{rms} = 165.5443 V \quad (26)$$

Conforme podemos ver os valores medidos e esperados diferem levemente, 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 teórico (??) e medido (??) usando a equação ??.

$$\sigma_t = 0.9982 \quad (27)$$

$$\sigma_m = 0.9982 \quad (28)$$

Encontramos por fim o fator de forma teórico (??) e medido (??) usando a equação ??.

$$FF_t = 1.0009 \quad (29)$$

$$FF_m = 1.0009 \quad (30)$$

Como podemos ver o retificador trifásico apresenta um desempenho significativamente melhor que o monofásico, apresentando uma tensão sobre a carga mais próxima de constante e fatores de retificação e forma muito próximos de 1, com o acréscimo de somente dois componentes semicondutores de potência, porém ele necessita de uma fonte trifásica que nem sempre está disponível.