

# Análisis de un rectificador de media onda con carga RL

Yosniel Agüero

Universidad de Guadalajara

MCIE

Guadalajara, México

yosniel.aguero9368@alumnos.udg.mx

Glader Hernandez

Universidad de Guadalajara

MCIE

Guadalajara, México

glader.hernandez9367@alumnos.udg.mx

Gary Sosa

Universidad de Guadalajara

MCIE

Guadalajara, México

gary.sosa9369@alumnos.udg.mx

Ulrik Wong

Universidad de Guadalajara

MCIE

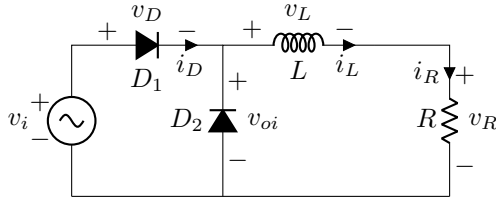
Guadalajara, México

ulrik.wong7998@alumnos.udg.mx

**Abstract**—This document is a model and instructions for L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. This and the IEEEtran.cls file define the components of your document [title, text, heads, etc.]. \*CRITICAL: Do Not Use Symbols, Special Characters, Footnotes, or Math in Document title or Abstract.

## I. INTRODUCTION

This document is a model and instructions for L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. Please observe the report page limits.



## II. ANÁLISIS DEL RECTIFICADOR MONOFÁSICO DE MEDIA ONDA CON CARGA $R-L$ Y DIODO DE CORRIDA LIBRE

La fuente sinusoidal de la entrada es:

$$v_i(t) = V_m \sin(\omega t),$$

una impedancia serie  $R$  y  $L$  (carga), y dos diodos ideales:

- $D_1$ : rectificador que conecta la fuente a la carga.
- $D_2$ : diodo de *corrida libre* en paralelo a la carga.

### A. Estados asumidos de los diodos

Definición de los 4 estados considerados y denotamos ON como conducción (diodo polarizado directamente) y OFF como bloqueo (polarizado inversamente).

|           |   |
|-----------|---|
| Estado A: | ( $D_1 = \text{ON}$ , $D_2 = \text{OFF}$ )  |
| Estado B: | ( $D_1 = \text{OFF}$ , $D_2 = \text{ON}$ )  |
| Estado C: | ( $D_1 = \text{OFF}$ , $D_2 = \text{OFF}$ ) |
| Estado D: | ( $D_1 = \text{ON}$ , $D_2 = \text{ON}$ )   |

### • Operación de cada estado asumido :

- 1) Estado A: Ocurre cuando la tensión instantánea de la fuente tiende a *polarizar positivamente*  $D_1$  y puede imponer una tensión mayor en el nodo de carga que la necesaria para forzar  $D_2$  en conducción inversa.  $D_1$  conduce si  $v_i(t) > v_R(t)$  (ánodo de  $D_1$  más

positivo que su cátodo). En la práctica, con diodos ideales y caída nula, el encendido ocurre cuando  $v_i(t)$  supera la tensión instantánea necesaria para mantener la corriente  $i(t) > 0$ .

- 2) Estado B: Ocurre cuando la fuente no sostiene la corriente inductiva, pero la inercia del inductor mantiene corriente positiva; entonces  $D_2$  ofrece el camino de libre.  $D_2$  conduce si la polaridad en la carga, hace que el ánodo de  $D_2$  sea más positivo que su cátodo, es decir, cuando la inercia del inductor empuja la corriente y la tensión en la carga favorece la conducción por  $D_2$ .
- 3) Estado C: Estado de no-conducción solo es válido si la corriente ha decaído a cero ( $i(t) = 0$ ), pero debido a la función del inductor, este mantendrá la corriente siempre diferente de cero para el circuito, por lo que este estado en practica no se considera.
- 4) Estado D: Si los diodos son ideales y están orientados en la configuración planteada, la conducción simultánea tiende a producir una contradicción en las polaridades, por tanto en la práctica se considera no-sostenible.

### B. Modelo en espacio de estados de los estados válidos

En este sistema la única variable de estado es la corriente  $i(t)$  de la carga  $R-L$ . La variable de estado:

$$x(t) = i(t).$$

Las ecuaciones de estado para cada configuración válida.

a) Estado A: La ecuación diferencial y la representación en espacio de estados:

$$L \frac{di}{dt} + R i(t) = v_s(t) = V_m \sin(\omega t).$$

$$\dot{x}(t) = -\frac{R}{L} [x(t)] + \frac{1}{L} y(t) = R x(t).$$

Solución general (en  $t_0$  con condición  $i(t_0) = I_0$ ):

$$i(t) = e^{-\frac{R}{L}(t-t_0)} I_0 + \frac{V_m}{L} \int_{t_0}^t e^{-\frac{R}{L}(t-\tau)} \sin(\omega \tau) d\tau.$$

La parte forzada en régimen permanente (cuando el tiempo es mucho mayor que  $\frac{L}{R}$ ) tiene la forma:

$$i_p(t) = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin(\omega t - \phi), \quad \phi = \arctan \frac{\omega L}{R}.$$

b) *Estado B*: La ecuación diferencial para este estado es:

$$L \frac{di}{dt} + Ri(t) = 0$$

$$\dot{x}(t) = \frac{R}{L}x(t) \quad y(t) = Rx(t).$$

La solución general es:

$$i(t) = I_1 e^{-\frac{R}{L}(t-t_1)},$$

donde  $I_1$  es la corriente en el instante  $t_1$  en que comienza el *freewheeling*, el decaimiento libre de la corriente.

### III. COMPORTAMIENTO EN EL RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA CON CARGA $RL$ Y DIODO DE CORRIDA LIBRE

En este convertidor, el voltaje del inductor está regido por la relación constitutiva  $v_L(t) = L \frac{d}{dt} i_L$ ; por tanto, el signo de  $v_L$  determina si la corriente crece ( $v_L > 0$ ) o decrece ( $v_L < 0$ ). Durante el semiciclo positivo,  $D_1$  conduce y la salida sigue a la fuente, de modo que el comportamiento de la rama activa se describe por:

$$v_L(t) = v_i(t) - Ri_L(t).$$

Al inicio del semiciclo,  $v_i$  crece desde cero mientras  $i_L$  aún es pequeña, por lo que  $v_L$  y el inductor acumula energía; conforme avanza el periodo, la corriente ya acumulada aumenta la caída  $Ri_L$  y se alcanza un instante en el que  $v_i = Ri_L$ , para el cual  $v_L = 0$  y la pendiente de  $i_L$  se anula, identificando el máximo de corriente. Después, aun antes del cruce por cero de la senoide,  $v_i$  se hace menor que  $Ri_L$  y  $v_L$  pasa a ser levemente negativo: el inductor comienza a devolver energía al resistor aunque  $D_1$  siga en conducción. Cuando la fuente cruza a negativo,  $D_1$  se bloquea y entra el modo de recirculación por el diodo  $D_2$ ; y la KVL del lazo  $L-R-D_2$  impone

$$v_L(t) = -Ri_L(t),$$

por lo que  $v_L$  permanece negativo y su magnitud es proporcional a la corriente mientras ésta decae exponencialmente con constante de tiempo  $\tau = L/R$ . En régimen estacionario periódico, la condición de balance volt-segundo del inductor

$$\int_{t_0}^{t_0+T} v_L(t) dt = L[i_L(t_0+T) - i_L(t_0)] = 0,$$

explica que el área positiva de  $v_L$  durante la carga de  $L$  se compensa exactamente con el área negativa durante su descarga.

### REFERENCES

- [1] N. Mohan, T. M. Undeland y W. P. Robbins, *Power Electronics: Converters, Applications, and Design*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2003.
- [2] M. H. Rashid, *Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications*, 4th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2014.

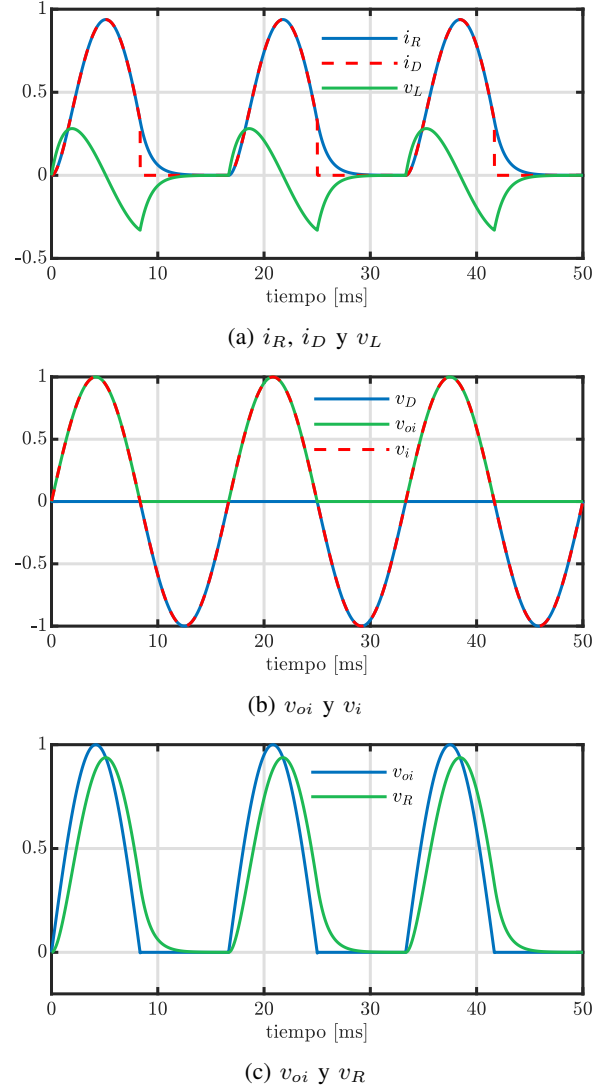


Fig. 1: Respuesta del rectificador de media onda con carga  $RL$  y diodo de corrida libre.