

# Document title

1<sup>st</sup> Given Name Surname  
dept. name of organization (of Aff.)  
name of organization (of Aff.)  
City, Country  
email address

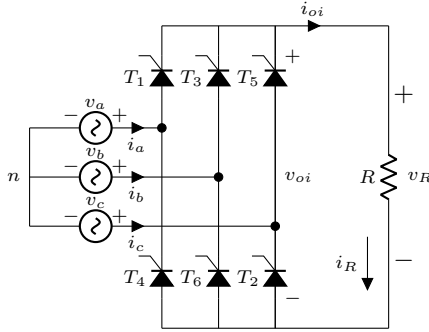
2<sup>nd</sup> Given Name Surname  
dept. name of organization (of Aff.)  
name of organization (of Aff.)  
City, Country  
email address

3<sup>rd</sup> Given Name Surname  
dept. name of organization (of Aff.)  
name of organization (of Aff.)  
City, Country  
email address

**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.



Lo voltajes de línea a neutro se definen como:

$$\begin{aligned} v_a(t) &= V_{max} \sin(\omega t) \\ v_b(t) &= V_{max} \sin(\omega t - 120^\circ) \\ v_c(t) &= V_{max} \sin(\omega t + 120^\circ) \end{aligned}$$

## II. ESTADOS ASUMIDOS

En un instante dado las tres tensiones de fase  $v_a, v_b, v_c$  se ordenan por su valor instantáneo; con SCR ideales y sin solape, siempre conducen dos dispositivos: el superior de la fase con mayor potencial y el inferior de la fase con menor potencial, de modo que el voltaje de salida es siempre un línea-a-línea  $v_{oi}(t) = v_{max}(t) - v_{min}(t)$ . Se considera además el estado sin conducción  $S_0$  cuando aún no se ha aplicado el pulso de compuerta (ángulo  $\alpha$ ) o la red no supera el umbral de disparo. Así, los siete estados son:

- $S_0$ : ningún SCR conduce,  $v_{oi} = 0$ .
- $S_1$  si  $v_a \geq v_b \geq v_c$ ,  $T_1$  y  $T_6$  (ON),  $v_{oi} = v_a - v_b \equiv v_{ab}$ .
- $S_2$  si  $v_a \geq v_c \geq v_b$ ,  $T_1$  y  $T_2$  (ON),  $v_{oi} = v_a - v_c \equiv v_{ac}$ .
- $S_3$  si  $v_b \geq v_a \geq v_c$ ,  $T_3$  y  $T_4$  (ON),  $v_{oi} = v_b - v_a \equiv v_{ba}$ .
- $S_4$  si  $v_b \geq v_c \geq v_a$ ,  $T_3$  y  $T_2$  (ON),  $v_{oi} = v_b - v_c \equiv v_{bc}$ .
- $S_5$  si  $v_c \geq v_a \geq v_b$ ,  $T_5$  y  $T_4$  (ON),  $v_{oi} = v_c - v_a \equiv v_{ca}$ .
- $S_6$  si  $v_c \geq v_b \geq v_a$ ,  $T_5$  y  $T_6$  (ON),  $v_{oi} = v_c - v_b \equiv v_{cb}$ .

Las transiciones entre estados ocurren cuando dos tensiones de fase se igualan (cruces  $v_a = v_b$ ,  $v_b = v_c$  o  $v_c = v_a$ ), lo que en el caso senoidal balanceado sucede cada  $60^\circ$  eléctricos; el inicio efectivo de cada estado conductor queda retrasado por el ángulo de disparo  $\alpha$ . Dado que la carga es estrictamente resistiva, no hay almacenamiento de energía ni memoria de estado: la corriente sigue instantáneamente a la tensión en cada tramo y vale simplemente

$$i(t) = \frac{v_{oi}(t)}{R},$$

anulándose exactamente en los instantes de cambio de par, por lo que el apagado de los SCR es natural en cada frontera de  $60^\circ$ .

Estado	Intervalo (grados)
$S_1$	$[30^\circ + \alpha, 90^\circ + \alpha]$
$S_2$	$[90^\circ + \alpha, 150^\circ + \alpha]$
$S_3$	$[150^\circ + \alpha, 210^\circ + \alpha]$
$S_4$	$[210^\circ + \alpha, 270^\circ + \alpha]$
$S_5$	$[270^\circ + \alpha, 330^\circ + \alpha]$
$S_6$	$[330^\circ + \alpha, 390^\circ + \alpha]$

Tabla I: Intervalos de los estados asumidos.

En cada intervalo de  $60^\circ$  la secuencia de fases (desfasadas  $120^\circ$ ) produce una fase con mayor potencial y otra con menor potencial; el par de tiristores del sector conecta dicha fase máxima con la mínima, por lo que  $v_{oi}$  en ese tramo es la diferencia línea-a-línea entre ellas. El ángulo de disparo  $\alpha$  no altera el orden relativo de las fases: simplemente *desplaza* el inicio de cada sector (p. ej.  $S_1$  comienza en  $30^\circ + \alpha$ ,  $S_2$  en  $90^\circ + \alpha$ , etc.). En un modelo ideal por tramos cada sector dura  $60^\circ$ .

El voltaje promedio ( $V_{cd}$ ) en los terminales de la carga  $R$  se obtiene según la siguiente ecuación, donde  $V_m$  es el voltaje máximo.

$$V_{cd} = \frac{3\sqrt{3} V_m}{\pi} \cos \alpha$$

Mientras el voltaje *rms* ( $V_{rms}$ ) se obtiene como:

$$V_{rms} = \sqrt{3} V_m \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \cos 2\alpha}$$

### III. SIMULACIÓN EN PSIM

Para obtener este resultado se ajusto el ángulo de disparo de cada tiristor según la Tabla II

Estado	Intervalo (grados)
$T_1$	$[30^\circ - 150^\circ]$
$T_2$	$[90^\circ - 210^\circ]$
$T_3$	$[150^\circ - 270^\circ]$
$T_4$	$[210^\circ - 330^\circ]$
$T_5$	$[270^\circ - 390^\circ]$
$T_6$	$[330^\circ - 450^\circ]$

Tabla II: Ángulos de disparo para cada tiristor

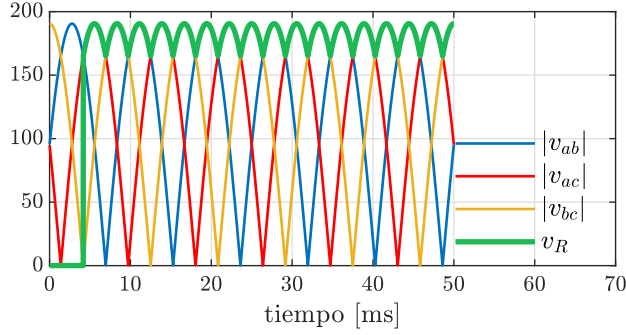


Fig. 1: Voltaje de salida del rectificador trifásico

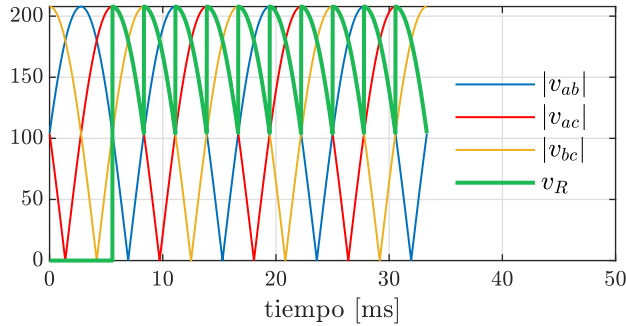


Fig. 2: Voltaje de salida del rectificador trifásico con  $\alpha = 30^\circ$

### IV. ANALIS DE FOURIER DE LA SEÑAL DE SALIDA $v_{oi}$

El voltaje de salida  $v_o(\omega t)$  puede expresarse mediante su serie de Fourier:

$$v_o(\omega t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)]$$

los coeficientes son:

$$a_0 = V_{cd}$$

$$a_n = \frac{6}{\pi} \sqrt{3} V_m \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\frac{\pi}{2} + \alpha} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) \cos(n\omega t) d(\omega t)$$

$$b_n = \frac{6}{\pi} \sqrt{3} V_m \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\frac{\pi}{2} + \alpha} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) \sin(n\omega t) d(\omega t)$$

Los coeficientes  $a_n$  y  $b_n$  representan los armónicos de la señal de salida. Los armónicos dominantes en el voltaje de salida son múltiplos de 6 ( $n = 6, 12, 18, \dots$ ) debido a la simetría de la señal, ya que la conmutación de los SCR ocurre cada  $60^\circ$  ( $\pi/3$  radianes). La señal se repite cada  $\pi/3$  radianes, por lo que la frecuencia fundamental es  $6f$ . Al aumentar  $\alpha$ , los armónicos aumentan debido que los coeficientes  $a_n$  y  $b_n$  presentan una relación sinusoidal proporcional a  $\alpha$ , en  $0^\circ$  los armónicos son mínimos, en  $90^\circ$  se presenta el mayor contenido armónico y en  $> 90^\circ$  el contenido armónico disminuye.

### V. CONCLUSIONS

The conclusion goes here.

### REFERENCES

- [1] G. Eason, B. Noble, and I. N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," Phil. Trans. Roy. Soc. London, vol. A247, pp. 529–551, April 1955.
- [2] J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [3] I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in Magnetism, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.
- [4] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [5] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," J. Name Stand. Abbrev., in press.
- [6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].
- [7] M. Young, The Technical Writer's Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.