



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -  
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

*Booklets*



**RENIECYT**

Registro Nacional de Instituciones  
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

**CONACYT**

LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

# Title: Modelado de convertidores de electrónica de potencia basado en funciones continuas: Aplicación en el STATCOM

**Author:** Luis Alberto CONTRERAS AGUILAR

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2017-02  
**BCIERMIMI Classification (2017):** 270917-0201

**Pages:** 13  
**Mail:** [luis@uol.com](mailto:luis@uol.com)  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: [contacto@ecorfan.org](mailto:contacto@ecorfan.org)  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

**Twitter:** @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

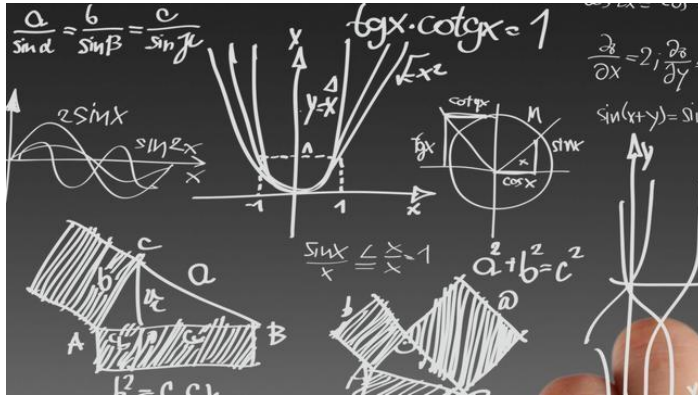
### Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
<b>Peru</b>	<b>Spain</b>	<b>Cuba</b>	<b>Haití</b>
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			

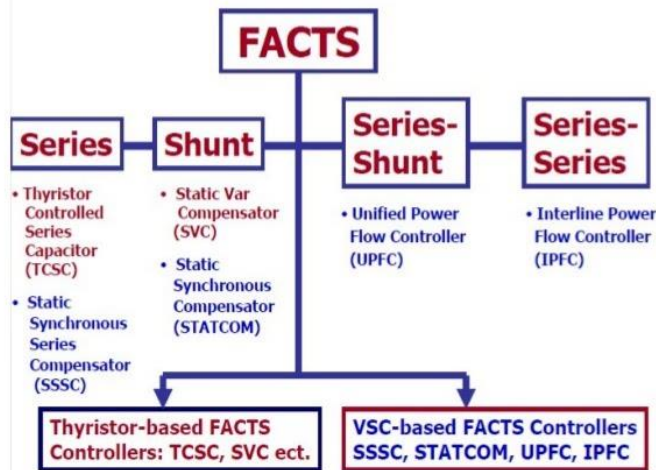
# Contenido

- Introducción
- Modelado del STATCOM
- Modelado del PWM-VSC
- Solución transitoria del STATCOM
- Conclusiones

# Introducción



## Types of FACTS Controllers



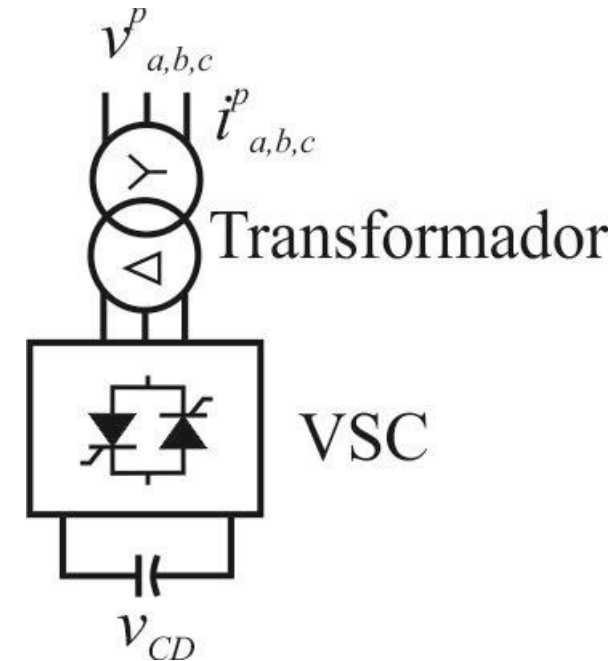
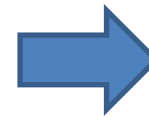
Siempre ha existido un interés en resolver problemas asociados a la vida real por medio de modelos matemáticos.

Además, los modelos matemáticos simplificados han favorecido la solución rápida, pero se ha sacrificado la precisión y/o ventajas que los modelos más sofisticados puedan brindar.

Por otro lado, con el gran avance del procesamiento de cómputo se ha incrementado el uso y desarrollo de modelos matemáticos y algoritmos más complejos para representar y predecir los comportamientos de fenómenos físicos asociados a las nuevas tecnologías.

# Modelado del STATCOM

- Circuito del STATCOM



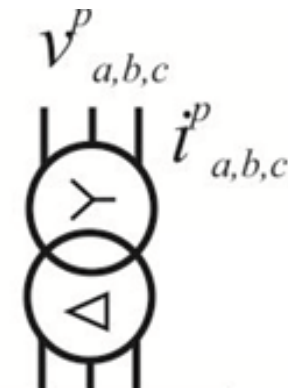
# Modelado del STATCOM

## Transformador

$$L_p \frac{di_a^p}{dt} = [v_a^p - R_p i_a^p - a(v_a^s - v_b^s)]$$

$$L_p \frac{di_b^p}{dt} = [v_b^p - R_p i_b^p - a(v_b^s - v_c^s)]$$

$$L_p \frac{di_c^p}{dt} = [v_c^p - R_p i_c^p - a(v_c^s - v_a^s)]$$



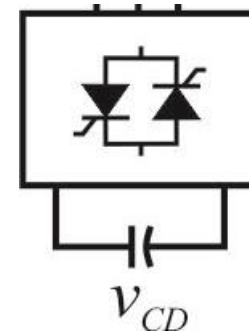
# Modelado del STATCOM

## Modelo del VSC y Capacitor

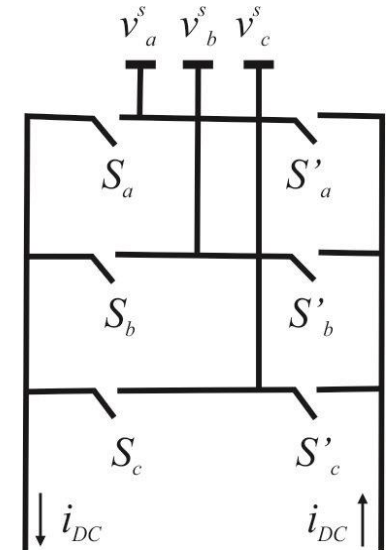
$$v_a^s = \left[ S_a - \frac{(S_a + S_b + S_c)}{3} \right] v_{CD}$$

$$v_b^s = \left[ S_b - \frac{(S_a + S_b + S_c)}{3} \right] v_{CD}$$

$$v_c^s = \left[ S_c - \frac{(S_a + S_b + S_c)}{3} \right] v_{CD}$$

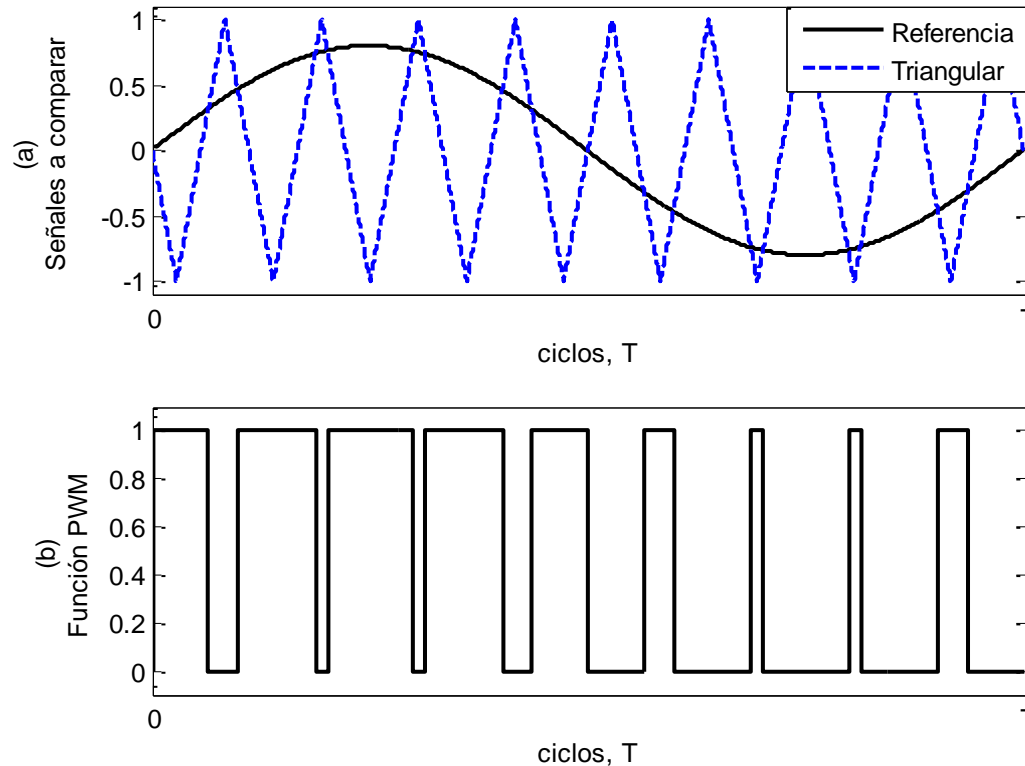


VSC



$$C \frac{dv_{CD}}{dt} = a \left[ (i_a^p - i_c^p) S_a + (i_b^p - i_a^p) S_b + (i_c^p - i_b^p) S_c \right]$$

# Modelado del PWM-VSC



# Modelado del PWM-VSC

## Funciones continuas

$$S_i = \frac{\tanh(\alpha v_{com}) + 1}{2} \quad \text{tangente hiperbólica}$$

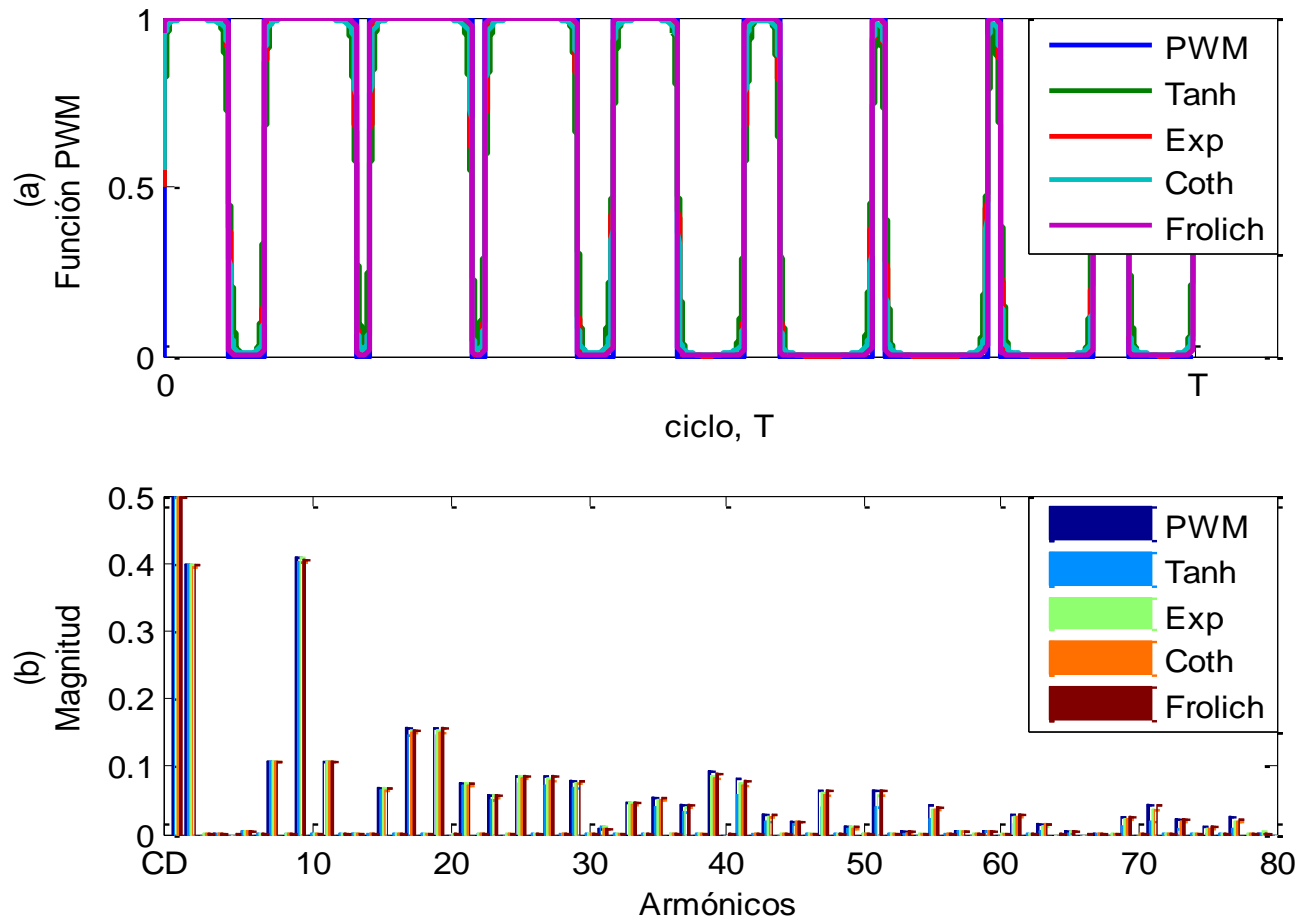
$$S_i = \frac{1}{e^{-\beta v_{com}} + 1} \quad \text{exponencial}$$

$$S_i = \frac{1}{2} \left[ \coth \left( \frac{v_{com}}{\gamma} \right) - \frac{\gamma}{v_{com}} + 1 \right] \quad \text{cotangente hiperbólica}$$

$$S_i = \left[ \frac{v_{com}}{a |v_{com}| + b \sqrt{|v_{com}|}} + \frac{1}{2} \right] \quad \text{Frolich}$$



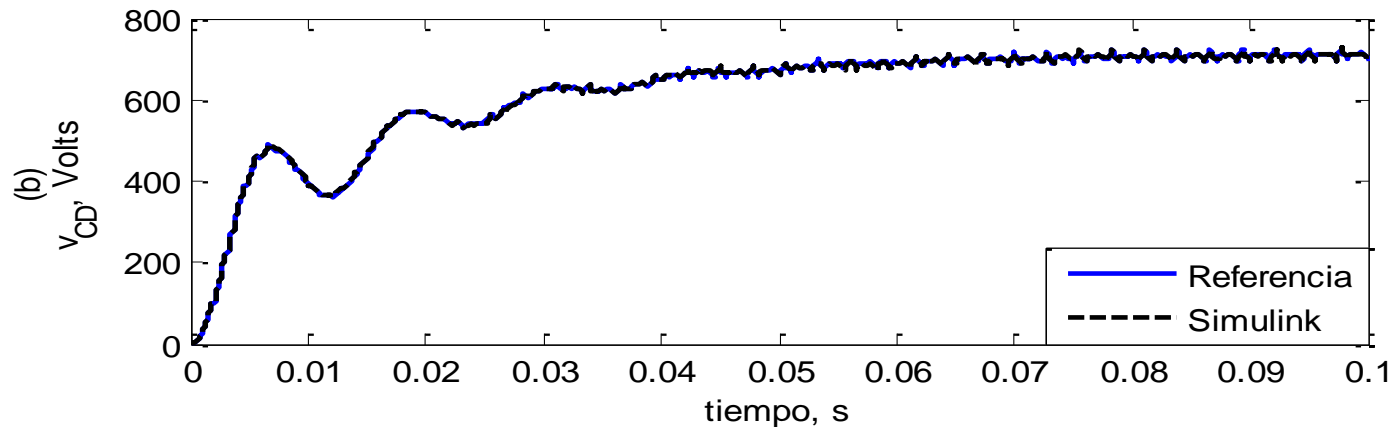
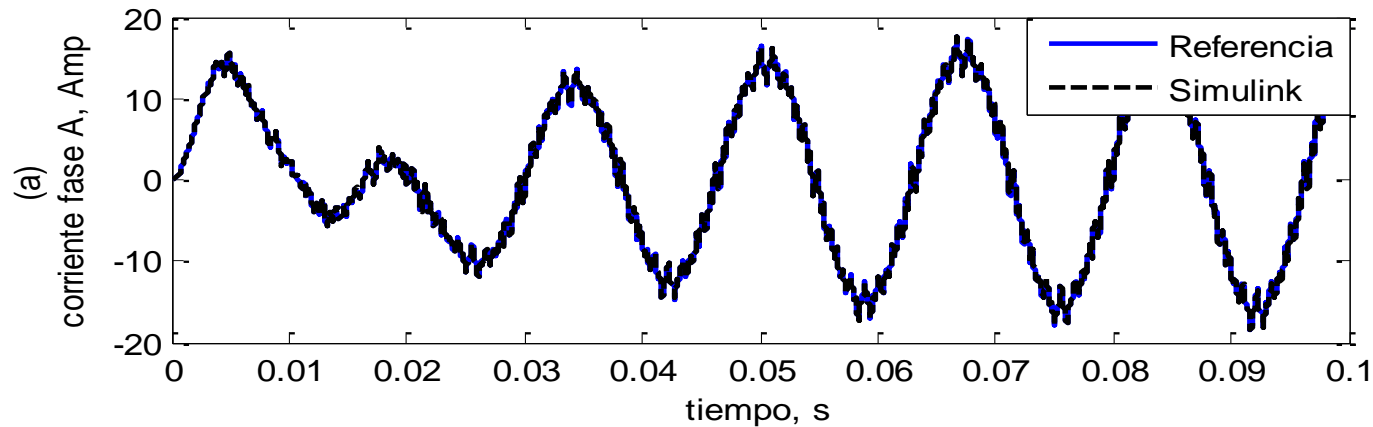
# Modelado del PWM-VSC



# Solución transitoria del STATCOM

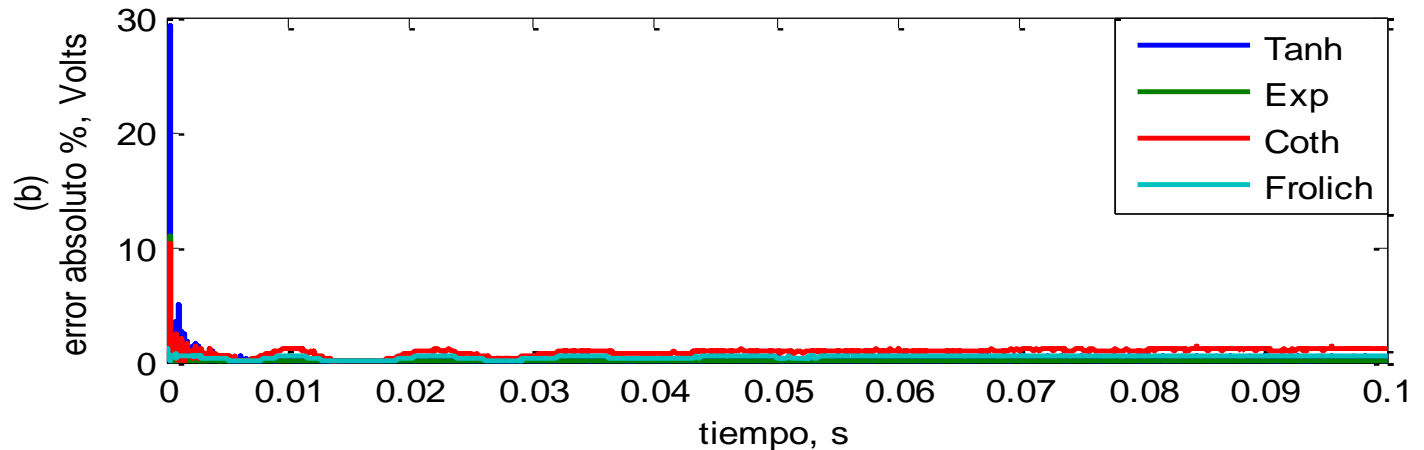
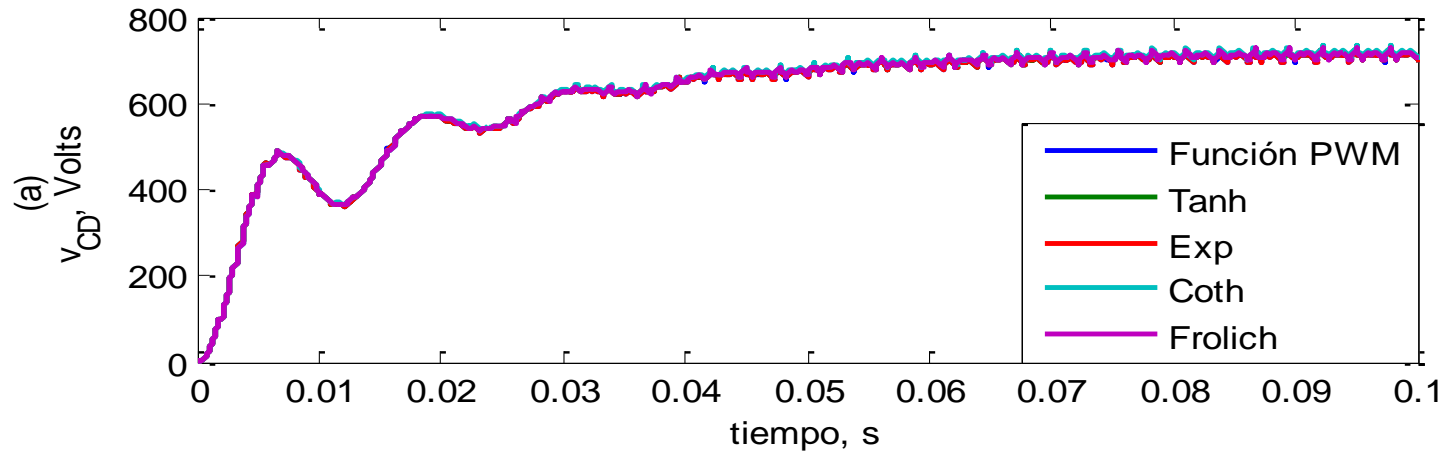
- El caso de prueba presenta las siguientes características, el voltaje de primario del transformador es una fuente sinusoidal trifásica de 220 Vrms y 60 Hz. La resistencia del transformador es de 1.8929  $\Omega$  y la inductancia de 17.6 mH. El índice de modulación  $ma=0.8$  y el índice de modulación de frecuencia  $mf$  es de 15. La solución en el dominio del tiempo del conjunto de ecuaciones es utilizando el algoritmo explícito Runge-Kutta de 4to orden y un paso de tiempo de 1  $\mu$ s (simulación base).

# Solución transitoria del STATCOM



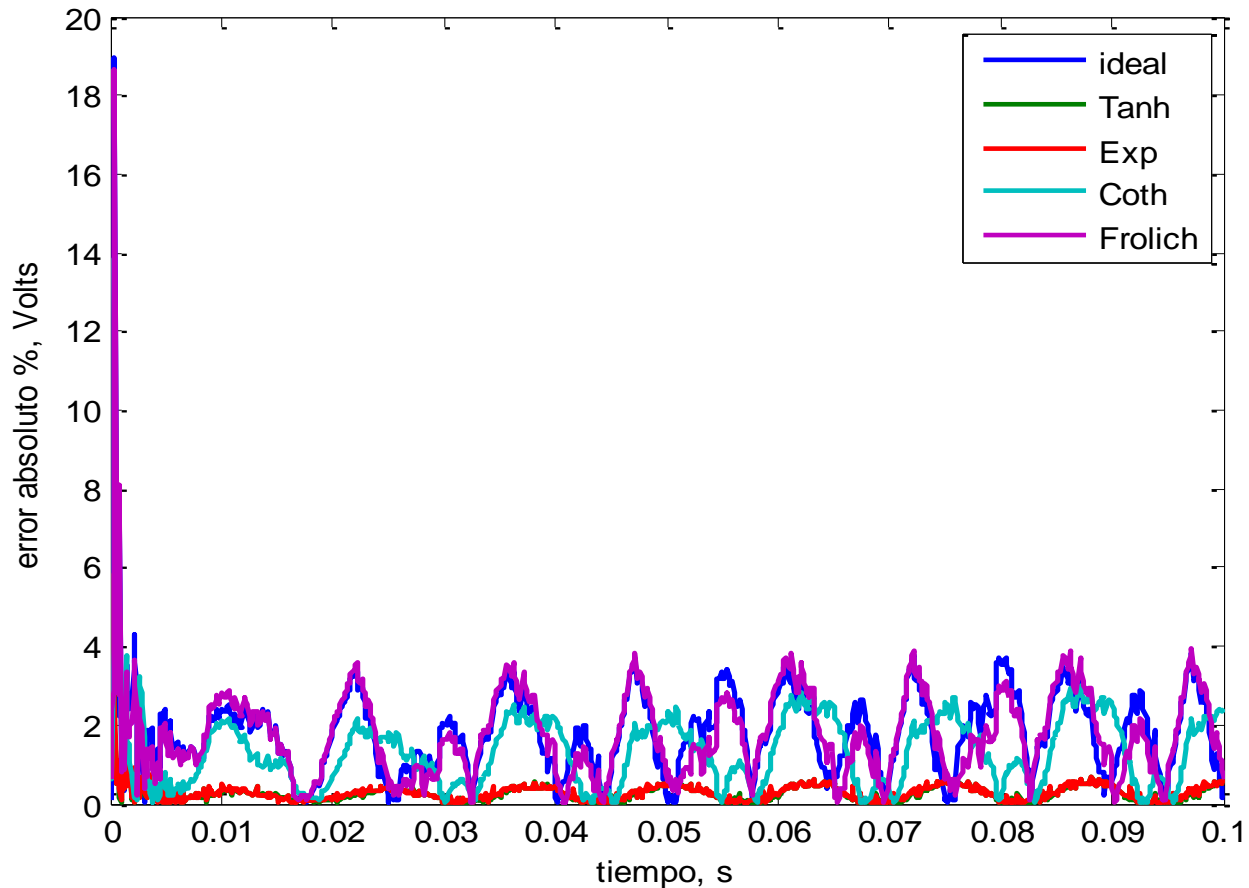
# Solución transitoria del STATCOM

- $1 \mu s$



# Solución transitoria del STATCOM

- 100  $\mu$ s



# Conclusiones

- En este trabajo se presentaron diferentes funciones continuas para simular la función PWM.
- Las funciones continuas son del tipo tangente hiperbólica, exponencial, cotangente hiperbólica y ecuación de Frolich modificada.
- Los resultados de las simulaciones muestran que la función continua tangente hiperbólica y exponencial tiene el menor error respecto a la simulación base de  $1 \mu\text{s}$ .
- Se logro un error absoluto porcentual mínimo de 0.5 % utilizando funciones continuas en el modelado de la función PWM (tanh y exp).
- Es factible el uso de las funciones continuas durante la simulación ya que se puede incrementar el paso de integración y ganando rapidez en la solución numérica.



**ECORFAN®**



© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)