



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

Title: Caracterización no lineal y estimación de coeficientes paramétricos en la representación de la saturación magnética del transformador eléctrico

Author: Luis Alberto CONTRERAS AGUILAR

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

Pages: 17
Mail: Luis Alberto Contreras Aguilar
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
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

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



EDUCACIÓN CON
RESPONSABILIDAD
SOCIAL

UNIVERSIDAD DE COLIMA



Caracterización no lineal y estimación de coeficientes paramétricos en la representación de la saturación magnética del transformador eléctrico

Luis Alberto Contreras Aguilar

luis@ucol.com

Universidad de Colima,
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,
Km 9 carretera Colima-Coquimatlán,
Coquimatlán, Colima, México.

San Juan del Río, Qro. 27 al 29 de septiembre del 2017.



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

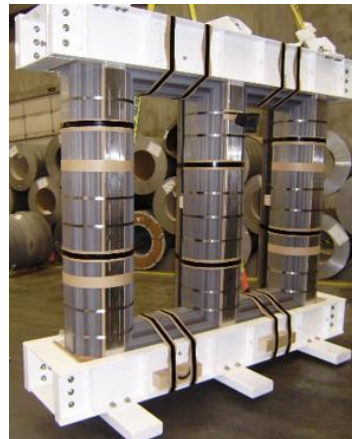
2017

Contenido

- Introducción
- Modelo del transformador
- Saturación
- Coeficientes de Saturación
- Solución transitoria
- Conclusiones



Introducción



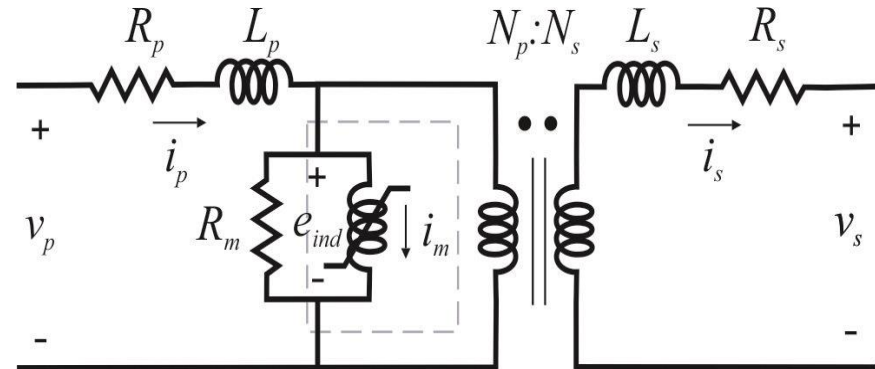
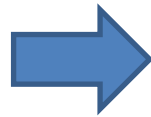
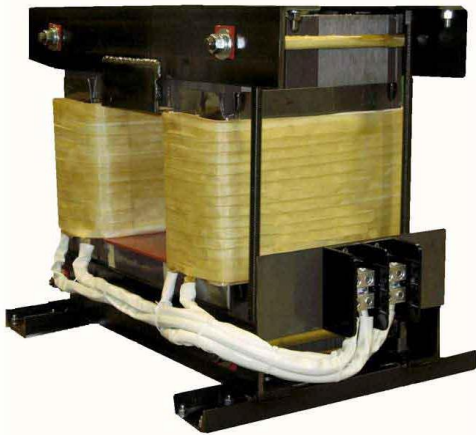
Durante la energización y/o switcheo del transformador eléctrico se puede originar una gran corriente denominada corriente de “inrush”.

Algunos de los efectos no deseados son:

- Surgen problemas relacionados a la calidad de la energía y ferresonancia.
- Se incrementan los esfuerzos eléctricos y mecánicos que pueden dañar el equipo.
- Los sistemas de protección pueden operar falsamente.

Modelado del Transformador

- Circuito equivalente del transformador



Modelado del Transformador

- Considerando la ley de Faraday,

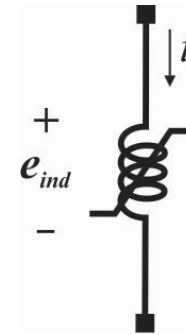
$$e_{ind} = \frac{d\lambda}{dt}$$

con

$$\lambda = Li$$

así que

$$e_{ind} = \frac{d(Li)}{dt}$$



- La inductancia puede ser calculada en función de parámetros de núcleo ferromagnético,

$$L = \frac{N^2}{\mathfrak{R}}$$

- y la reluctancia es

$$\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu A}$$

Modelado del Transformador

- Realizando algunas operaciones algebraicas,

$$e_{ind} = K \frac{d(\mu i)}{dt}$$

- Donde K es una constante que depende del área, número de vueltas y longitud media del núcleo. Aplicando la derivada del producto

$$e_{ind} = K \left[\mu \frac{di}{dt} + i \frac{d\mu}{dt} \right]$$

- con

$$\lambda = Li = K\mu i \Rightarrow \mu = \frac{\lambda}{Ki}$$



Modelado del Transformador

- Un poco más de algebra,

$$e_{ind} = K \left[\frac{\lambda}{Ki} \frac{di}{dt} + \frac{i}{K} \frac{d(K\mu)}{dt} \right]$$

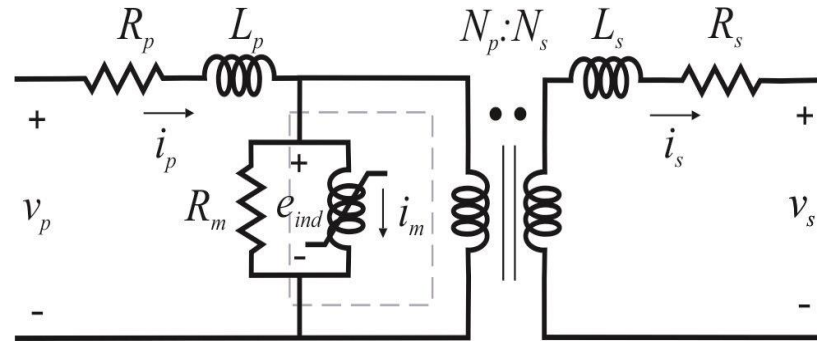
- Finalmente, aplicando la regla de la cadena

$$e_{ind} = \left[\frac{\lambda}{i} + i \frac{d(\lambda/i)}{di} \right] \frac{di}{dt}$$



Modelado del Transformador

- Modelo



$$\frac{di_p}{dt} = \frac{1}{L_p} [v_p - (R_p + R_m)i_p + R_m(i_s + i_m)]$$

$$\frac{di_s}{dt} = \frac{1}{L_s} [-v_s - (R_s + R_m)i_s + R_m(i_p - i_m)]$$

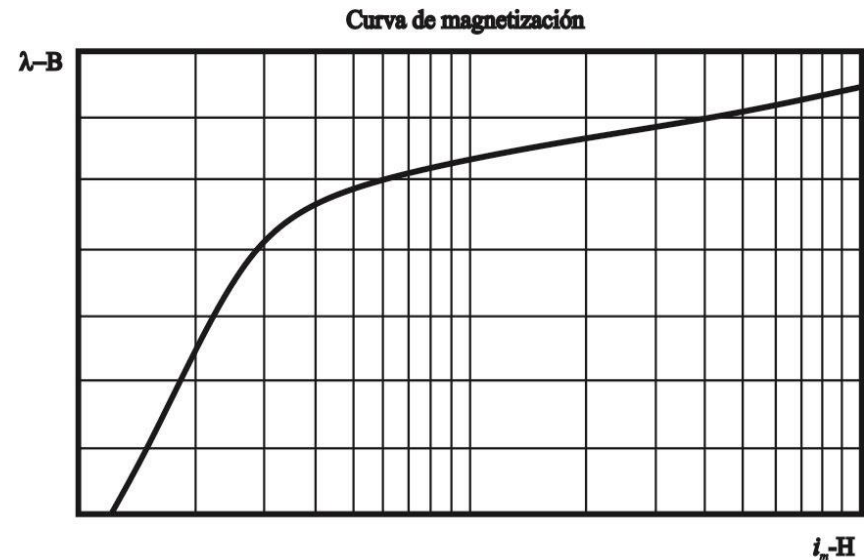
$$\frac{di_m}{dt} = R_m(i_p - i_s - i_m) \left[\frac{\lambda}{i_m} + i_m \frac{d\lambda}{di_m} \right]^{-1}$$

Saturación

- Funciones para representar la saturación

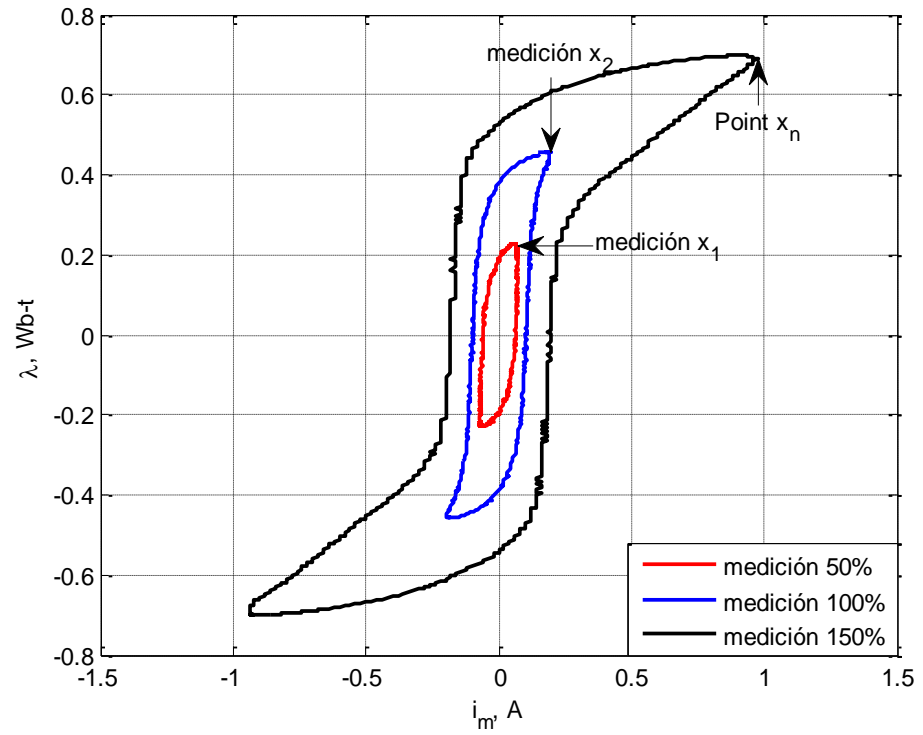
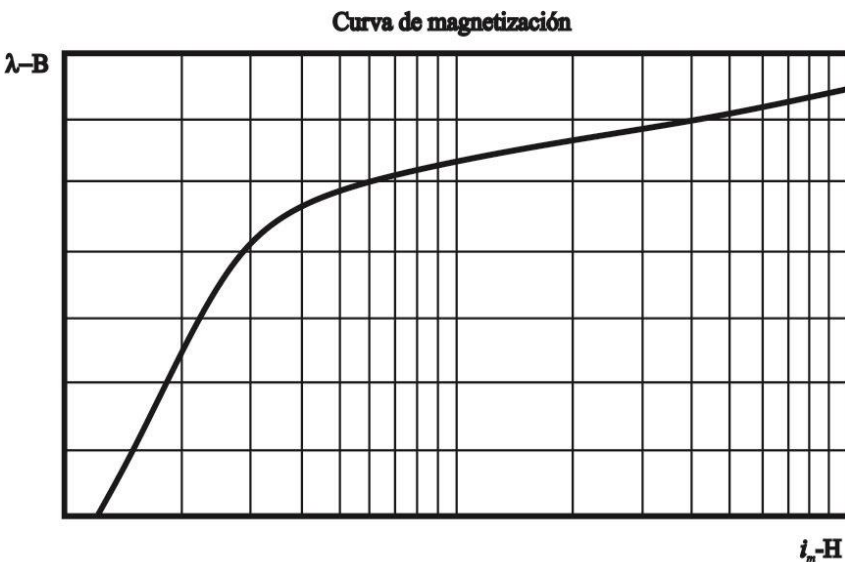
$$\lambda = f(i_m, a, b, c)$$

$$\lambda = \frac{i_m}{a + b |i_m| + c \sqrt{|i_m|}}$$
$$\lambda = a [\tanh(b i_m)] + c i_m$$
$$\lambda = a [\tan^{-1}(b i_m)] + c i_m$$



Coeficientes en la saturación

- Mediciones para obtener la característica de saturación



Coeficientes en la saturación

- El valor óptimo de los coeficientes a , b y c se obtienen minimizando la suma de los cuadrados de los residuos,

$$\min \mathbf{F}(a, b, c) = \sum_{j=1}^n (f_j(i_{m,j}, a, b, c) - \lambda_j)^2$$

- La solución del problema de optimización requiere que cumpla con la condición de optimalidad de primer orden.

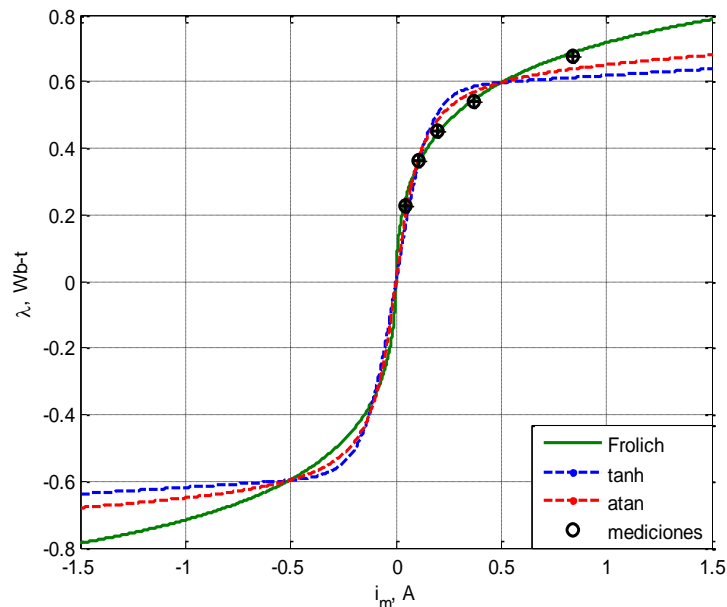
$$\nabla_{a,b,c}^2 \mathbf{F}(a, b, c) = 0$$

- Debido a que las funciones de saturación son no lineales, el sistema $\mathbf{F}(a, b, c)$ representa matemáticamente un sistema algebraico no lineal cuya solución proporciona los valores óptimos de los coeficientes a , b y c . Por lo que, la linealización se hace con el método de Newton,

$$\underbrace{[\nabla_{a,b,c}^2 \mathbf{F}(a, b, c)]^k}_H [\Delta \mathbf{Y}]^k = - \underbrace{[\nabla_{a,b,c} \mathbf{F}(a, b, c)]^k}_{\nabla F}$$



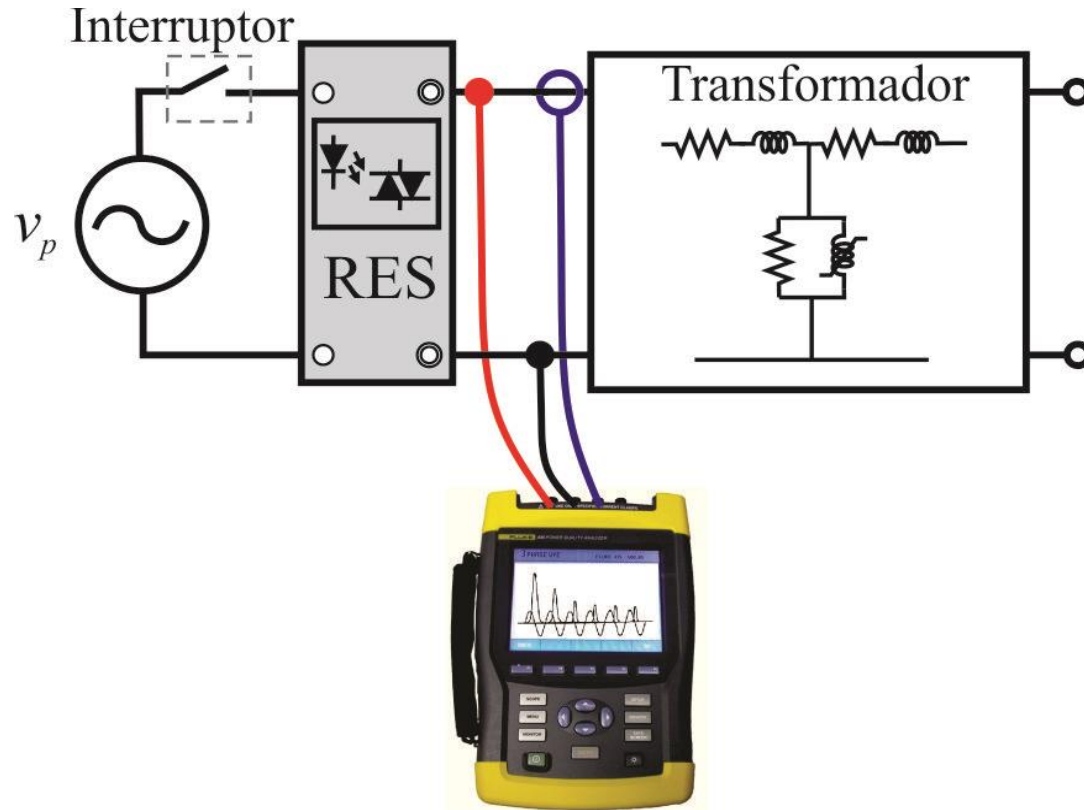
Coeficientes en la saturación



Coeficientes paramétricos de las funciones.

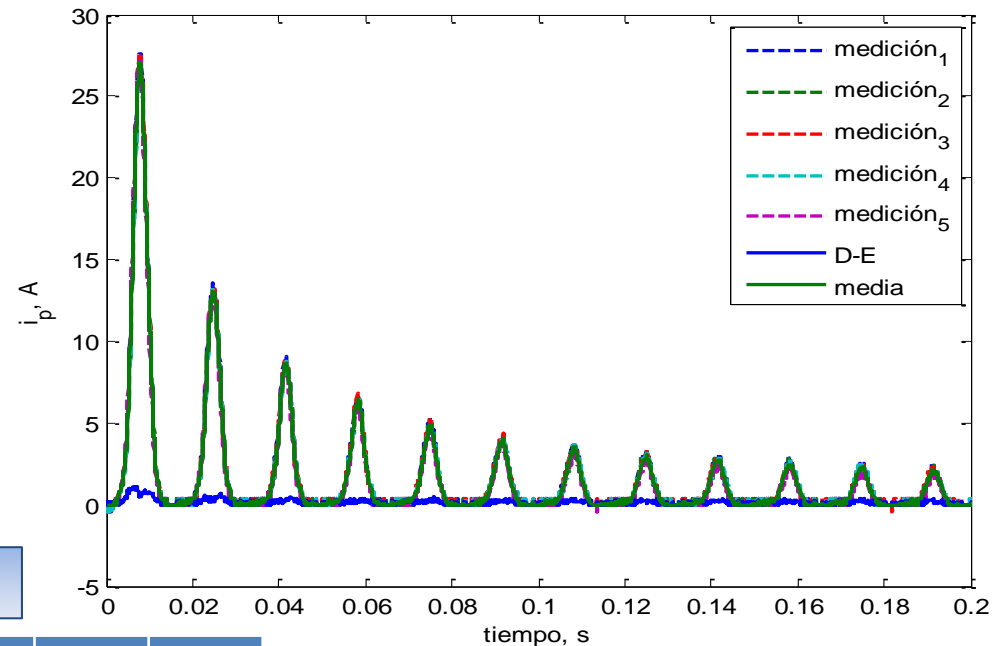
	a	b	c
Frolich	0.1646	0.8989	0.4871
tanh	0.7583	1.5630	0.1740
atan	0.5343	2.9608	0.0112

Solución transitoria



Solución transitoria

- Mediciones

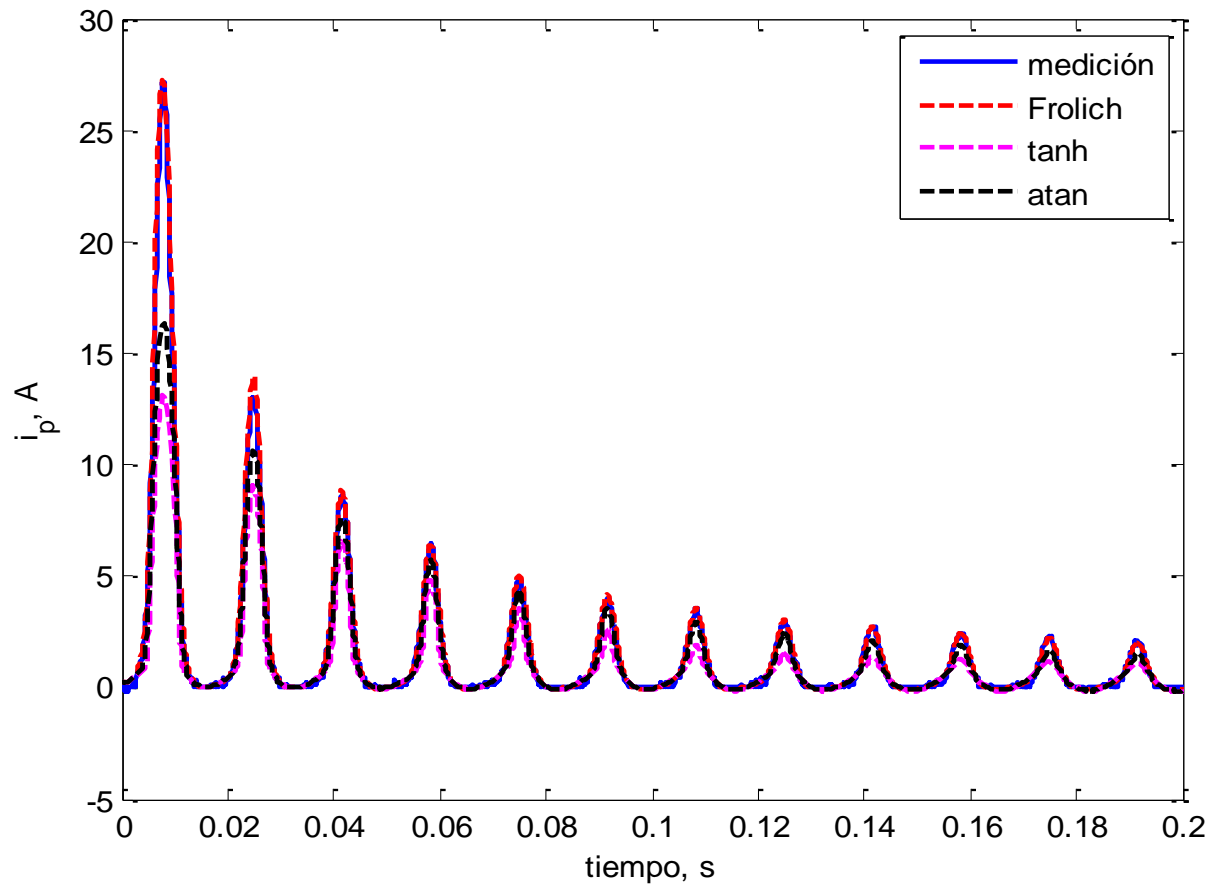


Media y desviación estándar.

pico	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}	5 ^{to}	6 ^{to}
media	27.12	13.04	8.61	6.42	4.91	4.02
D-E	1.1	0.65	0.49	0.39	0.41	0.34

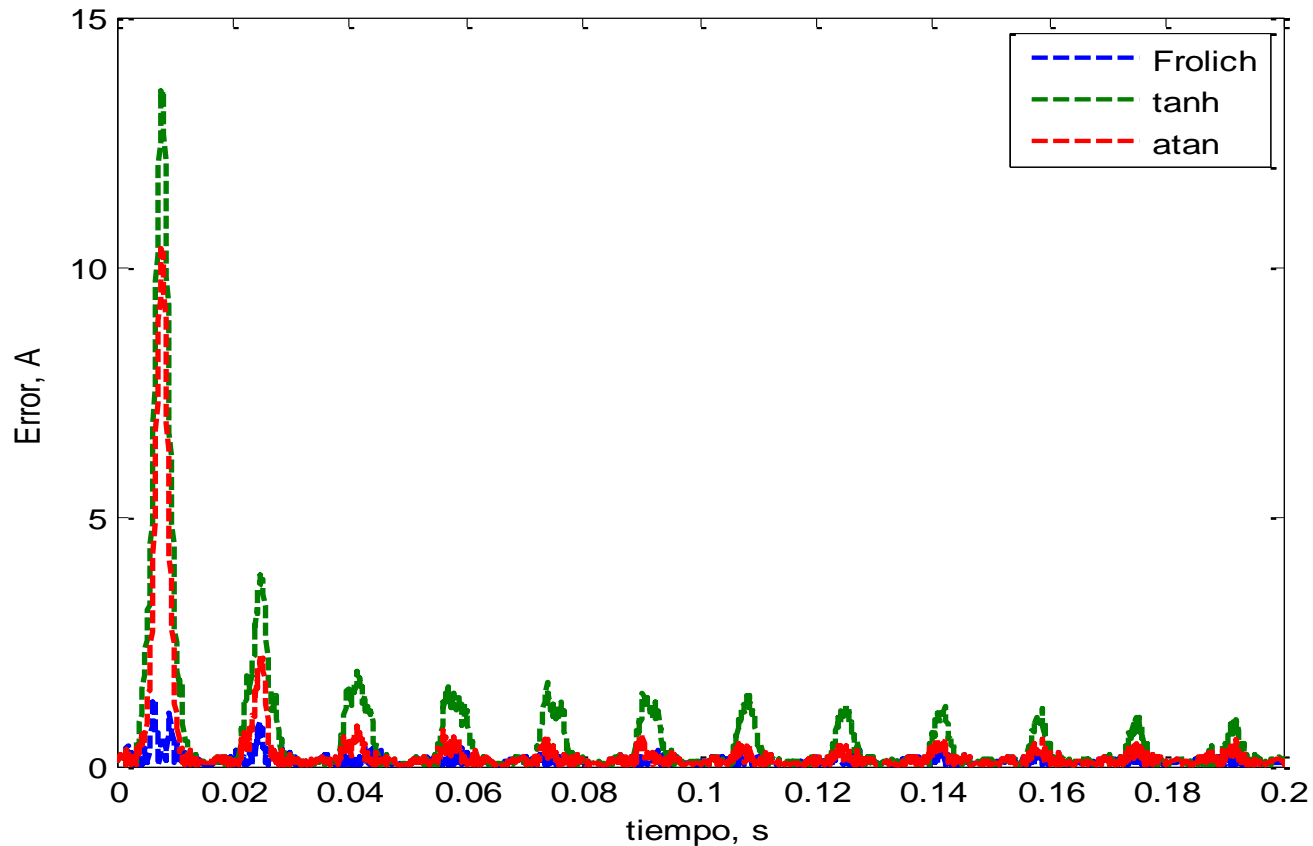


Solución transitoria



Solución transitoria

Error



Conclusiones

- En este trabajo se presentó una forma alternativa para representar la saturación no lineal de los transformadores.
- Se presentaron tres funciones para representar la saturación, las cuales dependen de los coeficientes a , b y c .
- Se utilizó la minimización de los residuos por mínimos cuadrados, para determinar los coeficientes a , b y c .
- Se obtuvo la solución transitoria del modelo del transformador con respecto a las funciones.
- La función Frolich modificada tiene mejor ajuste con respecto a las mediciones realizadas en el laboratorio.





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/ booklets)