



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

Title: Modelado bilineal de un motor de CD

Author: Jaime Arroyo-Ledesma

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 15
Mail: jaime_arroyo@ucol.mx
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

Presentación

1. Introducción.
2. Modelo del Motor de CD.
3. Modelo Bilineal.
4. Resultados.
5. Conclusiones



Introducción.

- El modelado de sistemas físicos es de gran importancia para prevenir comportamientos dinámicos que pudieran causar daños.
- ✓ Modelado no lineal.
- ✓ Modelado lineal.
- ✓ Modelado bilineal.

Introducción.

- ***Sistema bilineal.*** Son una variedad de los sistemas no lineales. Son sistemas lineales en los estados y en las entradas pero no lineales conjuntamente.
- Este tipo de sistemas surgen de manera natural en algunos procesos químicos, nucleares, biológicos, etc. pero también, son aproximaciones de sistemas no lineales.

Introducción.

- La aproximación bilineal de un sistema *no lineal* se le conoce como ***linealización de Carleman***.
- Un conjunto finito de ecuaciones diferenciales no lineales puede representarse con un conjunto infinito de ecuaciones diferenciales lineales.

Motor de CD.

- El modelo de un motor de CD es no lineal y se representa con el siguiente conjunto de ecuaciones diferenciales:

$$L_a \frac{d}{dt} i_a(t) + R_a i_a(t) + e(t) = v_a(t)$$

$$L_f \frac{d}{dt} i_f(t) + R_f i_f(t) = v_f(t)$$

$$J \frac{d}{dt} \omega(t) + B \omega(t) + T_l(t) = T_e(t)$$

$$e(t) = K i_f(t) \omega(t)$$

$$T_e(t) = K i_a(t) i_f(t)$$

Motor de CD C.S.

- El motor de CD conexión serie, $i_f(t)=i_a(t)=i(t)$, reescribiendo las ecuaciones se obtiene la siguiente forma matricial:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_a + R_f}{L_a + L_f} & 0 \\ 0 & -\frac{B}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{K}{L_a + L_f} & 0 \\ 0 & \frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i(t)\omega(t) \\ i(t)^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a + L_f} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a(t) \\ T_1(t) \end{bmatrix}$$

$$\frac{d}{dt} x^1 = A_{11} x^1 + A_{12} x^2 + Bu$$

Motor de CD C.P.

- El motor de CD conexión paralelo, $v_f(t)=v_a(t)=v(t)$, reescribiendo las ecuaciones se obtiene la siguiente forma matricial:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_f(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_a}{L_a} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{R_f}{L_f} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{B}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_f(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{K}{L_a} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_f(t) \omega(t) \\ i_a(t) i_f(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} & 0 \\ \frac{1}{L_f} & 0 \\ 0 & -\frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v(t) \\ T_1(t) \end{bmatrix}$$

$$\frac{d}{dt} x^1 = A_{11} x^1 + A_{12} x^2 + Bu$$

Motor de CD C.E.I

- El motor de CD conexión excitación independiente, reescribiendo las ecuaciones se obtiene la siguiente forma matricial:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_f(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_a}{L_a} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{R_f}{L_f} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{B}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_f(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{K}{L_a} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_f(t)\omega(t) \\ i_a(t)i_f(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_f} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a(t) \\ v_f(t) \\ T_1(t) \end{bmatrix}$$

$$\frac{d}{dt} x^1 = A_{11} x^1 + A_{12} x^2 + Bu$$

Modelo Bilineal

- Se parte de un sistema no lineal de la forma:

$$\frac{d}{dt}x^1 = A_{11}x^1 + A_{12}x^2 + A_{13}x^3 \cdots + A_{1k}x^k + B_{10}u$$

- Donde:

$$x^1 = x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$$

$$x^2 = x \otimes x = [x_1^2, x_1x_2, \dots, x_1x_n, \dots, x_n^2]^T$$

$$x^k = x \otimes \cdots \otimes x = [x_1^k, x_1x_2 \cdots x_k, \dots, x_n^k]^T$$

Modelo Bilineal

- El modelo bilineal se obtiene definiendo un nuevo vector de estados:

$$x^{\otimes} = [x^1, x^2, \dots, x^k]^T$$

- El orden del modelo bilineal dependerá del valor de k. El modelo resultante es:

$$\frac{d}{dt} x^{\otimes} = \underbrace{A^{\otimes} x^{\otimes}}_{\text{Lineal}} + \overbrace{N x^{\otimes} u}^{\text{No Lineal}} + \underbrace{B^{\otimes} u}_{\text{Lineal}}$$

Modelo Bilineal

- Las matrices tienen las siguientes estructuras:

$$A^{\otimes} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1k} \\ 0 & A_{22} & \cdots & A_{2k} \\ 0 & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & A_{kk} \end{bmatrix}_{h \times h} \quad N^{\otimes} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ B_{20} & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & B_{k0} & 0 \end{bmatrix}_{h \times h}$$

$$B^{\otimes} = \begin{bmatrix} B_{10} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{h \times 1}$$

Donde: $h = n + n^2 + n^3 + \cdots + n^k$

Modelo Bilineal

- Se obtuvieron dos modelos bilineales del motor de CD, 2do y 5to orden:

$$A^{\otimes} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ 0 & A_{22} \end{bmatrix}$$

h=6 CS

h=12 CP y CEI

$$N^{\otimes} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ B_{20} & 0 \end{bmatrix}$$

$$A^{\circ} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_{22} & A_{23} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} & A_{34} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A_{44} & A_{45} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & A_{55} \end{bmatrix}$$

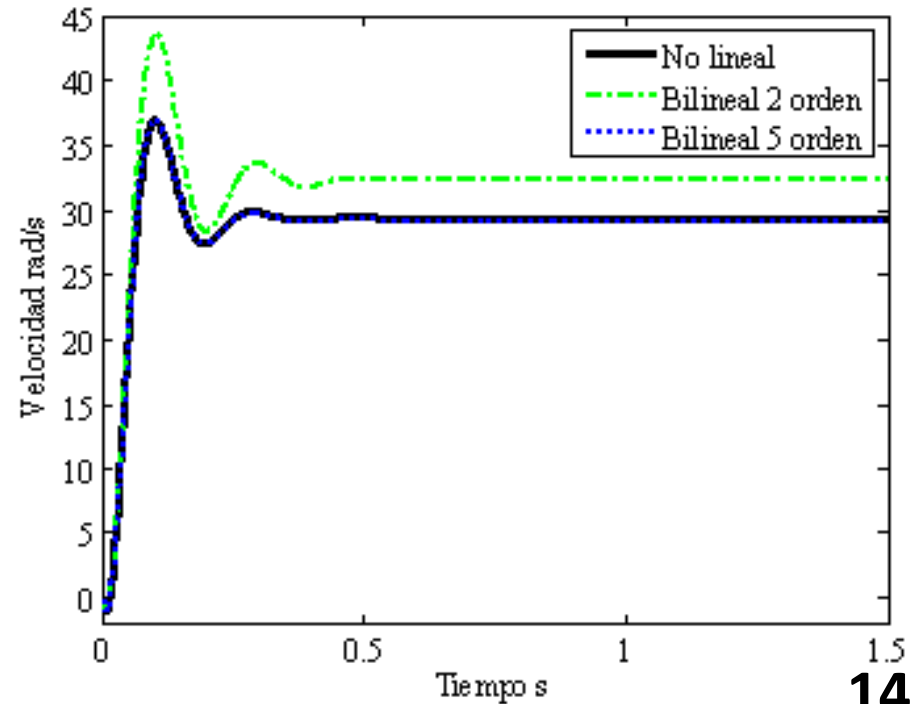
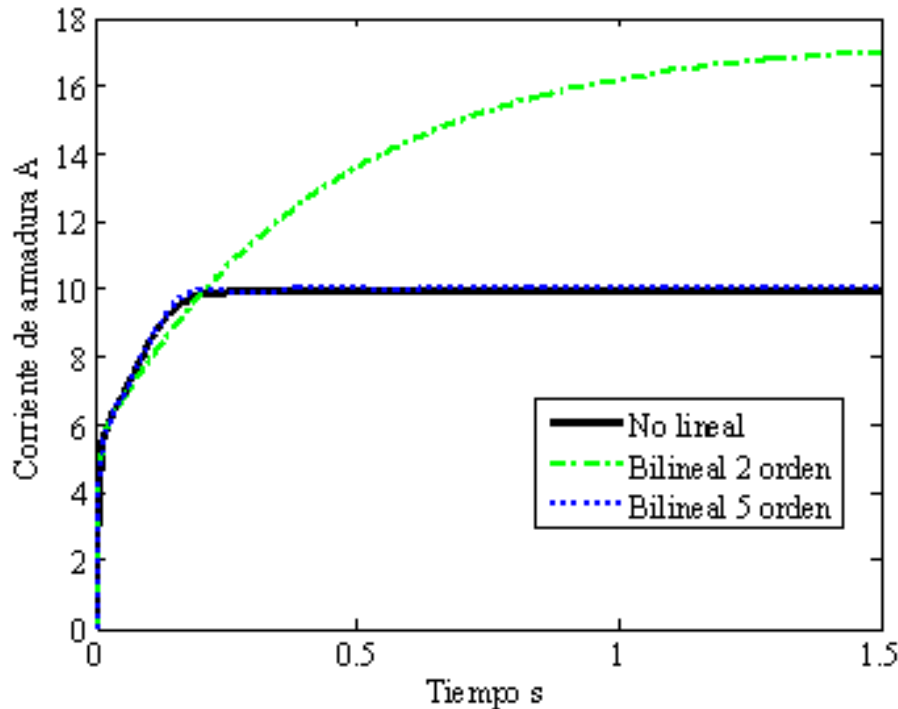
h=62

$$N^{\circ} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ B_{20} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & B_{30} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & B_{40} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & B_{50} & 0 \end{bmatrix}$$

h=363

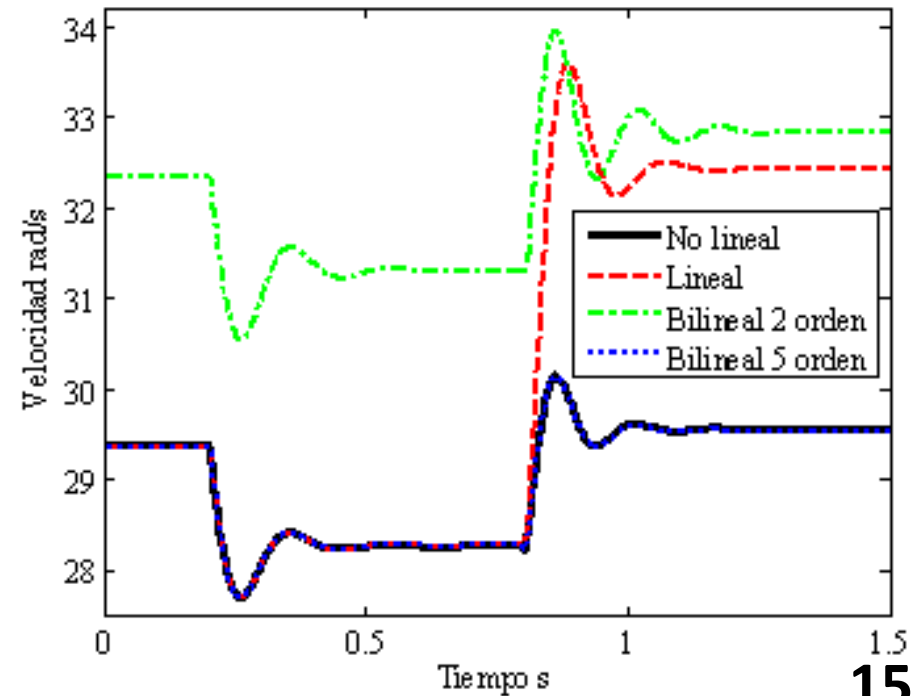
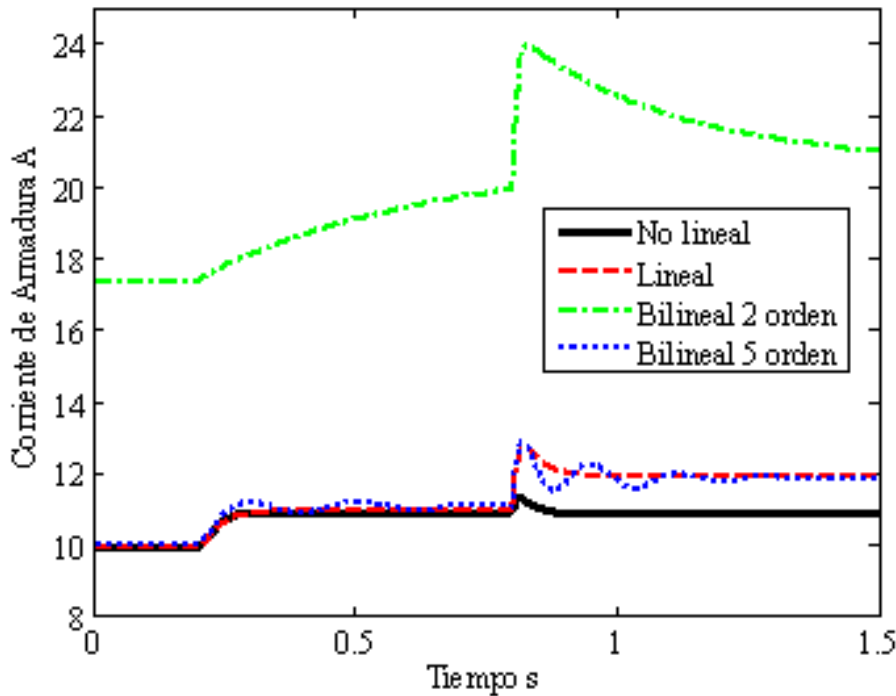
Resultados

- Primeramente, se presentan las graficas de arranque del motor:



Resultados

- Con perturbaciones de: voltaje de alimentación y par de carga:



Conclusiones

- En el presente trabajo se muestra el modelado bilineal de un motor de CD. Se analiza, que a diferencia del modelo lineal, se logra estudiar el comportamiento del motor desde el encendido del mismo.
- De acuerdo a los resultados, el modelo bilineal de quinto orden presenta un comportamiento similar al modelo no lineal.



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)