

## CONTROL DIFUSO PARA EL CONVERTIDOR CD/CD TIPO BOOST

Eduardo Hernández Márquez 1  
Ramón Silva Ortigoza 2  
Juan José de Jesús Herber Ramírez 1  
Carlos Francisco Hernández Pascual 1  
Erik Reyes Reyes 2  
Ulises Santos López 1

1 Tecnológico Nacional de México  
ITSPR  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

2 Instituto Politécnico Nacional  
CIDETEC  
Laboratorio de Mecatrónica y Energía Renovable

### Resumen

Aquí se presenta un control difuso para la regulación de voltaje de salida del convertidor electrónico de potencia CD/CD tipo Boost. El control tiene como entradas la señal del error de voltaje y una corriente de referencia dada en términos del voltaje deseado. Mientras que la salida corresponde al ciclo útil de trabajo. Los resultados de simulación en Matlab-Simulink muestran que el control difuso resuelve satisfactoriamente la tarea de regulación para diferentes valores de voltaje deseados.

### 1. Introducción

El diseño de controles para el voltaje de salida del convertidor electrónico de potencia CD/CD Boost, basados en el modelo matemático comúnmente utilizado, es un verdadero reto. Esto debido principalmente, a que el modelo matemático que describe la dinámica del convertidor tiene un cero en el semiplano derecho. Por lo que puede causar inestabilidad en el sistema. Una manera de superar tal problema es con el uso de un control basado en lógica difusa. Como se sabe, un control difuso no hace uso del modelo matemático. Si no que, a través de la experiencia del comportamiento dinámico del sistema proponer una base de conocimientos sobre la cual el control tomara las decisiones para llevar a cabo una acción de control. En esa dirección, este trabajo presenta un control difuso para la regulación del voltaje de salida del convertidor Boost.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera: la Sección 2 muestra las generalidades del sistema. En la Sección 3 se dan las especificaciones para el control difuso. La Sección 4 presenta los resultados de simulación del sistema en lazo cerrado. Por último, las conclusiones son dadas en la Sección 5.

### 2. Convertidor electrónico de potencia de CD/CD Boost

La principal característica del convertidor de CD/CD Boost es el de incrementar el voltaje de salida respecto al de su entrada,  $v \geq E$ . Los elementos que conforman al convertidor son: Una fuente de voltaje de CD denotado como  $E$ , una bobina con inductancia  $L$  sobre la cual circula una corriente  $i$ , un diodo  $D$  que evita retornos de corriente, un transistor  $Q$  el cual es activado o desactivado por la señal de entrada  $u$ , un capacitor con capacitancia  $C$  donde se estará midiendo el voltaje de salida  $v$  y como carga la resistencia  $R$ . La fig. 1, es el diagrama electrónico del convertidor que muestra todos los elementos previamente mencionados.

c

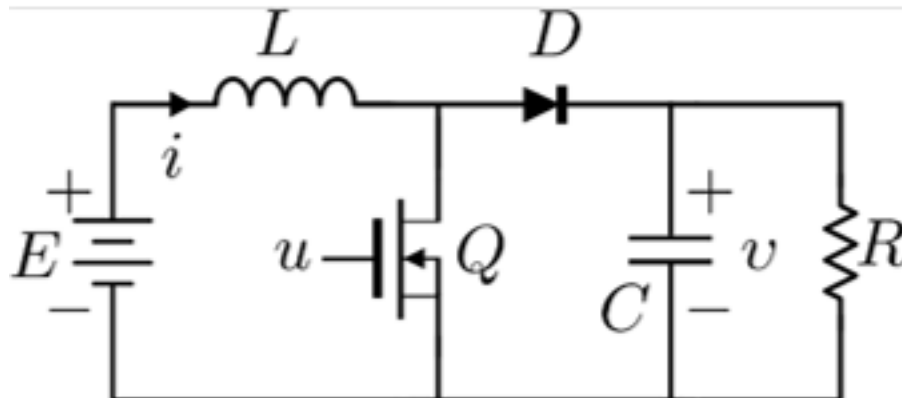


Figura 1. Diagrama electrónico del convertidor de CD/CD Boost.

El modelo matemático promedio del sistema convertidor Boost es [1].

c

$$L \frac{di}{dt} = -(1 - u_{av})v + E, \tag{1}$$

$$C \frac{dv}{dt} = (1 - u_{av})i - v/R, \tag{2}$$

con,  $u_{av} \in [0,1)$  y es la entrada promedio de la conmutación del transistor Q .

En este trabajo se consideran los siguientes valores en los parámetros del modelo matemático (1), (2):  $E = 12 \text{ V}$ ,  $L = 4.94 \text{ mH}$ ,  $C = 114.4 \text{ } \mu\text{F}$  y  $R = 64 \text{ } \Omega$ . Con lo anterior se tienen las siguientes gráficas,

c

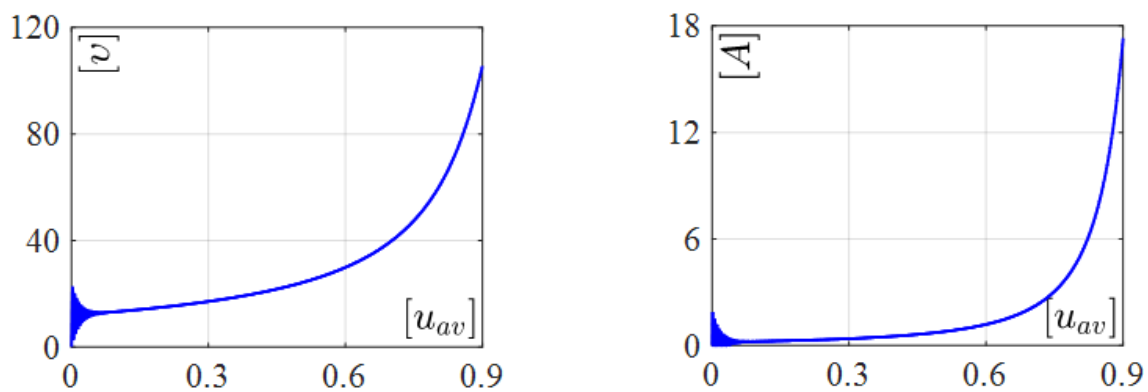


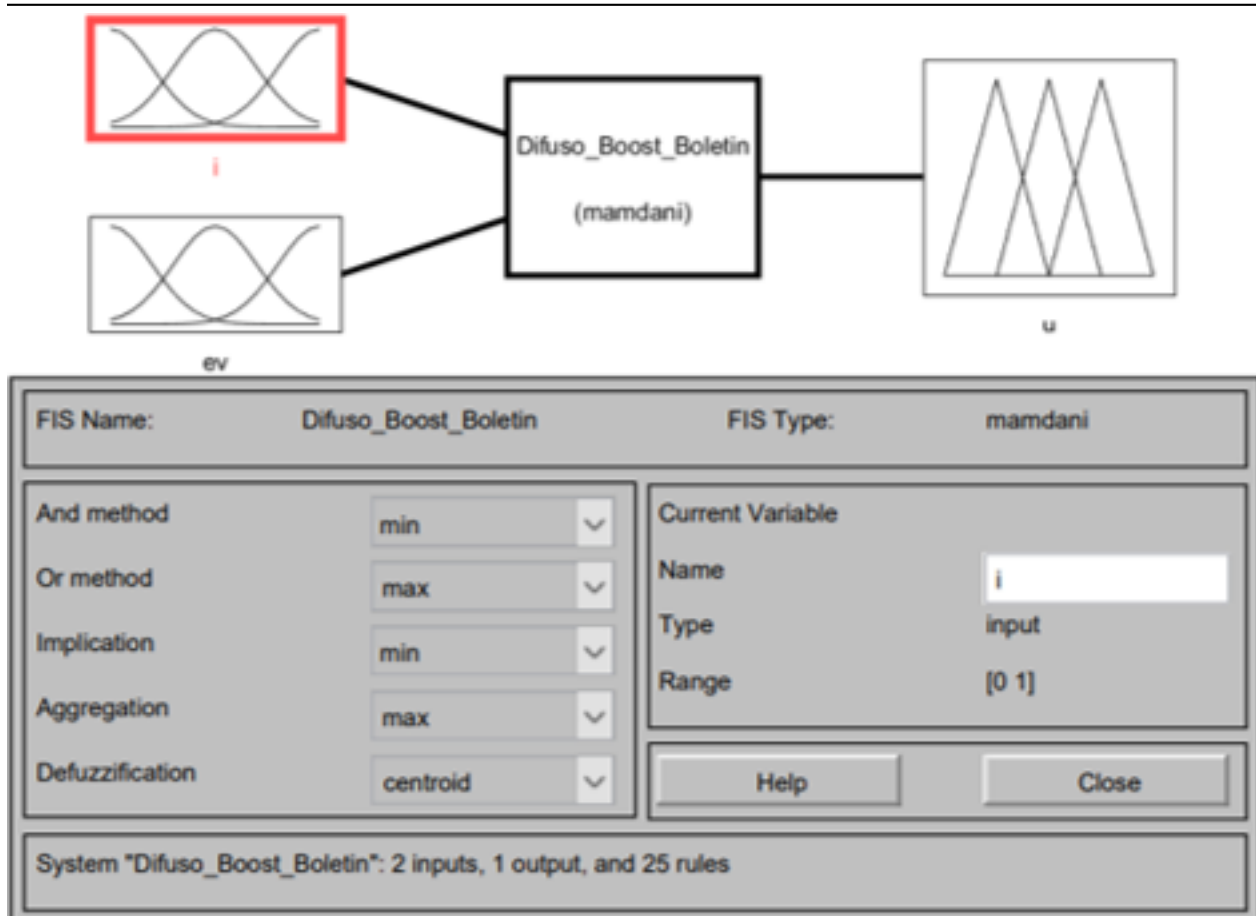
Figura 2. . Comportamiento dinámico del convertidor Boost respecto la entrada

$u_{av}$  con  $v$  y  $i$ , respectivamente.

Con el buen entendimiento del comportamiento de las gráficas mostradas en la Fig. 2. Se partirá para hacer el diseño de un control difuso para el seguimiento de voltaje  $v$  en el convertidor.

### 3. Control difuso

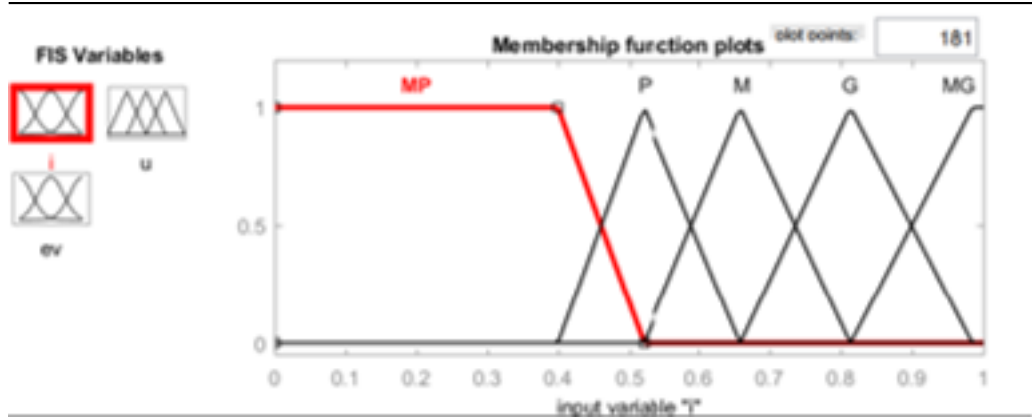
El control difuso se realizará con la herramienta Fuzzy de Matlab, con ese comando ingresado en el software, y declarando que se tomaran dos entradas para el control, arroja la siguiente vista,



**Figura 3.** Control difuso en Matlab.

Como primera entrada se considera a la corriente  $i$  que bien puede ser medida del sistema o construida a partir de una ecuación. Esto último con el objetivo de ahorrarse un sensor de corriente en la práctica.

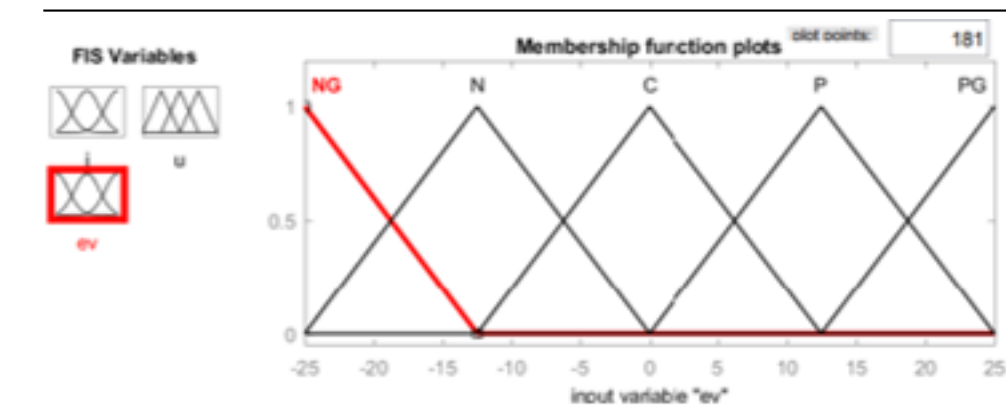
Aquí, se opta en construir la  $i$  por la siguiente fórmula  $u_{av}/\text{con } v \text{ y } i$ , de acuerdo con [2]. Y a través de la experiencia en el manejo del convertidor se proponen las funciones de membresía siguientes para  $i$ ,



**Figura 4.** . Funciones de membresía para  $i$  .

El significado de las variables lingüísticas es: MP muy pequeño, P pequeño, M mediano, G grande y MG muy grande.

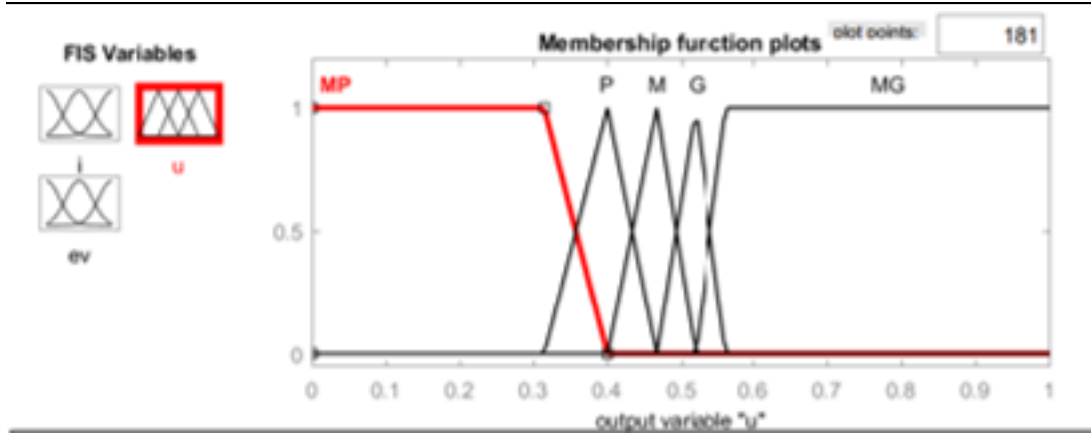
La segunda entrada corresponde a la señal de error,  $ev$  , y está definida como  $ev = vd - v$  . Con las funciones de membresía mostradas a continuación,



**Figura 5.** Funciones de membresía para  $ev$  .

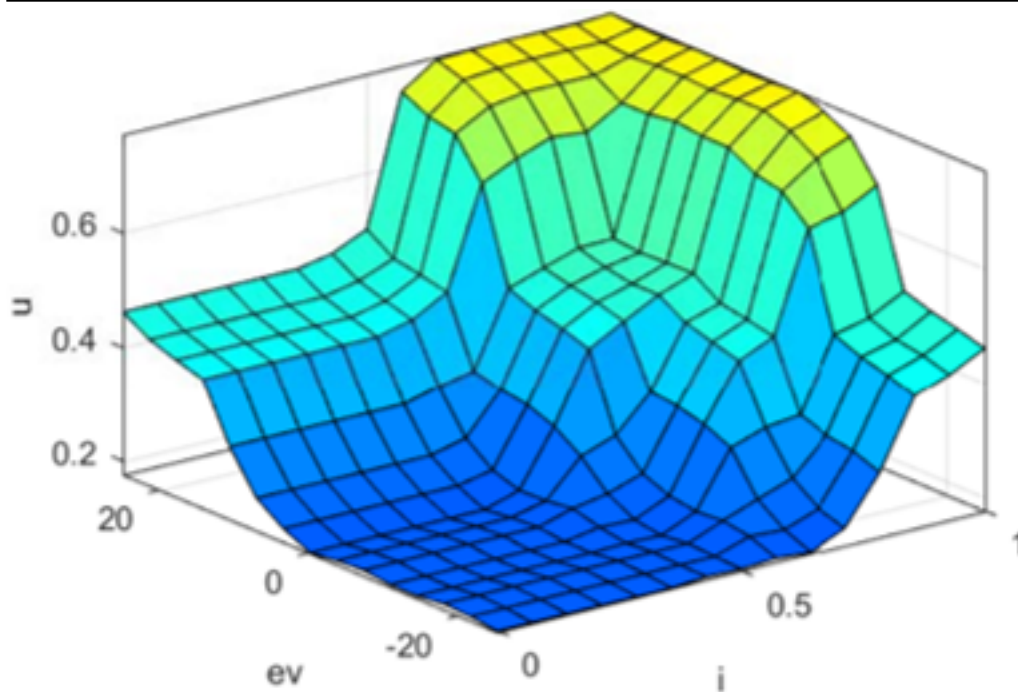
Con variables lingüísticas: NG negativo grande, N negativo, C cero, P positivo y PG positivo grande.

Respecto a la salida, este corresponde al ciclo útil de trabajo y con sus funciones de membresía de la siguiente forma,



**Figura 6.** Funciones de membresía para  $U_{ap}$ .

Las variables lingüísticas están en correspondencia a las declaradas en la Fig. 4. Se programaron 25 reglas, la cuales tienen como gráfica de superficie de control siguiente,



**Figura 7.** Superficie de control.

El método de inferencia y defusificación es el tipo Mamdani y centroide, respectivamente.

#### 4. Simulación

La simulación del control difuso se realiza en Matlab-Simulink, ver Fig. 8.

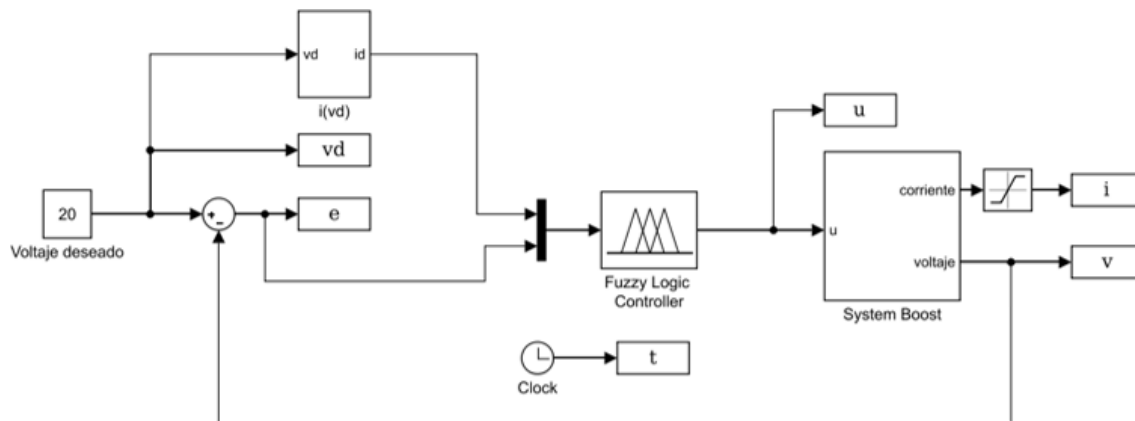


Figura 8. Simulación del control difuso en Matlab-Simulink.

Los valores de voltaje deseado son dos. El primero es para un voltaje de 20 volts y el segundo para 25 volts.

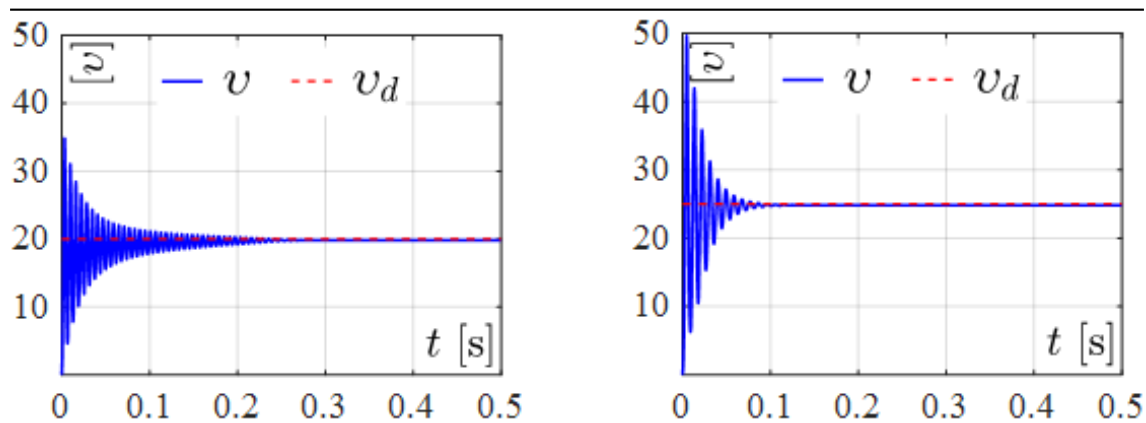


Figura 9. Resultados de la simulación del control difuso en Matlab-Simulink.

## 5. Conclusiones

El presente trabajo se realizó un control difuso para regular el voltaje de salida del convertidor de CD/CD Boost. El diseño del controlador se basa en el conocimiento del comportamiento dinámico del convertidor. Entendido ese comportamiento, se proponen las variables lingüísticas, funciones de membresía, reglas de control, el método de inferencia y defusificación. Todo lo anterior es fácilmente programable con la herramienta Fuzzy en Matlab. Los resultados de simulación muestran que el control difuso sigue inmediatamente la trayectoria deseada  $v_d$ , validando la estrategia de control propuesto.

## Referencias

1. H. Sira-Ramírez and R. Silva-Ortigoza. (2006). *Control Design Techniques in Power Electronics Devices*. London, U.K.: Springer-Verlag

2. E. Hernandez-Márquez, R. Silva-Ortigoza, H. Taud, G. Saldaña-González, and M. Marcelino-Aranda. (2018). *New mathematical models for the DC/DC Boost converter in Proc. of the International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering* Cuernavaca, Mexico, Nov. 27-30, 2018, pp. 157-160.