

**CONTROL ROBUSTO EN SISTEMAS DE POTENCIA MULTIMAQUINAS  
UTILIZANDO LOGICA DIFUSA Y TEORIAS DE  
CONTROL  $H^\infty$  Y CONTROL PROYECTIVO**

**Felipe Morales, Aldo Cipriano y Hugh Rudnick**

*Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile  
Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile  
Tel: 56-2-6864281; fax: 56-2-5522563; e-mail: fmoralsi@puc.cl*

Resumen: En este trabajo se propone el diseño de un estabilizador de sistemas de potencia basado tanto en lógica difusa como en las teorías de control óptimo  $H^\infty$  y control proyectivo subóptimo. Como objetivo de control se considera aumentar la estabilidad y mejorar la respuesta dinámica de un sistema multimáquinas que opera en diferentes condiciones. Los resultados obtenidos mediante simulación de un sistema de dos generadores conectados a una barra infinita reflejan que el estabilizador propuesto incrementa la robustez respecto de un estabilizador de estructura convencional.

Abstract: This paper proposes the design of power system stabilizer based on fuzzy logic and the  $H^\infty$  optimal and projective suboptimal controls theories. The control objective is to enhance the stability and to improve the dynamic response of a multimachine power system operating in different conditions. Results obtained by simulation of a system composed of two generators connected to an infinite busbar reflect that the proposed stabilizer improve the robustness respect of a conventional structure stabilizer.

Keywords: Estabilizadores de sistemas de potencia, lógica difusa, control  $H^\infty$ , control proyectivo.

## 1. INTRODUCCION

La complejidad creciente que han alcanzado los sistemas eléctricos de potencia, debido al aumento de interconexiones, al uso de nuevas tecnologías y a la necesidad de operar el sistema económicamente, ha llevado a crear herramientas que permiten operar el sistema con un grado elevado de seguridad y en condiciones muy cercanas a los límites de estabilidad. La utilización de controles suplementarios en la excitatriz de los generadores ha sido un medio efectivo para extender los límites de estabilidad y mejorar la operación de sistemas eléctricos de potencia (*Anderson, 1993; Kundur, 1994*).

En las últimas dos décadas se han desarrollado diversos métodos para sintonizar estabilizadores en sistemas eléctricos de potencia (ESP); basados tanto en diseños secuenciales como coordinados. El método favorecido por la industria consiste en la sintonización secuencial de compensadores de adelanto o atraso de fase (*Chow y Sanchez-Gasca, 1989*). Por el contrario, las técnicas de sintonización coordinada de estabilizadores para sistemas multimáquinas, evaluadas positivamente en

numerosas investigaciones, han tenido un impacto práctico muy reducido. Una importante razón para ello es la carencia de modelos suficientemente precisos. La presencia de perturbaciones, el desconocimiento en los parámetros del sistema, las dinámicas no modeladas o no consideradas, la aleatoriedad de las condiciones de operación, la variabilidad de la topología, etc., dificultan la utilización de técnicas que requieren de un conocimiento preciso del modelo del sistema (*Asgharian, 1994*).

En este trabajo se propone el diseño de un estabilizador utilizando tanto lógica difusa como las teorías de control óptimo en  $H^\infty$  y control proyectivo subóptimo. Para cada condición de operación en el sistema de potencia, y utilizando el correspondiente modelo linealizado, se diseña una ley de control local de referencia utilizando la solución en el espacio estado al problema de control robusto en  $H^\infty$  (*Doyle, 1991*); la sintonía de los parámetros de cada estabilizador convencional se realiza reteniendo parte de la autoestructura de referencia en cada unidad generadora, mediante la técnica de control proyectivo (*Hopkins, 1981*). Las salidas de los diferentes estabilizadores locales se ponderan por grados de validez determinados aplicando el concepto

de función de pertenencia de un conjunto difuso (King, 1977). El objetivo de control es reducir la energía en las señales reguladas producto de perturbaciones exógenas e incrementar la estabilidad a perturbaciones pequeñas en un amplio rango de condiciones de operación.

A continuación se describe el contenido del trabajo. En la sección 2 se presenta la estructura y el modelo del sistema de potencia en estudio. En la sección 3 se describe el método de diseño de los estabilizadores. En la sección 4 se presentan los resultados obtenidos al evaluar mediante simulación la operación del sistema de potencia con el estabilizador propuesto. Finalmente, se presenta el análisis de los resultados obtenidos y se describen las conclusiones con las ventajas y desventajas del método presentado, en aspectos relativos a la operación del sistema eléctrico de potencia, complejidad en el diseño del estabilizador y su implementación en tiempo real.

## 2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE POTENCIA

### 2.1 Modelo del Sistema Eléctrico de Potencia

La Fig. 1 muestra el sistema eléctrico de potencia en estudio; los parámetros asociados a las unidades generadoras y al sistema de transmisión se entregan en el Apéndice I del trabajo.

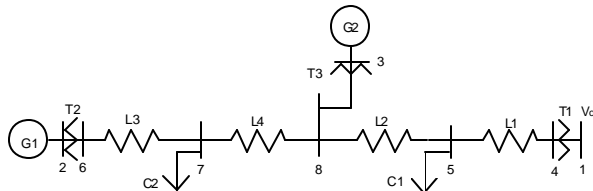


Fig. 1. Sistema de 2 generadores-barra infinita.

El sistema se compone de dos generadores sincrónicos conectados a un sistema externo de gran tamaño que opera como una barra infinita. Cada generador incorpora un sistema de excitación tiristorizado de alta ganancia. Cuatro líneas de transmisión permiten el flujo de potencia a través de la red. La presencia de líneas débiles en el sistema de transmisión y la ganancia elevada en los sistemas de excitación disminuye el amortiguamiento de las oscilaciones de baja frecuencia, éste efecto empeora a niveles de generación elevados en la unidad 1.

Para propósitos de diseñar los controles de excitación se utiliza un modelo lineal simplificado del sistema eléctrico de potencia (Anderson, 1993; Kundur, 1994),

representado por un sistema de cuatro ecuaciones diferenciales lineales del tipo:

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (1)$$

donde  $x(t) \in \mathbb{R}^4$ , es el vector de variables de estado definido como:

$$x' = [w \quad \delta \quad E'_q \quad E_{fd}] \quad (2)$$

en que  $w$  es la velocidad angular del rotor relativa a la barra infinita;  $\delta$  es el ángulo del rotor relativo a la barra infinita;  $E'_q$  es la tensión proporcional al enlace de flujo en el eje directo;  $E_{fd}$  es la tensión de excitación de la máquina. El escalar  $u$  es la variable manipulada. Las matrices  $A$  y  $B$ , de dimensiones apropiadas para la representación en variables de estado, son constantes para una determinada topología y condición de operación del sistema eléctrico de potencia.

### 2.2 Estructura del Estabilizador de Sistemas de Potencia

La Fig. 2 muestra el diagrama en bloques del sistema de excitación, en el que se incluye el estabilizador de sistemas de potencia. El estabilizador modula el error entre la tensión de referencia del generador,  $V_{ref}$ , y la tensión de terminales de éste,  $V_t$ ; su objetivo es producir un torque de amortiguación en fase con la velocidad del generador, compensando así el atraso de fase del conjunto generador, excitación y carga. Sin este dispositivo y en condiciones de carga elevada y/o líneas de transmisión débiles, se generan oscilaciones electromecánicas con una frecuencia comprendida entre los 0,2 y 2,5 Hz. Estas oscilaciones, con factor de amortiguación bajo o negativo, limitan severamente la capacidad de transmisión. La reducción de la generación para restaurar el nivel de amortiguación es una solución viable; sin embargo, los costos asociados a ésta lo hacen poco recomendables. Otra alternativa consiste en disminuir la ganancia del regulador de tensión, pero su consecuencia es una reducción del tiempo crítico de despeje de falla frente a perturbaciones que afecten la estabilidad transitoria del sistema de potencia.

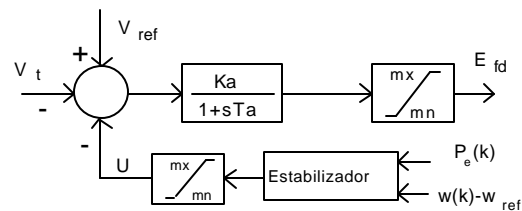


Fig. 2. Diagrama en bloques del sistema de excitación.

El estabilizador propuesto puede ser implementado de diversas formas en una versión como la actual. La señal

de entrada para cada intervalo de muestreo corresponde a la desviación discretizada de la velocidad angular del rotor en pu,  $w(k)$ , respecto a la velocidad sincrónica  $w_{ref}$ . Además, en cada intervalo de muestreo se requiere sensar la potencia eléctrica de salida de la máquina,  $P_e(k)$ , a fin de determinar el nivel de generación de la unidad. La señal de control,  $u(t)$ , viene dada por:

$$u(t) = u(k); \quad kT_s < t < (k+1)T_s \quad (3)$$

donde  $T_s$  es intervalo de muestreo y  $k$  es un entero.

Las Figura 3 muestra la estructura del estabilizador propuesto. Este requiere de funciones de conversión análogo/digital (A/D) y digital/análogo (D/A), y de un microcomputador en el que se incorpora la base de conocimiento, el motor de inferencias y las interfases de fusificación y defusificación.

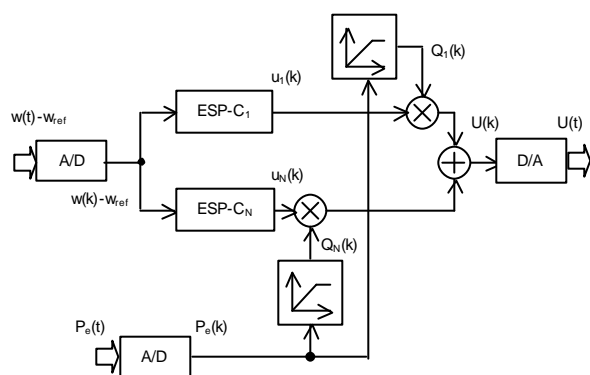


Fig. 3. Estructura del estabilizador propuesto.

Cada uno de los estabilizadores convencionales (ESP- $C_i$ ) se diseña subóptimamente para una determinada condición de operación, la señal de control se obtiene ponderando la señal de salida de los estabilizadores convencionales por el grado de validez determinado a partir de las funciones de pertenencia de los conjuntos difusos; por simplicidad se utiliza la potencia eléctrica de salida de la máquina para caracterizar la condición de operación de la unidad.

En la Figura 4 se muestra la estructura de uno de los estabilizadores convencionales activados difusamente; éste corresponde a un compensador de dos etapas y admite la posibilidad de incluir ceros complejos conjugados en el numerador.

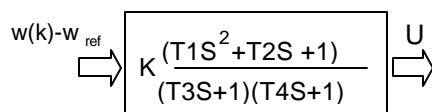


Fig. 4. Estructura de los estabilizadores convencionales.

### 3. DISEÑO DEL ESTABILIZADOR DE SISTEMAS DE POTENCIA

El primer paso en el diseño consiste en obtener un conjunto de modelos lineales del sistema eléctrico de potencia; cada uno de éstos queda representado por:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= A_i x + B_i u \\ y &= C_i x + D_i u \end{aligned} \quad (4)$$

donde  $y(t)$  es la salida medida correspondiente a la velocidad del rotor de cada una de las máquinas;  $A_i, B_i, C_i$  y  $D_i$  son obtenidos mediante linealización de las ecuaciones no lineales del sistema para la  $i$ -ésima topología y condición de operación en estudio. A continuación se desarrolla un modelo descentralizado para cada uno de los modelos en consideración; éste se obtiene reteniendo las variables de estado locales asociadas a cada unidad generadora y despreciando los términos de acoplamiento entre subsistemas; el  $i$ -ésimo subsistema para la  $i$ -ésima condición de operación queda representado por:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= A_i^l x + B_i^l u_k + G^l w_d \\ y^l &= C_i^l x + D_i^l u^l \\ y_c^l &= H^l x \end{aligned} \quad (5)$$

donde  $w_d$  es una perturbación exógena, no estructurada, pero acotada en energía y con norma  $L_2$  menor que 1;  $y_c^l$  es la salida regulada en el  $i$ -ésimo subsistema y corresponde al ángulo del rotor de cada máquina. El propósito de considerar una perturbación actuando en cada subsistema es para lidiar con los términos de acoplamientos entre subsistemas. Mientras el estado permanezca asintóticamente estable en el punto de operación, estas perturbaciones dependientes del estado estarán energéticamente acotadas. Este recurso permite diseñar una ley control robusta para cada subsistema mediante la técnica  $H^\infty$ .

En la siguiente etapa se sintoniza un compensador dinámico por subsistema que proyecta parte de la autoestructura de referencia asociada a la solución del problema de control robusto. La principal justificación de utilizar control proyectivo radica en que la respuesta con control robusto es dependiente de la autoestructura del sistema; dado que los vectores propios se orientaron al resolver el problema en  $H^\infty$  el interés se centra en retenerlos. Controles proyectivos ofrecen un método por el cual un subconjunto arbitrario de la autoestructura del sistema de referencia puede ser retenida por utilizar controladores de orden adecuado que utilicen las salidas disponibles. Los detalles de la aplicación de las técnicas de control en  $H^\infty$  y control proyectivo en el diseño de estabilizadores de sistemas de potencia pueden encontrarse en (Morales, 1994).

Una vez obtenido el conjunto de estabilizadores para las condiciones de operación estudiadas, se utiliza la lógica difusa para determinar el grado de activación de cada uno de estos controles.

### 3.1 Aplicación del método de diseño al sistema de potencia en estudio.

a) *Obtención del modelo lineal.* Para efectos de simplificar el diseño del estabilizador se considerarán sólo dos condiciones de operación diferentes, CO1 y CO2; éstas se caracterizan por el nivel de generación de potencia activa de la unidad 1 en condiciones estacionarias,  $P_{e1}$ . Para CO1 el nivel de generación de activo se fijó en 1.5 pu, para CO2 éste fue fijado en 0.5 pu. Los valores propios correspondientes a los modos electromecánicos del sistema en lazo abierto para CO1 y CO2 se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores propios del sistema en lazo abierto.

CO1	CO2
0.47+4.66i	-0.28+4.47i
0.47-4.66i	-0.28-4.47i
-0.98+10.41i	-1.03+10.90i
-0.98-10.41i	-1.03-10.90i

b) *Aplicación de la técnica de control en  $H^\infty$ .* Para el subsistema 1 (unidad generadora 1) se diseñó una ley de control robusta a perturbación utilizando el modelo linealizado para las condiciones CO1 y CO2. En la Tabla 2 se presentan los parámetros utilizados en el diseño de la ley de control robusto:  $G$  determina el grado de penetración del disturbio en el  $i$ -ésimo subsistema y  $\gamma_i$  es el índice de atenuación de la perturbación en la  $i$ -ésima salida regulada. El espectro de valores propios en lazo cerrado se presenta en la Tabla 3.

Tabla 2. Parámetros de diseño del control robusto mediante la técnica  $H^\infty$ .

	g	G
CO1	0.230	[0.023 0.000 0.023 37.581] <sup>t</sup>
CO2	0.072	[0.023 0.000 0.023 37.581] <sup>t</sup>

Tabla 3. Valores propios del sistema en lazo cerrado para control  $H^\infty$ .

CO1	CO2
-90.93	-82.32
<b>-10.07</b>	<b>-9.22+7.18i</b>
<b>-8.83+5.98i</b>	<b>-9.22-7.18i</b>
<b>-8.83-5.98i</b>	<b>-7.69</b>

c) *Aplicación de la técnica de control proyectivo.* La ley de control obtenida mediante la técnica  $H^\infty$  requiere tanto la medición de las variables de estado locales en cada subsistema como la actuación local. A fin de permitir una estructura más convencional en términos de las señales disponibles y orden del controlador, se utiliza la técnica de control proyectivo para retener parte de la autoestructura del sistema de referencia (diseño  $H^\infty$ ). Considerando sólo la velocidad del rotor en cada máquina y realimentándola localmente mediante un controlador proyectivo de segundo orden, es posible retener un conjunto de 3 valores propios con sus respectivos vectores propios, de los obtenidos mediante el diseño de referencia  $H^\infty$ . La autoestructura a retener corresponde al espectro dominante del sistema de referencia, cuyos valores propios seleccionados se muestran en negrilla en la Tabla 3. El resto de parámetros libres en control proyectivo se seleccionó mediante la ubicación del espectro residual de cada subsistema en lazo cerrado. Los valores de sintonización de los estabilizadores para las condiciones CO1 y CO2 son entregados en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores de sintonización para los estabilizadores de sistemas de potencia.

	K	T1	T2	T3	T4
CO1	-45.187	0.0072	0.1543	0.0250	0.0250
CO2	-67.273	0.0070	0.1401	0.0222	0.0222

d) *Aplicación de lógica difusa.* La base de conocimiento del estabilizador difuso incluye dos reglas que tienen la forma:

$$\text{Si } P_e(k) = R_m \text{ entonces } u_i(k) = S_m \quad (6)$$

Los conjuntos difusos  $R_m$  ( $m=1, 2$ ) se han definido como (ver Fig. 5):

$$\begin{aligned} R_1 &= \{ P_e(k) \leq 1.25 \} \\ R_2 &= \{ P_e(k) \geq 0.75 \} \end{aligned} \quad (7)$$

mientras que los conjuntos difusos  $S_m$  ( $m=1, 2$ ) corresponden a:

$$\begin{aligned} S_1 &= \{ \text{ESP-C}_1 \} \\ S_2 &= \{ \text{ESP-C}_2 \} \end{aligned} \quad (8)$$

ESP-C<sub>1</sub> y ESP-C<sub>2</sub> caracterizan las señales de salida de los estabilizadores diseñados en las condiciones de operación CO1 y CO2, los que poseen la estructura mostrada en la Fig. 4. Habiéndose seleccionado las reglas de control se deben definir ahora las funciones de pertenencia correspondientes. Por simplicidad se consideran sólo funciones de pertenencia para

determinar el grado de activación del estabilizador (etapa de fusificación), según se muestra en la Fig. 5. La señal de control final está dada por:

$$U(t) = u(k); \quad kT_s < t < (k+1)T_s \quad (9)$$

$$u(k) = \sum_{n=1}^2 Q_n(k) u_n(k)$$

donde  $Q_n$  en el instante “k” es el grado de activación de la regla “n”.

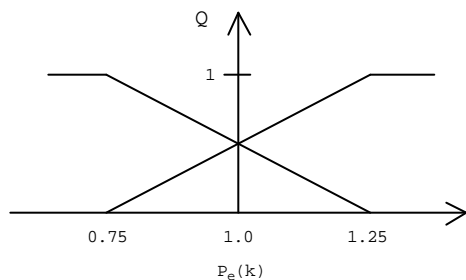


Fig. 5. Universo de discusión y funciones de pertenencia.

#### 4. EVALUACION DE LOS ESTABILIZADORES MEDIANTE SIMULACION

El desempeño del estabilizador propuesto fue evaluado mediante simulación no lineal del sistema eléctrico de potencia. Se incluyó saturación en las señales de salida del estabilizador y del regulador automático de tensión. Las simulaciones fueron realizadas en el software de propósitos específicos MATLAB<sup>MR</sup> de Mathworks

El análisis del sistema se efectúa para las dos condiciones de operación estudiadas en el diseño del estabilizador, CO1 y CO2. En ambas condiciones el sistema se somete a una perturbación de tipo cortocircuito trifásico de línea a tierra en la barra número 7 del sistema eléctrico de potencia. Se considera que el tiempo de despeje de la falla,  $t_{c1}$ , es 0,04 seg. y que el elemento perturbado continúa en operación. Los datos para cada una de las condiciones de operación estudiadas se presenta en el Apéndice 1.

Las simulaciones mostradas en las Figuras 6 y 7 presentan la respuesta del sistema en el ángulo del rotor del generador 1 y del generador 2, respectivamente, cuando el sistema de potencia opera en la condición 1; a su vez, la Figura 8 muestra la señal de control de salida del estabilizador en esta condición. De manera similar, las Figuras 9 y 10 presentan del ángulo del rotor de los generadores para una operación en la condición 2. La Figura 11 muestra la señal de control correspondiente.

Para efectos de estudiar comparativamente el desempeño del estabilizador propuesto, en cada una de las figuras presentadas se incluye también la operación del sistema con estabilizadores de estructura fija. Estos estabilizadores corresponden a los diseños obtenidos en cada una de las condiciones de operación estudiadas; la denominación “convencional” apunta a caracterizar su estructura análoga, la utilización de un modelo lineal para efectos del diseño y a su implementación en unidades que operan actualmente. La nomenclatura utilizada para designar a los estabilizadores es:

- D : Estabilizador activado por lógica difusa.
- C1: ESP-C<sub>1</sub>.
- C2: ESP-C<sub>2</sub>.

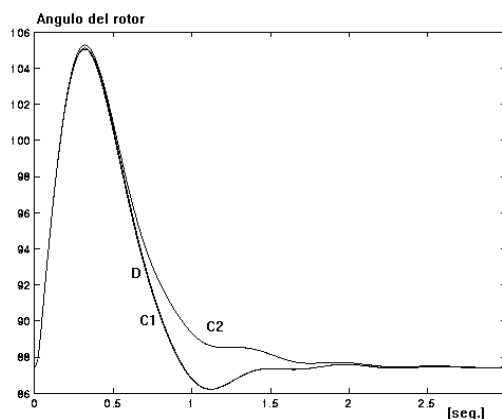


Fig. 6: Simulación del sistema de potencia operando en la condición 1: respuesta del ángulo del rotor del generador 1 a cortocircuito trifásico.

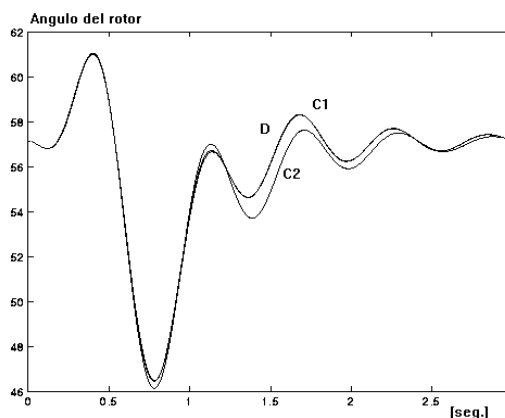


Fig. 7: Simulación del sistema de potencia operando en la condición 1: respuesta del ángulo del rotor del generador 2 a cortocircuito trifásico.

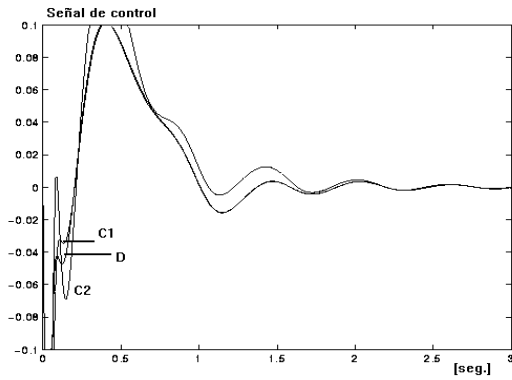


Fig. 8: Simulación del sistema de potencia operando en la condición 1: respuesta de la señal de control a cortocircuito trifásico.

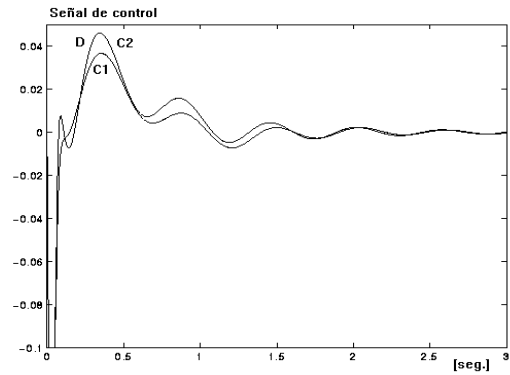


Fig. 11: Simulación del sistema de potencia operando en la condición 2: respuesta en la señal de control a cortocircuito trifásico.

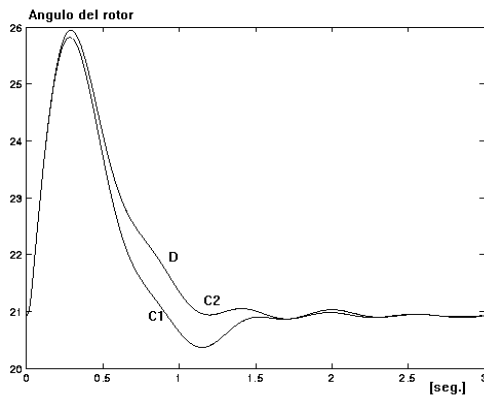


Fig. 9: Simulación del sistema de potencia operando en la condición 2: respuesta del ángulo del rotor del generador 1 a cortocircuito trifásico.

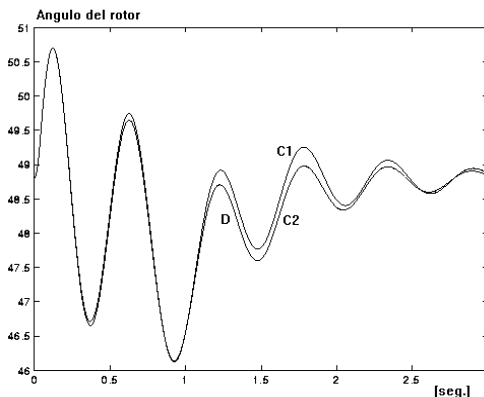


Fig.10: Simulación del sistema de potencia operando en la condición 2: respuesta en el ángulo del rotor del generador 2 a cortocircuito trifásico.

## ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

El trabajo propone un estabilizador de sistemas de potencia que utiliza lógica difusa para determinar el grado de activación de un conjunto de estabilizadores diseñados mediante las técnicas de control  $H^\infty$  y control proyectivo. Los resultados obtenidos permiten reflejar la robustez del esquema de control propuesto; con éste se obtiene un considerable aumento de la amortiguación, lo cual puede considerarse como satisfactorio en el rango de operación estudiado. Además, la respuesta del ángulo del rotor de los generadores presenta una respuesta rápida a perturbaciones exógenas (tipo cortocircuito).

El estabilizador propuesto permite relajar las características de diseño; en términos de control robusto, la operación en diferentes condiciones puede ser abordada mediante la inclusión de perturbaciones que estructuran la operación en esas condiciones. Estas perturbaciones no puede crecer indefinidamente dado que el grado de atenuación depende del orden y cantidad de señales disponibles para realimentar. Una manera de relajar las perturbaciones abordadas en el diseño  $H^\infty$  es utilizando lógica difusa.

Las reglas difusas son simples y pueden ser fácilmente implementadas en un microcomputador con funciones de conversión A/D y D/A. Las señales requeridas para efectos del control están disponibles y han sido utilizadas ampliamente en otros estabilizadores.

Los resultados obtenidos en este trabajo abren interesantes perspectivas para iniciar investigaciones destinadas a estudiar la aplicación de estabilizadores difusos, y sus métodos de sintonía, a sistemas eléctricos de potencia multimáquinas de gran escala.

## REFERENCIAS.

- Anderson, P., Fouad, A. (1993). *Power System Control and Stability*, IEEE Press, New York.
- Asgharian, R. (1994). A Robust  $H^\infty$  Power System Stabilizer With no Adverse Effect on Shaft Torsional Modes, *IEEE Trans. on Energy Conversion*, Vol. 9, N°3, pp. 475-481.
- Chow, J., Sanchez-Gasca, J. (1989). Pole Placement Designs of Power System Stabilizers, *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 4, N°1, pp. 271-277.
- Doyle, J., Glover, K., Khargonekar, P., Francis, B. (1989). State-Space Solutions to Standard  $H_2$  and  $H_\infty$  Control Problems, *IEEE Trans. on Automatic Control*, Vol. 34, N° 8, pp. 831-846.
- Hopkins, W., Medanic, J., Perkins, W. (1981). Output Feedback Pole Placement in the Design of Suboptimal Linear Quadratic Regulators, *Int. Journal of Control*, 1981, Vol. 34, N°3, pp. 593-612.
- King, P., Mamdani, E. (1977). The Application of Fuzzy Control Systems to Industrial Processes, *Automatica*, Vol. 3, pp. 235-242.
- Kundur, P. (1994). *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill, Inc.
- Morales, F. (1993). *Proyecto de ESP Descentralizados con Espectro de Referencia Robusto*, Proyecto de Título Ing. Civil Eléctrico, Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Morales, F., Peña, H., Astorga, J. (1994). Proyecto de ESP Descentralizados con Espectro de Referencia Robusto. *Procedente del XI Congreso de la Asociación Chilena de Control Automático*, Concepción, Chile.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo otorgado por el proyecto FONDECYT 1960394.

## APENDICE

### 1. Parámetros de los generadores.

	Xd	Xd'	Xq	Tdo'	H
G1	0.8958	0.1198	0.8645	6.0000	6.4000
G2	1.3125	0.1813	1.2578	5.8900	3.0100

### 2. Parámetros del sistema de excitación.

	Ka	Ta
Excitación G1	50	50
Excitación G2	0.05	0.05

### 3. Parámetros de las líneas y transformadores.

	L1	L2	L3	L4	T1	T2	T3
R	0.017	0.039	0.009	0.012	0.000	0.000	0.000
X	0.122	0.140	0.232	0.221	0.576	0.063	0.059
B	0.158	0.358	0.209	0.149	0.000	0.000	0.000

### 4. Datos de generación, carga y barra infinita (BI).

	G1	G2	BI	C1	C2
P	(*)	0.700	-	1.100	0.900
Q	-	-	-	0.050	0.200
V	1.025	1.025	1.040	-	-

(\*): La potencia que genera la unidad 1 en la condición CO1 corresponde a 1.5 pu, en la condición CO2 alcanza a 0.5 pu.

La frecuencia del sistema es 60 Hz. Los datos del modelo están sobre una base de 100 MVA.

La nomenclatura utilizada es estándar y puede ser encontrada en (Morales, 1993).