

Control Adaptativo Fraccionario Optimizado por Algoritmos Genéticos, Aplicado a Reguladores Automáticos de Voltaje

Marco E. Ortiz-Quisbert^{a,b}, Manuel A. Duarte-Mermoud^{a,b,*}, Freddy Milla^{a,b}, Rafael Castro-Linares^c

^aDepartamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile, Av. Tupper 2007, Santiago, Chile.

^bCentro Avanzado de Tecnología para la Minería (AMTC), Universidad de Chile, Av. Tupper 2007, Santiago, Chile.

^cDepartamento de Ingeniería Eléctrica, CINVESTAV-IPN, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, D.F., México.

Resumen

En este trabajo se presenta la técnica del control adaptable de orden fraccionario por modelo de referencia (CAOFMR), aplicada a los reguladores automáticos de voltaje (RAV). El artículo se enfoca en el ajuste de las ganancias adaptables y los órdenes de derivación de las leyes de ajuste del controlador CAOFMR, determinados por la minimización de una función criterio definida para el modelo simplificado del RAV, mediante la utilización de la técnica de optimización de algoritmos genéticos (AG). En base a un criterio de evaluación propuesto por otros autores, se realizan comparaciones, por medio de simulaciones, de la técnica de control propuesta con los resultados obtenidos por la técnica de control PID de orden entero (OEPID) (Zamani et al., 2009). Se muestra que el controlador CAOFMR con parámetros optimizados por AG, entrega mejores resultados en términos de robustez frente a variaciones en los parámetros del sistema controlado y mejoras en relación a la velocidad de convergencia hacia las señales de referencia del sistema RAV.

Palabras Clave:

Control Adaptativo de Orden Fraccionario por Modelo de Referencia, Control Adaptativo por Modelo de Referencia, Control Fraccionario, Regulador Automático de Voltaje, Algoritmos Genéticos, Optimización por Algoritmos Genéticos.

1. Introducción

Los sistemas eléctricos de potencia (SEP) requieren, por un lado, dispositivos que mantengan y garanticen su estabilidad incluso en condiciones extremas de trabajo y por otro, éstos requieren tiempos de respuesta cada vez más rápidos. Estos dos aspectos constituyen los principales motivos que han inspirado a varios investigadores en busca de mejores resultados. También, la combinación de técnicas de control y estrategias de optimización se han utilizado en la literatura técnica para abordar este problema en los SEP.

Al realizar el análisis de la literatura técnica, muchos de los autores que trabajan en esta línea de investigación, mencionan a Gaing (2004) como su referencia principal. En 2004, Gaing demostró mejoras en la sintonización de los parámetros del controlador PID, mediante la minimización de una función objetivo por el método de optimización de Algoritmos Genéticos (AG) (Gaing, 2004). Posteriormente, Conceicao (2008), uti-

lizó el mismo sistema de Gaing (Gaing, 2004) (Modelo Lineal Simplificado del RAV) y presentó mejoras en el proceso de optimización, modificando el algoritmo de AG. Luego, Kim y Park (2005) sintonizaron los parámetros del controlador utilizando una mezcla entre las técnicas de AG y optimización por enjambre de partículas (OEP). En el 2007, Mitra et al. (2007) introdujeron una técnica de control difuso, donde utilizan un modelo tipo Sugeno, en el cual los parámetros son ajustados a través del algoritmo de aprendizaje híbrido, demostrando estabilidad de los sistemas de generación eléctrica modelados para pequeña señal.

Todos los autores anteriores consideran variaciones del voltaje de referencia $\Delta V_r(t) = 1[pu]$, con la finalidad de comparar estrategias de optimización en términos de la minimización de una función criterio determinada, asociada al modelo lineal simplificado del RAV.

Desde el punto de vista de los expertos en SEP, Mukherjee y Ghoshal (2007) utilizan el mismo modelo anterior (Modelo Lineal Simplificado del AVR), sin embargo, emplean $\Delta V_r(t) = 0,01[pu]$, minimizando una función criterio en base al algoritmo AG. Más adelante en el 2009, Chatterjee et al. (2009) utilizan las mismas características de (Mukherjee y Ghoshal, 2007), proponiendo una modificación al método OEP, llamada

* Autor en correspondencia

Correos electrónicos: marco.ortiz@ing.uchile.cl (Marco E. Ortiz-Quisbert), mduarte@ing.uchile.cl (Manuel A. Duarte-Mermoud), fmilla@ing.uchile.cl (Freddy Milla), rcaastro@cinvestav.mx (Rafael Castro-Linares)

VUR-PSO, demostrando mejoras en términos del mínimo de la misma función criterio.

En este artículo se presenta la técnica de Control Adaptable de Orden Fraccionario por Modelo de Referencia (CAOFMR) como un problema de optimización, donde se sintonizan las ganancias adaptables y órdenes de derivación de las leyes de ajuste, considerando una función objetivo (FO), para el modelo lineal simplificado del generador reportado por Kundur (Kundur, 1994). Mediante simulaciones se demuestran mejoras en términos de la función criterio ya mencionada, reduciéndola hasta un 30,48 % y mejoras en términos del sobrepaso hasta en un 16,62 %, en relación a los encontrados en la literatura (Mukherjee y Ghoshal, 2007).

La Sección 2 de este artículo presenta los conceptos generales del CAOFMR, los algoritmos de optimización y el modelo del generador con el RAV a utilizar. Luego, en la Sección 3 se establecen las condiciones, características del controlador y la función objetivo que dan origen a las simulaciones presentadas en este trabajo. La Sección 4 presenta los resultados simulados originales, comparando las distintas técnicas de control y estrategias de optimización con los encontrados en la literatura, donde se evalúan los comportamientos de los esquemas de control propuestos frente a variaciones paramétricas, en base a índices de rendimiento. Finalmente, en la Sección 5 se presentan las conclusiones del trabajo y se proponen líneas futuras de investigación.

2. Fundamentos Teóricos

En esta Sección se presentan las bases teóricas necesarias para abordar los temas desarrollados en el presente artículo.

2.1. Definiciones básicas del cálculo fraccionario

El cálculo de orden fraccionario es una generalización del cálculo clásico o de orden entero y se relaciona con operadores diferenciales del tipo D_t^α , donde α es un número real o complejo. Según Kilbas et al. (2006) existen varias definiciones de las derivadas de orden fraccionario, sin embargo la más utilizada en el campo de la ingeniería es la derivada según Caputo, debido a que incorpora las condiciones iniciales de la variable y sus derivadas de orden entero. Su definición corresponde a (Kilbas et al., 2006)

$${}^R D_0^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \int_0^t \frac{f^{(n)}(\tau)}{(t-\tau)^{\alpha-n+1}} d\tau \quad (1)$$

con $n = [\Re(\alpha)] + 1$; $t > \alpha$, donde $[\Re(\alpha)]$ es la parte entera de $\Re(\alpha)$.

El método de Oustaloup (Oustaloup, 1991) es utilizado para realizar aproximaciones de la derivada fraccionaria según Caputo, el cual caracteriza el comportamiento haciendo uso de la distribución recursiva de polos y ceros, que está dada por

$$s^\alpha \approx k \prod_{n=1}^N \frac{1 + (s/\omega_{z,n})}{1 + (s/\omega_{p,n})} \quad (2)$$

con $\alpha > 0$ y las frecuencias de los polos y ceros ($\omega_{z,n}$ y $\omega_{p,n}$) están dados por Zamani et al. (2009). k es un coeficiente que

se ajusta tal que la ganancia en ambos lados de (2) sea $1 \frac{rad}{s}$. La eficiencia de la aproximación depende de N , donde para valores bajos de N se generan aproximaciones simples, mientras que para valores altos de N se generan mejores aproximaciones para la derivada fraccionaria, cuyo costo asociado se manifiesta en el esfuerzo computacional requerido. Esta aproximación está disponible mediante el bloque Ninteger de Simulink del Toolbox de Matlab (Valério y da Costa, 2004).

2.2. Control Adaptable de Orden Fraccionario por Modelo de Referencia

Para comprender los conceptos del control adaptable de orden fraccionario por modelo de referencia (CAOFMR), se comenzará realizando una breve introducción al Control Adaptable por Modelo de Referencia (CARM) clásico, el cual resume las bases teóricas contenidas en Narendra y Annaswamy (2005).

Los detalles del esquema mostrados en la Figura 1 se pueden consultar en (Aguila-Camacho y Duarte-Mermoud, 2013). Sin embargo, cabe destacar algunos conceptos para el caso de plantas con grado relativo $n^* \geq 2$ (que corresponde al caso de este estudio) tales como el concepto del error aumentado $\epsilon(t)$ y del error auxiliar $e_2(t)$, que son necesarios definir para resolver este caso, dado que el sistema que aquí se analiza genera el denominado Modelo de Error 4 (Narendra y Annaswamy, 2005). Para el CARM clásico los parámetros del controlador son ajustados usando ecuaciones diferenciales de orden entero (Leyes de Ajuste). En este caso de estudio, nos referimos al CARM de orden fraccionario (CAOFMR), donde los parámetros son ajustados adaptativamente siguiendo ecuaciones diferenciales de orden fraccionario (Leyes de Ajuste de Orden Fraccionario).

Las características más importantes de este controlador se muestran en la Tabla 1, donde las dimensiones de las matrices (Λ , I) y el número de variables a optimizar serán definidos en la Sección 3.

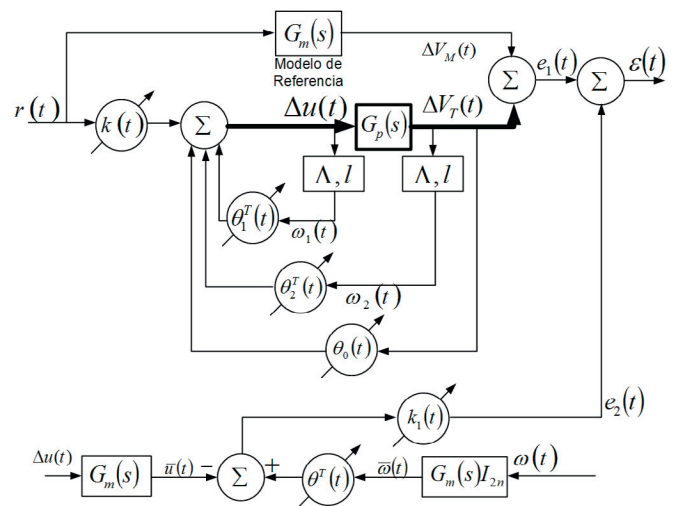


Figura 1: Esquema general del CAMR para $n^* \geq 2$

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8050606>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8050606>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)