

AJUSTE COORDINADO DE CONTROLADORES DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS PARALELOS

Kang C., Rubén D.¹, Giménez, María L.¹, Morel, Lilian M.¹, Martínez, Eustáquio A.¹, Chaparro, Enrique R.¹.

Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este – FPUNE¹

Introducción

Actualmente los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP) son altamente mallados, esto hace que la distancia eléctrica entre las barras sea menor. Por lo que ante alguna perturbación del sistema, como desconexión de generadores o fuera de servicio de alguna línea, dicha perturbación afecta a las barras vecinas con intensidad similar, produciendo oscilaciones electromecánicas y variaciones en el perfil de tensión. Si los parámetros de los controladores de cada generador y los parámetros de los Compensadores Estáticos de Reactivos (CER) no están correctamente ajustados para las distintas condiciones de operación, dichas oscilaciones electromecánicas pueden ser poco amortiguadas o no amortiguadas, causando la pérdida de estabilidad del sistema. Ya existen trabajos que implementaron métodos para ajuste coordinado de Reguladores Automáticos de Tensión, Estabilizadores de Sistemas de Potencia y CER, utilizando métodos determinísticos (Maslennikov, 1996) métodos meta-heurísticos (Sosa, 2014). Sin embargo, cuando son considerados sistemas eléctricos gran porte, los referidos métodos comienzan a requerir grandes recursos computacionales en los estudios de planificación de la operación y expansión de sistemas eléctricos. Por consiguiente, en el presente trabajo se propone una metodología computacional para ajuste óptimo y simultáneo de parámetros del RAT, ESP y de los CER instalados en el referido sistema eléctrico, considerando diversas condiciones de operación críticas.

Materiales y Métodos

El método de ajuste coordinado está basado en el Algoritmo Genético (AG), debido a su comprobada eficacia para optimización de problemas de optimización complejos, representando sistemas dinámicos e industriales (Goldberg, 1989). Además, el AG fue adaptado para computación paralela, obteniendo un AG Paralelo (AGP), para aplicación en sistemas eléctricos de gran porte (Borges, 2004). Para validar la metodología propuesta de ajuste coordinado, fue considerado el sistema eléctrico de medio porte, New England. Para realizar el ajuste de los controladores en un entorno paralelo utilizamos el programa GNU Octave y el PelicanHPC creada a partir de Debian Live que está dedicada a crear clusters de computadores de alta eficiencia. En este trabajo se utilizaron dos tipos de AGP. El tipo Maestro/Escavo (AGPMS), en donde cada proceso Escavo realiza el cálculo del Fitness de cada individuo y el AGP Multi-Población (AGPMP), en donde cada procesador de la red aplica un AG sobre una población reducida, es decir, $NP = N / P$, N tamaño de la población y P número de procesadores.

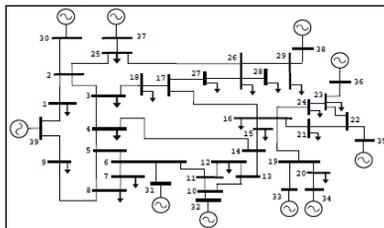


Fig. 1 Sistema New England

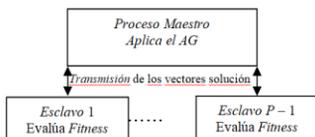


Fig. 2: Esquema AGPMS

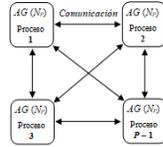


Fig. 3: Esquema AGPMP

Los parámetros de los RAT, ESP y CER fueron ajustados teniendo en cuenta 6 condiciones de operación.

#	DESCRIPCIONES
1	Caso Base.
2	LT ¹ 4-14 y LT 16-17 fuera de servicio.
3	LT 3-18 y LT 25-26 fuera de servicio.
4	LT 6-11 fuera de servicio.
5	Carga total incrementada en 10%.
6	Carga total reducida en 10%.

Tabla 1: Condiciones de Operación

Resultados Numéricos

La Tabla 2 muestra los resultados experimentales para el AG secuencial (AGS) y los algoritmos paralelos: AGPMS y AGPMP. En la misma Tabla 2, F_{MAX} es el máximo *Fitness* obtenido al finalizar la ejecución del AG, y *time(s)* indica el tiempo de computación, S_p es la aceleración lograda de cada algoritmo paralelo, considerando diferentes números de procesadores, con respecto a la computación del AGS, y $E(\%)$ representa la eficiencia del tipo de AG paralelo utilizado, expresado en porcentaje.

AGS				
Proc	F_{MAX}	<i>time(s)</i>		
1	15.4129	2751.7		
AGPMS				
Proc	F_{MAX}	<i>time(s)</i>	S_p	$E(\%)$
2	15.5680	1384.2	1.99	99.50
4	16.0263	702.3	3.92	98.00
6	15.5732	474.8	5.80	96.97
AGPMP				
Proc	F_{MAX}	<i>time(s)</i>	S_p	$E(\%)$
2	15.7227	1400.1	1.97	98.50
4	16.5474	703.0	3.91	97.75
6	15.6748	477.3	5.77	96.17

Tabla 2. Resultados para el AGS, AGPMS y AGPMP

#G	K_A	T_A	K_S	T_1	T_2
30	100	0.08	19	0.10	0.001
31	100	0.10	16	0.09	0.001
32	100	0.05	17	0.07	0.010
33	100	0.05	17	0.09	0.001
34	100	0.02	19	0.05	0.019
35	100	0.05	20	0.10	0.008
36	100	0.07	15	0.10	0.011
37	100	0.05	18	0.10	0.007
38	100	0.05	20	0.06	0.001

Tabla 3. Valores paramétricos para el RAT y el ESP.

#B	K_C	T_C
6	100.0	0.15
7	138.3	0.40
20	128.3	0.02

Tabla 4. Parámetros del CER.

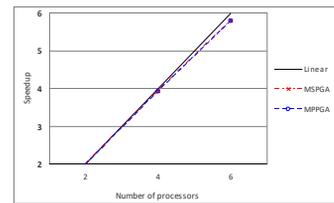


Fig. 4: Curvas de aceleración (S_p) del AGPMS y AGPMP.

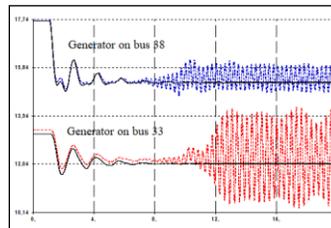


Fig. 5: Respuesta transitoria ángulo del rotor - # 3

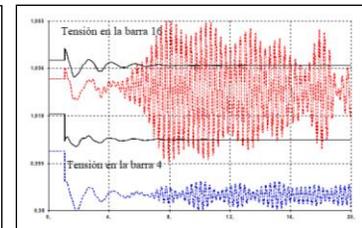


Fig. 6: Respuesta transitoria de la tensión - # 3

Conclusiones

El AGS y los dos tipos de AG paralelos fueron aplicados para obtener los parámetros de los controladores seleccionados, obteniendo valores de ajuste que representan altos coeficientes de amortiguamiento. Fueron implementados los algoritmos paralelos AGPMS y AGPMP como una solución no sólo para reducir los tiempos de computación sino también para reducir los requerimientos de memoria (espacio) de almacenamiento de datos. Los resultados obtenidos por los AGP fueron superiores a la versión secuencial, con perfil de tensión aceptable, con notable reducción de tiempo de computación. Cabe resaltar que el AGPMP consigue, en promedio, valores de *Fitness* más altos que los obtenidos por el AGPMS.