

referencia. Lo anterior se consigue mediante la adaptación de las funciones de perturbación estimadas por el observador GPI. Respecto a este observador se demuestra que su implementación es sencilla y que además de estimar las perturbaciones, también estima simultáneamente la salida plana y sus derivadas sucesivas con un error de estimación cercano a cero.

Es importante mencionar que con la aplicación de este enfoque ADRC a este tipo de sistemas, no se requiere el modelo matemático exacto de la planta, lo que simplifica de manera significativa el diseño del controlador. Además, no se requieren algoritmos laboriosos para el equilibrio de las corrientes y se obtienen sistemas robustos frente a perturbaciones.

Sin embargo, es claro que la técnica utilizada en esta propuesta involucra un mayor costo computacional que un controlador PID clásico por ejemplo, lo que repercute en un mayor consumo de recursos. En este sentido, la Tabla 2 muestra que el resultado de la síntesis utiliza menos del 50 % de los recursos del FPGA Artix-7, siendo el recurso DSP48E1s (multiplicadores embebidos) el que mayor porcentaje de utilización tiene. Considerando lo mencionado y que el modelado de la arquitectura hardware realizada en este trabajo es portable, esta arquitectura puede fácilmente adaptarse para ser implementada en otros FPGAs, que ofrezcan una menor cantidad de recursos y que en consecuencia resulten más económicos.

Para dar continuidad a la investigación presentada, se está trabajando en adaptar esta técnica en el control de un convertidor Reductor-Paralelo que accione un motor de CD, buscando regular la velocidad angular del eje del motor y equilibrar las corrientes en los convertidores en paralelo.

Referencias

Alvarez, J., Lago, A., Nogueiras, A., Martínez, P., Martínez, J., Doval, J. y López, O. 2006, FPGA implementation of a fuzzy controller for automobile DC-DC converters. IEEE International Conference, 237-240.

- Cid-Pastor, A., Martínez-Salamero, L., Alonso, C., Leyva, R., Singer S., 2007, Paralleling DC-DC switching converters by means of power gyrators, IEEE transactions on power electronics, no. 6, vol. 22, 2444-2453.
- Jaber, A., Qahouq, A., y Huang, L., 2008, N-phase sensorless current sharing digital controller, Power Electronics Specialist Conference, 1257-1262.
- Kailath, T., 1980, Linear Systems, Prentice-Hall Information.
- Lévine, J., Analysis and Control of Nonlinear Systems: A Flatness-based Approach, Springer Science & Business Media.
- Li, S., Yang, J., Chen, W.-H., Chen, X., 2014, Disturbance Observer-Based Control: Methods and Applications, CRC Press Taylor Francis.
- Linares-Flores, J., Barahona-Avalos, J.L., Sira-Ramírez, H. y Contreras-Ordaz, M.A., 2012, Robust Passivity-Based Control of a Buck-Boost Converter/DC-Motor System: An Active Disturbance Rejection Approach, IEEE Transactions on Industry Applications, no. 6, vol. 48, 2362-2371.
- Qiao, L. y Jie, W., 2005, Implementation of a New Nonlinear Controller for DC-DC Converter Using Matlab and DSPACE DSP, IEEE ISIE, Dubrovnik, Croacia, 621-626.
- Sarvi, M., Derakhshan, M., Sedighzadeh, M., 2014, A new intelligent controller for parallel DC/DC converters, International Journal of Engineering, no. 1, vol. 27, 131-142.
- Shrud, M. A., Kharaz, A. H., Ashur, A. S. y Benamar, M., 2010, Analysis and simulation of automotive interleaved buck converter, World Academy of Science, Engineering and Technology, no. 3, vol. 4, 10-17.
- Shui-Chun, L. y Chin-Chin, T., 2004, Adaptive voltage regulation and equal current distribution of parallel-buck DC-DC converters using backstepping sliding mode control, 30th IEEE IECON, 1018-1023.
- Sira-Ramírez, H. y Agrawal, S. K., 2004, Differentially Flat Systems, Marcel Dekker Inc.
- Sira-Ramírez, H., Linares-Flores, J., Luviano-Juárez, A. y Cortés-Romero, J., 2015, Ultramodulos Globales y el Control por Rechazo Activo de Perturbaciones en Sistemas No Lineales Diferencialmente Planos, RIAI, no. 2, vol. 12, 133-144.
- Sira-Ramírez, H., Luviano-Juárez, A. y Cortés-Romero, J., 2011, Control global robusto de sistemas no lineales diferencialmente planos, RIAI, no. 1, vol. 8, 14-28.
- Sira-Ramírez, H., Luviano-Juárez, A., Ramírez-Neria, M. y Zurita-Bustamante E. W., 2017, Active Disturbance Rejection Control of Dynamic Systems: A Flatness-Based Approach, Butterworth-Heinemann publications.
- Sira-Ramírez, H. y Rosales-Díaz, D., 2014, Decentralized Active Disturbance Rejection Control of Power Converters Serving a Time Varying Load, Proceedings of the 33rd Chinese Control Conference, Nanling, China, 4348-4353.
- Slotine, J.J.E., Li, W., 1991, Applied Nonlinear Control, Prentice-Hall.
- Ramos, R., Biel, D. y Fossas, E., 2011, Control en modo deslizante para un convertidor reductor multifase en entrelazado con equalización de corriente, XVIII Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación, 161-166.

En prensa / In press