

Proyecto de Tesis de Maestría (Miguel Bernal)

Título: Esquemas de control no lineal implementados en sistemas cargadores de baterías con paneles solares.

Problema a resolver: Existen distintos esquemas de interconexión de convertidores para la carga de las baterías de un sistema fotovoltaico basado en ellas [1], [2]. Estos esquemas requieren sistemas de control para convertidores CD-CD elevador y CD-CA, que suelen proponerse heurísticamente, combinarse sin análisis que garanticen su funcionamiento en conjunto, simplificarse en forma de modelos lineales en espacio de estados y/o funciones de transferencia, diseñarse bajo condiciones ignoradas y/o artificialmente constantes (irradiación y temperatura, por ejemplo), y adoptar la forma de algoritmos sin análisis de convergencia y basados en intuiciones físicas [3], [4].

La consideración de modelos más completos de convertidores empleados en los esquemas de interconexión para la carga de las baterías de sistemas fotovoltaicos exige el manejo de expresiones no lineales y de técnicas de control adecuadas a ello. Algunos de estos intentos pueden encontrarse en [5], [6] donde las expresiones no lineales son tomadas en cuenta para crear modelos Takagi-Sugeno [7] y sintetizar controladores por medio de desigualdades matriciales lineales (LMIs por sus siglas en inglés) [8] y el método directo de Lyapunov [9]. Los resultados obtenidos en simulación y en implementaciones en tiempo real de estos trabajos demuestran el potencial de estos esquemas de control no lineal, pero aún existen una gran variedad de esquemas que pueden proponerse para resolver las insuficiencias descritas en el párrafo anterior, por ejemplo, linealización por realimentación de estado o salida [10], modos deslizantes [11], pasividad [12], etcétera.

Adicionalmente, en años recientes, el control no lineal se ha beneficiado de la *optimización convexa* para la síntesis de controladores por medio de la resolución en tiempo polinomial de LMIs [8] o problemas de suma de cuadrados (SOS) [13], previa reescritura de expresiones no lineales en forma convexa lineal (Takagi-Sugeno, TS) [14] o no lineal (polinomial convexo, CP) [15].

Objetivo: Diseñar esquemas de control no lineal basados en optimización convexa e implementados en sistemas cargadores de baterías con paneles solares.

Productos académicos comprometidos: 1 artículo de conferencia internacional arbitrada publicado y 1 artículo de revista indizada sometido, ambos antes del 31 de agosto de 2023.

Estancia del estudiante: En institución nacional por definir (UNAM, UAEH, CINVESTAV) con duración de 1 mes.

Conferencia del estudiante: Nacionales CCE 2022-2023 ó AMCA 2022-2023.

REFERENCES

- [1] W. Brooks and J. Dunlop, "Photovoltaic (pv) installer resource guide," *The North American Board of Certified Energy Practitioners (NABCEP), Tech. Rep.*, 2012.
- [2] M. H. Rashid, *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones*. Pearson Educación, 2004.
- [3] D. V. De La Fuente, C. L. T. Rodríguez, G. Garcerá, E. Figueres, and R. O. González, "Photovoltaic power system with battery backup with grid-connection and islanded operation capabilities," *IEEE transactions on industrial electronics*, vol. 60, no. 4, pp. 1571–1581, 2012.
- [4] T. Eshram and P. L. Chapman, "Comparison of photovoltaic array maximum power point techniques," *IEEE Transaction on Energy Conversion*, vol. 22, no. 2, pp. 439–449, 2007.
- [5] C.-S. Chiu, "Ts fuzzy maximum power point tracking control of solar power generation systems," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 25, no. 4, pp. 1123–1132, 2010.
- [6] R. A. d. J. Teran, J. Perez, and J. A. Beristain, "Takagi-sugeno exact model and linear matrix inequalities for an active power filter control," *International Transactions on Electrical Energy Systems*, vol. 31, no. 12, p. e13212, 2021.
- [7] K. Tanaka and H. Wang, *Fuzzy Control Systems Design and Analysis. A linear matrix inequality approach*. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- [8] S. Boyd, L. E. Ghaoui, E. Feron, and V. Balakrishnan, *Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory*. Philadelphia, USA: SIAM: Studies In Applied Mathematics, 1994, vol. 15.
- [9] H. Khalil, *Nonlinear Control*. New Jersey, USA: Prentice Hall, 2014.
- [10] A. Isidori, *Nonlinear Control Systems*, 3rd ed. London: Springer, 1995.
- [11] V. Utkin, *Sliding Modes in Control and Optimization*. Berlin: Springer, 1992, vol. 116.
- [12] R. Ortega, J. Loría, P. Nicklasson, and H. Sira-Ramirez, *Passivity-based Control of Euler-Lagrange Systems: Mechanical, Electrical and Electromechanical Applications*. London: Springer, 1998.
- [13] S. Prajna, A. Papachristodoulou, and F. Wu, "Nonlinear control synthesis by sum of squares optimization: A Lyapunov-based approach," in *Control Conference, 2004. 5th Asian*, vol. 1, 2004, pp. 157–165.
- [14] T. Taniguchi, K. Tanaka, and H. Wang, "Model construction, rule reduction and robust compensation for generalized form of Takagi-Sugeno fuzzy systems," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 9, no. 2, pp. 525–537, 2001.
- [15] A. Sala and C. Ario, "Polynomial fuzzy models for nonlinear control: a taylor series approach," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 17, no. 6, pp. 1284–1295, 2009.