

# Proyecto de tesis de maestría

**Título:** Control no lineal de turbinas eólicas de velocidad variable.

**Problema a resolver.** La energía eólica, obtenida del viento, se utiliza para producir electricidad mediante aerogeneradores que se conectan a la red de distribución de energía eléctrica. Uno de los problemas fundamentales de la extracción de energía eólica es que ésta sea eficiente [1], lo que hace necesario que el diseño de estos sistemas sea cada vez más sofisticado. Los sistemas de conversión de energía eólica tienen características fuertemente no lineales. En comparación con las turbinas de velocidad fija, la turbina de viento de velocidad variable ofrece mayores rendimientos de energía, esfuerzos menores en los distintos elementos mecánicos y menos picos de potencia en la conexión a la red [2]. Sin embargo, esta turbina (de paso fijo) no es fácil de controlar porque es estable a velocidades de viento por debajo de las nominales, pero se vuelve inestable a medida que la potencia de salida es limitada por el paro de la turbina a velocidades de viento por encima de la velocidad nominal [3,4]. De aquí que se necesita, por un lado, un sistema de control eficaz que permita que ésta opere en un rango determinado de velocidad para que la potencia sea máxima [5]. Por otro lado, en general no es fácil obtener modelos matemáticos que describan con precisión el comportamiento dinámico de estas turbinas, por lo que estas desviaciones del modelo deben ser contrarrestadas por estrategias de control robustas capaces de asegurar tanto la estabilidad del sistema como los rendimientos deseables [6]. El diseño de controladores se complica más cuando las turbinas son capaces de operar a velocidades y palas de paso variables [7], [8].

En este trabajo se propondrán estrategias de control basadas en pasividad [9] y modos deslizantes [10] para aerogeneradores de eje horizontal de velocidad y paso variable. El diseño debe permitir una rápida transición de la energía generada por la turbina eólica entre diferentes valores deseados (aumentar o disminuir la extracción de energía en la turbina eólica teniendo en cuenta el consumo en la red eléctrica). Las estrategias de control propuestas se evaluarán en el simulador FAST [11] (simulador aeroelástico de turbina eólica capaz de modelar máquinas de hélice de dos y tres palas), que es utilizado por los diseñadores de turbinas eólicas, así como para probar la efectividad de distintos controladores.

**Productos académicos:** 1 artículo de congreso nacional/internacional publicado antes del 31 de Agosto de 2018.

**Conferencia propuesta:** Congreso Nacional de Control Automático o International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control.

**Estancia propuesta:** De uno a dos meses en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, en la Ciudad de México.

## Referencias

- [1] J. Liu, Y. Gao, S. Geng, L. Wu. Nonlinear control of variable speed wind turbines via fuzzy techniques. *IEEE Access*, 5: 27-34, 2017.
- [2] B. Boukhezzar, H. Siguerdidjane, M. M. Hand. Nonlinear control of variable-speed wind turbines for generator torque limiting and power optimization. *Journal of Energy Engineering*, 128(4): 516-530, 2006.
- [3] B. Beltran, T. Ahmed-Ali, M. Benbouzid. Sliding mode power control of variable-speed wind energy conversion systems. *IEEE Trans. on Energy Conversion*, 23(2): 551-558, 2008.
- [4] B. Beltran, T. Ahmed-Ali, M. Benbouzid. High-order sliding-mode control of variable-speed wind turbines. *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, 56(9): 3314-3321, 2009.
- [5] A. Stotsky, B. Egardt. Model-based control of wind turbines: look-ahead approach. *Journal of Systems and Control Engineering*, 226(8): 1029-1038, 2012.
- [6] L.A. Soriano, W. Yu, J.J. Rubio. Modeling and control of wind turbine. *Mathematical problems in engineering*, vol. 2013, article ID 982597, 13pp.
- [7] Y. Vidal, L. Acho, N. Luo, M. Zapateiro, F. Pozo. Power control design for variable-speed wind turbines. *Energies*, 5: 3033-3050, 2012.
- [8] A. Stotsky. Nonlinear speed and yaw control for wind turbine powered vessels. *Journal of Systems and Control Engineering*, 230(3): 255-265, 2016.
- [9] B. Brogliato, R. Lozano, B. Maschke, O. Egeland. *Dissipative systems analysis and control: theory and applications*. Springer, 2006.
- [10] H. Sira-Ramírez. *Sliding mode control: the delta-sigma modulation approach*. Birkhäuser, 2016.
- [11] <https://nwtc.nrel.gov/FAST8>