

Thesis Title Optimal Planning and Operation of Wind-Turbine Power Plant with Uncertain Wind Speed

Author Mr. Chanapan Kongnam

Degree Doctor of Philosophy (Electrical Engineering)

Thesis Advisory Committee

Asst. Prof. Dr. Somboon Nuchprayoon Chairperson

Assoc. Prof. Dr. Suttichai Premrudeepreechacharn Member

Asst. Prof. Dr. Sermsak Uatrongjit Member

ABSTRACT

Wind power is currently the fastest growing generation technology and being considered as a viable alternative of fossil-fuel power generation. Although wind power generation is clean and environmental friendly, but wind-turbine power plant is highly capital-invested and relies on the intermittent and unpredictable nature of the wind. In the area of either relatively low wind speed or limited meteorological data, electric utility may have a difficult decision in both selecting wind power as a generation option and optimizing generation capacity of a wind turbine.

The objectives of this work are to propose (a) a planning method to determine generation capacity of a wind park (b) a control strategy for a wind-turbine power plant, and (c) an investment incentive to promote wind energy generation.

In planning stage, the investment problem of wind power generation is formulated under the assumption that generation capacity and investment resources are flexible. The screening & ranking method is proposed to identify the most attractive investment plan. Decision analysis techniques are then applied to overcome uncertainties arising from wind speed distribution and power-speed characteristics. Larger size wind turbines were found to be more profitable than smaller size wind turbines. The uncertainty of power-speed characteristics has significant impact on investment decision in such a way that the investment may not be profitable when the power-speed characteristics are not linear.

In operation stage, the control objective of a wind turbine is to maximize annual energy generation. Particle swarm optimization is applied to solve for optimum rotor speed under fixed-speed operation and for optimum tip-speed ratio under variable-speed operation. The optimum rotor speed varies with the wind speed distribution, while the optimum tip-speed ratio does not depend on the wind speed distribution. The wind power and energy are more dependent of the mean wind speed than the speed distribution.

Under a regulated environment; a price premium, generally known as feed-in tariff scheme, is added to electricity purchasing rate for wind energy generation over a certain period of time. The price premium could be fixed or time-varying, depending on generation capacity of a wind turbine. The time-varying premium scheme provides investment incentive for large wind turbines and takes generation cost into account. The fixed premium scheme provides investment incentive for small (large) wind turbines when the premium value is high (low).

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การวางแผนและดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุดของโรงไฟฟ้ากังหันลมที่มีความเร็วลมไม่แน่นอน

ผู้เขียน นายชนะพันธ์ คงนาม

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.สมบูรณ์ นุชประยูร

ประธานกรรมการ

รศ.ดร.สุทธิชัย เปรมฤดีปรีชาชาญ

กรรมการ

ผศ.ดร.เสริมศักดิ์ เอื้อตรงจิตต์

กรรมการ

บทคัดย่อ

กำลังลมเป็นเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าที่เติบโตสูงสุดอยู่ในปัจจุบันและได้รับการพิจารณาให้เป็นทางเลือกทดแทนที่เป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ถึงแม้ว่าการผลิตไฟฟ้ากำลังลมมีความสะอาดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่โรงไฟฟ้ากังหันลมต้องใช้เงินลงทุนสูงและขึ้นกับธรรมชาติของความผันผวนและไม่อาจทำนายได้ของลม ในพื้นที่ที่มีความเร็วลมค่อนข้างต่ำหรือมีข้อมูลสภาพอากาศจำกัด ผู้ผลิตไฟฟ้าอาจตัดสินใจได้ลำบากในการเลือกกำลังลมเป็นทางเลือกการผลิตและหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของความจุการผลิตของกังหันลม

วัตถุประสงค์ของงานนี้คือเพื่อเสนอ (ก) วิธีวางแผนเพื่อหาความจุการผลิตของกังหันลม (ข) กลยุทธ์ควบคุมสำหรับโรงไฟฟ้ากังหันลม และ (ค) แรงจูงใจลงทุนสำหรับส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าพลังงานลม

ในขั้นตอนการวางแผน ปัญหาการวางแผนของการผลิตไฟฟ้ากำลังลมถูกกำหนดภายใต้สมมติฐานที่ว่าความจุการผลิตและทรัพยากรลงทุนมีความยืดหยุ่น วิธีคัดกรองและจัดลำดับถูกเสนอเพื่อระบุแผนการลงทุนที่น่าสนใจที่สุด เทคนิคการวิเคราะห์ตัดสินใจถูกประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาความไม่แน่นอนที่เกิดจากการกระจายความเร็วลมและคุณลักษณะกำลังความเร็ว พบว่ากังหันลมขนาดใหญ่ให้ผลกำไรมากกว่ากังหันลมขนาดเล็ก ความไม่แน่นอนของคุณลักษณะกำลัง

ความเร็วส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจลงทุนในแง่ที่ว่า การลงทุนอาจไม่ได้ผล
กำไรเมื่อคุณลักษณะกำลังความเร็วไม่เป็นเชิงเส้น

ในขั้นตอนการดำเนินงาน วัตถุประสงค์การควบคุมของกังหันลมคือเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้า
ต่อปีมากที่สุด การหาค่าเหมาะที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคถูกประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาสำหรับความเร็ว
โรเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดภายใต้การดำเนินงานแบบตรงความเร็ว และสำหรับอัตราส่วนความเร็วปลายที่
เหมาะสมที่สุดภายใต้การดำเนินงานแบบความเร็วผันแปร ความเร็วโรเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดแปรตามการ
กระจายความเร็วลม ในขณะที่อัตราส่วนความเร็วปลายที่เหมาะสมที่สุดไม่ขึ้นกับการกระจายความเร็ว
ลม กำลังและพลังงานลมขึ้นกับความเร็วลมเฉลี่ยมากกว่าการกระจายความเร็ว

ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่มีการกำกับดูแล ส่วนเพิ่มราคาหรือที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อแบบแผนอัตรา
ป้อนเข้า ถูกเพิ่มเข้ากับอัตราซื้อไฟฟ้าสำหรับการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมในระยะเวลาช่วงหนึ่ง
ส่วนเพิ่มราคาสามารถเป็นแบบตรงค่าหรือแปรค่าตามเวลา ขึ้นกับความจุการผลิตของกังหันลม
แบบแผนส่วนเพิ่มที่แปรตามเวลาให้แรงจูงใจลงทุนสำหรับกังหันลมขนาดใหญ่และพิจารณาถึง
ต้นทุนผลิตไฟฟ้า แบบส่วนเพิ่มที่ตรงค่าให้แรงจูงใจสำหรับกังหันลมขนาดเล็ก (ใหญ่) เมื่อส่วน
เพิ่มมีค่าสูง (ต่ำ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved