# การจำลองการทำงานของกังหันลม
# Wind Turbine Simulator

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรวัจน์ มีสุข
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

**บทคัดย่อ**

บทความนี้ได้แสดงวิธีการจำลองผลการทำงานของเครื่องจำลองการทำงานของกังหันลม ในการจำลองผลได้ใช้โปรแกรม Matlab/Simulink จำลองการทำงานของกังหันลมชนิดมุมใบพัดคงที่ 0 องศาที่ใช้สำหรับทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดพิกัด 1.5kW ความเร็ว 1500 rpm ใช้ในพื้นที่ความเร็วลมเฉลี่ยต่ำ 3-6 m/s ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบจะทำให้ได้กำลังเอาต์พุตทางกลอย่างน้อย 1.5 kW และสอดคล้องกับความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยต้องใช้เกียร์บล็อกเข้ามาช่วยในการทดความเร็ว

**คำสำคัญ:** การจำลองผล กังหันลม พลังงานลม

## 1. บทนำ

การวิจัยและพัฒนาพลังงานลม มักพบกับอุปสรรคและปัญหาในการทดลองและทดสอบระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยกังหันลมจริง ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายในการติดตั้งรวมถึงอุปกรณ์ที่มีราคาแพง พื้นที่ติดตั้งอยู่ห่างไกลไม่สะดวกในการเดินทางไปทดลองบ่อย ๆ ใช้ระยะเวลาในการทดสอบระบบที่ยาวนานเนื่องจากความไม่ต่อเนื่องของลมที่ไม่สามารถควบคุมได้และเปลี่ยนไปตามฤดูกาล ดังนั้นเครื่องจำลองการทำงานของกังหันลมจึงมีความจำเป็นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวแทนการทดลองจากกังหันลมจริง ทำให้การวิจัยและการพัฒนาสะดวกขึ้น สามารถทดลองและทดสอบระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยกังหันลมในห้องปฏิบัติการในเงื่อนไขต่าง ๆ ได้ ลดระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย ทำให้การพัฒนาเทคนิคใหม่ๆทำได้ง่ายขึ้นและรวดเร็ว

## 2. หลักการทำงานของเครื่องจำลองการทำงานของกังหันลม

เครื่องจำลองการทำงานของกังหันลมเป็นการใช้เครื่องจักรกลไฟฟ้าควบคุมการสร้างแรงบิดที่เพลาให้เสมือนแรงบิดที่เกิดขึ้นจริงบนเพลาของกังหันลมจริง เพื่อป้อนกำลังงานกลให้กับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากสมการที่ (1) เป็นกำลังงานกลของลม เมื่อเปลี่ยนเป็นแรงบิดที่เพลาของกังหันลมจะได้ดังสมการที่ (2)

$$P_a = \frac{\rho}{2}\pi R^2 v^3 C_p(\lambda) \qquad (1)$$

เมื่อ

$$P_a = \omega T_a \qquad (2)$$

แรงบิดที่เครื่องจักกลไฟฟ้าต้องสร้างขึ้นให้เสมือนกังหันลมจริงจะหาได้จากสมการที่ (3)

$$T_a = \frac{P_a}{\omega} = \frac{\rho}{2\omega}\pi R^2 v^3 C_p(\lambda) \qquad (3)$$

**3. เครื่องจำลองการทำงานของกังหันลมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**

จากสมการสภาวะคงตัว แรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหาได้จากสมการที่ (4) ถึงสมการที่ (6)

$$U_a = EMF + I_a(R_a + L_a) \qquad (4)$$

$$EMF = k_E \emptyset \omega_m \qquad (5)$$

$$T_e = k_T \emptyset I_a \qquad (6)$$

ดังนั้นเมื่อกำหนดให้แรงบิดที่เกิดขึ้นของมอเตอร์มีค่าเท่ากับแรงบิดที่เกิดขึ้นบนกังหันลมจะได้ดังสมการที่ (7) สามารถหากระแสอาเมเจอร์เพื่อควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ให้ได้ตามคุณลักษณะของลมดังสมการที่ (8)

$$T_e = k_T \emptyset I_a = T_a = \frac{\rho}{2\omega}\pi R^2 v^3 C_P(\lambda) \qquad (7)$$

$$I_a = \frac{\rho}{2\omega k_T \emptyset}\pi R^2 v^3 C_P(\lambda) \qquad (8)$$

**4. การออกแบบเครื่องจำลองกังหันลมให้สอดคล้องกับระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า**

จากงานวิจัยต้องการเครื่องจำลองการทำงานของกังหันลมชนิดมุมใบพัดคงที่ 0 องศาที่ใช้สำหรับทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดพิกัด 1.5kW ความเร็ว 1500 rpm ใช้ในพื้นที่ความเร็วลมเฉลี่ยต่ำ 3-6 m/s จะต้องใช้พารามิเตอร์ในการออกแบบดังนี้

จากสมการที่ (1) กำหนดให้กำลังของกังหันลมเท่ากับพิกัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอย่างน้อย ดังนั้นตัวประกอบกำลังสูงสุด จะได้ อัตราส่วนความเร็วต่อความเร็วลม และ ความเร็วลมกำหนดไว้ที่ความเร็วสูงสุด แทนค่าในสมการที่ (1) จะได้

$$1500 = \frac{1.25}{2}\pi R^2 6^3 \times 0.48$$

$$R = \sqrt{\frac{1500 \times 2}{1.25 \times \pi \times 6^3 \times 0.48}}$$

ดังนั้นจะได้ความยาวใบพัดกรณีไม่มีเกียร์ทด $R = 2.72\, m$

$$\lambda = \frac{\omega R}{v} \qquad (9)$$

$$n = \frac{30\lambda v}{\pi R} \qquad (10)$$

จากสมการที่ (10) แทนค่าได้

$$n = \frac{30 \times 8.1 \times 6}{\pi \times 2.72}$$

ดังนั้นความเร็วของกังหัน $= 170.6\, rpm$

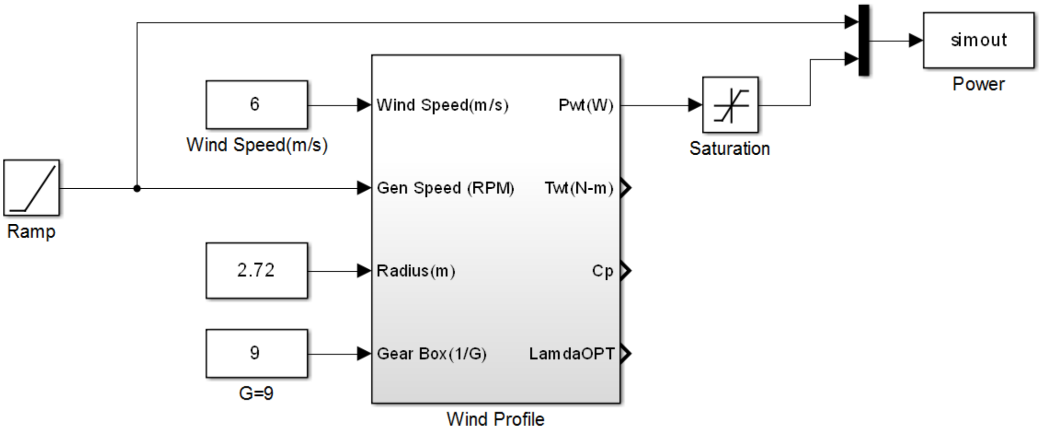
จากสมการที่ (9) เมื่อแทนค่าจะทำให้ทราบความเร็วของกังหันลมเมื่อ จะได้ดังสมการที่ (10) จะได้ความเร็วโดยประมาณ 171 รอบต่อนาทีซึ่งไม่สอดคล้องกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องใช้เกียร์ในการทดความเร็วช่วยจะหาได้จาก

อัตราทด = ความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่พิกัด/ความเร็วของกังหันลม (11)

แทนค่าจะได้ อัตราทด = 1500/171

= 8.77

ในทางปฏิบัติจะเลือกใช้ อัตราทด = 9 โดยใช้เฟืองทด 1:3 สองชุดต่อชนกัน




**ภาพที่ 1** บล็อกจำลองการทำงานของกังหันลม

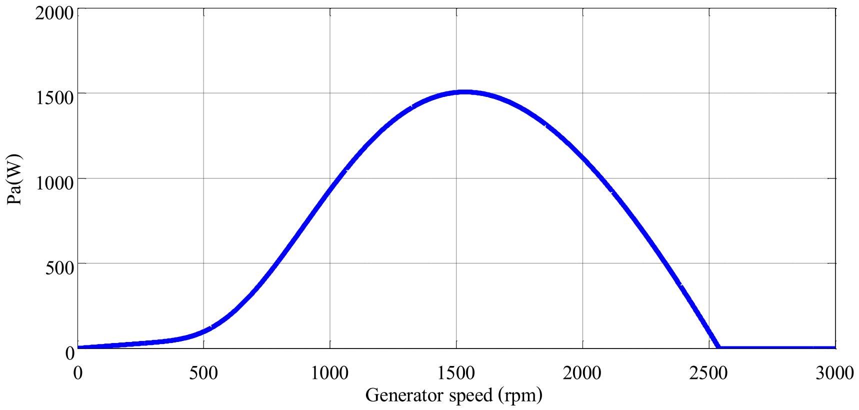
ทดสอบจำลองจากสมการที่ (1) ใช้จำลองตามภาพที่ 1 พารามิเตอร์ที่ประกอบด้วย

ขนาดพิกัดกำลังงานกลเอาต์พุต 1.5kW ที่ความเร็วเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1500 rpm

ความเร็วลม 6 m/s

ความยาวใบพัด 2.72 m

อัตราทดเกียร์ 1:9




**ภาพที่ 2** ผลการจำลองกำลังทางกลที่พิกัดเทียบกับความเร็วเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบจะทำให้ได้กำลังเอาต์พุตทางกลอย่างน้อย 1.5 kW และสอดคล้องกับความเร็วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยต้องใช้เกียร์บล็อกเข้ามาช่วยในการทดความเร็ว

## 5. สรุป

เครื่องจำลองการทำงานของกังหันลมจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมการสร้างแรงบิดให้เหมือนกังหันลมจริงโดยการควบคุมกระแสอาเมเจอร์ การออกข้างต้นเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในการดำเนินงานวิจัยทั้งนี้พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบข้างต้นจะต้องสอดคล้องกับวัสดุและอุปกรณ์ที่มีใช้งานจริงในประเทศเป็นหลักรวมถึงศักยภาพความเร็วลมที่เกิดขึ้นจริงภายในประเทศที่เปลี่ยนไปตามฤดูกาล

## 6. เอกสารอ้างอิง


โกศล ชัยเจริญอุดมรุ่ง.(2561). การควบคุมตามรอยกำลังสูงสุดด้วยวิธีการควบคุมแบบฟัซซี่ที่อิงวิธีการรบกวนและการสังเกตสำหรับระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบอิสระ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กแบบเชื่อมต่อกริด

วีระเชษฐ์ ขันเงิน และวุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์. (2557). อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. พิมพ์ครั้งที่ 14.กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง.

Hossein Madadi Kojabadi, Liuchen Chang, “ Development a Novel Wind Turbine Simulator for Wind Energy Conversion Systems Using an Inverter Induction Motor”, IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 19, No 3, pp. 547-552, 2004.