

การศึกษาประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซจากการลดอุณหภูมิอากาศทางเข้า
A STUDY OF A GAS TURBINE EFFICIENCY DUE TO A REDUCTION OF
THE INLET AIR TEMPERATURE

เผชิญ จันทรสา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: pachern.ja@spu.ac.th

พัลลภ ศรัณยโชติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: phanlop.sar@spumail.net

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นนำเสนอการศึกษาผลของการลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องกังหันก๊าซ ระบบผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ที่มีต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า เนื่องจากกรณีศึกษาอุณหภูมิของอากาศเข้าเครื่องกังหันก๊าซ พบว่าอุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น 1°C ส่งผลต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าและอัตราความร้อนลดลงเท่ากับ 1% และ 0.5% ตามลำดับ และจากการศึกษาระบบลดอุณหภูมิอากาศแบบระเหยน้ำ, แบบพ่นละอองน้ำ, แบบใช้เครื่องทำความเย็นด้วยไฟฟ้า และแบบระบบผสมผสาน พบว่าทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.5%, 8%, 20% และ 15.3% ตามลำดับ ประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.55%, 1.5%, 1.2% และ 3.7% ตามลำดับ ระบบการทำความเย็นด้วยไฟฟ้า ช่วยเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าได้สูงกว่าระบบอื่น สำหรับการลดอุณหภูมิอากาศด้วยระบบทำความเย็นแบบผสมผสานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีกว่า สำหรับการลดอุณหภูมิแบบระเหยน้ำและการพ่นละออง เหมาะสมกับสภาพอากาศร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ การพิจารณาการเลือกใช้ระบบการลดอุณหภูมิอากาศขึ้นอยู่กับความต้องการกำลังการผลิตไฟฟ้า การติดตั้งระบบลดอุณหภูมิอากาศแบบเดียวกันของเครื่องกังหันก๊าซต่างชุดกัน ทำให้การผลิตกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน เนื่องจากขึ้นอยู่กับสถานะอากาศ และขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกังหันก๊าซ

คำสำคัญ: ระบบแบบระเหยน้ำ, ระบบพ่นละอองน้ำ, ระบบทำความเย็นด้วยไฟฟ้า, ระบบแบบร่วม

ABSTRACT

This paper presents a study an effect of reducing the inlet air temperature of the gas turbine engine of a co-generation power plant. Since, the air temperature increases 1°C , the power output and the heat rate decreased by 1% and 0.5%, respectively. And, the study also shows that the process of air temperature reduction with the evaporative cooling, fogging spray, electric chiller and the hybrid cooling system can increase the electrical capacity of 1.5%, 8%, 20% and 15.3%, respectively. The efficiency of the power plant also increased by 1.55%, 1.5%, 1.2% and 3.7% respectively. The electric chiller system increases the power output higher than other

systems. Furthermore, it can be found that hybrid cooling system has the highest efficiency in comparison to other systems. The inlet air temperature reduction of evaporative cooling and water spray are suitable for a hot climate with low relative humidity conditions. The selection of a cooling system for reducing the inlet air temperature depends on the power demand. Installing the same cooling system to a difference gas turbine does not get the same result due to the ambient condition and the gas turbine capacity.

Keywords: Evaporative Cooling, Fogging Spray, Electrical Chiller, Hybrid Cooling System

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าแบบเครื่องกังหันก๊าซกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเครื่องกังหันก๊าซสามารถนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมได้ ซึ่งประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมใช้กันแพร่หลาย และเป็นโรงไฟฟ้าที่มีอยู่ในประเทศไทยมากที่สุด แต่เครื่องกังหันก๊าซก็ยังมีข้อด้อยเรื่องประสิทธิภาพ เมื่อนำมาใช้กับประเทศที่มีภูมิอากาศร้อน จากงานวิจัยของรัฐนันท นนท์ไพรวัดย์ และแคทลียา ปัทมพรหม, 2560 พบว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมสูงขึ้น ส่งผลให้เครื่องกังหันก๊าซมีประสิทธิภาพลดลง และทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าลดลงเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะช่วงฤดูร้อนที่มีอัตราการใช้ไฟฟ้าสูงสุด จึงเป็นปัญหาหลักของโรงไฟฟ้า ทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการ จากการศึกษาของงานวิจัยของ R. K. Bhargava, 2017 พบว่าอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องกังหันก๊าซที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 °C ส่งผลให้เครื่องกังหันก๊าซมีกำลังการผลิตไฟฟ้าลดลง 0.5-0.9 % และทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น จากการศึกษาของ Mahmood Farzaneh-Gord และ Mahdi Deymi-Dashtebayaz, 2011 พบว่าอุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น 1 K ส่งผลต่อประสิทธิภาพและกำลังการผลิตไฟฟ้าลดลง 0.18% และ 0.6% ตามลำดับ จากการศึกษาของ Mohammad Ghanaatpisheh1 และ Mehdi Pakaein, 2019 พบว่าการลดอุณหภูมิแบบระเหยน้ำ นอกจากเพิ่มกำลังการผลิตของเครื่องกังหันก๊าซเท่ากับ 11 MW หรือ 14.5% ยังส่งผลให้เพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมเท่ากับ 1.2 MW หรือ 6.2% จากงานวิจัยของ Saleh S. Baakeem, et al., 2018 อธิบายว่าอุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องกังหันก๊าซคือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเข้าเครื่องกังหันก๊าซลดลงประมาณ 0.36 % และส่งผลให้กังหันผลิตงานลดลง งานวิจัยของ Anoop Kumar Shukla, 2018 ได้ทำการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น 10 °C กำลังการผลิตไฟฟ้าจะลดลงในช่วง 7-11% จากทั้งหมดของงานวิจัยที่กล่าวมา ระบบลดอุณหภูมิของอากาศทางเข้าเครื่องกังหันก๊าซมีความสำคัญต่อโรงไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับโรงไฟฟ้าที่สนใจในการติดตั้งระบบการลดอุณหภูมิ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและกำลังการผลิตของเครื่องกังหันก๊าซ

2. วัตถุประสงค์

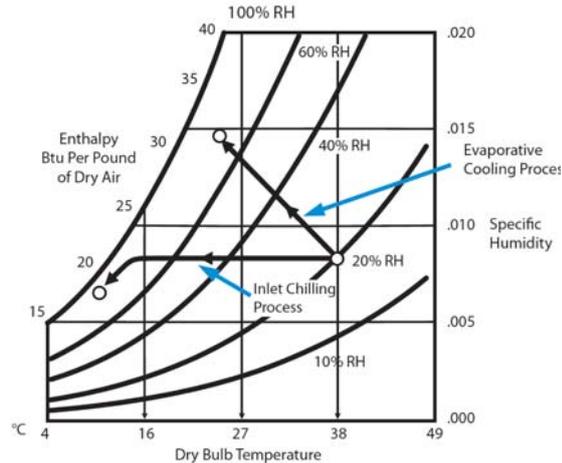
- 2.1 เพื่อศึกษาระบบการลดอุณหภูมิทางเข้าของเครื่องกังหันก๊าซ
- 2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและกำลังการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกังหันก๊าซ เมื่อมีการใช้ระบบการลดอุณหภูมิแบบระเหยน้ำ แบบพ่นละอองน้ำ แบบการทำความเย็นด้วยไฟฟ้า และแบบระบบผสมผสาน

3. ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาระบบการลดอุณหภูมิของอากาศที่เข้าเครื่องกังหันก๊าซดังนี้

3.1 ทฤษฎีการลดอุณหภูมิ และวิธีการลดอุณหภูมิของอากาศ

3.1.1 ทฤษฎีการลดอุณหภูมิของอากาศ การลดอุณหภูมิของอากาศ สามารถอธิบายในรูปของกระบวนการลดอุณหภูมิตาม Psychrometric chart จากรูปที่ 3.1 กระบวนการลดอุณหภูมิตาม Psychrometric chart อธิบายดังนี้



รูปที่ 3.1 การลดอุณหภูมิตามกระบวนการ Psychrometric chart

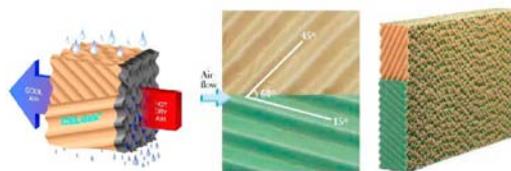
1) การลดอุณหภูมิแบบระเหยน้ำ และพ่นละอองน้ำ เป็นกระบวนการเพิ่มความชื้นให้กับอากาศ ค่าเอนทัลปีของอากาศคงที่ เรียกว่ากระบวนการอเดียแบติก กระบวนการนี้ความชื้นสัมพัทธ์และอัตราส่วนความชื้นเพิ่มขึ้น

2) การลดอุณหภูมิแบบการทำความเย็นด้วยไฟฟ้า ช่วงแรกเป็นการลดอุณหภูมิโดยความร้อนของอากาศถ่ายเทความร้อนให้กับคอยล์น้ำเย็น ช่วงนี้อัตราส่วนความชื้นของอากาศคงที่ เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ไอน้ำในอากาศเกิดการควบแน่น ความชื้นลดลง เป็นช่วงอุณหภูมิลดลง สามารถลดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบการพ่นละอองน้ำและแบบระเหยน้ำ

3.1.2 วิธีการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องกังหันก๊าซ

1) แบบระเหยน้ำ (Evaporative Cooling)

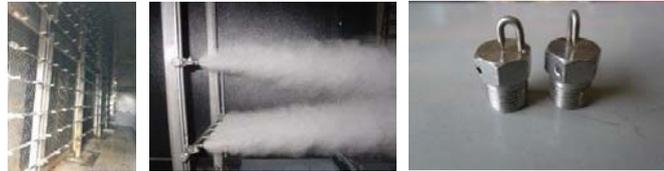
การทำความเย็นแบบระเหยน้ำ อากาศร้อนไหลผ่านแผ่นระเหย และม่านน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าอากาศ ความร้อนสัมผัสของอากาศเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ มีข้อเสียคือมีความดันตกคร่อมแผ่นระเหยแผ่นระเหยมีอายุการใช้งาน 3-4 ปี ราคาของแผ่นระเหยประมาณ 50-55 US/kW



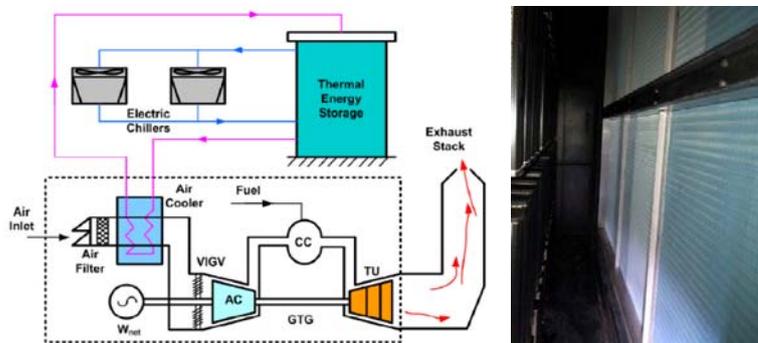
รูปที่ 3.1 แผ่นเยื่อกระดาษ (Mohammad Ghanaatpisheh1 and Mehdi Pakaein, 2019)

2) การลดอุณหภูมิแบบพ่นละอองน้ำ (Fogging System)

เป็นระบบการลดอุณหภูมิแบบพ่นละอองน้ำ โดยใช้ปั๊มน้ำแรงดันสูง มีความดันตั้งแต่ 130-200 bar ในการฉีดน้ำไหลผ่านหัวสเปรย์ (Nozzle) จะมีออริฟิซ (orifice) ขนาด 127-178 μm เมื่อน้ำพุ่งออกจากออริฟิซ ทำให้กระทบกับปลายเข็ม เพื่อให้เกิดเป็นละอองน้ำ ที่มีขนาดเล็กมาก มีขนาดระหว่าง 10-40 μm ละอองน้ำทำให้ความร้อนสัมผัสของอากาศลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิลดลง



รูปที่ 3.2 ระบบพ่นละอองน้ำ (Fogging System)



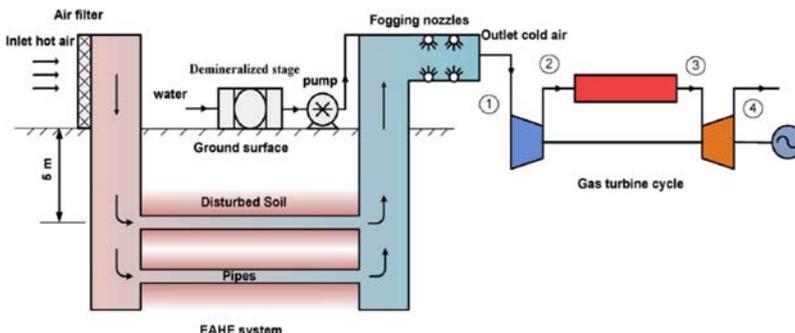
รูปที่ 3.3 การลดอุณหภูมิแบบการทำความเย็นด้วยไฟฟ้า (Muhammad Baqir Hashmi และคณะ, 2020)

3) การลดอุณหภูมิแบบการทำความเย็นด้วยไฟฟ้า (Electrical Chiller) ระบบนี้มีน้ำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นที่เครื่องระเหย เพื่อผลิตน้ำเย็น ไหลเข้าคอยล์น้ำเย็นดังรูปที่ 3.3

4) การลดอุณหภูมิต่อระบบอื่นๆ ที่นิยมนำมาใช้ หรือเป็นเทคโนโลยีทางเลือกได้แก่

4.1) ระบบการทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Chiller) ระบบนี้ข้อดีคือใช้พลังงานความร้อนเป็นหลัก และใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยมาก เหมาะกับโรงไฟฟ้าที่มีความร้อนทิ้ง

4.2) การลดอุณหภูมิแบบร่วม (Hybrid Systems) เป็นการผสมผสานระหว่าง 2 ระบบทำงานร่วมกันเช่น ระบบพ่นละอองน้ำและการทำความเย็นด้วยไฟฟ้า, ระบบการทำความเย็นด้วยพื้นดิน และแบบพ่นละอองน้ำ



รูปที่ 3.4 ระบบการทำความเย็นแบบพื้นดินและแบบพ่นละอองน้ำ (S. Barakat และ S.H. El-Emam, 2019)

5) การเปรียบเทียบการลงทุน และข้อจำกัด ดังที่กล่าวมาทั้ง 3 ระบบ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการลงทุนและการทำงาน (Saleh S. Baakeem, et al., 2018),

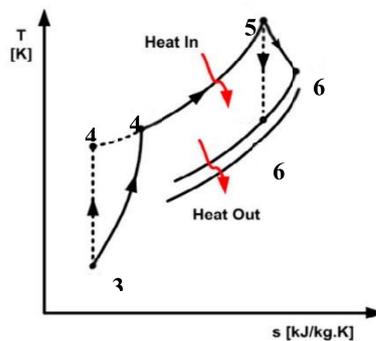
(Mohammad Ameri, et al., 2007) และ (ศิลป์ชัย ศรีละวรรณ โฉมธาดา และศิวพล ฐิตยารักษ์, 2554)

พารามิเตอร์	แบบระเหย (Evaporative Cooling)	แบบพ่นละอองน้ำ (Fogging System)	แบบการทำความเย็นแบบไฟฟ้า (Electrical Chiller)
ความชื้นสัมพัทธ์	85-90%	90-100%	-
การลงทุน (US/kW)	45-55	35-45	240
ความดันตกคร่อม (Pa)	น้อย	น้อยมาก	ปานกลาง
ขนาดละอองน้ำ (μm)	<100	5-20	-
ระยะเวลาการติดตั้ง (วัน)	5-7	1-2	10-14

3.2 ทฤษฎีส่วนประกอบ และการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซ

เครื่องกังหันก๊าซเป็นเครื่องจักรความร้อนประเภทหนึ่ง คือนำเอาพลังงานความร้อนมาแปลงเป็นพลังงานกล โดยเครื่องกังหันก๊าซจะขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า มีส่วนประกอบดังนี้

3.2.1 คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่อัดอากาศจากความดันบรรยากาศให้มีความดันสูงขึ้น อากาศก่อนไหลเข้าคอมเพรสเซอร์จะไหลผ่านตัวกรองอากาศและแผ่นระเหย ซึ่งทำให้เกิดจากความดันตกคร่อมของระบบ



รูปที่ 3.5 T-S ไดอะแกรม (Muhammad Baqir Hashmi, et al., 2020)

งานจากกังหันที่ผลิตได้ ส่วนหนึ่งสูญเสียไป ใช้ในการนำไปขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ จำนวนได้จาก

$$W_c = \dot{m}_a c_p (T_4 - T_3) \quad (1)$$

3.2.2 ห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber)

อากาศที่ถูกอัดจากคอมเพรสเซอร์ ไหลมาผสมกับเชื้อเพลิง เมื่อให้ความร้อน จะเกิดการเผาไหม้ได้ พลังงานความร้อนเพื่อขับเคลื่อน อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศและเชื้อเพลิง จำนวนจากสมการ

$$\dot{m}_{tot} = \dot{m}_a + \dot{m}_f \quad (2)$$

เมื่อ \dot{m}_a คืออัตรามวลไหลของอากาศ (kg/s) และ \dot{m}_f คืออัตรามวลไหลของเชื้อเพลิง (kg/s)
พลังงานที่ใช้ในการเผาไหม้คำนวณได้จาก

$$Q_{in} = \dot{m}_f LHV \quad (3)$$

เมื่อ Q_{in} คือ อัตราความร้อนในการเผาไหม้ (W) และ LHV คือค่าความร้อนทางต่ำของเชื้อเพลิง (J/kg)

3.2.3 กังหัน (Turbine)

ความร้อนจากห้องเผาไหม้จะไหลผ่านกังหัน เพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล โดยกังหันต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า งานของกังหันที่ผลิตได้ คำนวณได้จาก

$$W_T = \dot{m}_{tot} C_{p_g} (T_6 - T_5) \quad (4)$$

งานสุทธิของวัฏจักรกังหันก๊าซ คำนวณได้จาก

$$W_{net} = W_t - W_c \quad (5)$$

ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันก๊าซ คำนวณได้จาก

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{\dot{m}_f LHV} \quad (6)$$

เมื่อ η_{th} คือประสิทธิภาพของเครื่องกังหันก๊าซ และ W_{net} คืองานสุทธิที่ผลิตได้ (W)

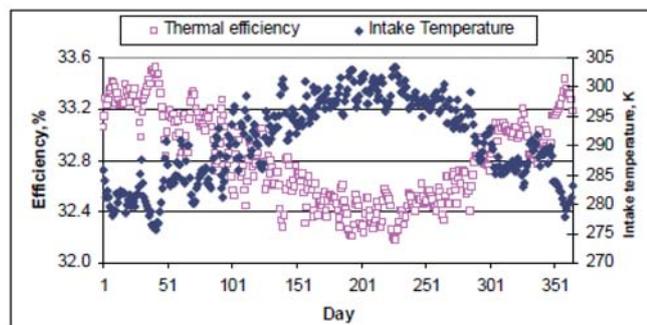
สำหรับโรงไฟฟ้าส่วนมาก คำนวณประสิทธิภาพของเครื่องกังหันก๊าซในรูปอัตราความร้อน (Heat Rate) หน่วยของอัตราความร้อนที่นิยมใช้กันคือ kJ/kWh และ Btu/kWh อัตราความร้อนคำนวณได้จาก

$$HR = \frac{1}{\eta_{th}} = \frac{\dot{m}_f LHV}{W_{net}} \quad (7)$$

4. ผลการศึกษา

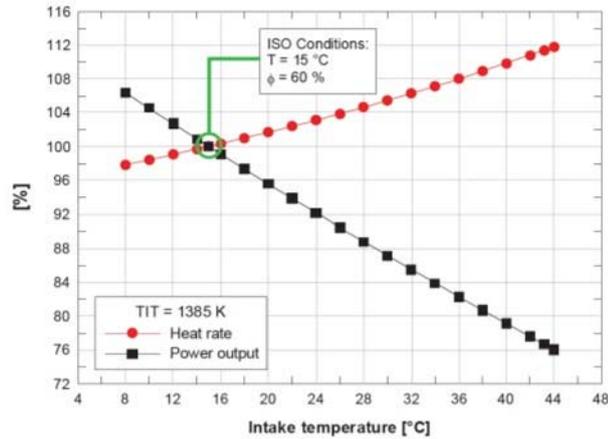
4.1 ผลการศึกษาเมื่อไม่มีระบบการลดอุณหภูมิของอากาศเข้าเครื่องกังหันก๊าซ

จากงานวิจัยของ Q.M. Jaber, et al., 2007 ได้ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ช่วงเวลา 1 ปี และคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องกังหันก๊าซยี่ห้อ GE Model PG5341 กำลังการผลิต 20 MW ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ประเทศจอร์แดน จากรูปที่ 4.1 พบว่าเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องกังหันก๊าซลดลง อุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 35 °C ช่วงที่มีอุณหภูมิของอากาศสูง ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (ช่วงการเก็บข้อมูล 150-300 วัน)



รูปที่ 4.1 ประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอากาศ ช่วงเวลา 1 ปี

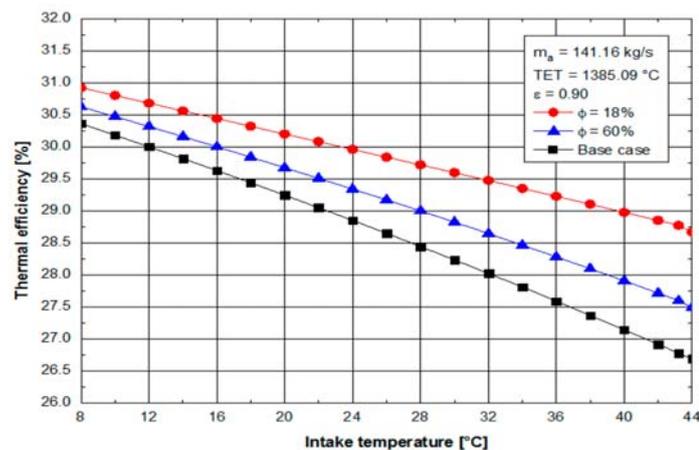
รูปที่ 4.2 อุณหภูมิของอากาศ กับเปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลงทางประสิทธิภาพและอัตราความร้อนของเครื่องกังหันก๊าซ จากงานวิจัยของ Ana Paula, et al., 2012 ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพและอัตราความร้อน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง และอัตราความร้อนเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.2 อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง 1°C ส่งผลต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าและอัตราความร้อนลดลงเท่ากับ 1% และ 0.5% ตามลำดับ



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตไฟฟ้าและอัตราความร้อน กับอุณหภูมิของอากาศ

4.2 ผลการศึกษาการลดอุณหภูมิแบบระเหย

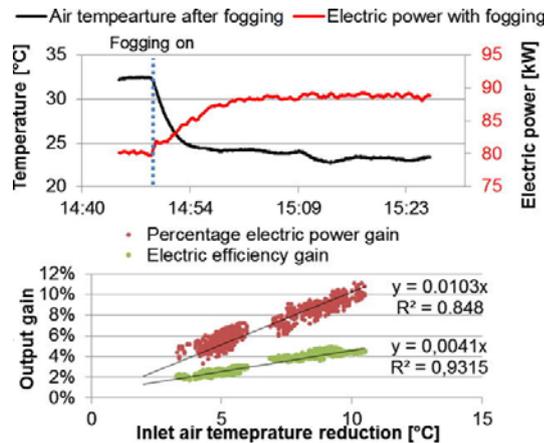
Ana Paula, et al., 2012 ได้ศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศแบบแผ่นระเหยน้ำ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการทำนายประสิทธิภาพและกำลังการผลิตไฟฟ้า การทำนาย 3 กรณีคือแบบแรก Base case คือไม่มีระบบการลดอุณหภูมิ แบบที่สองคือความชื้นสัมพัทธ์ก่อนพ่นละอองน้ำ 18%, 34°C แบบที่สามความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนพ่นละอองน้ำคือ 60%, 34°C พบว่าถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 18% จะมีประสิทธิภาพและกำลังการผลิตไฟฟ้าดีที่สุด เนื่องจากอากาศสามารถรับความชื้นได้มากและส่งผลให้อุณหภูมิลดลงมากที่สุด ทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเท่ากับ 8.4% และ 5.3% ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 อุณหภูมิของอากาศ กับประสิทธิภาพของเครื่องกังหันก๊าซ

4.3 ผลการทดลองการลดอุณหภูมิแบบพ่นละอองน้ำ

Q.M. Jaber, et al., 2007 ได้ทดลองการลดอุณหภูมิแบบพ่นละอองน้ำ เพื่อลดอุณหภูมิเข้าเครื่องกังหันก๊าซขนาดเล็ก ที่มีกำลังการผลิต 100 kW จากรูปที่ 4.4 พบว่าอุณหภูมิทางเข้าลดลงจาก 33 °C, RH 45% เหลือ 22-23.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90% กำลังการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 9 kW หรือประมาณ 8 % ค่าประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นต่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 1.5%, 1.03 kW/°C และ 0.41% /°C ตามลำดับ



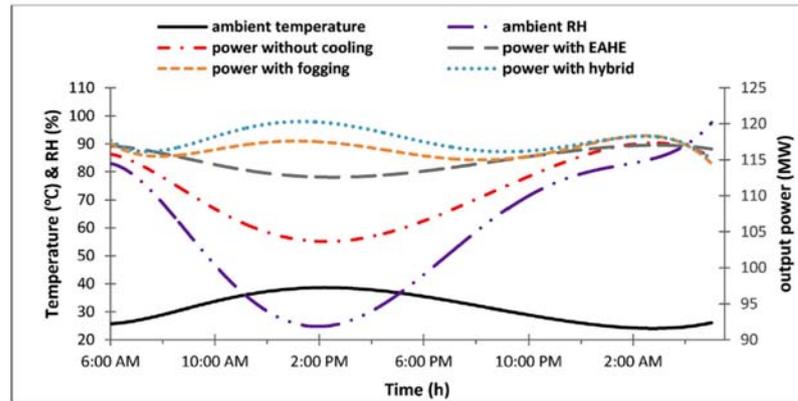
รูปที่ 4.4 อุณหภูมิที่ลดลงโดยพ่นละอองน้ำกับกำลังการผลิตของเครื่องกังหันก๊าซ

4.4 ผลการทดลองการทำความเย็นแบบไฟฟ้า

รัฐนันทน์ นนท์ไพรวลัย และ แคทลียา ปัทมพรหม, 2560 ได้ศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศด้วยเครื่องทำความเย็นด้วยไฟฟ้า เครื่องกังหันก๊าซ รุ่น V94.3A มีกำลังการผลิตไฟฟ้า 292 MW โดยใช้โปรแกรมช่วยคำนวณผลการคำนวณพบว่า เครื่องกังหันก๊าซ สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้สูงสุดจาก 253 MW เป็น 286.25 MW คิดเป็น 13% ขณะที่ความเย็นด้วยไฟฟ้าต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 5.78 MW ในช่วงฤดูร้อนมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง และมีอัตราการขายไฟฟ้าสูง การทำความเย็นด้วยไฟฟ้า สามารถเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าได้ดีกับสภาวะอากาศร้อน

4.5 ผลการทดลองการทำความเย็นแบบร่วม (Hybrid)

กรณีศึกษาของ S. Barakat, et al., 2019 ดังรูปที่ 4.5 การลดอุณหภูมิแบบ hybrid เป็นการลดอุณหภูมิอากาศให้ไหลผ่านท่อฝังใต้พื้นดิน ร่วมกับการพ่นละอองน้ำ พบว่าการลดอุณหภูมิของอากาศได้ดีกว่า แบบพ่นละอองน้ำอย่างเดียว เนื่องจากการให้อากาศไหลผ่านชั้นใต้ดิน ที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอากาศ ส่งผลให้อากาศมีอุณหภูมิลดลง และอุณหภูมิจะลดลงอีก หลังจากพ่นด้วยละอองน้ำ การลดอุณหภูมิแบบร่วมทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 15.3% เมื่อเปรียบเทียบกับพ่นละอองน้ำ และแบบใช้ใต้พื้นดิน (Earth-Air Heat Exchanger, EAHE) คือ 13.4% และ 9.78% ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของระบบแบบร่วมเท่ากับ 3.7% เมื่อเปรียบเทียบกับระบบพ่นละอองน้ำและแบบใช้พื้นดินเท่ากับ 2.9% และ 2.5% ตามลำดับ และการใช้ปริมาณน้ำของระบบร่วมใช้น้อยกว่า 50% เมื่อเปรียบเทียบกับระบบพ่นละอองน้ำ สำหรับอัตราการใช้น้ำสูงสุดของระบบพ่นละอองน้ำและระบบร่วมเท่ากับ 1.5 kg/s และ 2.6 kg/s ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 เวลาที่ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันก๊าซ และกำลังการผลิตไฟฟ้า

5. สรุป

จากการศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องกังหันก๊าซ สรุปดังนี้

- 5.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีผลต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกังหันก๊าซ
- 5.2 ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันก๊าซเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของอากาศลดลง
- 5.3 โรงไฟฟ้าที่มีความร้อนทิ้ง จะเหมาะกับการเลือกเทคโนโลยีการลดอุณหภูมิแบบการทำความเย็นดูดซึมมาใช้ เนื่องจากใช้พลังงานความร้อนเป็นหลักและใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย
- 5.4 การติดตั้งระบบการลดอุณหภูมิ การเลือกเทคโนโลยีที่นำมาใช้ ขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะเพิ่มกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า ถ้าเพิ่มกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าเกินกว่าความต้องการ ส่งผลให้สูญเสียเงินในการลงทุน และควรจะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุน และระยะเวลาคืนทุน เพื่อพิจารณาในการเลือกระบบที่ติดตั้ง

6. ข้อเสนอแนะ

การเลือกระบบการลดอุณหภูมิ ต้องพิจารณากำลังการผลิตที่ต้องการเพิ่มของโรงไฟฟ้า รวมถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุน และรวมถึงระยะเวลาการคืนทุน เนื่องจากเครื่องกังหันก๊าซที่มีขนาดใหญ่ สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้มากกว่า

7. เอกสารอ้างอิง

รัฐนนท์ นนทีไพรวลัย และแคทลียา ปัทมพรหม. (2560). การศึกษาความเหมาะสมสำหรับการติดตั้ง อุปกรณ์ลด

อุณหภูมิอากาศด้านขาเข้าเครื่องผลิตไฟฟ้ากังหันก๊าซ เพื่อเพิ่มสมรรถนะการผลิตกระแสไฟฟ้า,

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 27(4), หน้า 99-706.

ศิลป์ชัย ศรีละวรรณ โฉมธาดา และสิวพล รุติยารักษ์. (2554). เทคโนโลยีการเพิ่มกำลังการผลิตเครื่องกังหันก๊าซ,

สัมมนาวิชาการผลิตไฟฟ้า กฟผ.

Ana Paula, et al. (2012). Analysis of Gas Turbine Performance with Inlet Air Cooling Techniques Applied to Brazilian Sites, *J. Aerosp. Technol. Manag* 4(3), pp 341-353.

Anoop Kumar Shukla. (2018). Performance Improvement of Simple Gas Turbine Cycle with Vapor Compression Inlet Air Cooling, *Materials Today: Proceedings* 5, pp 19172–19180.

- Mahmood Farzaneh-Gord and Mahdi Deymi-Dashtebayaz. (2011). Effect of various inlet air cooling methods on gas turbine performance, *Energy* (36), pp 1196-1205.
- Mohammad Ameri, et. al. (2007). Comparison of evaporative inlet air cooling systems to enhance the gas turbine generated power, *International Journal of Energy Research* 31, pp 1483–1503.
- Mohammad Ghanaatpisheh1 and Mehdi Pakaein. (2019). Optimization and Increase Production and Efficiency of Gas Turbines GE-F9 Using Media Evaporative Cooler in Fars Combined Cycle Power Plant, *International Journal of Smart Electrical Engineering*, 8(4), pp 157-164.
- Muhammad Baqir Hashmi, et. al. (2020). Combined effect of inlet air cooling and fouling on performance of variable geometry industrial gas turbines, *Alexandria Engineering Journal* 59, pp 1811-1821.
- Q.M. Jaber, et al. (2007). Assessment of Power Augmentation from Gas Turbine Power Plants Using Different Inlet Air Cooling Systems 1(1), *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, pp 7-15
- R. K. Bhargava. (2007). Gas Turbine Fogging Technology: A Stage of The Art Review Part-II, *Transactions of the ASME* (129), pp 454-460.
- S. Barakat, et al. (2019). Augmentation of gas turbine performance using integrated EAHE and Fogging Inlet Air Cooling System, *Energy* 189, pp 116-133.
- Saleh S. Baakeem, et al. (2018). Performance improvement of gas turbine power plants by utilizing turbine inlet air-cooling (TIAC) technologies in Riyadh, *Applied Thermal Engineering* (138), pp 417-432.