สิริชัย ดวงเดือน : การวิเคราะห์โรงไฟฟ้าวัฏจักรคาลินา (ANALYSIS OF A KALINA CYCLE POWER PLANT) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาทิตย์ คูณศรีสุข, 120 หน้า.

โรงไฟฟ้าวัฏจักรคาลินา ถูกนำเสนอว่าสามารถนำความร้อนทิ้งมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยได้รับการพัฒนามาจากโรงไฟฟ้าโออาร์ซีและมีข้อแตกต่างกับโรงไฟฟ้าโออาร์ซีแบบทั่วไป คือ สารทำงานของโรงไฟฟ้าคาลินาใช้สารผสมระหว่างแอมโมเนียกับน้ำในขณะที่โรงไฟฟ้าโออาร์ซีใช้สารทำงานชนิดเดียว โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าคาลินากับโรงไฟฟ้าโออาร์ซีที่อุณหภูมิแหล่งความร้อนทิ้งในช่วง 100 - 300°C และนำเสนอการปรับปรุงโรงไฟฟ้าคาลินาให้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมค่าต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปสำหรับสภาพอากาศที่นำมาพิจารณาอ้างอิงมาจากจ.นครราชสีมาในปีพ.ศ. 2560 โดยเป็นการจำลองเชิงตัวเลขที่ใช้โปรแกรม MATLAB มาจำลองกระบวนการภายในโรงไฟฟ้ากับโปรแกรม NIST REFPROP ซึ่งเป็นโปรแกรมคำนวณคุณสมบัติของสารทำงาน สำหรับการจำลองจะหาเงื่อนไขในการทำงาน โดยสำหรับโรงไฟฟ้าคาลินาได้แก่ อัตราการไหลเชิงมวล ความดันในการควบแน่น ความดันในการระเหย ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่บริเวณปั๊ม อุณหภูมิที่เข้าสู่รีคุพเพอร์เรเตอร์อุณหภูมิสูง และอุณหภูมิที่เข้าสู่เซพพาเรเตอร์ และสำหรับโรงไฟฟ้าโออาร์ซีได้แก่ อัตราการไหลเชิงมวล ความดันในการควบแน่น และความดันในการระเหยที่ทำให้ผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด นอกจากนี้ได้ทำการปรับปรุงโรงไฟฟ้าคาลินาโดยใช้วิธีการปรับความดันในการควบแน่นให้สอดคล้องกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ซึ่งได้เปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าคาลินาที่มีการออกแบบในกรณีทั่วไปที่ออกแบบโดยใช้อุณหภูมิสูงสุดในปีที่ทำการออกแบบมาเป็นอุณหภูมิสารหล่อเย็น จากผลการจำลองพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าสุทธิระหว่างโรงไฟฟ้าซับคริติคอลโออาร์ซีกับโรงไฟฟ้าคาลินาพบว่า โรงไฟฟ้าคาลินาผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าโรงไฟฟ้าซับคริติคอลโออาร์ซีเมื่ออุณหภูมิแหล่งความร้อนอยู่ในช่วง 100 - 200°C ซึ่งผลิตได้เท่ากับ 4.6 ถึง 70 kW ในขณะที่โรงไฟฟ้าซับคริติคอลโออาร์ซีผลิตได้ 4.7 ถึง 61.59 kW แต่เมื่ออุณหภูมิของแหล่งความร้อนเพิ่มมาอยู่ในช่วง 200 - 300°C โรงไฟฟ้าซับคริติคอลโออาร์ซีผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าโรงไฟฟ้าคาลินา โดยโรงไฟฟ้าซับคริติคอลโออาร์ซีผลิตได้ 89 ถึง 260 kW ในขณะที่โรงไฟฟ้าคาลินาผลิตได้เพียง 77.87 ถึง 170.9 kW อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนเฉลี่ยในการผลิตไฟฟ้าพบว่า โรงไฟฟ้าคาลินามีต้นทุนที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าที่น้อยกว่าโรงไฟฟ้าซับคริติคอลโออาร์ซี เช่น เมื่ออุณหภูมิแหล่งความร้อนเป็น 180°C โรงไฟฟ้าคาลินามีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 7 baht/kW.h แต่โรงไฟฟ้าซับคริติคอลโออาร์ซีมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ

10 baht/kW.h ลำดับถัดมานำเสนอการปรับปรุงโรงไฟฟ้าคาลินาให้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลง โดยเป็นการปรับความดันในการควบแน่นพบว่า การปรับความดันในการควบแน่นสามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้เมื่อเทียบกับการออกแบบในกรณีทั่วไป ซึ่งการออกแบบในกรณีทั่วไปผลิตได้เท่ากับ 4.18 kW ในขณะที่วิธีการปรับความดันในการควบแน่นผลิตกำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 4.18 ถึง 6.87 kW นอกจากนี้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าของการปรับความดันในการควบแน่นน้อยกว่าการออกแบบในกรณีทั่วไป เมื่อการออกแบบในกรณีทั่วไปมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 85 Baht/kW.h ในขณะที่การปรับความดันในการควบแน่นมีต้นทุนเพียง 71 Baht/kW.h

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา สิวชัย

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

SIRICAHI DUANGDUEAN : ANALYSIS OF A KALINA CYCLE POWER PLANT THESIS ADVISOR : ASST. PROF. ATIT KOONSRISUK, Ph.D., 120 PP.

KALINA CYCLE/ ORGANIC RANKINE CYCLE/ WASTE HEAT RECOVERY/ AMMONIA WATER/ AMBIENT TEMPERATURE

The Kalina cycle power plant has been proposed as a promising mean for waste heat recovery. This study aimed to investigate the thermodynamic performance of the Kalina cycle and to improve its performance. First, the mathematical model of the cycle was develop using MATLAB. The modeling uses the golden-section search to determine the mass flow rate of the working, ammonia mass fraction in the working fluid, evaporation pressure, and condensation pressure that provide the highest net power output for the specified heat source and heat sink conditions. NIST REFROP was linked with MATLAB to determine the flow properties. Second, validation of the modeling was conducted by comparing its predictions to existing literature. Third, the simulations of a Kalina power plant with heat source temperature in the range of 100 – 300 °C were conducted and compared with the performance of a subcritical ORC. Fourth, a Kalina power plant, that has a capacity of adjusting its condensation pressure to correspond to the ambient temperature variation across a year, was simulated, so that a highest net power output is achieved across the year. The results show that, with heat source temperature in the range of 100 – 200 °C, a Kalina power plant provides 4.6 – 70.0 kW while an ORC power plant provides 4.7 – 61.6 kW. On the other hand, with heat source temperature in the range of 200 – 300 °C, the Kalina plant provides 77.9 – 170.9 kW while the ORC plant provides 89.0 – 260.0 kW. It was found that the Kalina

plant with a capacity of condensation pressure adjustment provides 4.18 – 6.87 kW when the heat source temperature is 100 °C. Meanwhile a conventional Kalina plant provides 4.18 kW constantly across the year. It was also found that the levelized cost of energy (LCOE) of the plant with the pressure adjustment capacity is 71 Baht/kW.h while the LCOE of the conventional plant is 85 Baht/kW.h.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Mechanical Engineering

Academic Year 2019

Student's Signature สิริชัย

Advisor's Signature อาจารย์