ปุณยาพร วิรุญจิตร์ : การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ความร้อนทิ้งจากศูนย์ข้อมูลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีโออาร์ซี (FEASIBILITY STUDY OF AN ORC POWER GENERATION UTILIZING DATA CENTER WASTE HEAT)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ คูณศรีสุข, 159 หน้า.

การเพิ่มขึ้นของศูนย์ข้อมูล (Data center) ส่งผลต่อการใช้พลังงานเป็นอย่างมากโดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบระบายความร้อนของศูนย์ข้อมูล เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ที่จ่ายให้กับ Server จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ในวิทยานิพนธ์นี้จึงจะนำเสนอการนำความร้อนทิ้งจากศูนย์ข้อมูลมาเป็นแหล่งความร้อนให้กับโรงไฟฟ้าโออาร์ซี โดยมีจุดประสงค์เพื่อออกแบบระบบโออาร์ซีประเภท Subcritical, Supercritical และ Trilateral (TLC) สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าจากความร้อนทิ้งของศูนย์ข้อมูลด้วยวิธีจำลองเชิงตัวเลขทั้งในสภาวะที่ออกแบบ (Design condition) และสภาวะนอกเหนือจากสภาวะที่ออกแบบ (Off-design condition) และประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบจากต้นทุนเฉลี่ยตลอดโครงการ (Levelized cost of electricity, LCOE) เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการใช้ความร้อนทิ้งจากศูนย์ข้อมูลเมื่อแหล่งความร้อนมีอุณหภูมิ 35-75 °C โดยใช้สารทำงานทั้งสิ้น 11 ชนิด ในการจำลองจะใช้ Golden section method ในการหาเงื่อนไขในการทำงานของระบบที่เหมาะสมกับอุณหภูมิของแหล่งความร้อน อุณหภูมิของแหล่งรับความร้อน ค่า Pinch point temperature difference ในเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่น ซึ่งจะพบว่าในสภาวะที่ออกแบบโรงไฟฟ้าโออาร์ซีแบบ Subcritical ที่ใช้แหล่งความร้อนอุณหภูมิ 35 °C และ 45 °C ไม่สามารถทำงานได้ ส่วนที่อุณหภูมิของแหล่งความร้อนเป็น 55 °C, 65 °C และ 75 °C พบว่าค่างานสุทธิสูงสุดจะอยู่ในช่วง 386.95-438.21 W, 1.34-1.44 kW และ 2.81-3.07 kW และมีค่า LCOE 134.39-151.05 Baht/kW·hr, 41.63-44.72 Baht/kW·hr และ 20.19-22.08 Baht/kW·hr โดยสารที่ให้ค่างานสุทธิสูงสุดและค่า LCOE ต่ำที่สุดในแต่ละอุณหภูมิของแหล่งความร้อนคือสารทำงานชนิด R236fa, R1234ze และ R1234yf ตามลำดับ สำหรับโรงไฟฟ้าโออาร์ซีแบบ Supercritical ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้อุณหภูมิของแหล่งความร้อนที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 75 °C และสำหรับโรงไฟฟ้าโออาร์ซีแบบ TLC เมื่ออุณหภูมิของแหล่งความร้อนมีค่า 35 °C, 45 °C และเมื่อใช้สารทำงานที่มีอุณหภูมิวิกฤตต่ำเป็น 2 ลำดับแรกของแหล่งความร้อนที่มีค่า 55 °C พบว่าระบบไม่สามารถทำงานได้ นอกจากนี้ที่อุณหภูมิของแหล่งความร้อนเป็น 55 °C, 65 °C และ 75 °C ค่างานสุทธิสูงสุดของโรงไฟฟ้าโออาร์ซีแบบ TLC จะสูงกว่าโรงไฟฟ้าโออาร์ซีแบบ Subcritical โดยจะมีค่างานสุทธิสูงสุดอยู่ในช่วง 182.88-817.54 W, 0.85-2.67 kW และ 2.77-5.51 kW ซึ่งสารทำงานที่ให้ค่าดังกล่าวสูงสุดในทุกอุณหภูมิของแหล่งความร้อนคือ Water แต่เมื่อพิจารณาที่ค่า LCOE พบว่าสารทำงานชนิด R245fa จะให้ค่า LCOE ต่ำที่สุดในทุกอุณหภูมิของแหล่ง

ความร้อน โดยที่อุณหภูมิของแหล่งความร้อนเป็น 55 °C, 65 °C และ 75 °C จะมีค่า LCOE เป็น 100.29 Baht/kW·hr, 29.99 Baht/kW·hr และ 15.06 Baht/kW·hr ตามลำดับ ส่วนในสภาวะนอกเหนือจากสภาวะที่ออกแบบ เมื่อใช้สารทำงานเป็นชนิด R245fa โดยที่อุณหภูมิของแหล่งความร้อนเป็น 55 °C, 65 °C และ 75 °C โรงไฟฟ้าโออาร์ซีแบบ Subcritical จะให้ค่างานสุทธิสูงสุด 831.11 W, 2.39 kW และ 3.66 kW ตามลำดับ ส่วนโรงไฟฟ้าโออาร์ซีแบบ TLC จะให้ค่างานสุทธิสูงสุด 1.07 kW, 3.30 kW และ 5.65 kW ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าโรงไฟฟ้าโออาร์ซีแบบ TLC ยังคงสามารถผลิตงานสุทธิได้มากกว่าโรงไฟฟ้าโออาร์ซีแบบ Subcritical นอกจากนี้เมื่อนำระบบที่ให้งานสุทธิสูงสุดมาทำการจำลองเป็น Combine cycle พบว่ายังไม่สามารถลดค่า LCOE ของระบบลงได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา ปุณยาพร

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อาทิตย์ คูณธีสุ

PUNYAPORN VIRUNCHIT : FEASIBILITY STUDY OF AN ORC POWER GENERATION UTILIZING DATA CENTER WASTE HEAT.
THESIS ADVISOR : ASST. PROF. ATIT KOONSRISUK, Ph.D., 159 PP.

ORGANIC RANKINE CYCLE/LOW TEMPERATURE WASTE HEAT/DATA/ CENTER WASTE HEAT

The increase of number and size of data centers worldwide has been obvious. In this study, the thermodynamic, economic analysis and optimization of a subcritical Organic Rankine Cycle (ORC), Supercritical ORC, and Trilateral Rankine cycle (TLC) power plant from data center waste heat was conducted. The waste heat temperature in a range of 35-75 °C was examined. Various working fluids were tested as the working fluid for the power plants studied. A computational code was developed and validated with a result taken from the literature. The golden section method was used to search for an optimum operating condition that provides a highest net power output for the prescribed heat source temperature, heat sink temperature, and pinch point temperature differences in the design and off-design conditions. It was found that the supercritical ORC plant is not suitable for generating electricity from the heat source investigated in this study. In addition, the subcritical ORC cannot generate electricity when heat source temperature are at 35 °C and 45 °C. For the subcritical ORC plant when heat source temperature are at 55 °C, 65 °C, and 75 °C, the corresponding net power outputs of 386.95-438.21 W, 1.34-1.44 kW and 2.81-3.07 kW are obtained respectively. For economic analysis results, it found that the Levelized cost of electricity (LCOE) are 134.39-151.05 Baht/kW·hr, 41.63-44.72 Baht/kW·hr and 20.19-22.08 Baht/kW·hr with R236fa, R1234ze and R1234yf respectively. Furthermore, the TLC cannot generate

electricity when heat source temperature are at 35 °C, 45 °C and when using working substances with the first two low critical temperature as of heat source temperature is 55 °C. the net power outputs of 182.88-817.54 W, 0.85-2.67 kW and 2.77-5.51 kW are produced from the TLC plant when heat source temperature are at 55 °C, 65 °C, and 75 °C, respectively. The working fluid which gives the highest value at all temperatures of the heat source is water. For the minimum LCOE are 100.29 Baht/kW·hr, 29.99 Baht/kW·hr and 15.06 Baht/kW·hr with R245fa. In the off-design simulations, it was found that the TLC plant provides higher net power output than the subcritical ORC for the whole range of heat source temperature and heat sink temperature investigated. In addition, when using the system with the highest net power output to simulate with combine cycle, LCOE does not decrease.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Mechanical Engineering

Academic year 2019

Student's Signature ปุณยาพร

Advisor's Signature อาจินต์ ณรงค์วุฒิ