



การจำลองโรงจักรผลิตพลังงานรวมความร้อนและไฟฟ้าโดยชีวมวล

Simulation of Biomass-Fired Cogeneration Power Plant

พงศ์ศักดิ์ ครูกานนท์

Pongsak Krukanont

Order Key	27874
BIB Key	174503

เลขหมู่	TS128 W25 2522 ค.1
เลขทะเบียน	
	7 เม.ย. 2543

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

710 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Engineering Thesis in Mechanical Engineering

Prince of Songkla University

2542

ชื่อวิทยานิพนธ์      การจำลองโรงจักรผลิตพลังงานร่วมความร้อนและไฟฟ้าโดยชีวมวล  
ผู้เขียน                นายพงศ์ศักดิ์ คุรุกันันต์  
สาขาวิชา              วิศวกรรมเครื่องกล  
ปีการศึกษา            2542

### บทคัดย่อ

แหล่งพลังงานหมุนเวียนอันได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานลม, และพลังงานจากชีวมวล เป็นแหล่งพลังงานที่ทวีความสำคัญมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันและสถานะของประเทศไทย โรงจักรผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ ควรใช้ชีวมวลที่เหลือจากการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกไม้ยางพาราเป็นจำนวนทั้งสิ้นประมาณ 10.45 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 90 ของพื้นที่เพาะปลูกไม้ยางพาราทั่วประเทศ ซึ่งทำให้มีชีวมวลเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปไม้ยางพาราจำนวนมาก (ปึกไม้, ชี้เลื่อย, และกิ่งไม้ขนาดเล็ก) อุตสาหกรรมเหล่านี้ได้แก่ การเลื่อยและอบไม้ และการผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารา ดังนั้นโรงจักรผลิตพลังงานร่วมความร้อนและไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงจากเศษไม้ยางพารา จึงเป็นระบบผลิตพลังงานที่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราเหล่านั้น เพราะเป็นระบบที่สามารถผลิตทั้งพลังงานความร้อน หรือไอน้ำ (สำหรับกระบวนการอบแห้งไม้ยางพารา) และไฟฟ้าพร้อมกันได้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการช่วยกำจัดวัสดุเศษเหลือในโรงงานแล้ว และยังสามารถขายไฟฟ้าส่วนเกินให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตตามข้อกำหนดของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กได้อีกด้วย

มีผู้สนใจริเริ่มนำโรงจักรผลิตพลังงานร่วมความร้อนและไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงจากเศษไม้ยางพารามาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมซึ่งประกอบด้วยโรงเลื่อยและโรงเฟอร์นิเจอร์ อย่างไรก็ตาม การเดินเครื่องโรงจักรฯ ให้มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดหรือมีผลกำไรมากที่สุดไม่ใช่เป็นสิ่งที่ง่ายนัก เนื่องจากปริมาณความต้องการความร้อนในโรงงานแปรเปลี่ยนได้ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลกระทบต่ออัตราการผลิตพลังงานความร้อนและพลังงานกลจากเครื่องกำเนิดไอน้ำและกังหันไอน้ำ ผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นทำให้สมรรถนะของแต่ละอุปกรณ์เปลี่ยนแปลงไปและมีผลกระทบต่อระบบโดยรวมได้ อีกทั้งราคาต่อหน่วยในการรับซื้อเชื้อเพลิงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ดังนั้นโครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมของการเดินเครื่องโรงจักรฯ ภายใต้เงื่อนไขการใช้ปริมาณความร้อนในโรงงานต่างๆกัน

โรงจักรผลิตพลังงานร่วมความร้อนและไฟฟ้าที่ศึกษา ได้ถูกออกแบบสำหรับนำไปใช้งานโรงเลื่อยและโรงงานผลิตไม้อัด ซึ่งใช้เศษวัสดุเหลือจากกระบวนการผลิตเป็นเชื้อเพลิง โดยโรงจักรฯ มีกำลังการผลิตไอน้ำสูงสุด 81.9 MW และมีช่วงกำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงจักรฯ เท่ากับ 19-24 MWe สำหรับการศึกษาดำเนินเครื่องของโรงจักรฯ จะแบ่งออกเป็น 3 โหมด ซึ่งจำแนกโดยลักษณะการใช้พลังงานความร้อนจากเครื่องกำเนิดไอน้ำและกำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงจักรฯ กล่าวคือ โหมดที่ 1 (full load) จะเป็นการเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบเต็มกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไอน้ำ ซึ่งโรงจักรฯ จะใช้พลังงานความร้อนจากเครื่องกำเนิดไอน้ำในอัตราสูงสุด สำหรับโหมดที่ 2 (partial load) จะเป็นการเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบไม่เต็มกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไอน้ำ โดยโรงจักรฯ จะใช้พลังงานความร้อนจากเครื่องกำเนิดไอน้ำที่เพียงพอกับค่าปริมาณความต้องการความร้อนในโรงงานและค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงจักรฯ ค่าต่างๆ (20-24 MWe) สำหรับโหมดที่ 3 (base load) จะเป็นการเดินเครื่องโรงจักรฯ โดยใช้ พลังงานความร้อนจากเครื่องกำเนิดไอน้ำที่เพียงพอกับค่าปริมาณความต้องการความร้อนในโรงงานและที่ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงจักรฯ เท่ากับ 19 MWe ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดในสัญญาซื้อขายกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

จากการศึกษาพบว่า ชีตความสามารถในการเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบโหมดต่างๆ จะขึ้นอยู่กับค่าปริมาณความต้องการความร้อนในโรงงานเป็นหลัก กล่าวคือ การเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบโหมดที่ 1 จะสามารถเดินเครื่องได้ที่ค่าความต้องการปริมาณความร้อนในโรงงานที่มีค่ามากกว่า 16.53 MW เท่านั้น (ถ้ามีค่าความต้องการความร้อนในโรงงานมีค่าต่ำกว่าช่วงดังกล่าว จะเกินกำลังการผลิตสูงสุดของกังหันไอน้ำ, 24 MWe) และในขณะเดียวกันจะมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมของโรงจักรน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบโหมดที่ 2 และ 3 โดยค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดสำหรับการเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบโหมดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 62.34% ที่ค่าความต้องการปริมาณความร้อนในโรงงานเท่ากับ 30 MW สำหรับการเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบโหมดที่ 2 ไม่ว่าที่ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงจักรใดๆ พบว่าค่าประสิทธิภาพโดยรวมจะมีค่ามากกว่าการเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบโหมดที่ 1 แต่จะน้อยกว่าโหมดที่ 3 สำหรับที่ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงจักรเท่ากับ 22, 23 และ 24 MWe พบว่าค่าความต้องการปริมาณความร้อนของโรงงานสูงสุด ที่สามารถเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบโหมดที่ 2 ได้ อยู่ที่ 25.67, 21.09, และ 16.53 MW ตามลำดับ (ถ้ามีค่าความต้องการความร้อนในโรงงานมีค่าสูงกว่าค่าดังกล่าว จะเกินกำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องกำเนิดไอน้ำ) สำหรับการเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบโหมดที่ 3 แม้ว่าจะผลิตกำลังไฟฟ้าได้ต่ำสุดที่ 19 MWe แต่ในขณะเดียวกันจะใช้พลังงานความร้อนในการผลิตไอน้ำจากเครื่องกำเนิดไอน้ำน้อยที่สุดด้วย ซึ่งค่าประสิทธิภาพโดยรวมของโรงจักรฯ ที่ได้จะมีค่ามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบการเดินเครื่อง

โรงจักรฯ แบบใหม่ดที่ 1 และ 2 โดยที่ค่าความต้องการปริมาณความร้อนในโรงงาน เท่ากับ 30 MW จะมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 64.63%

ความเหมาะสมในการเลือกโหมดการเดินเครื่องโรงจักรฯ โดยพิจารณาที่ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของโรงจักรเพียงอย่างเดียว ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติ เพราะการเดินเครื่องโรงจักรฯ ที่เหมาะสม ควรจะสามารถทำกำไรให้กับโรงจักรฯ ได้มากที่สุด เพื่อที่จะทำให้โรงจักรฯ คืนทุนได้เร็วที่สุด ซึ่งเป็นความต้องการของผู้ลงทุน ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องเดินเครื่องโรงจักรฯ ให้มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดเสมอไป จากการศึกษาผลการตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการเดินเครื่องโรงจักรฯ พบว่า การเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบใหม่ดที่ 1 จะมีค่าอัตราผลการตอบแทนของโครงการและของผู้ประกอบการมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ การเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบใหม่ดที่ 2 และ 3 สำหรับการเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบใหม่ดที่ 2 จะมีค่าอัตราผลการตอบแทนของโครงการและของผู้ประกอบการมากที่สุด เมื่อกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด 24 MWe และค่าอัตราผลการตอบแทนจะลดลงเมื่อค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงจักรลดลง สำหรับการเดินเครื่องโรงจักรฯ แบบใหม่ดที่ 3 ถึงแม้ว่าจะมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุด แต่ค่าอัตราผลการตอบแทนของโครงการและของผู้ประกอบการจะมีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากราคาของการขายไอน้ำและไฟฟ้ามีค่าต่างกัน ดังนั้นการจำลองการเดินเครื่องของโรงจักรฯ ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา ทำให้สามารถเข้าใจถึงกลไกในการเดินเครื่องของโรงจักรฯ ซึ่งเป็นองค์ความรู้ไว้ช่วยประกอบการตัดสินใจในการเดินเครื่องโรงจักรฯ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันของโรงงานมากที่สุด

Thesis Title	Simulation of Biomass-Fired Cogeneration Power Plant
Author	Mr. Pongsak Krukanont
Major Program	Mechanical Engineering
Academic Year	1999

### Abstract

Because of environment concern, renewable energy such as solar, wind, and biomass are alternative sources of energy that recently receive more attention. However, for a large-scale power plant, the biomass seems to be the most suitable choice, especially in the South of Thailand where rubber wood residue is plentiful. With the total rubber planting area of  $10.45 \times 10^6$  rai, the cut down for replantation is expected to be 300,000 rais a year. The rubber trees supply raw material for saw mills, plywood and furniture factories. Consequently, these wood processing factories generate huge quantity of biomass residues (wood off-cut, sawdust, and small chunks). In the factories, both heat and electricity are required. Therefore, rubber wood residue-fired cogeneration power plant can be employed so that the factory is self-sufficient in energy. Apart from solving waste disposal problem, the excess electricity can be sold to the grid under the "Small Power Producer" scheme.

There is an interest to set up a biomass-fired cogeneration power plant at an industrial complex consisting of a sawmill (with drying kilns) and a plywood factory. However, the operation of the power plant must be aimed to achieve the maximum efficiency or the highest profit, which is very complicated due to the fluctuation of steam demand. The changing steam demand affects the overall efficiency, because performance of individual component is altered. In addition, the availability of the fuel is seasonal and the fuel cost changes accordingly. The purpose of this research project is to study the optimum operating condition of the power plant under various steam demands.

The power plant was designed for a sawmill and an adjacent plywood factory using wood wastes from these two processes. The maximum boiler thermal load is 81.9 MW while the electricity output is in the range of 19-24 MW. The performance of the power plant was studied in three operating modes according to the boiler thermal load and the electricity output. In the full load operation (mode 1), the power plant is operated at the constant maximum boiler thermal load of 81.9 MW while the steam demand is varied to meet the requirement of the drying kilns and the plywood production. The partial load operation (mode 2) is designed for partially-fuelled boiler to sufficiently provide steam for the processes and generate electricity at a desired capacity (20-24 MWe). The base electricity load (mode 3, generate fixed electricity as agreed in contract with EGAT:- 19 MWe).

The study indicated that the optimum operation of the cogeneration power plant totally depends on the steam demand value. The full load mode can be operated only at a steam demand more than 16.53 MW, otherwise the turbine is over loaded (over the designed capacity of 24 MWe). The full load mode has the lowest overall efficiency compared to the others. The maximum possible efficiency for the full load operation is 62.34 %, when it is operated at a steam demand of 30 MW. The overall efficiency of the partial load operation is

lower than that of the base load condition. However, in the partial load operation there is a limit value of the steam demand for each electricity generating capacity so that the boiler is kept at the maximum designed thermal load. For the electricity outputs of 22, 23, and 24 MWe, the maximum allowable steam demands are 25.67, 21.09, and 16.53 MW, respectively. The base load mode shows no steam demand limit and the highest overall efficiency is 64.63 %, when the steam demand is 30 MW.

In practice, the preferable mode of operation depends on the financial return, which does not necessarily coincide with the maximum overall efficiency, because the price of heat and electricity are different. The highest rate of return occurs when the full load mode is operated. For partial load operation, the higher electricity gives higher return (maximum return at 24 MWe output). The base load is the less favorable mode of operation in term of financial return.

In conclusion, the simulation of the cogeneration power plant provides a basic and throughout understandings of the performance characteristic, which can eventually determine the optimum operating conditions. This is helpful in actual operation to achieve maximum efficiency or economic return for all situations that arise in the factory.