

ศักยภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมน้ำตาล ELECTRICITY PRODUCTION POTENTIAL IN SUGARCANE INDUSTRY

นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย

รองผู้อำนวยการ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ

Naksitte Coovattanachai

Deputy Director

National Science and Technology Development Agency, Bangkok

บทคัดย่อ

อ้อยเป็นพืชที่ให้ปริมาณชีวมวลต่อหน่วยพื้นที่มากที่สุดประเภทหนึ่ง อุตสาหกรรมน้ำตาลจึงเป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตชีวมวลเป็นผลพลอยได้มากในรูปของขานอ้อยและใบอ้อย โดยทั่วไปแล้วโรงงานน้ำตาลจะใช้ขานอ้อยในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในโรงงานอย่างพอเพียง เทคโนโลยีดั้งเดิมที่ใช้ในโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยในการผลิตพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าร่วม คือ กังหันไอน้ำแบบง่าย ๆ ที่เน้นผลิตพลังงานให้พอเพียงที่จะใช้ในโรงงานเท่านั้น ความจริงแล้ว โรงงานน้ำตาลสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าให้มากขึ้นเพื่อขายได้ หากใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและอาจเก็บใบอ้อยมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นด้วย

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถแปรรูปชีวมวลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมาก และมีราคาของระบบต่อหน่วยการผลิตไม่สูงนัก เทคโนโลยีใหม่นี้คือการเดินกังหันก๊าซ (gas turbine) ด้วยชีวมวล ซึ่งจะต้องมีการเผาหรือแปรรูปชีวมวลให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงและทำความสะอาดก๊าซที่ความดันและอุณหภูมิสูง บทความนี้เสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวตลอดจนประเมินศักยภาพของโรงงานน้ำตาลที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่ม เพื่อสนองความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศ

ABSTRACT

Sugarcane is a photosynthetically efficient crop. As a consequence, large quantities of biomass residues, i.e. bagasse and barbojo (cane tops and leaves), are produced from sugarcane industry. In a sugar factory, bagasse is used to produce sufficient electricity and heat for the onsite demands. A simple steam turbine, which is the traditional technology, is usually used to cogenerate power and heat. In fact, sugar factories can generate more electricity than that needed for onsite use and the surplus electricity can be sold to the utility if a more efficient technology is used. Much more electricity can be produced if barbojo is also used for electricity generation.

During the past 10 years, a new and more efficient technology for converting biomass to power has been developed. This new technology involves combustion or gasification of biomass and cleaning of hot gas at high pressure and temperature. This article outlines the development of biomass fuelled gas turbine technology as well as assesses the potential of sugar factories in Thailand in generating surplus electricity for meeting the country's electricity demand.

บทนำ

อ้อยเป็นพืชประเภทที่ให้ชีวมวลมากที่สุดอย่างหนึ่งในบรรดาพืชที่ปลูกเพื่ออุตสาหกรรมด้วยกัน ในการผลิตน้ำตาลจะต้องใช้อ้อยถึงประมาณ 10 ตัน จึงจะได้น้ำตาล 1 ตัน อุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลจึงเป็นอุตสาหกรรมที่ให้ชีวมวลออกมาเป็นผลพลอยได้มากที่สุด นอกจากชานอ้อยที่ได้ในโรงงานแล้ว อ้อยยังให้ชีวมวลอีกเป็นจำนวนมากในรูปของยอดอ้อยและใบอ้อยซึ่งอาจจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

ในอุตสาหกรรมน้ำตาล ได้มีการนำชานอ้อยที่ได้จากกระบวนการมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล เนื่องจากปริมาณชีวมวลชีวมวลที่ได้จากโรงงานน้ำตาลมีมาก เท่าที่ผ่านมาก็ได้มีการพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการผลิตไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าวร่วมกันซึ่ง

เรียกว่า Cogeneration นี้มากนัก ในโรงงานน้ำตาลบางแห่งได้พยายามเผาชานอ้อยนี้ให้หมดไป เพื่อลดภาระในการที่จะต้องมีที่เก็บชานอ้อยเอาไว้

ในโรงงานน้ำตาล หากมีการผลิตพลังงานโดยใช้ชานอ้อยทั้งหมดผลิตไอน้ำเท่าที่จำเป็น สำหรับกระบวนการไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีปริมาณมากเกินพอที่จะใช้ในโรงงานน้ำตาล และอาจจะนำไฟฟ้าที่เหลือมาใช้ประโยชน์นอกโรงงานน้ำตาลได้ พลังงานไฟฟ้าจากโรงงานน้ำตาลอาจจะผลิตได้มากขึ้นอีกมาก หากมีการใช้เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นหรือมีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใช้ นอกจากนี้หากมีการนำเอายอดอ้อยและใบอ้อยมาใช้ผลิตไฟฟ้านอกฤดูการผลิตน้ำตาล จะยิ่งทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีปริมาณมากขึ้นอีก และอาจช่วยลดภาระของประเทศในการสร้างโรงงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้บ้าง เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อ

เศรษฐกิจของประเทศขยายตัวในอัตรา 7-8% ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึงปีละเกือบ 10% ซึ่งเป็นภาระที่หนักมากของประเทศที่จะต้องลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าให้พอใช้

บทความนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะประเมินสถานภาพของเทคโนโลยีต่างๆ ที่เหมาะสมจะนำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลที่ได้จากโรงงานน้ำตาล และประมาณการปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาล หากมีการนำเอาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงหรือเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใช้

กังหันไอน้ำ (STEAM TURBINE)

กังหันไอน้ำ เป็นเทคโนโลยีที่รู้จักกันดีมากที่สุดในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแข็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากชีวมวล ในโรงงานน้ำตาลทั้งหมดได้มีการใช้กังหันไอน้ำในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงาน เพราะกังหันไอน้ำดูเหมือนจะเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตไอน้ำและไฟฟ้าร่วมกัน เพราะนอกจากจะเป็นเทคโนโลยีที่พิสูจน์แล้ว ในระบบยังมีการผลิตไอน้ำอยู่แล้วจึงสะดวกมากที่จะนำไอน้ำมาใช้ แต่กังหันไอน้ำก็มีข้อเสียหลายอย่างข้อเสียที่สำคัญ 2 ประการคือ

1) ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำที่ใช้ในโรงงานน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นตามขนาด ดังนั้น ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำที่ใช้ในโรงงานน้ำตาลของโรงงานน้ำตาลค่อนข้างจะต่ำ เพราะความต้องการไฟฟ้าของโรงงานน้ำตาลมักจะไม่เกิน 20 MW ซึ่งค่อนข้างต่ำสำหรับกังหันไอน้ำ

2) กังหันไอน้ำมีราคาแพงทำให้ต้องลงทุนสูงหากจะใช้เทคโนโลยีนี้

นอกจากนี้โรงงานน้ำตาลส่วนมากในประเทศกำลังพัฒนา ยังใช้ระบบกังหันไอน้ำแบบง่ายๆ และมีแรงดันไอน้ำต่ำทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่ำมาก ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

ของโรงงานน้ำตาลบางแห่งมีค่าเพียง 5% เท่านั้น

ด้วยขนาดจำนวนเดียวกัน จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น หากใช้ระบบกังหันไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง กังหันไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในปัจจุบันคือชนิด Condensing-Extraction Steam Turbine หรือ CEST แต่กังหันไอน้ำชนิดนี้ก็จะมีราคาแพงขึ้นมาก โรงงานน้ำตาลในฮาวายหลายโรงได้ลงทุนติดตั้งกังหันไอน้ำที่ใหญ่ขึ้น และมีประสิทธิภาพสูง และขายไฟฟ้าที่เหลือใช้ให้บริษัทสาธารณูปโภคเป็นจำนวนมาก

โรงงานน้ำตาลโดยทั่วๆ ไป จะผลิตไฟฟ้าประมาณ 20 kWh ต่ออ้อย 1 ตัน ซึ่งจะพอเพียงในการใช้โรงงานระบบไอน้ำและพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้กังหันไอน้ำแบบ CEST ที่ใช้แรงดันไอน้ำ 60 MPa และกำลังผลิต 25 MW ที่มีขายอยู่ในปัจจุบันสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 100 kWh ต่ออ้อย 1 ตัน¹⁾ ซึ่งเป็น 5 เท่าของพลังงานไฟฟ้าที่โรงงานต้องการ

หากใช้ระบบผลิตน้ำตาลที่ประหยัดไอน้ำ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่ามากขึ้น 25% นอกจากนี้ยังอาจจะทำการผลิตพลังงานไฟฟ้านอกฤดูผลิตน้ำตาลโดยการใช้เชื้อเพลิงเสริมอย่างอื่น เช่น ยอดอ้อยหรือไม้โตเร็วที่ปลูกใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจะทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 240 kWh ต่ออ้อย 1 ตัน

การผลิตพลังงานไฟฟ้านอกฤดูผลิตน้ำตาลโดยใช้ยอดอ้อยนี้ องค์การ USAID ได้เคยทดลองดำเนินการในประเทศไทยแล้วเมื่อประมาณ 4 ปีมาแล้ว แต่โรงงานน้ำตาลในประเทศไทยไม่สนใจมากนักเพราะไฟฟ้าที่ผลิตได้ขายได้ราคาต่ำเกินไป

แต่ระบบกังหันไอน้ำแบบ CEST มีราคาแพงมากดังแสดงในรูปที่ 7 จากรูปที่ 7 ประมาณได้ว่าราคาของระบบ CEST ในปัจจุบันมีค่าประมาณ US\$ 2500/kW ที่กำลังผลิต 25 MW ระบบ CEST ขนาด 25 MW จะมีราคาประมาณ 1,600 ล้านบาท (คิด 1 US\$ = 26 บาท)

กังหันก๊าซ (GAS TURBINE)

กังหันก๊าซเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วหลังสงครามโลกครั้งที่สอง ในระยะ 20 ปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องยนต์ไอพ่นกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีผลทำให้กังหันก๊าซได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้าไปมากด้วย กังหันก๊าซกำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือผลิตไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าร่วมกัน เพราะมีราคาถูก ขนาดกะทัดรัด และใช้งานง่าย ข้อเสียของกังหันก๊าซที่มีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเดิมที่กำลังผลิตต่ำ สามารถที่จะแก้ไขได้โดยการฉีดไอน้ำเข้าไปผสมกับอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 1 ระบบดังกล่าวเรียกว่า steam injected gas turbine การฉีดไอน้ำดังกล่าวทำให้กำลังผลิตสูงกว่ากำลังผลิตสูงสุดของระบบที่ไม่ฉีดไอน้ำถึง 50% ซึ่งจะเป็นไปได้หากกังหันก๊าซดังกล่าวเป็นกังหันที่ได้มาจากแบบที่ใช้ในเครื่องบิน (aircraft-derivative gas turbine)

การฉีดไอน้ำยังทำให้ประสิทธิภาพของกังหันก๊าซเพิ่มขึ้น จากการทดสอบกังหันก๊าซแบบ LM-500 ของบริษัท General Electric พบว่ากังหันก๊าซแบบนี้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 33 MW และมีประสิทธิภาพ 33% กำลังผลิตจะเพิ่มขึ้นเป็น 51.4 MW และมีประสิทธิภาพสูงเป็น 40% เมื่อฉีดไอน้ำ^[2] กังหันก๊าซฉีดด้วยไอน้ำที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงมีขายแล้วในเชิงพาณิชย์ กังหันก๊าซกำลังได้รับความนิยมมากด้วย ในการผลิตไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าร่วมกันในอุตสาหกรรมและผลิตพลังงานไฟฟ้าในระดับกำลังผลิตต่ำ (น้อยกว่า 50 MW) ในประเทศอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

การใช้ก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในกังหันก๊าซ

โดยปกติแล้วกังหันก๊าซได้รับการออกแบบให้ใช้เชื้อเพลิงที่สะอาด เช่น น้ำมันหรือก๊าซ หากจะเดินกังหันก๊าซด้วยเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ชีวมวลหรือถ่านหิน

จะทำให้ 3 วิธีด้วยกัน ดังนี้ :-

1) การเผาโดยตรง

ระบบนี้เรียกว่า directly-fired gas turbine ซึ่งมีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกับกังหันก๊าซธรรมดา แต่จะต้องมีห้องเผาไหม้ที่ใหญ่ขึ้น อากาศที่มีความดันสูงจากเครื่องอัดอากาศ (Compressor) จะถูกนำเข้าไปในห้องเผาไหม้ที่มีความดันสูง ดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อให้เกิดการสันดาปกับเชื้อเพลิงหลังจากทำความสะอาดแล้ว ก๊าซร้อนที่ได้จะเข้าไปหมุนกังหัน ไอเสียที่ได้จะถูกใช้ในการผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการและฉีดเข้าในกังหันก๊าซเพื่อเพิ่มพลังงานและประสิทธิภาพ

ระบบนี้ได้รับการพัฒนาจนเกือบใช้งานจริง ๆ แล้ว แต่คาดว่าจะต้องใช้เวลาอีกหลายปีจึงจะนำออกขายในเชิงพาณิชย์ได้ เพราะมีการทำการวิจัยและพัฒนากันไม่มากนัก

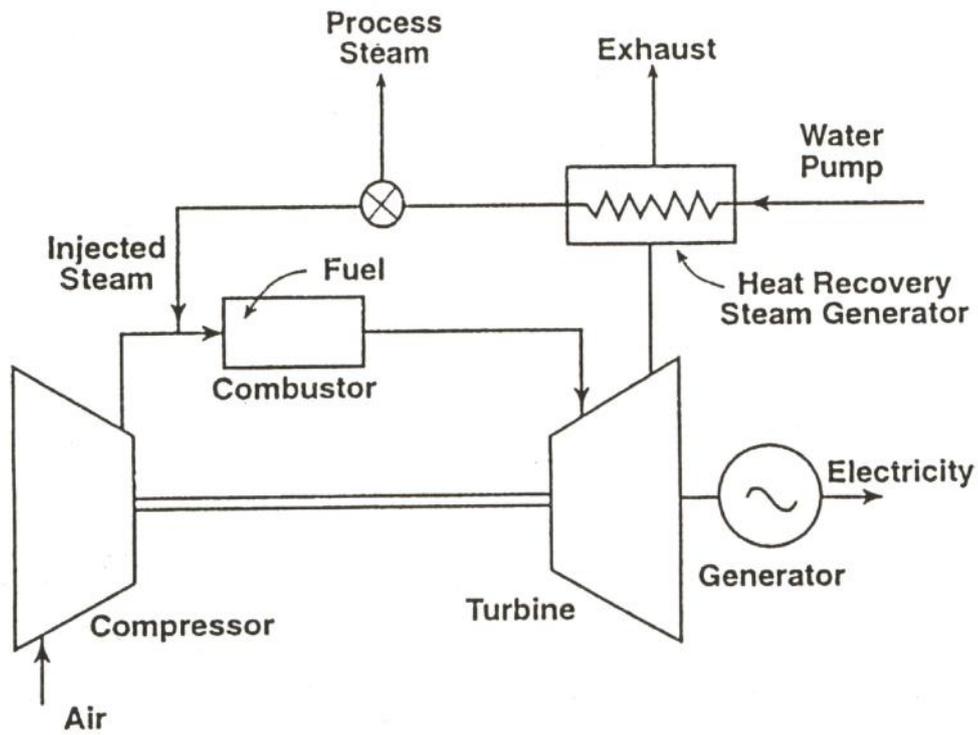
2) การเผาโดยทางอ้อม

ระบบนี้เรียกว่า indirectly fired gas turbine (IFGT) ระบบนี้แสดงไว้ในรูปที่ 3 เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนาสมบูรณ์แล้ว และมีขายแล้วในเชิงพาณิชย์ แต่ระบบดังกล่าวมีปัญหา 2 ประการคือ

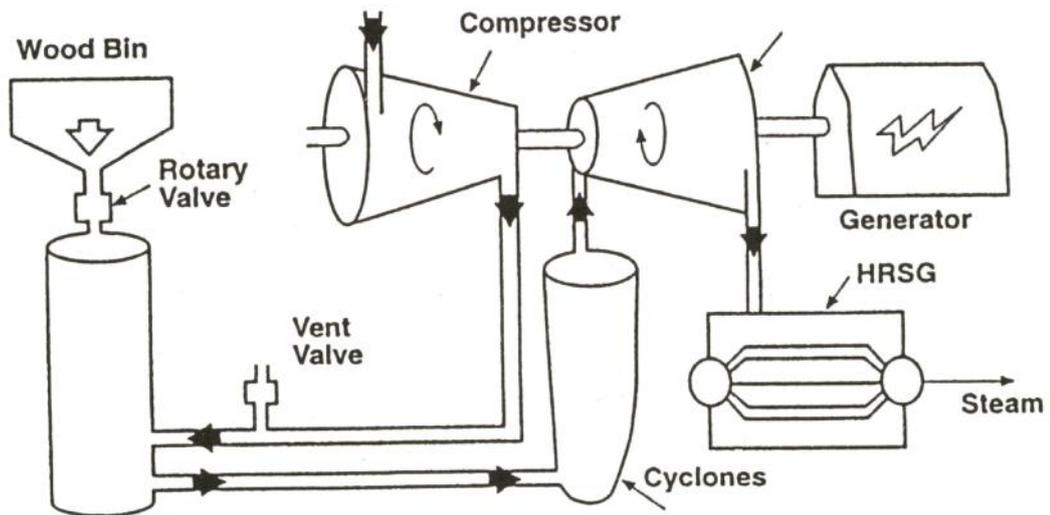
ก) ราคาสูงเพราะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซและความร้อนมีขนาดใหญ่มาก

ข) ประสิทธิภาพของระบบค่อนข้างต่ำ เพราะอุณหภูมิของก๊าซก่อนเข้ากังหันมีค่าจำกัด อันสืบเนื่องมาจากข้อจำกัดในการทนอุณหภูมิสูงของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

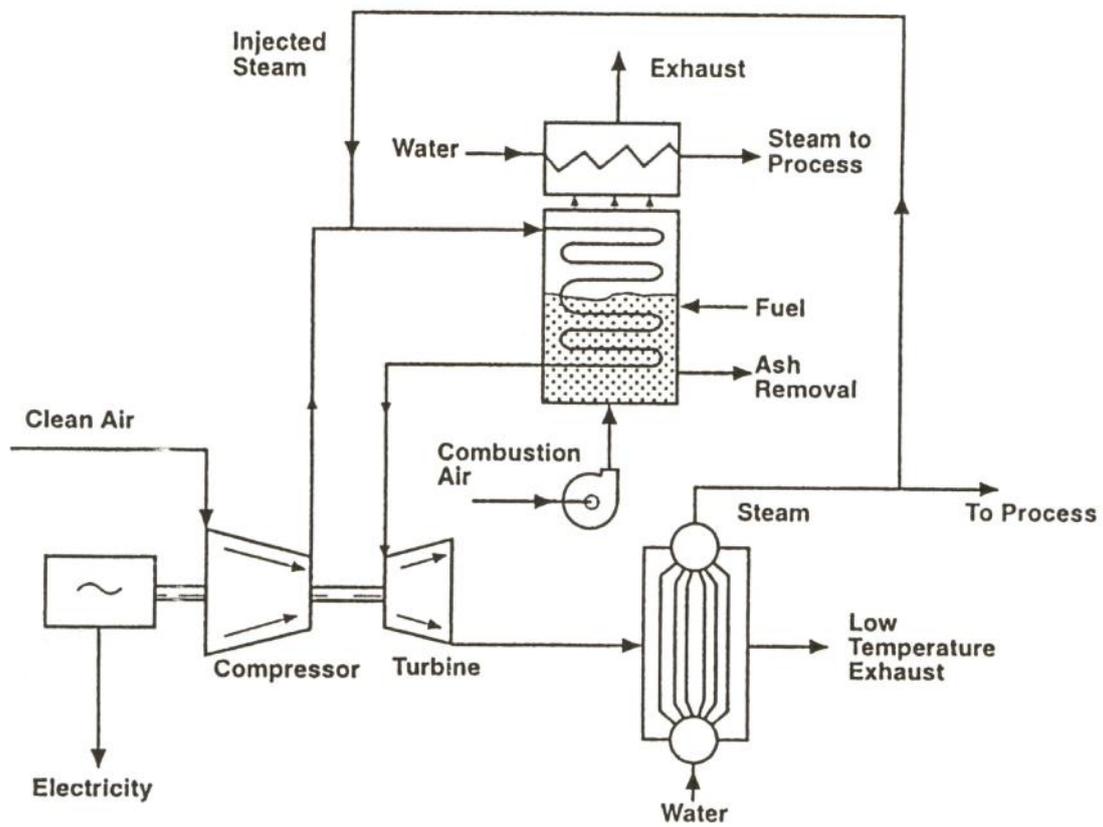
จากการทดลองพบว่าระบบนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบ CEST ถึงประมาณ 25% ในการผลิตไฟฟ้า ในขณะที่ผลิตไอน้ำในปริมาณที่เท่ากัน จากการประมาณการพบว่าระบบ IFGT จะผลิตไฟฟ้าได้ถึง 300 kWh ต่ออ้อย 1 ตัน หากใช้ระบบประหยัดไอน้ำและมีการผลิตพลังงานไฟฟ้านอกฤดูผลิตน้ำตาลโดยใช้ยอดอ้อย



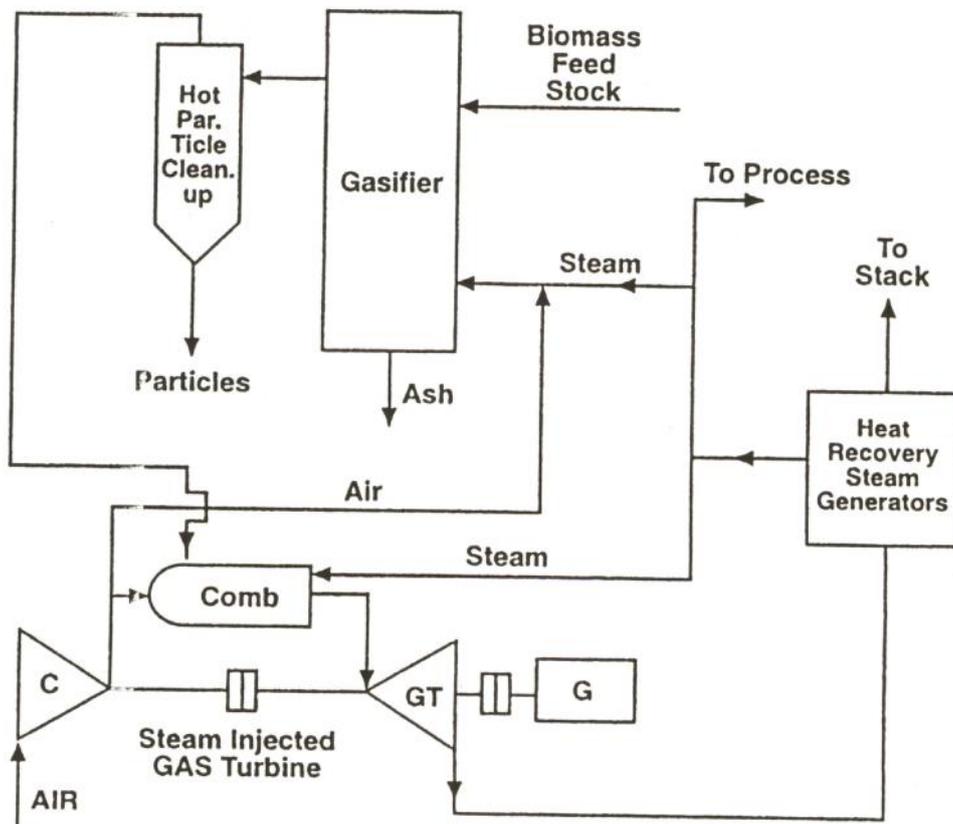
รูปที่ 1 กังหันก๊าซอัดด้วยไอน้ำ (Steam Injected Gas Turbine)



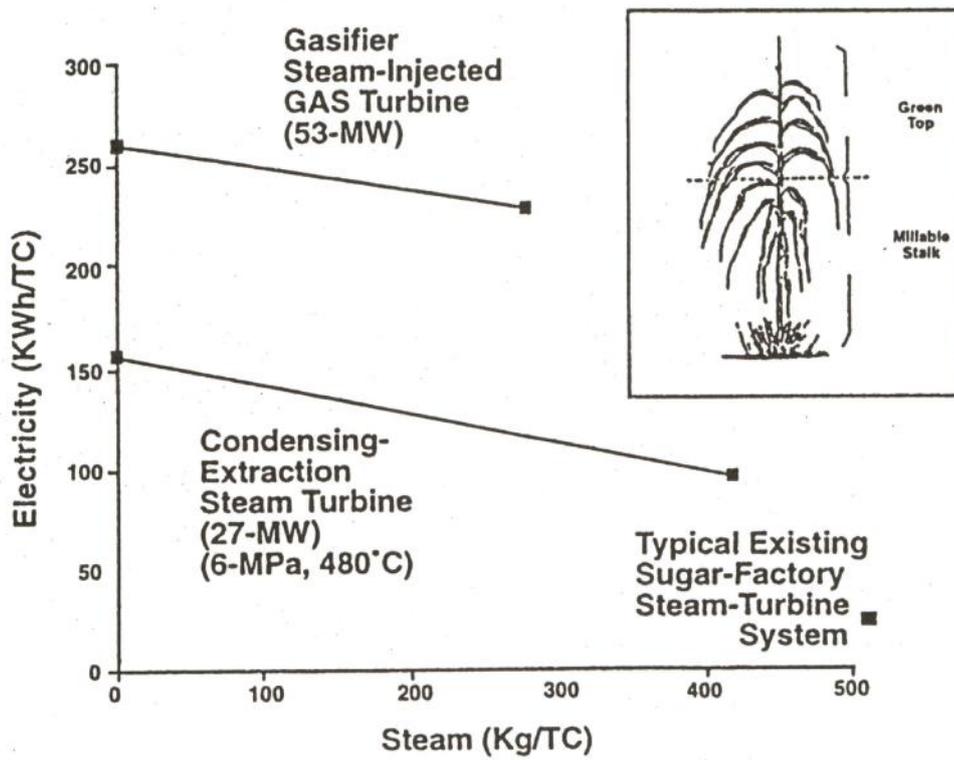
รูปที่ 2 กังหันก๊าซใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงโดยการเผาโดยตรง



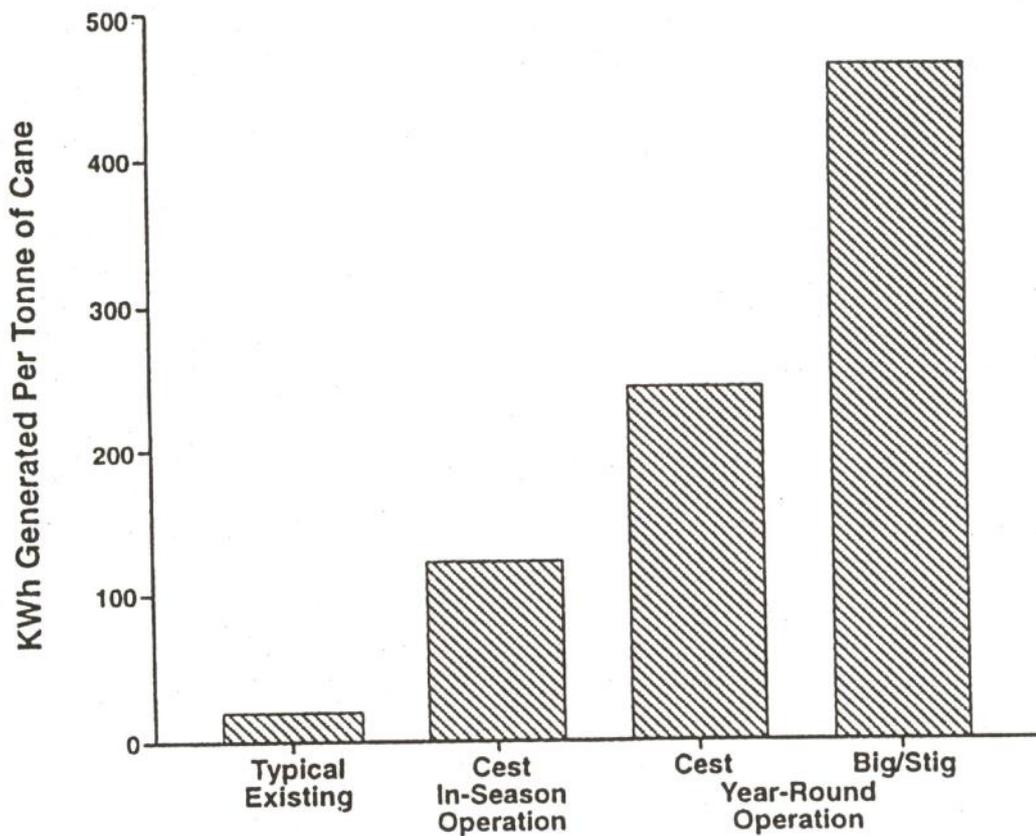
รูปที่ 3 กังหันก๊าซใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงโดยการเผาทางอ้อม



รูปที่ 4 กังหันก๊าซใช้ก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลโดยการเผาโดยตรง



รูปที่ 5 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากอ้อย 1 ตันสำหรับเครื่องต้นกำลังในกรณีต่างๆ



รูปที่ 6 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอ้อย 1 ตัน สำหรับเครื่องต้นกำลังกรณีต่างๆ

สำหรับราคาของระบบนั้นมีค่าใกล้เคียงกับระบบ CEST มากที่กำลังการผลิต 12 MW แต่จะมีราคาสูงกว่าระบบ CEST เมื่อต้องการผลิตสูงกว่า 12 MW ดังแสดงในรูปที่ 7

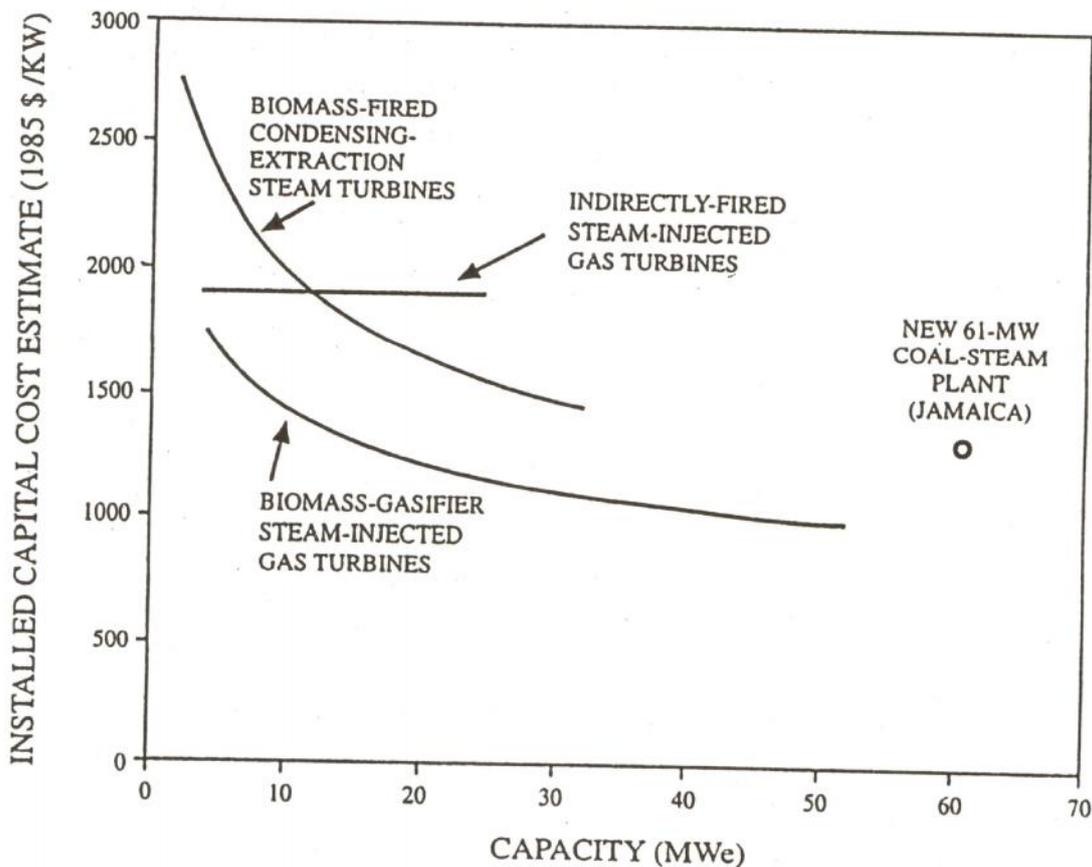
3) การเผาก๊าซเชื้อเพลิงโดยตรง

การทำงานของระบบนี้ ซึ่งเรียกว่า gasifier steam injected gas turbine (GSTIG) แสดงไว้ในรูปที่ 4 ในระบบดังกล่าว อากาศบางส่วนจากเครื่องอัดอากาศจะถูกใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงจากเตาผลิตก๊าซหลังจากทำความสะอาดในระบบทำความสะอาดก๊าซแล้ว ก๊าซดังกล่าวจะเข้ามาเผาไหม้กับอากาศที่เหลือจากเครื่องอัดอากาศในห้องเผาไหม้ ก๊าซเสียจากกังหันจะใช้ในการผลิตไอน้ำสำหรับฉีดเข้าไปในกระบวนการอื่น

เทคโนโลยีสำหรับชีวมวลยังอยู่ในขั้นของการวิจัยและพัฒนาอยู่ แต่ระบบนี้ซึ่งใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงได้รับการพัฒนาจนเกือบสมบูรณ์แล้ว^{[5],[6]} เป็นที่เชื่อกันว่าการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้กับชีวมวลจะทำได้ไม่ยากนักเพราะอาศัยผลของการวิจัยและพัฒนาที่ทำกับระบบที่ใช้ถ่านหินได้เกือบทั้งหมด

จากการประมาณการโดยการคำนวณพบว่าระบบ GSTIG มีศักยภาพสูงมากในการผลิตไฟฟ้า^[4] และสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 460 kWh ต่ออ้อย 1 ตัน หากใช้ระบบประหยัดไอน้ำแล้วผลิตไฟฟ้านอกฤดูการผลิตน้ำตาลโดยใช้ยอดอ้อยสูงถึง 23 เท่าของโรงงานน้ำตาลที่มีในปัจจุบัน^[4]

รูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าราคาของระบบ GSTIG ต่ำกว่าระบบ CEST และ IFGT โดยมีราคาประมาณ 65% ของระบบทั้งสองที่กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบราคาของเทคโนโลยีชนิดต่างๆ ที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล (จาก [4])

ศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากโรงงานน้ำตาลในประเทศไทย

โรงงานน้ำตาลจำนวน 46 โรงในประเทศไทย กำลังที่บอกรวมกันวันละ 338,000 ตัน ขนาดกำลังผลิตของโรงงานน้ำตาลแตกต่างกันจากวันละ 400 ตัน จนถึง 15,000 ตัน โรงน้ำตาลส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภาคกลาง แต่ก็เริ่มกระจายสู่ภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันออก ฤดูที่บอกรวมกันจะเริ่มประมาณเดือนธันวาคม และสิ้นสุดในปลายเดือนมีนาคม

ในช่วง พ.ศ. 2531-2532 อ้อยที่เข้ามาที่บอกรวมกัน 36 ล้านตันนั้น ได้ให้ขานอ้อย 12 ล้านตันที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 50 โรงน้ำตาลทั้งหมดใช้ขานอ้อยส่วนหนึ่งเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำไปขับกังหันและเจเนอเรเตอร์ ไอน้ำที่ออกจากกังหันถูกนำไปให้ความร้อนแก่กระบวนการผลิตน้ำตาลต่อไป โรงน้ำตาลส่วนใหญ่จะมีขานอ้อยเหลือทิ้ง บางโรงงานที่ขายขานอ้อยที่เหลือให้แก่โรงงานกระดาษได้

หม้อไอน้ำของระบบร่วมผลิตความร้อนและกำลัง ในโรงงานน้ำตาลส่วนใหญ่มีความดันระหว่าง 20-24 บาร์ และมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 60 ส่วนกังหันไอน้ำและเจเนอเรเตอร์มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 85 โรงน้ำตาลทั่วประเทศมีกำลังผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้งรวมกันประมาณ 430 เมกะวัตต์ ซึ่งใช้ภายในโรงงานตามปกติ 290 เมกะวัตต์ และเป่ากำลังสำรอง 140 เมกะวัตต์ นอกจากนี้ โรงน้ำตาลก็ยังใช้กังหันไอน้ำขับเคลื่อนเครื่องตัดและที่บอกรวมกัน โดยมีกำลังที่บอกรวมกันประมาณ 200 เมกะวัตต์

ขานอ้อยโดยเฉลี่ยประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 22.5 ไฮโดรเจนร้อยละ 3.0 ออกซิเจนร้อยละ 0.1 ไนโตรเจนร้อยละ 0.2 ความชื้นร้อยละ 50.7 และเถ้าร้อยละ 2.3 ค่าความร้อนของขานอ้อยขึ้นประมาณ 8.82 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ความชื้นในขานอ้อยเป็น

สาเหตุสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำต่ำ โรงน้ำตาลต้องใช้ขานอ้อยถึงประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณที่ผลิตได้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ

ศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าขายออกนอกโรงงานน้ำตาล ขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงที่เหลือจากการใช้ผลิตพลังงานสำหรับโรงงานน้ำตาล มาตรการประหยัดพลังงานจะช่วยให้ประหยัดขานอ้อยได้ เช่น การใช้ไอเสียจากหม้อไอน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียสมาอบขานอ้อยก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ จะช่วยลดความชื้นในขานอ้อยลงเหลือร้อยละ 25 และประหยัดขานอ้อยที่ใช้ในหม้อไอน้ำได้ร้อยละ 7 โดยประมาณ มาตรการประหยัดพลังงานเหล่านี้ถ้าใช้กับโรงน้ำตาลทั่วประเทศจะช่วยให้ขานอ้อยเหลือถึงปีละ 2.7 ล้านตัน ซึ่งอาจจะผลิตไฟฟ้าออกขายนอกโรงงานน้ำตาลได้ถึงประมาณ 80 เมกะวัตต์ โดยใช้โรงไฟฟ้าของน้ำตาลในช่วงนอกฤดูผลิตน้ำตาล

นอกจากขานอ้อยแล้วอาจจะนำไปอ้อยและยอดอ้อยที่ตามปกติจะถูกตัดทิ้งไว้ในไร่อ้อยมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อีก ปริมาณใบอ้อยและยอดอ้อยมีรวมกันประมาณปีละ 8.6 ล้านตัน จากการศึกษาทดลองใช้ใบอ้อยและยอดอ้อยเป็นเชื้อเพลิงเสริมในหม้อไอน้ำในโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งในประเทศ ปรากฏว่าสามารถผลิตไฟฟ้าเหลือใช้และขายให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้ ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากยอดอ้อยและใบอ้อยของโรงงานน้ำตาลทั้งหมดในประเทศไทยมีสูงถึงประมาณ 160 เมกะวัตต์ระหว่างนอกฤดูที่บอกรวมกัน แต่ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าสูงกว่านี้มากหากมีการใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า โดยเฉพาะแล้วโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยผลิตไฟฟ้าได้ 20 kWh ต่อที่บอกรวมกัน 1 ตัน แต่หากใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงอาจผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นอีกหลายเท่า ซึ่งจะทำให้อุตสาหกรรมน้ำตาลของประเทศผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น เรื่องนี้น่าจะมีการศึกษาอย่างจริงจังมากขึ้น

การทดลองผลิตไฟฟ้าเพิ่มโดยใช้ยอดอ้อยและใบอ้อยในโรงน้ำตาล

ในปี 2529 กระทรวงอุตสาหกรรม องค์การ USAID การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ร่วมมือกับอุตสาหกรรมน้ำตาลของประเทศไทยในการริเริ่มศึกษาราคาของไฟฟ้าที่ผลิตได้จากยอดอ้อยและใบอ้อย และประโยชน์ที่ใช้ในโรงงานน้ำตาลจะได้รับจากการดำเนินการดังกล่าว ในการศึกษาคั้งนี้ได้มีโรงน้ำตาลโรงหนึ่งให้ความร่วมมือให้ใช้เครื่องจักรในโรงงานในการทำการทดลอง ในการศึกษาคั้งนี้ได้ทำการหาค่าใช้จ่ายในการเก็บยอดอ้อยและใบอ้อยจากไร่ การขนส่งและเก็บใบอ้อยและยอดอ้อย ตลอดจนปริมาณที่เก็บได้ องค์การ USAID ให้ความช่วยเหลือทางด้านเทคนิคในรูปของผู้เชี่ยวชาญ ตลอดจนรถแทรกเตอร์ในการเก็บยอดอ้อยและใบอ้อยจากไร่ นอกจากนี้สมาคมผู้ปลูกอ้อยในรัฐได้ให้การช่วยเหลือการดำเนินการศึกษาด้วย

ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีรายงานของการดำเนินการโครงการนี้ออกมาอย่างเป็นทางการ แต่จากการปรึกษาหารือกับผู้เกี่ยวข้องพอสรุปได้ว่า

- 1) ในทางเทคนิค การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ยอดอ้อยและใบอ้อยจากโรงน้ำตาลมีความเป็นไปได้
- 2) ปริมาณยอดอ้อยและใบอ้อยที่เก็บได้จากไร่ อ้อยต่อหน่วยพื้นที่ในประเทศไทยน้อยกว่าค่าในฮาวาย เพราะอ้อยที่ปลูกในประเทศไทยที่ปลูกในฮาวายเป็นอ้อยคนละชนิดกัน
- 3) ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่ได้โดยใช้ยอดอ้อยและใบอ้อยสูงกว่าที่ผลิตได้โดยน้ำมันเตาประมาณ 10-20%
- 4) ในทางเทคนิค การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ยอดอ้อยและใบอ้อยจากโรงน้ำตาลมีความเป็นไปได้

5) อุปกรณ์เก็บและมัดยอดอ้อยและใบอ้อยที่นำมาจากสหรัฐอเมริกามีปัญหาด้านเทคนิค ต้องได้รับการปรับปรุง

6) การเก็บรักษายอดอ้อยและใบอ้อยยังมีปัญหาที่ต้องแก้ไขต่อไป

สรุป

- 1) อุตสาหกรรมน้ำตาลสามารถที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าที่โรงงานต้องการใช้หลายเท่า หากใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ปริมาณไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้สามารถที่จะนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่นได้
- 2) กังหันไอน้ำแบบ condensing extraction (CEST) ที่ทันสมัยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากถึง 4 เท่า ของที่ต้องใช้ในโรงงานน้ำตาลแสดงในรูปที่ 5 และ 6 แต่กังหันแบบนี้มีราคาค่อนข้างแพงดังแสดงในรูปที่ 7
- 3) กังหันก๊าซแบบเผาโดยทางอ้อม (indirectly-fired gas turbines) สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่ากังหันไอน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 และจะมีราคาแพงกว่ากังหันไอน้ำแบบนี้ หากกำลังผลิตสูงกว่า 12 MW
- 4) กังหันก๊าซที่เดินด้วยก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวล (GSTIG) จะเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และมีราคาต่ำที่สุด (ดูรูปที่ 5 และ 7)
- 5) ระบบกังหันก๊าซแบบ GSTIG มีศักยภาพสูงมากในการเปลี่ยนชีวมวลไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะในระดับกำลังผลิตไฟฟ้าต่ำกว่า 30 MW สมควรที่จะพัฒนาเทคโนโลยีนี้ให้สมบูรณ์ขึ้น ในปัจจุบันได้มีการสร้างโรงไฟฟ้าแบบนี้ขึ้น เพื่อแสดงความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีนี้ (demonstration) ขึ้นหลายแห่ง และคาดว่าโรงไฟฟ้าแบบนี้จะมีขายในเชิงพาณิชย์ก่อนปี 2000

เอกสารอ้างอิง

1. E.D. Larson, J.M. Ogden, and R.M. Williams, "Biomass-Fired Steam-Injected Gas-Turbine Cogeneration for the Cane Sugar Industry", Prepared for Meeting of the West Indies Sugar Technologies, Bridgetown, Barbados, April 17-22, 1988.
2. E.D. Larson and R.M. Williams, "Steam-Injected Gas-Turbines", 86-GT-47 The American Society of Mechanical Engineers, 345 E. 47 st., New York, N.Y. 10017.
3. E.D. Larson and R.M. Williams, "Biomass-Gasifier Steam Injected Gas Turbine Cogeneration", Journal of Engineering for Gas Turbines and Power of the American Society of Mechanical Engineers, July 12, 1989.
4. E.D. Larson, J.M. Ogden, and R.H. Williams, "Steam Injected Gas Turbine Cogeneration for the Cane Sugar Industry", The Center for Energy and Environmental Studies Princeton University PU/CEES Report No. 217.
5. E.D. Larson, "A Developing-Country Oriented Assessment of Technologies and Costs For Converting Biomass Feedstocks into Modern Energy Carriers", Center for Energy and Environmental Studies, Princeton University, Princeton, New Jersey, February 28, 1991.
6. D. Bar, "Biomass Powered Gas Turbine", A Report prepared for the Ontario Ministry of Energy, December 1988.
7. A Report of the Office of Energy, "TRIAL YEAR PROGRAM PROPOSAL NONG-YAI SUGAR MILL THAILAND", 1989.
8. Jason Makanel "Gasification : The Next Great hope for coal?", Power International Edition, December 1990.
9. Coovattanachai, "Gasification of Rice Husk for Small Scale Power Generation" RERIC International Energy Journal : Vol. 13, No. 1, June 1991.
10. ปรีดา วิบูลสวัสดิ์, วารุณี เตีย และอภิชาติ เทอดโยธิน, "ศักยภาพของการร่วมผลิตความร้อนและกำลังในอุตสาหกรรม", วารสารสุขุทัยธรรมาธิราช ปีที่ 5, ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2533
11. E.D. Larson, "Technology for Electricity and Fuels from Biomass", Annu. Rev. Energy Environ, 1993, 18 : 567-630.
12. R.H. Williams and E.D. Larson, "Biomass Gasifier Gas Turbine Power Generating Technology", Biomass and Bioenergy Vol. 10, No. 52-3, PP. 149-166, 1996.