วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 เดือน กันยายน - ธันวาคม 2561

JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY FOR COMMUNITY

ISSN 2630-0273

J-REC BY TRECA

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน
JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY FOR COMMUNITY

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเอกสารเผยแพร่งานผลงานวิชาการและงานวิจัยทางด้านพลังงานทดแทนในเครือข่ายพลังงานของประเทศไทย
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ และงานวิชาการใหม่ๆ ด้านพลังงานทดแทนระหว่างนักวิจัยและผู้ใช้งานในทั้งภาครัฐและเอกชน
3. เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้คุณาจารย์ บุคลากรทางการศึกษา นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจทำผลงานทางด้านพลังงานทดแทนที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติ
4. เป็นเอกสารรวบรวมรายงานวิจัยและบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพและมีคุณค่าทางด้านพลังงานทดแทนสู่การใช้งานจริงเพื่อความยั่งยืนทางด้านพลังงานของประเทศ

เจ้าของและลิขสิทธิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ที่ตั้งสมาคมฯ ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 ม.1 ถนนรังสีต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทร. 0-2549-3497 www.reca.or.th

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

พิมพ์ออกเผยแพร่ 3 ฉบับต่อปี ตั้งแต่ เดือนมกราคม-เมษายน พฤษภาคมสิงหาคม และ กันยายนธันวาคม ติดต่อขอรับเป็นสมาชิกได้โดยตรงที่สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

พิมพ์ที่บริษัท ทริปเพิ้ล กรุ๊ป จำกัด

95 ถ.แจ้งวัฒนะ ซ.6 แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210 โทรศัพท์ 0-2521-8420 โทรสาร 0-2521-8424

วัตถุประสงค์สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

1. ส่งเสริมความร่วมมือทางด้านวิชาการระหว่างภาครัฐและภาคประชาชน ในด้านพลังงานทดแทน การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชนต่างๆ ในประเทศไทย
2. จัดหาทุน เพื่อสนับสนุนการศึกษา วิจัย ฝึกอบรม การดำเนินโครงการด้านพลังงานทดแทนให้กับภาครัฐและภาคประชาชน
3. ไม่ดำเนินการส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมใดๆ ที่มุ่งไปสู่การดำเนินงานทางการเมือง
4. ไม่ดำเนินการให้มีการกระทำการอันผิดต่อขนบธรรมเนียมและจารีตประเพณีที่ดีของสังคมไทย

หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันทั่วโลกต้องเผชิญกับปัญหาด้านพลังงานที่รุนแรงกว่าในอดีตมาก อันเนื่องมาจากความต้องการใช้พลังงานและราคาพลังงานเชื้อเพลิงที่มีการปรับตัวอยู่ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ผลกระทบที่สำคัญจากปัญหาดังกล่าวคือความมั่นคงทางด้านการจัดหาพลังงาน ขณะเดียวกันการใช้พลังงานที่สูงขึ้นก็ก่อให้ เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Green House Effects) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอย่างรุนแรง ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาด้านพลังงานดังกล่าว จึงได้มีแนวคิดในการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนกันมากขึ้น โดยเฉพาะพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีการนำมาใช้เป็นระยะเวลายาวนาน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Green & Clean Energy) อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น

จุดมุ่งหมายสำคัญ

คือการทำงานกันทั้งส่วนภาครัฐและประชาชนในการใช้พลังงานทดแทน อนุรักษ์พลังงานและใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมของชุมชนในประเทศไทย ตลอดจนการศึกษาวิจัย ดำเนิการหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่างๆ มาใช้เป็นพลังงานทดแทนเพื่อความเหมาะสมและให้เกิดความยั่งยืนของชุมชนและประชาชนในประเทศไทย

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน
JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY FOR COMMUNITY

คณะกรรมการจัดทำวารสาร
วิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

คณะกรรมการที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช

คณะผู้ก่อตั้งวารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
รองศาสตราจารย์ ดร.อิสสรีย์ หรรษาจรูญโรจน์	ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี	ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
นายมนตรี ชาลีเครือ	ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร	เลขานุการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์	กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
พลโท ดร.กฤตภาส คงคาพิสุทธ์	กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล	กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
พลอากาศโทเอกราช ชาติชัย	กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
นายวิชัย เพ็ชร์ทองคำ	กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
นายวิสูตร์ ยังพลขันธ์	กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว	กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนวย เรืองวารี	กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์สมควร แววดี	กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย มณีวรรณ์	กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์	กรรมการและประชาสัมพันธ์สมาคมฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แววศักดิ์	อุปนายกภาคใต้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา ศรีประภาคาร	อุปนายกภาคตะวันออกเฉียงหนือ
ดร.อำพล อาภาธนากร	อุปนายกภาคกลาง
ดร.ภาสวรรธน์ วัชรดำรงค์ศักดิ์	อุปนายกภาคเหนือตอนบน
ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ	อุปนายกภาคเหนือตอนล่าง
หม่อมหลวงลือศักดิ์ จักรพันธุ์	อุปนายกภาคตะวันออก
นายพิเนตร พรวิธีธำรงค์	ปฏิคมสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
นายสุภิเดช แก้วศรีสด	นายทะเบียนสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

และสมาชิกสามัญสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

กองบรรณาธิการ

หัวหน้ากองบรรณาธิการ	นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
รองบรรณาธิการ	อุปนายกสมาคมพลังงานทดแทนแห่งประเทศไทย
ผู้ช่วยกองบรรณาธิการ	กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

เลขานุการ

นายจิติวัฒน์ ยวงเกตุ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

นางสาวปิยธิดา โปยขุนทด
นางสาวจรุญรัตน์ สีนาค
นางสาวิธีนาวดี เนตรกรรม

ผู้ช่วยเลขานุการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวิทย์ ลวณะสกล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนวย เรืองวารี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานุ ประทุมนพรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราชญ์ อัศวนรากุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาเทคโนโลยีสุรนารี
พลโท ดร.กฤตภาส คงคาพิสุทธ์	ผู้เชี่ยวชาญพลังงานทดแทน กระทรวงกลาโหม
ดร.ภาสวรรธน์ วัชรดำรงค์ศักดิ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา ศรีประภาคาร	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ดร.อำพล อาภาธนากร	สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย มณีวรรณ	ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.พิสิษฏ์ มณีโชติ	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แววศักดิ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สังขรักษ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุพร แก้วอ่อน	วิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เริงวุฒิ ชูเมือง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มารีณา มะหนิ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรเชษฐ์ เพชรห้วยลึก	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัฒน์ชัย เทพนวล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ดร.นันทัพนธ์ นภัทรานันท์	วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ดร.พลกฤษณ์ คล้ายวิฑภัทร	วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ดร.รวมพร นิคม	วิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ดร.โชคชัย เหมือนมาศ	วิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
รองศาสตราจารย์ ดร.สมรักษ์ เกิดสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ นิลผึ้ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร.ธวัชชัย วงศ์ช่าง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุวัฒน์ เจริญจิต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บัญญัติ นิยมวาส	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ ศุภลักษณ์ปัญญา	คณะอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ดร.อาริษา โสภาจารย์	วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ดร.สายใจ แก้วอ่อน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย เทพา	คณะพลังงานวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนะ รักความสุข	คณะพลังงานวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิระ สายศร	วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.ชุมพร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูรัตน์ ธารารักษ์	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล นำผล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ
ดร.สมมาส แก้วล้วน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร.เกียรติศักดิ์ เส็งช่วย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร.วาริช วีระพันธ์	เทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี	วิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา ศรีประภาคาร	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.วรนุช แจ้งสว่าง	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์	พลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.สุรชัย ณรัฐจันทร์ศรี	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.ชยานนท์ สวัสดีนฤนาท	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.ทัยทิพย์ สินธุยา	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.ณัฐิยา ตันตรานนท์	วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพันธ์ ด้วงทองสุข	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อชิตพล ศศิธรานุวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

.....

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน ฉบับที่ 3 นี้ เป็นงานทางวิชาการโดยความร่วมมือของเครือข่ายสมาชิกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย (TRECA) วารสารฉบับนี้เป็นเนื้อหาของบทความทางวิชาการที่มุ่งสร้างผลงานที่เด่นทางด้านการวิจัย และมุ่งสู่การใช้งานจริง ซึ่งได้รวบรวมความรู้ทางวิชาการที่สามารถถ่ายทอดให้แก่สังคมทางด้านพลังงานทดแทน ในสาขาต่างๆ เพื่อทำให้วารสารนี้เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนวิชาการ และแนวความคิดในแวดวงวิชาการทั้งผู้วิจัย และผู้ใช้งาน อันเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างผลงานทางวิชาการสู่ชุมชนและสังคม โดยดำรงไว้ซึ่งความเป็นตัวตนทางวิชาการของผู้เขียนและวัตถุประสงค์ของสมาคมฯ ที่ทรงคุณค่า บทความในวารสารฉบับที่ 3นี้ มีจำนวนทั้งสิ้น 10 บทความ ซึ่งในแต่ละบทความมีความเป็นไปได้ในทิศทางเดียวกันของรูปแบบพลังงานทดแทนต่างๆ ครอบคุมกระบวนในการวิจัยและการศึกษาสู่ภาคการใช้งาน ผู้อ่านจะได้รับความรู้ที่หลากหลายจากการอ่านวารสารฉบับนี้ ในแนวทางที่จะจุดประกายความคิด หรือการต่อยอดความคิดทางด้านพลังงานทดแทนสาขาต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การอ่านอย่างวิพากษ์ และตั้งคำถาม เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนในทางวิชาการอย่างสร้างสรรค์อันจะช่วยให้ความรู้ และความคิดเดิมถูกแพร่ขยายออกไปได้อย่างกว้างขวาง อีกทั้งให้วารสารฉบับนี้ เป็นแหล่งความรู้ในทุกระดับภาคส่วนของทุกคนในสังคมไทย โดยไม่ยึดติดตนเอง และอยู่กับความรู้ความคิดเพียงบางมุมบางด้านเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เขียน และผู้อ่านมีความเป็นตัวตนทางวิชาการที่พร้อมจะพัฒนาตนเองอยู่เสมออย่างไม่หยุดนิ่ง และท้ายที่สุดแล้วความรู้ความคิดที่ถูกต่อขยายออกไปนั้น ก็จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ทางความคิดของสังคม และชุมชนอย่างกว้างขวาง อันจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางวิชาการของสังคมเพื่อความยั่งยืนของประเทศชาติ

กองบรรณาธิการขอขอบพระคุณคณะทำงานทุกท่าน คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิชาการ และทุกภาคส่วนที่ได้สละเวลาอันมีค่าอ่านบทความ เพื่อความถูกต้องทางวิชาการ และเป็นวารสารที่ดีต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งนี้หากผู้อ่านมีความประสงค์จะตีพิมพ์บทความสามารถขอความกรุณาโปรดจัดเตรียมต้นฉบับให้เป็นไปตามรูปแบบของวารสารและส่งบทความทางออนไลน์ที่ www.reca.or.th เพื่อการพิจารณาและตีพิมพ์ในวารสารฉบับต่อๆ ไป

กองบรรณาธิการ

สารบัญ	หน้า
ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์สุริยะแบบผสมผสานเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายและเก็บสะสมพลังงาน: กรณีศึกษาติดตั้งบนหลังคามัสยิดตลาดใต้ The 3 kWp Hybrid Solar Grid Connected and Energy Storage Power System: Study Case Installed on the Taladtai Mosque Roof. พงษ์ศักดิ์ มะขามป้อม, จอมภพ แววศักดิ์, ชนะ จันทร์ฉ่ำ, สมพล ชีวมงคลกานต์ และปราณี หนูทองแก้ว	9 | | ***สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบกริดจากโปรแกรม PVSyst และติดตั้งจริงบนหลังคาขนาดกาลังการผลิตติดตั้ง 3.5 กิโลวัตต์สูงสุด ศูนย์การเรียนรู้สินธุ์แพรทอง จังหวัดพัทลุง*** Performance of PVSyst program of 3.5 kWp Grid Connected Solar Rooftop PV System at Sin Prae Thong Learning Center in Phatthalung Province ณฐกร สุวรรณโณ, จอมภพ แววศักดิ์, ชนะ จันทร์ฉ่ำ, สมพล ชีวมงคลกานต์, และปราณี หนูทองแก้ว	16 | | ***การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงมหาชนกอบแห้งโดยปราศจากการเติมสารละลายน้ำาตาล โดยเทคนิคการอบแห้งแบบปรับลดอุณหภูมิลมร้อน*** Product Development of Dried Mahachanok Mango without Sugar Added Using Step-down Hot Air Drying Technique ศรัณย์ ศักดิ์สุวรรณ, อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์	21 | | ***สภาวะที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาของน้ำมันยางนาและเอทานอลในการผลิตไบโอดีเซล*** The optimun conditions for reaction of Yangna oil and ethanol in biodiesel production ปรียา แก้วนารี, นงนรินทร์ รัตนวงศ์ และไพโรจน์ วงศ์หนายโกฏ	25 | | ***ผลของการกวนที่มีต่อการเจริญและการผลิตน้ำมันของสาหร่ายคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากกระบวนการกลั่นเอทานอล ภายใต้แสงจากสารกึ่งตัวนำเรืองแสงแอลอีดี (LED)*** The effect of agitation on biomass and oil of Chlorella vulgaris cultured in wastewater from the ethanol distillation process under the light emitted diode (LED) เพลินพิศ แจ้งโพธิ์นาค, หนึ่งฤทัย วงเวียน และปรียา แก้วนารี	31

สารบัญ	หน้า
ผลของสมรรถนะที่กระทำต่อกังหันแบบแรงกระแทกของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารถยนต์ ที่ต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์และแบบเดลต้าสำหรับเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กมาก The Effect of Performance on Impulse Turbine of Automotive Alternator from Star and Delta Stator Windings for Micro Hydro Power Generator ศรีธร อุปคำ, จิรศักดิ์ ปัญญา, จักรพันธ์ เมฆจันทร์สม, ดุลยรัตน์ ไชยโชติวัฒน์ และปกรณ์ อินทร์ไชย	38
การส่งเสริมชุมชนเพื่อการเรียนรู้ผลกระทบระบบผลิตและจ่ายก๊าซชีวภาพจากฟาร์มสุกร บ้านคำปากดาว ต.คำแคน อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น The Impact of Learning Community Promotion of Biogas Pipeline System Ban Kham Pak Dao, Kham Khaen Village, Manchakhiri District, Khon Kaen Province วุฒิศาสตร์ โชคเกื้อ, อภิชาติ คงแป้น, รุจิรา ทะนงกิจ และศาตตรา ศิริแก้ว	43
ศักยภาพการใช้เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนในโรงงานผลิตอาหาร The potential of using absorption chiller in a food industry กิจชัย เพ็ชรวารีวิทย์ และอภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ	49
การประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพสำหรับแผนพัฒนาพลังงานชุมชนของภาคใต้ Assessment of Biomass and Biogas Energy Potential for Community Energy Development Plan of Southern Thailand สุวิทย์ เพชรห้วยลึก	55
การศึกษาการสร้างเครื่อรชงกำเนิดไฟฟ้าจากประยุกต์ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องซักผ้า Study of Generating Electric Generator from Electric Motor of Washing Machchine ประสิทธิ มงคลเกษตร, จิตกรณ์ เพชรภักดี และธีรศาสตร์ คณาศรี	65

ศักยภาพการใช้เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนในโรงงานผลิตอาหาร
The potential of using absorption chiller in a food industry

กิจชัย เพ็ชรวารีวิทย์[1], อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ[1*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
2410/2 ถนน พหลโยธิน แขวง เสนานิคม เขต จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
*ผู้ติดต่อ: E-mail, apirak.sa@spu.ac.th, โทร 02-5791111, โทรสาร 02-5611721

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงศักยภาพการใช้ระบบทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนในโรงงานแปรรูปอาหารประเภท ไส้กรอกและเบคอน ซึ่งมีกำลังการผลิตเฉลี่ย 5,500 ตันต่อปี ชั่วโมงการทำงาน 7,680 ชั่วโมงต่อปี ขั้นตอนกาศึกษาเริ่มจากการหาศักยภาพทางเทคนิคของระบบการผลิต เพื่อหาแนวทางในการใช้ไอน้ำอย่างเหมาะสมพบว่าการปรับปรุงกระบวนการต้มน้ำจากการใช้ไอน้ำผสมโดยตรง สามารถเปลี่ยนเป็นการคายความร้อนผ่านขดท่อจะทำให้มีคอนเดนเสทเหลือพอที่จะนำไปใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนโดยไม่ส่งผลผลกระทบกับกระบวนการผลิต ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์พบว่าเมื่อเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเป็นแบบดูดกลืนทดแทนระบบอัดไอเดิมและใช้ความร้อนทิ้งจากกระบวนการผลิตจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ปีละ 8,711,408 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.43 ปี อัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 38 ซึ่งผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เป็นเพราะใช้ความร้อนมือสองจากกระบวนการผลิต และโรงงานมีชั่วโมงการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน อีกทั้งค่าไฟฟ้าเฉลี่ยสูงถึง 4.11 บาทต่อหน่วย จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมกับโรงงาน และเป็นกรณีศึกษาที่ดีสำหรับนำไปใช้ในโรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมอื่นที่มีการใช้พลังงานในลักษณะเดียวกัน ผลของการศึกษานี้จะเหมาะกับโรงงานที่มีความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและในปัจจุบันภาครัฐฯ มีเงินสนับสนุนในรูปแบบต่าง ๆ เช่นอัตราส่วนลดด้านภาษีอากรสำหรับอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เงินช่วยเหลือให้เปล่าร้อยละ 20 หรือ 30 สำหรับโครงการอนุรักษ์พลังงานที่ผลตอบแทนดีซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการให้ความสนใจในการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น
คำหลัก: โรงงานแปรรูปอาหาร ระบบทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน คอนเดนเสท

Abstract

This research is to study the potential of using absorption chiller system in a sausage and bacon processing plant with an average production capacity of 5,500 tons a year and the working hours of 7,680 hours a year. The procedure begins with the technical capacity of the production in order to find a proper way to use steam. The study was found that the improvement of the boiling process using a direct steam can be the exothermic change through the coil with enough condensates to use in the absorption chiller without affecting the production process. The economic evaluation showed that replacing the absorption chiller with a vacuum pump and using the heat recovery from the production process can save the expenses of 8,711,408 baht a year with a payback period of 0.43 year. The good return on investment is 38% because of the heat recovery from the production process, 24 working hours a day, and the average electricity cost of 4.11 baht a unit. This is a proper outcome and a good case study for other industrial plants with similar energy consumptions. The result of this study is suitable for the industries with the heat recovery from the production process. In present, the government provides various types of funding such as tax reduction for energy saving equipment, and 20% or 30% subsidy for energy conservation projects. This will give the entrepreneurs more awareness to energy conservation.
Keywords: food processing plant, absorption chiller, condensate

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและความมั่นคงของประเทศ โดยเฉพาะภาคธุรกิจอุตสาหกรรมหรือภาคครัวเรือน และภาคการขนส่ง เหล่านี้ต้องอาศัยพลังงานเป็นปัจจัยหลักในการดำเนินการ ดังนั้นการลดการใช้พลังงาน การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพแม้กระทั่งการปรับเปลี่ยนมาใช้พลังงานทดแทนในรูปอื่น จะช่วยทำให้เกิดผลดีต่อภาพรวมการใช้พลังงานของประเทศเป็นอย่างมาก และปัจจุบันได้มีการค้นคว้าพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ลดการใช้พลังงานในหลาย ๆ รูปแบบเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน

ในธุรกิจอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารประเภทไส้กรอก เบคอน ฯลฯ นอกจากพลังงานความร้อนและไฟฟ้าที่ใช้ในการประกอบการแล้วยังต้องการ การทำความเย็นอย่างต่อเนื่องอีกด้วย จึงทำให้ภาระทางไฟฟ้าโดยรวมส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับระบบการทำความเย็นจึงควรนำระบบดังกล่าวมาพิจารณาในลำดับแรก เพราะจะทำให้เห็นผลประหยัดอย่างชัดเจน ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องทำน้ำเย็นระบบดูดกลืน (absorption chiller) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน มีใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในอาคารสูงและโรงงานอุตสาหกรรม [1] ข้อได้เปรียบของ absorption chiller คือใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องทำน้ำเย็นระบบอัดไอ ผลกระทบต่อโอโซนในชั้นบรรยากาศน้อย การสั่นสะเทือนและเสียงที่เกิดจากการทำงานต่ำ ด้วยเหตุนี้ระบบจึงมีความเหมาะสมกับสภาวการณ์ในปัจจุบัน

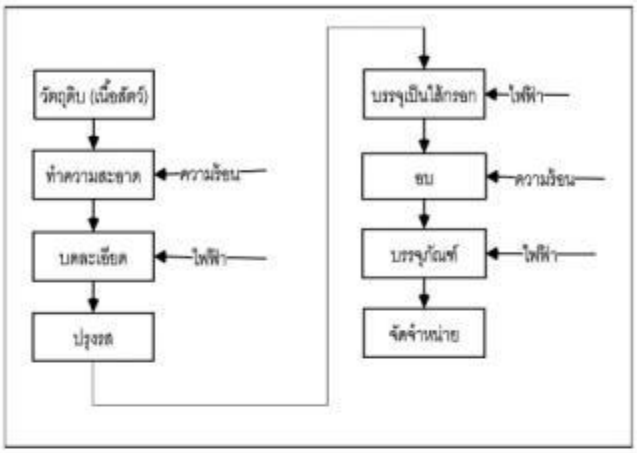
2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- ศึกษาถึงความต้องการใช้พลังงานรูปแบบต่าง ๆ ของโรงงานแปรรูปอาหาร

- ประเมินศักยภาพทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการนำระบบเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนมาใช้งานทดแทนระบบอัดไอเดิม

3. ลักษณะทางกายภาพของโรงงานแปรรูปอาหาร

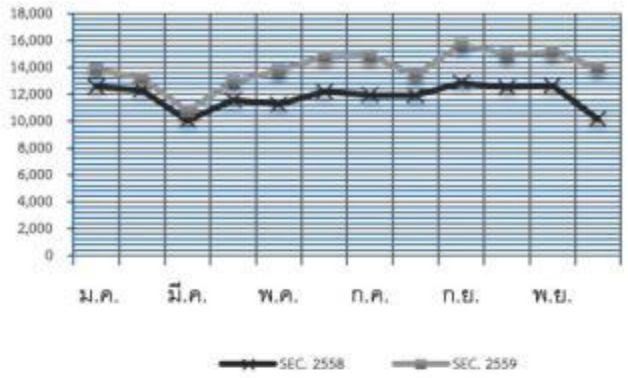
โรงงานที่ใช้เป็นที่ศึกษาเป็นโรงงานแปรรูปอาหารสำเร็จรูปจากวัตถุดิบเนื้อสัตว์นำมาผ่านกระบวนการต่าง ๆ ตามที่แสดงในรูปที่ 1 เพื่อผลิตเป็นไส้กรอก เบคอน ฯลฯ โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 5,500 ตันต่อปี จำหน่ายภายในและต่างประเทศ



รูปที่ 1 **กระบวนการผลิตไส้กรอก**

การใช้พลังงานของโรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบปี 5,573,515 kWh/ปี คำเป็นค่าใช้จ่าย 22,907,147 บาท/ปี ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4.11 บาท/kWh มีการใช้ compressor chiller ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 300 ตันความเย็น สำหรับใช้ในการปรับอากาศในไลน์การผลิต อายุใช้งานมากกว่า 10 ปี พลังงานความร้อนที่ใช้ได้จากไอน้ำที่ผลิตจากหม้อไอน้ำที่มีจำนวน 2 ลูกเดิน 1 ลูก สำรอง 1 ลูก ยี่ห้อ LOSS GUNZENHAUSEN ชนิด fire tube ผลิตไอน้ำชนิดไออิ่มตัว พิกัดเครื่อง 8,000 kg/hr เดินเครื่องทำงานที่ 5,000 kg/hr ความดันไอสูงสุด 12 bar.g ความดันไอควบคุม 6.5 bar.g (ตัดการจ่ายเชื้อเพลิง) ความดันที่ผลิตได้ 6 bar.g อุณหภูมิน้ำป้อน 90 $^{\circ}$C จุดไฟด้วยระบบแม็กนีโต ใช้หัวเผาชนิด PRESSURE AUTOMIZER ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง น้ำมันมีค่าความร้อน 38.18 เมกกะจูล/ลิตร ปริมาณการใช้เฉลี่ย 525,000 ลิตร/ปี คำเป็นค่าใช้จ่าย 13,125,000 บาท/ปี ราคาน้ำมันเฉลี่ย 25 บาท/ลิตร โรงงานทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน 320 วัน/ปี จากข้อมูลการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิต (specific energy consumption) หรือ SEC เปรียบเทียบ 2 ปี ที่แสดงในรูปที่ 2 ค่อนข้างคงที่สม่ำเสมอตามปริมาณผลผลิตไม่มีปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบกับ SEC มากนักส่งผลให้การใช้พลังงานคงที่

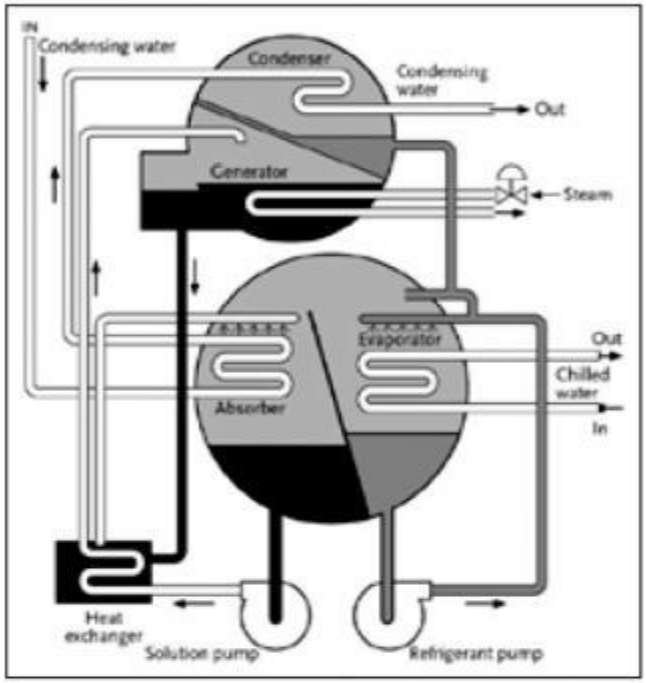
SEC. (MJ/ton)



รูปที่ 2 ปริมาณการใช้พลังงานจำเพาะของโรงงานปี 58-59

4.ระบบการทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน

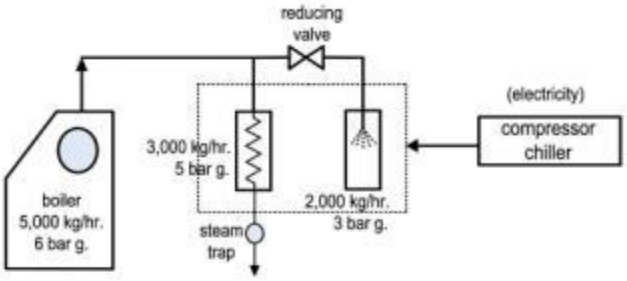
ระบบการทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน [2] ใช้เป็นเครื่องทำน้ำเย็น (chiller) ในระบบปรับอากาศหรือกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ลักษณะการทำงานของมันคล้ายกับระบบอัดไอแบบปกติในเรื่องของการใช้สารทำความเย็น เป็นตัวขนถ่ายความร้อนในระบบโดยให้รับความร้อนจากน้ำในท่อ ที่ทำให้เย็นในส่วนของระบบที่เรียกว่า evaporator แต่แทนที่จะใช้วิธีการอัดสารทำความเย็นในสภาพไอให้มีความดันสูง โดยใช้เครื่องอัด (compressor) มันอาศัยวิธีการดูดกลืน (absorption) โดยใช้สารดูดกลืน (absorbent) ในสภาพของสารละลายดูดเอาไอของสารทำความเย็นไว้ทำให้ตัวมันเองกลายเป็นสารละลายเจือจางต่อจากนั้นของเหลวดังกล่าว จะถูกปั๊มจากห้องการดูดกลืนซึ่งมีความดันต่ำไปยังเครื่องระเหยเพื่อแยกเอาน้ำออกที่เรียกว่า generator ทั้งนี้โดยให้ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) เพื่ออุ่นสารละลายให้ร้อนมากขึ้นก่อนเข้า generator จากการที่ระบบใช้วิธีอัดความดันในสภาพของเหลวทำให้ใช้พลังงานต่ำกว่าการอัดไอในสภาพไอมาก และเนื่องจากปฏิกิริยาการดูดกลืนเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้น้ำหล่อเย็นระบายความร้อนออกใน generator สารทำความเย็นซึ่งปกติจะใช้น้ำจะถูกขับออกจากสารละลายของสารดูดกลืน (มักใช้ Li-Br หรือ NH_3) โดยอาศัยความร้อนจากไอน้ำ ทำให้มันระเหยกลายเป็นไอและแยกตัวออก เนื่องจากจุดเดือดของมันต่ำกว่าสารดูดกลืนไอน้ำที่ใช้จะถูกควบแน่น condenser แล้วไหลเข้าสู่ evaporator ตามวัฏจักรเดิมส่วนสารดูดกลืน เมื่อน้ำถูกแยกออกตัวมันเองจะกลายเป็นสารละลายเข้มข้นไหลกลับมาสู่ห้องดูดกลืน โดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่กล่าวมาแล้วเพื่อระบายความร้อนบางส่วนออก ก่อนที่จะมาทำหน้าที่ดูดกลืนไอน้ำในห้องดูดกลืนเข้าวัฏจักรเดิมต่อไป รายละเอียดของกระบวนการทั้งหมดแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนชนิดขั้นเดียว



รูปที่ 3 เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนชนิดขั้นเดียว

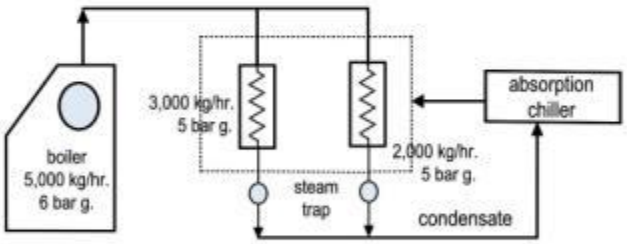
5. วิธีการศึกษา

จากข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานที่แสดงอยู่ในรูปที่ 4 จะเห็นว่าโรงงานมีการผลิตไอน้ำจากหม้อไอน้ำขนาด5 ตันต่อชั่วโมง ที่ความดัน 6 bar g. และส่งไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งใช้ไอน้ำขนาด 3ตันต่อชั่วโมง ที่ความดัน 5 bar g. ผ่านชุดท่อเพื่อคายความร้อนใช้ในการอบฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์และผ่านกับดักไอน้ำ (steam trap) ปล่อยออกสู่บรรยากาศ ส่วนที่สองใช้ไอน้ำขนาด 2 ตันต่อชั่วโมงผ่านวาล์วลดความดันจนเหลือความดัน 3 bar g. ฉีดผสมกับน้ำเพื่อทำน้ำร้อนใช้ในการต้มและล้างทำความสะอาดในกระบวนการผลิตที่ใช้น้ำร้อนอื่น ๆ ในส่วนการผลิตน้ำเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศจะใช้ compressor chiller ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก



รูปที่ 4 แผนผังกระบวนการผลิตของโรงงานก่อนปรับปรุง

ในการนี้สามารถออกแบบให้นำความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตมาใช้ใน absorption chiller ที่ลงทุนติดตั้งใหม่ทั้งนี้จะต้องเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตน้ำร้อนจากการนำไอน้ำเข้าผสมให้เป็นการคายความร้อนผ่านขดท่อ และระบายออกผ่านกับดักไอน้ำเป็นคอนเดนเสทรวมกับคอนเดนเสทที่ได้จากกระบวนการอบ และนำไปใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนชนิดชั้นเดียวที่ใช้กับน้ำร้อนอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 90 – 130 °C ประมาณ 4,000 kg/hr [3] สำหรับผลิตน้ำเย็นใช้ในการปรับอากาศในโรงงาน เพื่อลดการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอเดิม อีกทั้งยังช่วยลดการสูญเสียพลังงานจากการหรี่วาล์วอีกส่วนหนึ่งเพราะความดันไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมดจะใกล้เคียงกับความดันที่ผลิตจากหม้อไอน้ำ กรณีที่มีคอนเดนเสทส่วนเกินยังสามารถนำไปผสมน้ำป้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นทดแทนระบบเดิมที่ใช้ไอน้ำเข้าผสมน้ำป้อนก็จะประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้ในหม้อไอน้ำอีกทางหนึ่งด้วย ลักษณะของการออกแบบปรับปรุงแสดงอยู่ในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังกระบวนการผลิตของโรงงานหลังปรับปรุง

หลังการประเมินศักยภาพทางเทคนิคซึ่งพบว่าโรงงานมีศักยภาพเพียงพอในการปรับปรุงระบบดังกล่าว จากนั้นจึงทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นทางเลือกในการลงทุนโดยพิจารณาจากรายรับและรายจ่ายของการลงทุนดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการประกอบด้วย [4]

ก. ค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่อง (CH_E) คิดจากความต้องการพลังไฟฟ้าของ absorption chiller (12.5 kW) คูณกับราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (4.11 Baht/kWh) และชั่วโมงทำงานในรอบปี (7,680hr/yr)

$$CH_E = \text{พลังไฟฟ้า} \times \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย} \times \text{OP.hr} \quad (1)$$

ข. ค่าดูแลและบำรุงรักษา ($CH_{O\&M}$) รวมถึงค่าซ่อมแซมคิดจากขนาดตันความเย็นของ absorption chiller ที่ใช้ (300 RT) คูณกับค่าดูแลบำรุงรักษารายปี กรณีนี้ดูแลบำรุงรักษารายปีประมาณ 200 Baht/TR/yr (ข้อมูลจากผู้แทนจำหน่าย)

$$CH_{O\&M} = \text{ขนาดตันความเย็น} \times 200 \quad (2)$$

ค. ค่าลงทุนของเครื่อง absorption chiller (CH_{cost}) ราคาเครื่องขนาด 300 ตันความเย็น ประมาณ 5,100,000 บาท

ง. ค่าลงทุนของอุปกรณ์ในระบบ condensate และการปรับปรุงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในกระบวนการผลิต (EQ_{cost}) รวม 500,000 บาท

2. รายได้ในการลงทุนของโครงการ ประกอบด้วย

ก. ค่าไฟฟ้าของระบบ compressor chiller (A/C_E) ขนาด 300 RT คำนวณจากพลังไฟฟ้าที่เครื่องต้องการ (0.95 kW/RT) คูณกับราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย (Baht/kWh) และชั่วโมงทำงานต่อปี (hr/yr)

$$A/C_E = \text{พลังไฟฟ้า} \times \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย} \times \text{OP.hr} \quad (3)$$

ข. ค่าดูแลและบำรุงรักษาของระบบ compressor chiller ($A/C_{O\&M}$) กรณีนี้อาศัยข้อมูลค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงรักษาและซ่อมแซมประจำปีที่โรงงานจ่ายให้กับบริษัทผู้รับเหมา ซึ่งราคาบำรุงรักษาจะขึ้นอยู่กับขนาดตันความเย็นและอายุการใช้งานของเครื่อง สมมติให้มีค่าเป็น 5% ของราคาเครื่อง (ราคาเครื่อง 3,400,000 บาท)

ค. มูลค่าซากของระบบ absorption chiller (S_v) เท่ากับ 1% ของราคาลงทุน

ง. ค่าเสื่อมราคาของ compressor chiller ($D_{c,old}$) คิดโดยวิธีเส้นตรงโดยกำหนดอายุการใช้งานเท่ากันที่ 25 ปี มูลค่าซากเท่ากับ 10% ของราคาที่ซื้อและอายุการใช้งานขณะประเมิน 12 ปี

3. รายได้สุทธิประจำปี (Annual net income, A) ของระบบ absorption chiller

Annual net income = $(A/C_E + A/C_{O\&M}) - (CH_E + CH_{O\&M})$ (4)

4. การประเมินผลตอบแทนการลงทุน [5] ดัชนีที่ใช้ในการประเมินผลตอบแทนได้แก่

ก. ระยะเวลาคืนทุน (payback period, n) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$P\,\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} = A \qquad (5)$$

โดยที่ P คือเงินลงทุน n คือระยะเวลาคืนทุน i คืออัตราดอกเบี้ย A คือรายได้สุทธิประจำปี

ข. อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return, IRR) คำนวณจากสมการที่ (6)

$$\sum_{t=1}^{N} \frac{A}{[1+IRR]^t} - P = 0 \qquad (6)$$

โดยที่ t คือปีที่พิจารณา N เป็นอายุการใช้งานของระบบ IRR คืออัตราผลตอบแทนภายใน ดัชนีดังกล่าวนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าโครงการหรือมาตรการนั้น ๆ มีความคุ้มค่าที่จะลงทุนหรือไม่เพียงไร

6. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

หลังการประเมินศักยภาพทางเทคนิคซึ่งพบว่ามีความเป็นไปได้ในทางเทคนิค จึงได้ประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยอาศัยข้อมูลทางเทคนิคจากเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ รวมทั้งราคาของอุปกรณ์ที่ใช้จากผู้แทนจำหน่ายภายในประเทศ ได้ข้อสรุปข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์แสดงในตารางที่ 1 ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีทั้งระยะเวลาคืนทุนของโครงการและอัตราผลตอบแทนการลงทุน อาจเป็นเพราะความร้อนที่นำมาใช้เป็นความร้อนที่ เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ทำให้ไม่มีต้นทุนในส่วนนี้อีกทั้งโรงงานทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวันนั่นคือมีชั่วโมงการทำงานมาก ระยะเวลาคืนทุนเร็ว นอกจากนี้โดยการประเมินราคาขายซาก compressor chiller ตามวิธีช้างต้นจะได้ราคาขายสูง จึงทำให้เงินลงทุนต่ำผลตอบแทนดี

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการประเมิน

ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ที่พิจารณา	มูลค่า
ค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่อง (CH_E)	394,560 บาท
ค่าดูแลและบำรุงรักษา ($CH_{O\&M}$)	60,000 บาท/ปี
ค่าลงทุนของเครื่อง absorption chiller (CH_{cost})	5,100,000 บาท
ค่าลงทุนของอุปกรณ์ (EQ_{cost})	500,000 บาท
ค่าไฟฟ้าของระบบ compressor chiller (A/C_E)	8,995,968 บาท/ปี
ค่าบำรุงรักษาของระบบ compressor chiller ($A/C_{O\&M}$)	170,000 บาท/ปี
มูลค่าซากของระบบ compressor chiller (S_v)	34,000 บาท
ราคาขาย compressor chiller (ตามค่าเสื่อมราคา,$D_{c,old}$)	1,784,320 บาท
รายได้สุทธิประจำปี	8,711,408 บาท
เงินลงทุนของโครงการ (หักรายได้ต่าง ๆ แล้ว)	3,781,680 บาท
ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ	0.43 ปี
ผลตอบแทนการลงทุนต่อปี	38%

7. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการนำความร้อนทิ้งจากกระบวนการผลิตโดยการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตบางส่วนพบว่าสามารถนำคอนเดนเสทมาใช้ในระบบ absorption chiller เพื่อทดแทน compressor chiller เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นเดิม โดยออกแบบให้ใช้อุปกรณ์ส่วนควบต่าง ๆ เช่นปั๊ม หรือหอระบายความร้อน (cooling tower) ชุดเดิม การศึกษาเริ่มจากการประเมินศักยภาพในทางเทคนิคเพื่อดูความเป็นไปได้ของปริมาณความร้อนทิ้งที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ในรูปของคอนเดนเสทซึ่งพบว่ามีความเป็นไปได้สูง จากนั้นจึงประเมินศักยภาพในทางเศรษฐศาสตร์โดยพิจารณาจากรายได้และค่าใช้จ่ายของโครงการเทียบกับการลงทุน พบว่าระยะเวลาคืนทุนและอัตราผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เนื่องจากโรงงานมีชั่วโมงทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงานสูงถึง 4.11 บาท/kWh ทำให้ผลประหยัดจากระบบการทำน้ำเย็นสูงด้วย ผลของการศึกษานี้จะเหมาะกับโรงงานที่มีความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและในปัจจุบันภาครัฐฯ มีเงินสนับสนุนในรูปแบบต่าง ๆ เช่นอัตราส่วนลดด้านภาษีอากรสำหรับอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เงินช่วยเหลือให้เปล่าร้อยละ 20 หรือ 30 สำหรับโครงการอนุรักษ์พลังงานที่ผลตอบแทนดีซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการให้ความสนใจในการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, (2550) กรณีศึกษา "**ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller)**", เอกสารประกอบการอบรมสัมมนาเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในระบบการทำความเย็น, ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, กรกฎาคม 2550, 34 หน้า

[2] ASHRAE Handbook, (1998)", **Absorption Cooling Heating and Refrigeration Equipment, Refrigeration** Volume. Chapter 41. 1998

[3] Energy Conservation System. Greener Air Conditioning. Available from URL : http://www.ecsthai.co.th/product-services-2/greener-air-conditioning/. Accessed Mar 4, 2014.

[4] พิชัย กฤชไมตรี, (2541), "**ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม อดีต ปัจจุบัน และอนาคต**" บทความวิชาการสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศ. Vol 27 : 18 – 23.

[5] อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ และจุลละพงศ์ จุลละโพธิ "**การประหยัดไอน้ำในโรงงานยาสูบ**" วารสารวิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 พ.ศ.2543 หน้า 95-103

[6] Reay, D.A., (1979), **Industrial Energy Conservation**, Pergamon, Inc.

[7] W.F.Stoker, (1989), **Design of Thermal Systems**, Mc.Graw-hill , Inc.