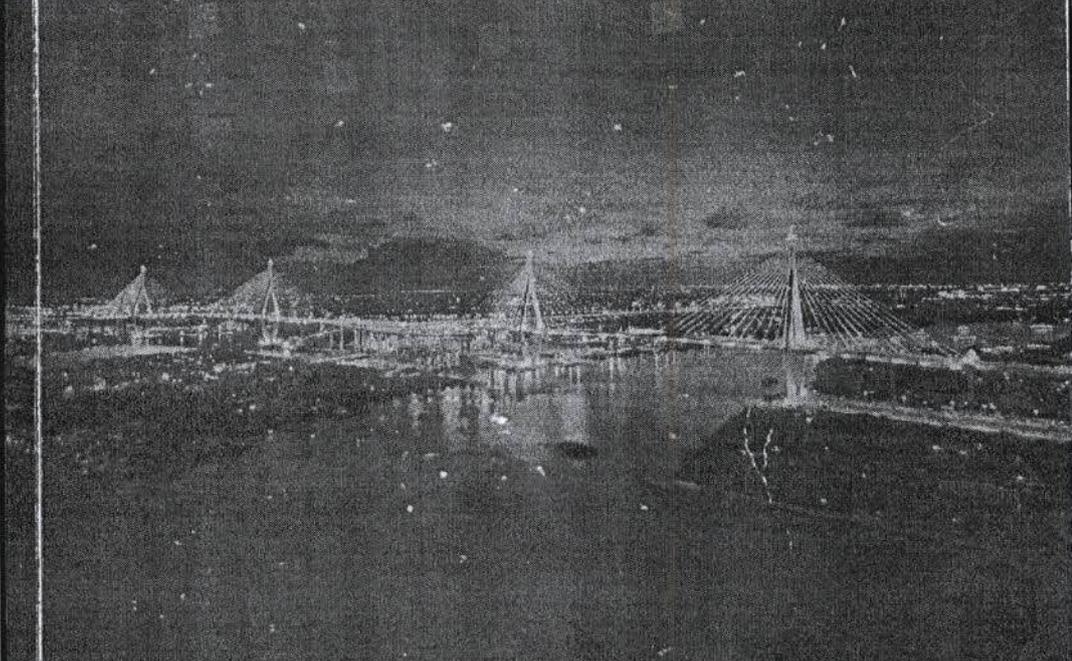


E-NETT 2011

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7

The 7th Conference on Energy Network of Thailand



- Renewable Energy
- Energy Conservations
- Applied Energy
- Energy Materials
- Environmental Management

3-5 พฤษภาคม 2554

ณ ศูนย์อำนวยการจัดการด้านน้ำท่วมและอุทกภัย จังหวัดภูเก็ต

ดำเนินการโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



คณะกรรมการที่ปรึกษาโครงการ

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองอธิการบดีทุกฝ่าย
ผู้อำนวยการกองคลัง
ผู้อำนวยการกองนโยบายและแผน
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

ประธานที่ปรึกษา

กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญโรตม
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ (มศ.ดร.สมหมาย มีวสอาด)
ดร.วิรัช ไรยนรินทร์
รองคณบดีและผู้ช่วยคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกฝ่าย
หัวหน้าภาควิชาในคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกภาควิชา
หัวหน้าสำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ดร.ภุชงค์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์
ดร.สุนนมาลย์ เนียมกลาง

ประธาน

รองประธานคนที่ 1
รองประธานคนที่ 2

กรรมการและเลขานุการ

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายบทความ

ดร.ภุชงค์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์
มศ.ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์
มศ.ผ่องศรี ศิวราศักดิ์
ดร.สถาพร ทองวิค
ดร.สุรินทร์ แห่งมงาม
ดร.สโรชา เจริญวิชัย
ดร.วันชัย ทวีชัยสิงห์
ดร.ภักดีวัฒน์ นิ่มเกิดผล
นายสมชาย เบียนสูงเนิน
นายประชุม คำพูน
นายวินัย จันทร์เพ็ง

คณะกรรมการฝ่ายสถานที่และยานพาหนะ

ดร.จักรี ศรีนันท์ฉัตร
ดร.ณรงค์ชัย โอเจริญ
ดร.อำนาจ เรืองวารี
ดร.ศิริชัย ต่อสกุล
นายพงษ์ศักดิ์ อ้าภา
นายพร้อมศักดิ์ อภิรติกุล
นายประเสริฐ หาขานนท์

คณะกรรมการฝ่ายพิธีการและการต้อนรับ

ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง
ดร.สรพงษ์ ภาสุปรีดิ์
ดร.นที ศรีสวัสดิ์
นายองอาจ แสดไหม
นายอโนทัย ผลสุวรรณ
มศ.วารุณศิริ จักรบุตร
นางวีราพรณ์ มีวสอาด
นางปรางทอง โอเจริญ
นางสาวบุษราภรณ์ จิตจำเนียร
นางสาวบุญตา มั่นทองสุข
นางสาวสุธิดา จันทบุตร

คณะกรรมการฝ่ายจัดหารายได้และการลงทะเบียน

ดร.วิรัช ไรยนรินทร์
ดร.มนตรีพิทย์ ลือสุริยนต์
ดร.ฉันทิพย์ คำนวดทิพย์
ดร.ฉัตรชัย วีระนิติสกุล
ดร.สุนนมาลย์ เนียมกลาง

คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์

ดร.ภุชงค์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์
นายเชษฐ์รัตน์ ใจถวิล
นางสาวชลธิชา ศรีอุบล

ผู้ทรงคุณวุฒิเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย

E-NETT 2011

ชื่อ	นามสกุล	มหาวิทยาลัย/สถาบัน/องค์กร
ศ.ดร.บัณฑิต	เอื้ออารณ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศ.ดร.ทองเกียรติ	เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.ดร.ผดุงศักดิ์	วัฒนะเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
ศ.ดร.สมชาติ	โสภณรณฤทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.วัฒนพงศ์	รักษวิเชียร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.นำยุทธ	สงฆ์ชนาพิทักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.จวีรัตน์	ดวงเดือน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.อุดมเกียรติ	นนทแก้ว	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.ธนาภม	สุนทรชัยนาคแสง	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.สินชัย	ชินวรัตน์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.พินิจ	งามสม	มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.วิทยา	ยงเจริญ	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.คณิต	วิวัฒน์วิเชียร	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ. วา วุฒิ	เดียง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.พงษ์เจต	พรหมวงศ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.จรวุฒิต	เจริญสุข	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.สมิทธิ	เอี่ยมสอาด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รศ.ดร.เสวีม	จันทร์ฉาย	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รศ.ดร.สมรัฐ	เกิดสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รศ.ดร.ธนัชชัย	กุลวรวาณิชพงษ์	มหาวิทยาลัยสุรนารี
รศ.ดร.ศุภาชาติ	จงไพบลีย์พัฒนา	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รศ.ดร.อดิศักดิ์	นาถกรณกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.ชัชวาล	ตันนทกิตติ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.ลักกมณ	เทพหัสติน ณ อุบลยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.สุรัชชัย	มัจฉาชีพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าสุวรรณภูมิ
รศ.ดร.สมรัฐ	เกิดสุวรรณ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.ศิริชัย	เทพา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.เวทิน	ปิยรัตน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร.สมชัย	หิรัญวโรดม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.สมหมาย	นิวสอาด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.พูลเกียรติ	นาคะวิวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.ภาวิณี	ศักดิ์สุนทรศิริ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผศ.ดร.เจริญพร	เลิศสถิตธนกร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.ณัฐพล	ภูมิสะอาด	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.กุลเชษฐ์	เพียรทอง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.อำไพศักดิ์	ทีบุญมา	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.ชวลิต	ดิเวงศ์พิทักษ์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ประชาสันติ	ไตรบุษย์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.นภาพ	แถมไทรพัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ชื่อ	นามสกุล	มหาวิทยาลัย/สถาบัน/องค์กร
ผศ.ดร.ติกะ	บุณนาค	มหาวิทยาลัยบูรพาจันทบุรี
ผศ.ดร.ไชยณรงค์	จักรธวานนท์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
ผศ.ดร.อชิตพล	ศศิธรานูวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิต์
ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ	คุชฎี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.สุจิตร์	พระเมือง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ผศ.ดร.สุนทรพร	ควนใหญ่	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผศ.ดร.สมบูรณ์	สารสิทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผศ.ดร.สมชาย	มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.เนริส	ประทีนทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.บัลลังก์	เนียมมณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.ชัยพล	ธงชัยสุริยกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.สุธรรม	ปทุมสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.บัญญัติ	กิ่งตระกูล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.เกียรติชัย	รักษาชาติ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร.ภิตติ	สถาพรประสาธน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร.กุสกาณา	กฤษณา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.ทิวะ	อัจฉริยวิริยะ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.กอดขวัญ	นามสงวน	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ฉัตรชัย	นิมิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.ณัฐ	กาศปณินท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.นิพนธ์	เกตุจ้อย	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.วารุณี	อริยวิริยะนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชภัฏธนบุรี
ผศ.ดร.อาทิตย์	โสทรโยม	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ดร.กอบศักดิ์	ศรีประภา	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
ดร.อนุสรณ์	แสงประจักษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ดร.ประภาพงษ์	วางทุกข์	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ดร.พิสิษฐ	มณีโชติ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.ประพิฑาริ	ธนาวิทย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.ผดุงศักดิ์	รัตนเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
ดร.วิภา	ยงประยูร	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
อ.ณรงค์	วัชรเสถียร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อ.วิทยา	พวงสมบัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร.สุพุดิ	สุขใจ	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.วเรศ	วิระสัย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.จันทนา	กาญจนาวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.ศิริสุข	จินตวิทย์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.นพนันท์	นาคองแบบ	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ดร.ชนากานต์	อาษาสุจิต	มหาวิทยาลัยสยาม
ดร.อัมพร	กาญจนาวัฒน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้ทรงคุณวุฒิเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย

E-NETT 2011

ชื่อ	นามสกุล	มหาวิทยาลัย/สถาบันองค์กร
อ.รัตนการ	ระวีงกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อ.บริสุทธิ	สุทธิสงค์	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
ดร.วิรัชชัย	โรยรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สถาพร	ทองวิค	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.กฤษณ์ชนม์	ภูมิศักดิ์พิชญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สุรินทร์	แห่งมงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.วินัย	จันทร์เพ็ญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สโรชา	เจริญวัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.มนตรีพิทย์	ล้อมสุริยนค	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ฉันทิพย์	คำนวนทิพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ฉัตรชัย	วีระนิตสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สุมนมาลย์	นิยมกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.จักรี	ศรีนทร์ฉัตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อ.ประชุม	คำพูด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ณรงค์ชัย	โอเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.พงษ์ศักดิ์	อำภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.อำนาจ	เรืองวาริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ณัฐภัทร	พันธ์คง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ศิริชัย	ต่อสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.บุญยัง	ปัดงกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สรพงษ์	ภาสุปรีย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.กิตติ	สถาพรประสาธน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.วิษชากร	จารุศิริ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.ธนาริป์	สุ่มอ้อม	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.ฮาจิ	ศุภสุธิกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.ณภัทร	ตั้งมั่นคงววกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.ฉันทนา	พันธุ์เหล็ก	มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ดร.วรรัตน์	ปัดประภา	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.วิศิษฐ์	ลีลาหาคีกุล	มหาวิทยาลัยสยาม
ดร.พัฒนา	รักความสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.ณรงค์	อังกิมบัว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.ชาญณรงค์	อัครเทศานุกาพ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.ชลธิศ	เอี่ยมวรวิมลกุล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ดร.วรรณิ	เอกศิลป์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.ประชา	บุญยวานิชกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.ธนาริป์	สุ่มอ้อม	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ.อำนาจ	ผดุงศิลป์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
นายอำนวย	องสดีชัย	กระทรวงพลังงาน
ดร.ยุทธนา	ท่าสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สารบัญ

		หน้า
Session	Renewable Energy 07	
ประธาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาว์ ชมพูอินโหว สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
เวลา	16:00-17:15 วันพุธ ที่ 4 พฤษภาคม 2554	
ห้องบรรยาย	Orchid B	
BEN32	การศึกษาความเร็วลมในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองบรรยากาศระดับ สเกลปานกลาง วรภาส พรหมเสน จ่านงค์ ช่างมาศ เสริม จันทร์ฉาย มหาวิทยาลัยศิลปากร	420
BEN33	การออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสแบบกระตุ้นภายใน ตัวเองขนาด 0.75 กิโลวัตต์สำหรับประยุกต์ใช้งานกับพลังงานลม พุทธพร เศวตสกุลานนท์ ¹ วิจิตร กิณเรศ ² มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ¹ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ²	425
BEN35	กักเก็บลมผลิตไฟฟ้าแบบฟลักซ์แม่เหล็กไหลตามแนวแกนความเร็วลมต่ำ พูนศรี วรรณการ สุภาวดี เนตรโพธิ์แก้ว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	431
BEN36	Optimal stall-regulated wind turbines in unique local wind statistic Wikanda Sridech Tawit Chitsomboon Institute of engineering Suranaree University of Technology	435
BEN37	Optimum Blade Profiles for a Variable-Speed Wind Turbine in Thailand's Wind Regime Chalothorn Thumthae Tawit Chitsomboon Institute of Engineering, Suranaree University of Technology	440
BEN38	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพรอบการทำงานสูงสุดของใบกังหันลม ผลิตไฟฟ้าขนาด 20 กิโลวัตต์ สว่าง ชาดิทอง วิรัชย์ โยเรนรินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	444

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพรอบการทำงานสูงสุดของใบกังหันลม ผลิตไฟฟ้าขนาด 20 กิโลวัตต์

Analysis on Maximum Rotational Speed of 20 kW Wind Turbine Blade Performance

สว่าง ชาติทอง¹, วิรัชย์ โยนรินทร์²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทร 0-2549-3497 โทรสาร 0-2549-3432 E-mail: wirachaiyornarin@yahoo.com

BEN38

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพรอบการทำงานสูงสุดของ ใบกังหันลมผลิตไฟฟ้า ขนาด 20 กิโลวัตต์ ใน การทดสอบได้ใช้ใบกังหันลมต้นแบบที่มีมุมบิดโคนใบ 8 องศา ปลายใบ บิด 2 องศา กับใบกังหันลมต้นแบบที่มีมุมบิดโคนใบ 8 องศาตลอดทั้ง ใบ โดยการย่อส่วนกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 20 กิโลวัตต์ ลงมาด้วย มาตรการส่วน 1 ต่อ 15 จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.30 เมตร มาเป็น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.82 เมตร ทำการทดสอบในช่วงความเร็วลมเฉลี่ยระหว่าง 2.5 - 6.5 เมตรต่อวินาที ด้วยชุดทดสอบประสิทธิภาพ กังหันลม จำนวน 3 ใบต่อโรเตอร์ ผลจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ การทดสอบพบว่าใบกังหันลมต้นแบบที่มีมุมบิดโคนใบ 8 องศา ปลาย ใบบิด 2 องศา ที่ความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาทีให้รอบการทำงานสูงสุด 560 รอบต่อนาที คิดเป็นอัตราส่วนความเร็วปลายใบประมาณ 7 และมี ประสิทธิภาพรอบการทำงานที่สูงกว่า ใบกังหันลมต้นแบบที่มีมุมบิด โคนใบ 8 องศาตลอดทั้งใบ โดยเฉลี่ยประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ทุกช่วง ความเร็วลม

คำสำคัญ: พลังงานลม, กังหันลมผลิตไฟฟ้า, การออกแบบใบกังหันลม

Abstract

The objective of this research is to analyze the performance of the blade shape affected to the tip speed ratio of the 20 kW wind turbine rotor. Two rotor characteristics were analyzed; firstly the root and tip of the blade fixed angle of 8 degree and others blade tip reduces to 2 degree of pitch angle. The model is reducing in the ratio of 1:15 which is the blade length from 12.30 to 0.82 meter for this study. The results from the test rig shows that at wind speed of 4 m/s perform 560 rpm which is approximately tip speed ratio of 7 for the second blade configuration. The results of this study shows that the blade configuration of 8 degree pitch angle at root to 2 degree at the tip is higher about 9 % in the rotation performance on every incoming wind speed, suitable to be used in low wind speed zones.

Keywords: Wind energy, Wind machine, Wind Turbine Design

1. คำนำ

ความเร็วรอบของใบกังหันลมมีความสำคัญ ต่อการออกแบบ กังหันลมผลิตไฟฟ้า กับขนาดของเพลาส่งกำลัง มุมบิดของกังหัน แรงแหียงหนีศูนย์กลาง วัสดุที่ใช้สร้างใบกังหันลม ที่สำคัญที่สุด กังหันลมที่ ความเร็วลมต่างๆ หมุนได้เป็นกึ่งหนึ่งของความเร็วลมที่ปะทะ เรียกว่า อัตราส่วนนี้ว่า อัตราส่วนความเร็วปลายใบกังหันลม(Tip Speed Ratio) ซึ่งมีผลต่อการควบคุมการทำงาน และใช้ในการออกแบบเครื่องกำเนิด ไฟฟ้า เนื่องจากใบกังหันลมผลิตไฟฟ้าหมุนได้ โดยการได้เปรียบเชิงกล ของแรงยกตัว หรือประสิทธิภาพของแรงยกตัวของใบกังหัน หาก ลักษณะของใบกังหันลมสามารถได้เปรียบเชิงกล ในเรื่องของการไหล ของอากาศที่ผ่านใบกังหันลมมากเท่าใด ก็จะช่วยให้รอบการทำงาน ของ ใบกังหันลมที่ความเร็วลมต่างๆ สูงตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน สภาพพื้นที่ที่มีความเร็วลมต่ำอย่างประเทศไทย หรือในโซนเอเชีย ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3-4 เมตรต่อวินาที จึงจำเป็นต้องหารูปร่างใบกังหันลมที่สามารถหมุนได้เร็วกว่าความเร็ว ลมที่ปะทะใบกังหันให้สูง เพื่อลดจำนวนรอบการทำงานของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า โดยใบกังหันลมจำเป็นทราบคุณสมบัติความแข็งแรง โครงสร้าง ความแข็งแรง และโมเมนต์ความเฉื่อย ซึ่งการนำไปสร้างให้มีขนาดเท่า ของจริงขึ้นมาทดสอบ มีความยุ่งยาก และค่าใช้จ่ายสูงมาก อีกทั้ง จำเป็นต้องควบคุมให้ได้ตามความเร็วลมต่างๆ และมีอันตรายเป็นอย่าง สูง หากใบกังหันลมอยู่ในสภาพ พริโหลต ซึ่งอาจทำให้ใบกังหันลม หมุนเกินกว่าความเร็วรอบที่กำหนด เนื่องจากมุมปะทะของลม ทำให้ เกิดแรงผลักดัน(Thrust Force) มากกว่าแรงยกตัว (Lift Force) หรือเกิด มุมเชิงวิกฤต (Stall Angle) ซึ่งทำให้ใบกังหัน และโครงสร้างกังหันฉีก ขาดได้ ดังนั้นในบทความนี้จึงได้ทำการจำลอง หรือย่อส่วนกังหันลม ผลิตไฟฟ้าขนาด 20 กิโลวัตต์ ลงมา 15 เท่า เพื่อหาความเร็วรอบที่ เหมาะสมกับการออกแบบต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีโมเมนตัม (Momentum Theory)

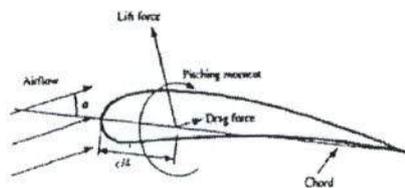
พลังงานจากลมนั้นเป็นพลังงานจลน์ ในการวิเคราะห์ให้ใช้ หลักการที่เรียกว่า ทฤษฎีโมเมนตัม ตามสมการที่ 1

$$P = \frac{1}{2} \rho A V_0^3 C_p \quad (1)$$

เมื่อ P_w = พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากกังหันลม (Watt)
 ρ = ค่าความหนาแน่นของอากาศ @25°C (1.225 kg/m³)
 A = พื้นที่กวาดของใบพัด (m²)
 V_o = ความเร็วลมทางเข้าและทางตัวออก (m/s)
 C_p = ประสิทธิภาพของกังหันลม

2.2 การเกิดของแรงยก และแรงผลัก(Lift force and Drag force)

แรงกระทำต่อแผ่นอากาศ(Airfoil) และแรงดักดำงที่อยู่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับการไหลจะถูกเรียกว่า "แรงยก" (Lift force) แทนด้วยสัญลักษณ์ "L". แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นบนผิวทั้งสองด้านของแผ่นอากาศซึ่งเกิดจากความเค้นเฉือนที่ผิว และแรงจากค่าความดันแตกต่างที่อยู่ในทิศทางขนานกับการไหลจะถูกเรียกว่า "แรงผลัก" (Drag force) แทนด้วยสัญลักษณ์ "D" ดังแสดงที่รูปที่ 1



รูปที่ 1 การเกิดแรงยกและ แรงผลัก บนแผ่นอากาศ (Air foil) [3]

ค่าแรงยกและแรงผลัก จะได้จากการทดสอบแผ่นอากาศดักดำงในอุโมงค์ลม ซึ่งมักจะแสดงค่าแรงยกและแรงหน่วงอยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์แรงยก C_L และสัมประสิทธิ์แรงผลัก C_D โดยที่นิยามของค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสองจะเขียนได้เป็น

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho A V^2} \quad (2)$$

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho A V^2} \quad (3)$$

เมื่อ C_L = สัมประสิทธิ์แรงยก

C_D = สัมประสิทธิ์แรงผลัก

L = แรงยก (Lift force, N)

D = แรงผลัก (Drag force, N)

ρ_w = ค่าความหนาแน่นของอากาศ (kg/m³)

A = พื้นที่ระนาบของแผ่นอากาศ (m²)

V = ความเร็วลม (m/s)

2.3 อัตราส่วนความเร็วปลายใบ (Tip Speed Ratio)

ค่าสมรรถนะของกังหันลมที่เป็นที่สนใจคือ กำลังงาน ซึ่งนำมาเสนอในรูปของเทอมไร้มิติเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของกำลังงาน C_p กับค่าอัตราส่วนความเร็วปลายใบ (Tip Speed Ratio, $R\Omega / V_o$) ตัวอย่างของค่าสมรรถนะดังกล่าวถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2 เลือกลักษณะของใบกังหันลมเพื่อหา อัตราส่วนความเร็วปลายใบ (Tip Speed Ratio) ที่ควรถือว่าใบกังหันหมุนทำงานประสิทธิภาพดีที่สุด (TSR) เท่าใด

กำหนดได้จากกรณีวิเคราะห์ด้วย CFD หรือ สร้างทดสอบจริงขนาดเล็กได้ $X = 7$ เมื่อ

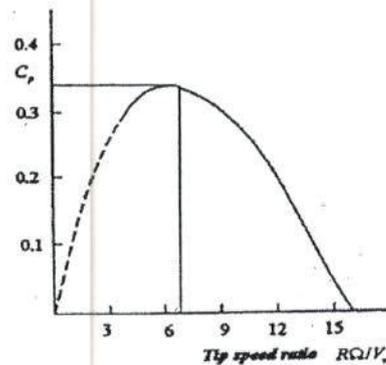
$$X = \frac{U}{V} = \frac{R\Omega}{V} \quad (4)$$

เมื่อ X = อัตราส่วนความเร็วปลายใบ (Tip Speed Ratio)

Ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

R = รัศมีใบกังหันลม (m)

V = ความเร็วลม (m/s)



รูปที่ 2 สมรรถนะของกังหันลมแนวนอน [4]

2.4 การวิเคราะห์การออกแบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 20 kW

ให้เลือกรูปร่างและวัสดุที่สุด่าต้องผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาให้ได้ 20 kW ที่ความเร็วลมทำได้นั้น ขึ้นอยู่กับพื้นที่ของใบกังหันและประสิทธิภาพรวมของระบบทั้งหมด (C_p) ดังนั้นในระบบหากกำหนดให้ระบบทั้งหมดสามารถแปลงพลังงานลมที่พัดเข้ามาเป็นพลังงานไฟฟ้า 20 kW นั่นคือ C_p ต้องรวมการสูญเสียจากใน C_p ใบกังหัน(Blade), C_p จากระบบส่งกำลัง(Drive) และ C_p ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ซึ่งจากการทั้งหมดโดยประมาณ $C_{p,Total} = C_{p,B} + C_{p,D} + C_{p,G}$ ได้ประมาณ 0.35 นั่นคือ $C_{p,Total}$ ของระบบทั้งหมด ดังนั้นหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกังหันลม

$$20 \times 10^3 \text{ W} = 0.5 \times 1.225 \text{ kg/m}^3 \times A (\pi r^2) \times V^3 \times C_p$$

$$= 0.5 \times 1.225 \times (\pi r^2) \times 9^3 \times 0.35$$

$$20 \times 10^3 \text{ W} = 490.717 \times r^2$$

ดังนั้น r คือรัศมีใบกังหันมีค่า $r = 6.38$, - 6.40 เมตร ให้ $V = 9$ m/s เมื่อได้ขนาดของรัศมีใบกังหัน คือ 6.40 เมตร แล้วก็คำนวณรอบการหมุนตอนเริ่มต้น (Cut in) เมื่อ $X = 7$, $V = 2$ m/s, $R=6.40$ เมตร

$$X = \frac{U}{V} = \frac{R\Omega}{V}$$

$$7 = ((6.40 \times 2 \times \pi \times N) / 60) / 2$$

$$N = 20.89 \text{ rpm} \approx 21 \text{ rpm}$$

ตั้งนั้นรอบที่ประมาณ 21 รอบต่อวินาทีนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องมีแรงดันไฟฟ้าเพียงพอที่จะทำให้เครื่องเชื่อมต่อบนฟ้าสามารถจะเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง 50 Hz, 3 phases ได้ นั่นคือความเร็วลม 9 เมตรต่อวินาทีรอบการทำงานของใบกังหันจะอยู่ที่

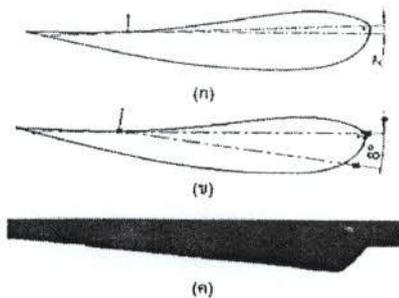
$$7 = ((6.40 \times 2 \times \pi \times N) / 60) / 9$$

$$N = 94.04 \text{ rpm} \cong 95 \text{ rpm}$$

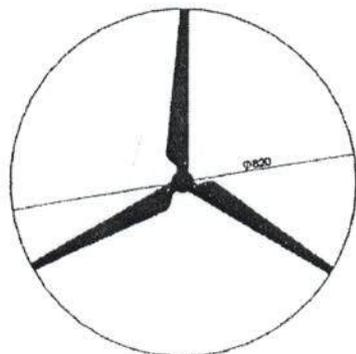
นั่นคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องมีพลังงานออกมา 20 kW ที่ 95 rpm ระบบการทำงานของกังหันลมต้องคอยควบคุมรอบการทำงานโดยให้ระบบ Furling ของหางกังหันลม เริ่มหันทางที่ความเร็วลมประมาณ 9.5 เมตร/วินาที และต้องส่งจ่ายพลังงานเพื่อหยุดกังหันลมให้ได้ที่ความเร็วลม 12 เมตรต่อวินาที เนื่องจากใบกังหันและโครงสร้างที่ออกแบบมาที่ความเร็วลมต่ำนั่นเอง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยได้ทำการทดสอบใบกังหันลม 2 แบบ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพความเร็วรอบการทำงานสูงสุด ในการทดสอบได้ใช้ใบกังหันลมต้นแบบที่มีมุมบิดโคนใบ 8 องศา ปลายใบบิด 2 องศา(Blade Type 8/2) กับใบกังหันลมต้นแบบที่มีมุมบิดโคนใบ 8 องศาตลอดทั้งใบ (Blade Type 8/8) ตามรูปที่ 3



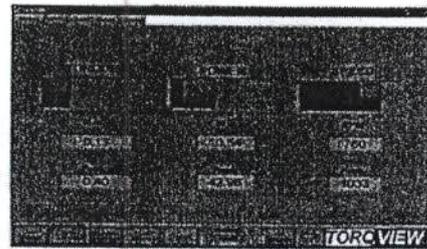
รูปที่ 3 (ก) ลักษณะปลายใบบิด 2 องศา (ข) ปลายใบบิด 8 องศา (ค) ลักษณะรูปทรงใบที่ใช้ในการทดสอบ [6]



รูปที่ 4 ลักษณะโรเตอร์ที่ใช้กับชุดทดสอบประสิทธิภาพกังหันลม

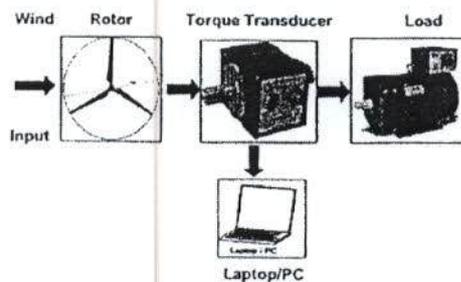
โดยทำการย่อยส่วนกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 20 กิโลวัตต์ ลงมาด้วย มาครส่วน 1 คือ 15 จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.30 เมตร มาเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.82 เมตร ทำการทดสอบในช่วงความเร็วลมเฉลี่ยระหว่าง 2.5 - 6.5 เมตรต่อวินาที ด้วยชุดทดสอบประสิทธิภาพกังหันลม จำนวน 3 ใบต่อโรเตอร์ ตามรูปที่ 4

วิธีในการทดสอบจะแบ่งช่วงความเร็วลมทดสอบออกเป็น 9 ช่วง เริ่มตั้งแต่ช่วงความเร็วลมเฉลี่ย 2.5 เมตรต่อวินาที โดยการปรับอินเวอร์เตอร์(Inverter Motor) ควบคุมรอบของมอเตอร์ ให้สามารถสร้างความเร็วลมให้อยู่ในช่วง 2-3 เมตรต่อวินาที ซึ่งจะได้ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.5 เมตรต่อวินาที จากนั้นบันทึกผลการทดสอบโดยดูจากโปรแกรม Torque View ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ตามรูปที่ 5 ซึ่งจะรับข้อมูลมาจาก Torque Transducer ทำการบันทึกค่าความเร็วรอบสูงสุด (Peak Speed) และค่าความเร็วรอบต่ำสุดของช่วงความเร็วลมดังกล่าวทำการบันทึกประมาณ 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความเร็วรอบของแต่ละช่วงความเร็วลม จากนั้นทำการทดสอบที่ความเร็วลม 3.0 เมตรต่อวินาที ปรับชุดควบคุมรอบของมอเตอร์ สร้างความเร็วลมให้อยู่ในช่วง 2.5-3.5 เมตรต่อวินาที ทำการทดลองเรื่อยๆ ไปจนถึงความเร็วลมเฉลี่ย 6.5 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5 หน้าจอประมวลผลของโปรแกรม Torque View

หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพใบกังหันลม เมื่อเดินรอบมอเตอร์ต้นกำลังผลิตลม โดยการปรับอินเวอร์เตอร์(Inverter Motor) สร้างความเร็วลมให้อยู่ในช่วงทดสอบต่างๆแล้ว เมื่อลมมาปะทะชุดโรเตอร์ ก็จะหมุนส่งกำลังไปที่เพลาลงของเครื่องมือวัดทอร์ก (Torque Transducer) ตัวเครื่องมือวัดทอร์ก ก็จะส่งข้อมูลผ่านสายไปยัง Laptop/PC เพื่อประมวลผลด้วยโปรแกรม Torque View ตามลำดับดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในการทดสอบใบกังหันลม

4. ผลการวิจัย

จากการทดสอบใบกังหันลมต้นแบบที่โคนใบมี 8 องศาและปลายใบมี 2 องศา (Blade Type B/2) กับใบกังหันลมต้นแบบที่โคนใบมี 8 องศาตลอดทั้งใบ (Blade Type B/8) ด้วยชุดทดสอบประสิทธิภาพกังหัน ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 บันทึกผลการทดลอง

Wind Speed (m/s)	Blade Type B/2 Speed (rpm)	Blade Type B/8 Speed (rpm)
2.5	325	302
3.0	415	389
3.5	505	463
4.0	563	500
4.5	611	543
5.0	722	659
5.5	785	735
6.0	894	786
6.5	978	923

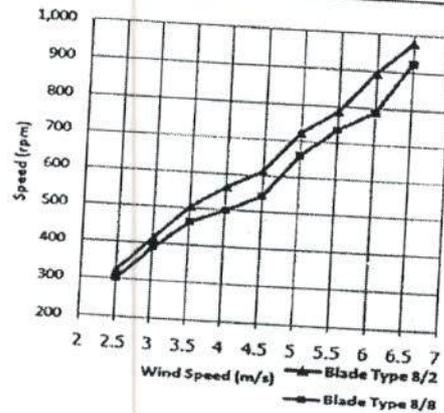
การบันทึกผลการทดสอบนั้นทุกค่าความเร็วลม (Wind Speed) ได้มาจากการหาค่าเฉลี่ยในช่วงความเร็วลม เช่น ความเร็วลม 3.0 เมตรต่อวินาที คือความเร็วลมทดสอบอยู่ในช่วง 2.5-3.5 เมตรต่อวินาที เป็นต้น ส่วนความเร็วรอบของ Blade Type B/2 และ Blade Type B/8 ได้จากการที่เอาค่าความเร็วรอบสูงสุด (Peak Speed) และค่าความเร็วรอบต่ำสุดของช่วงความเร็วลมดังกล่าวทำการบันทึกประมาณ 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความเร็วรอบของแต่ละช่วงความเร็วลม เช่น ที่ความเร็วลม 3.0 เมตรต่อวินาที ความเร็วรอบอยู่ที่ 415 rpm ได้มาจากการหาค่าเฉลี่ยความเร็วรอบ 5 ครั้ง ตามรูปที่ 7

Blade Type : B-2

Wind Speed (m/s)	Test No.	1	2	3	4	5	Average
2.5	max	110	120	116	120	110	116
	min	260	170	200	210	210	210
	Aver.	343	306	312	322	311	325
3	max	57	58	57	57	57	56.9
	min	203	116	250	305	272	268
	Aver.	392	351	401	416	397	415
3.5	max	55	55	53	55	55	54.9
	min	261	242	272	305	283	261
	Aver.	615	587	654	629	626	615

รูปที่ 7 การหาค่าเฉลี่ย 5 ครั้งในหนึ่งช่วงความเร็วลม

ในส่วนของใบกังหันลมต้นแบบที่โคนใบมี 8 องศาและปลายใบมี 2 องศา (Blade Type B/2) ก็ทำการทดสอบลักษณะเดียวกัน เมื่อได้ความเร็วรอบเฉลี่ยทั้ง 2 ใบแล้วนำมาวาดกราฟเส้นเปรียบเทียบผลระหว่างใบกังหันลมต้นแบบทั้ง 2 แบบ ก็จะไดตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบผลระหว่างความเร็วลม กับความเร็วรอบของใบกังหันลมชนิด Blade Type B/2 และ Blade Type B/8

5. สรุปผล

ผลจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดสอบพบว่าใบกังหันลมต้นแบบที่มีมุมโคนใบ 8 องศา ปลายใบ 2 องศา ที่ความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาที ให้รอบการทำงานสูงสุดที่ 560 รอบต่อนาที คิดเป็นอัตราส่วนความเร็วปลายใบต่อความเร็วลมที่เข้ามาปะทะประมาณ 7 มีประสิทธิภาพรอบการทำงานที่สูงกว่า ใบกังหันลมต้นแบบที่มีมุมโคนใบ 8 องศาตลอดทั้งใบ โดยมีค่ามากกว่าเฉลี่ยประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วรอบการทำงานทุกช่วงความเร็วลม

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบพระคุณ บุคตากร เจ้าหน้าที่ อาคารถบายประยุกต์ พลังงานลม น้ำ และแสงอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานในครั้งนี้ รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาในเรื่องการดำเนินการวิจัย และจัดทำเอกสารเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] F.S. David, M.Eggleston, "Wind Turbine Engineering Design", New York, Van Nostrand, Reinhold, 1985.
- [2] Martin O. L. Hansen "Aerodynamics of Wind Turbines", 2nd ed., Earthscan in the UK and USA, 2008
- [3] Manwell J.F., McGowan J.G. and Rogers A.L., (2002) Wind Energy Explained, John Wiley & Son,
- [4] วิรัช โยธินันท์, (2551), รายงานการศึกษาวินิจฉัยพัฒนาสาธิตต้นแบบเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วลมต่ำ, มทว. ธัญบุรี
- [5] วิรัช โยธินันท์, (2552), รายงานโครงการวิจัยเพื่อพัฒนากังหันลมผลิตไฟฟ้าต้นแบบขนาด 50 กิโลวัตต์, มทว. ธัญบุรี
- [6] วิรัช โยธินันท์, สว่าง ชาลิตทอง, (2553), การออกแบบใบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 20 กิโลวัตต์ด้วยโปรแกรมทางพลศาสตร์ของไหล, การประชุมเชิงวิชาการเครื่องช่วยพลังงานแห่งประเทศไทย, มทว. องคักษ์, จังหวัดเพชรบุรี