บทที่ 4

การดำเนินการทดลอง

ในการดำเนินการทดลองเพื่อหาสมรรถนะการทำงานของกังหันลมใบอ่อนชุดนี้ได้ทำการทดสอบด้วยความเร็วลมธรรมชาติ ซึ่งมีช่วงเวลาลมพัดไม่แน่นอนและไม่คงที่ จึงจำเป็นต้องเตรียมอุปกรณ์การทดลองและเตรียมการติดตั้งอุปกรณ์การวัดให้พร้อมก่อนดำเนินการทดสอบและการบันทึกข้อมูล และที่สำคัญคือต้องรอเวลาในการทดสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์สำหรับการทำการทดลองเพื่อหาสมรรถนะการทำงานของกังหันลมใบอ่อนด้วยความเร็วลมธรรมชาติบนดาดฟ้า ชั้น 4 ตึกวิศวฯ ใหม่ ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้แสดงไว้ในรูป 4-1 และรูป 4-4 อันประกอบด้วยกังหันลมใบอ่อน 2 ชุด ชุดที่ 1 แขนกังหันทำด้วยไม้อัด ชุดที่ 2 แขนกังหันทำด้วยอลูมิเนียมอัดขึ้นรูปเป็นภาคตัดแพนอากาศ NACA 0018 ซึ่งรับการสนับสนุนจากกองพลังงานพิเศษ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เครื่องวัดความเร็วลมแบบบันทึกต่อเนื่อง 2 ชุด แบบอ่านค่าทันที 2 ชุด เครื่องวัดจำนวนรอบการหมุนของกังหันลม นอกจากนั้นยังติดพู่ในแนวดิ่งริมขอบอาคารในแนวสูง 6 เมตร เพื่อศึกษาดูลักษณะการไหลของอากาศเมื่อปะทะอาคารสูง

ต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงส่วนประกอบต่างๆ ของอุปกรณ์การทดลองในส่วนของรายละเอียด ตลอดจนเทคนิคในการติดตั้งเพิ่มเติมจากที่ได้กล่าวมาแล้ว

4.1.1 กังหันลมใบอ่อน

กังหันลมชุดที่ 1 ถูกออกแบบตามข้อมูลเบื้องต้น ตามภาคผนวก ข. ซึ่งรายละเอียดทางเทคนิคมีดังนี้

รูปแบบกังหัน : ไจโร แกนแนวดิ่ง 3 ใบพัด

ลักษณะแขนกังหันชุดที่ 1 : ทำด้วยไม้อัด มีภาคตัดเป็นแพนอากาศ คล้าย NACA 0012 ทาด้วยโพลียูรีเทน

ลักษณะใบอ่อน : เป็นแพนอากาศแบบ highly cambered airfoid

พื้นที่ผิวใบอ่อน : 0.30 m. × 1.50 m.

พื้นที่กวาดของใบอ่อน : 3.70 m. × 1.50 m.

โครงสร้าง : เป็นเสาสูง 2 ขา และมีคานยาวพาดตามแนวนอน บน-ล่าง เพื่อรับเพลากังหันซึ่งตั้งในแนวดิ่ง ความสูงรวม 6 เมตร ดึงด้วยลวดสลิงขนาด 4 มม. เสาละ 4 เส้น ที่ช่วงกลาง และช่วงบนเสาละ 2 เส้น (ตามแบบ)

กังหันลมชุดที่ 2

ลักษณะแขนกังหัน : Extruded Alumium, NACA 0018

โครงสร้าง : คล้ายชุดที่ 1 แต่มีบันไดใช้ปีน ขึ้น-ลง ได้ง่ายกว่าในกรณีติดตั้งใบอ่อนและซ่อมบำรุง

ในการติดตั้งจะติดตั้งกังหันตามความยาวของพื้นที่ที่ว่างอยู่บนดาดฟ้า ซึ่งเป็นบริเวณเดียวที่เหมาะที่สุดสำหรับเก็บข้อมูลการทดลอบ และดูแลเครื่องมือทดลอบ ความสูงของกึ่งกลางใบกังหันจากขอบอาคารประมาณ 4 เมตร ระยะห่างจากขอบอาคารถึงกึ่งกลางแกนเพลากังหันประมาณ 2.5 เมตร ขอบหลังคาของอาคารห่างออกไปอีก 2.5 เมตร โดยมีหลังคาเอียงทำมุม 15 องศา สูงประมาณ 1.5 เมตร ระยะห่างจากสันหลังคาถึงกังหันประมาณ 15 เมตร ทิศทางของกระแสลมที่พัดจะมาจากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นส่วนมาก โดยจะพัดเข้าในแนวเฉียงและแนวตั้งฉากกับของอาคารก่อนจะปะทะใบกังหันลม

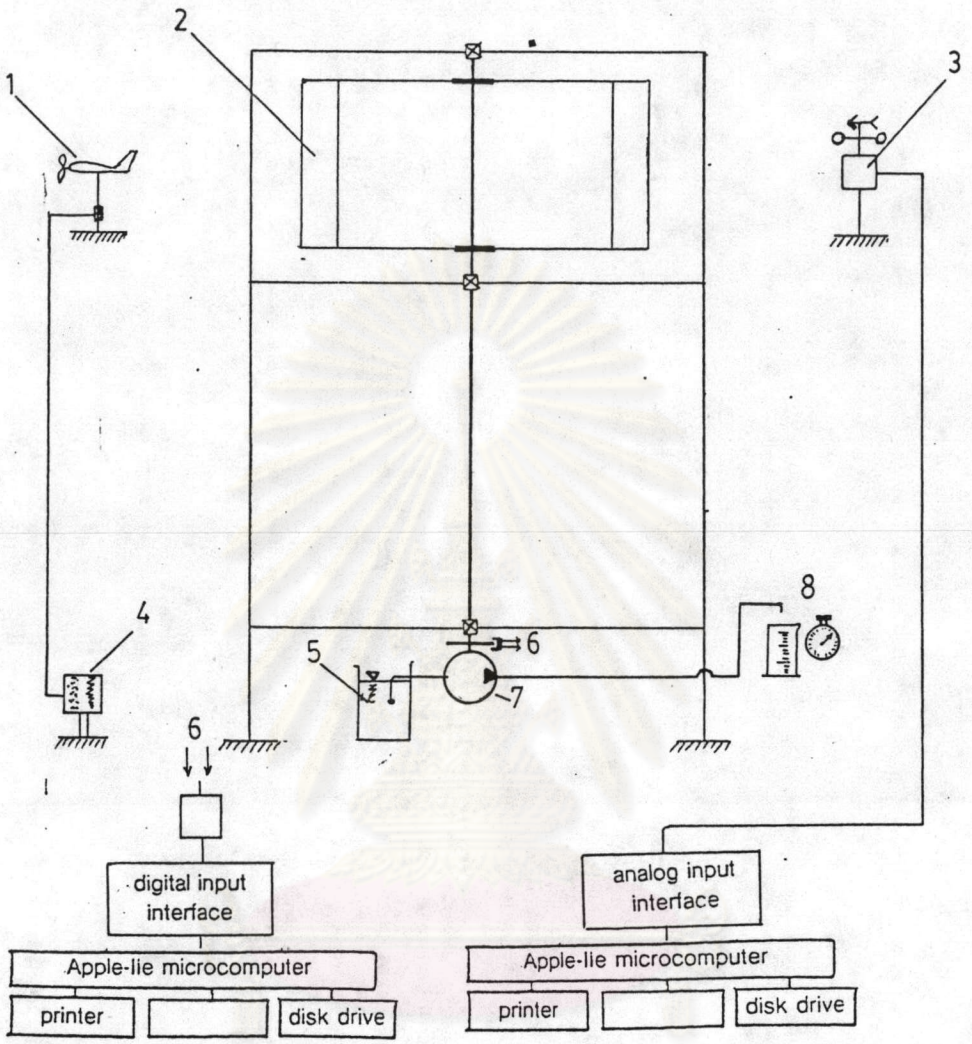
ข้อควรระวัง : ในการติดตั้งโครงเสากังหันลม และเพลากังหันจะต้องอยู่ในแนวดิ่งจริงๆ มิฉะนั้นระนาบในการหมุนของแขนปีกใบอ่อนจะไม่ขนานกับพื้นโลก ควรใช้บรรทัดระดับน้ำตรวจสอบระนาบของการติดตั้งเสมอ ไม่เช่นนั้นน้ำหนักแขนปีกใบอ่อนจะเอียงไปทางใดทางหนึ่ง ทำให้การหมุนรอบตัวในช่วงความเร็วลมต่ำยากลำบากขึ้น ประสิทธิภาพในการหมุนจะสูญเสียไปด้วย

4.1.2 การวัดความเร็วลม

ในการทดลอบงานวิจัยนี้ ได้ใช้เครื่องวัดความเร็วลมลักษณะคล้ายเครื่องบินเล็ก แบบ w 102-P/AC Skyvane wind sensor WEATHERMEASURE, SUA.

ซึ่งประกอบด้วยชุดวัด ชุดแปรสัญญาณและชุดบันทึกเป็นกราฟ สามารถวัดความเร็วลมได้ในช่วง 0 ถึง 50 และ 0 ถึง 100 ไมล์ต่อชั่วโมง และบันทึกทิศทางของกระแสลมได้ในทิศทาง 0 ถึง 360 องศา และ 0 ถึง 540 องศา โดยกระดาษบันทึกกราฟข้อมูลจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1 นิ้วต่อชั่วโมง (25.4 มม.ต่อชั่วโมง) สำหรับเครื่องบันทึกความเร็วลมอีกชุดหนึ่งได้ขอยืมมาใช้เก็บข้อมูลเป็นช่วงระยะเวลา (ไม่ตลอดปี) ซึ่งเป็นเครื่องบันทึกแบบ WEATHER STATION Model M 800 ของ WEATHER-MEASURE, USA. ประกอบด้วย W 200 SD Wind speed and direction sensor ใช้ลูกถ้วย 3 ใบ วัดความเร็วลม ในช่วง 0 ถึง 100 ไมล์ต่อชั่วโมง (0-45 เมตรต่อวินาที) สามารถวัดได้ละเอียด $\pm$ 3 % และเครื่องเก็บสัญญาณบันทึกข้อมูลสามารถตั้งช่วงเวลาเพื่อหาค่าเฉลี่ยความเร็วลมได้ ตั้งแต่ 10 วินาที จนถึง 24 ชั่วโมง เมื่อนำข้อมูลที่เก็บไว้ไปผ่านเครื่องพิมพ์สัญญาณจะได้ค่าต่างๆ ตามตัวอย่างข้อมูลที่เก็บไว้ในการทำวิจัยนี้ในภาคผนวก ก.

เครื่องวัดการไหลของลมอีกชนิดหนึ่งคือ AIR FLOW METER ของ AIR FLOW DEVELOPMENT LTD. HIGH WYCOMBE, UK. ใช้ใบพัดรับลมทิศทางเดียว วัดได้ช่วง 0-5 และ 5-25 เมตร/วินาที เป็นเครื่องวัดความเร็วของลมแบบมือถือ สะดวกในการใช้กับกรณีที่กระแสลมเคลื่อนที่ในทิศทางเดียว เช่น ใช้วัดกับความเร็วลมใน WINDTUNNEL หรือในกรณีที่ใช้วัดความเร็วลมแบบอุตุนิยมวิทยาจะต้องพยายามหันทิศทางรับกระแสการไหลของลมให้ถูกต้อง มิฉะนั้นค่าที่ได้จะไม่ถูกต้องที่สุด แต่ถ้าเป็นเครื่องวัดแบบลูกถ้วย 3 ใบ จะไม่มีปัญหาในการวัดความเร็วลมกระแสลมที่เปลี่ยนทิศทางบ่อยๆ และเครื่องวัดจำนวนรอบแบบทำใช้เองอ่านค่าเป็นตัวเลขผ่านเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Apple II 16 Bit และใช้ตัวรับสัญญาณเป็นรูปใบพัดแบบซาโวเนียส 3 แฉก โดยมี IC เป็นตัวนับรอบ (ร่องของซีจานเล็กๆ ติดกับแกนซาโวเนียส 3 แฉก) แล้วผ่านระบบแปลงสัญญาณอิเลคโทรนิคอ่านค่าบนจอภาพและพิมพ์ค่าได้จากไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์ชุดนี้ได้รับความร่วมมือออกแบบและสร้างจาก ผศ.ธีรศิลป์ ทุมวิภาต ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม สจพ. สำหรับค่าที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง 2-25 เมตร/วินาที



1. Wind direction and speed sensor
2. Sailwing rotor
3. Wind direction and speed sensor
4. Graph recorder "SKYVANE"
5. Water tank
6. Rotational speed sensor
7. Rotary vane pump
8. Flow measurement

รูปที่ 4-1 ผังแสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดการทดลอบ

4.1.3 การวัดจำนวนรอบกังหันลม

การวัดจำนวนรอบกังหันลม ใช้วิธีติดกระดาษกาวตามแนวยาวของคอร์ดใบอ่อนให้เป็นที่สังเกตว่าเป็นใบที่ใช้นับจำนวนรอบ มิเช่นนั้นขณะหมุนจริงๆ จะเกิดการสับสนไม่ทราบว่ากำลังนับจำนวนรอบของใบใดเมื่อหมุนผ่านเส้าใดเส้าหนึ่งของโครงสร้างกังหันและเพื่อศึกษาดูพฤติกรรมของใบอ่อนขณะลู่ทำมุมรับลมใบตำแหน่งต่างๆ ขณะหมุนรอบแกน การนับรอบของใบกังหัน (ที่ติดกระดาษกาว) ผ่านเส้าจะนับต่อเนื่อง โดยใช้จำนวนเต็มของรอบเป็นหลัก และอ่านค่าเวลาจากนาฬิกาจับเวลาซึ่งมีความละเอียด 1/1000 วินาที เพื่อนำไปเป็นข้อมูลคิบคำนวณค่าจำนวนรอบต่อเวลา

4.1.4 การวัดอัตราการไหลของน้ำ

ในการวัดอัตราการไหลของน้ำจากเครื่องสูบน้ำที่นำมาทดลองใช้ร่วมกับกังหันลมในช่วงลมแรงๆ จะต่อเพลาขับเครื่องสูบน้ำที่ปลายเพลากังหันลมตอนล่างและให้ดูดน้ำจากถังขนาดใหญ่ (150 ลิตรโดยประมาณ) และท่อปล่อยน้ำออกจากเครื่องสูบน้ำมีความสูงต่างระดับประมาณ 0.5 เมตร รองน้ำด้วยถังน้ำ (แล้วนำมาตวงวัดปริมาณน้ำด้วยกระบอกตวงขนาด 1000 มิลลิเมตร ภายหลังความละเอียดของระดับน้ำที่อ่านได้ ยิดละ 10 มิลลิเมตร) การบันทึกค่าอัตราการไหลของน้ำที่ออกมาจากเครื่องสูบน้ำต้องเพิ่มอีก 1 คน ขณะบันทึกความเร็วรอบกังหันตามข้อ 4.1.3 ก็จะให้สัญญาณเสียงนับ----------หยุด โดยถือเอาคนที่นับรอบกังหันลมเป็นหลักในการจับเวลา ปริมาณที่ออกมาแต่ละคาบเวลาที่วัดจะนำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยนอีกครั้งหนึ่ง และต้องใช้ข้อมูลดิบจำนวนมาก เนื่องจากบางครั้งการตอบสนองของเวลาระหว่างความเร็วลมกับปริมาณน้ำที่รองรับก็ไม่ล่อดคล้องกัน ขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของความเร็วลมที่พัดผ่านกังหันลม

4.1.5 อุปกรณ์อื่นๆ

เครื่องสูบน้ำโรตารี่แบบใบพา เป็นชนิดที่มีขายในท้องตลาด ซึ่งใช้กับปั๊มน้ำมันวัสดุเป็นเหล็กหล่อ มีแผ่นใบพาภายในเสื้อสูบ 2 ใบ สามารถสูบส่งน้ำได้ ตั้งแต่ 6 ลิตร/นาที ถึง 15 ลิตร/นาที เมื่อใช้มือหมุนด้วยความเร็วรอบไม่เกิน 40 รอบ/นาที สำหรับระยะส่งรวม 1 เมตร

นาฬิกาจับเวลา เป็นนาฬิกาข้อมือ CITIZEN ANA-DIGI TEMP. จับเวลาได้ละเอียดถึง 1/1000 วินาที แสดงเป็นตัวเลข

กระบอกตวงปริมาตรน้ำ เป็นกระบอกพลาสติค ขนาด 1000 มิลลิเมตร ความละเอียดของระดับขีดอ่านได้ ขีดละ 10 มิลลิเมตร

4.2 วิธีการทดลอง

ก่อนตัดสินใจเลือกเก็บข้อมูล จะต้องนำข้อมูลลมในแต่ละช่วงเดือนและวัน ซึ่งเก็บไว้ก่อนแล้ว 1 ปี ล่วงหน้า (ข้อมูล 2528) มาเลือกดูว่าควรใช้ช่วงเวลาใดดี ซึ่งผลที่ได้ออกมาจากข้อมูลที่เก็บไว้ ได้เลือกทดลองช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายน ช่วงเวลาเย็นถึงค่ำ ซึ่งจะมีลมพัดค่อนข้างแรงและสม่ำเสมอ ก่อนเตรียมการทดลองต้องเตรียมการ ดังนี้คือ

4.2.1 การเตรียมการก่อนดำเนินการทดลอง

1. ตรวจดูความเรียบร้อยของกังหันลม และอุปกรณ์ทดลองให้อยู่ในภาพพร้อมจะทำงาน
2. ตรวจดูอุปกรณ์การวัดต่างๆ และขั้วปลั๊กไฟเครื่อง printer ให้เรียบร้อย ไม่ให้หลุดขณะทดลองจะทำให้ขาดข้อมูลลม
3. ทดลองขยับกังหันลมเพื่อให้ปั๊มน้ำหมุนไปก่อน ประมาณ 20 นาที เป็นการล่อน้ำภายในตัวด้วย
4. น้ำที่ใช้ทดลองกับปั๊มจะถูกผสมด้วยน้ำมันหล่อเย็น ซึ่งเมื่อผสมกับน้ำแล้วจะเป็นสีขาวๆ ทำหน้าที่ช่วยหล่อลื่นและป้องกันไม่ได้เกิดสนิมภายในปั๊ม

4.2.2 การทดลองเพื่อหาค่าสมรรถนะการทำงาน

จะทำการทดลองโดยไม่ต่อเพลากังหันลมกับเครื่องสูบน้ำคือ ให้หมุนในลักษณะไม่มีภาระก่อน โดยดำเนินการทดลอง ดังนี้

1. ใช้มือจับแขนกังกันลมให้หยุดนิ่งก่อนในช่วงเวลาที่สังเกตว่าลมพัดแรงในช่วงทดลองแต่ละวัน
2. ปล่อยมือให้กังหันหมุนเองโดยลมธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ขณะปล่อยมือให้ลิ่งสัญญาณเสียง เพื่อให้ผู้ช่วยทดลองเริ่มบันทึกข้อมูลลมผ่าน printer จากเครื่อง WEATHER STATION ขณะเดียวกันก็ใช้เครื่องวัดลมที่สามารถบันทึกค่าทุกๆ 1 วินาที ให้บันทึกข้อมูลออกมาด้วย
4. นับจำนวนรอบในแต่ละรอบที่ผ่านไปว่าใช้เวลาเท่าใด จากขณะหยุดนิ่งจนหมุนด้วยความเร็วรอบค่อนข้างคงที่
5. ทดลองในลักษณะข้อ 1 ถึง 4 ซ้ำๆ กัน หลายๆ ครั้ง หลายๆ วัน เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปคำนวณ

4.2.3 การทดสอบกังหันลมเพื่อใช้สูบน้ำ

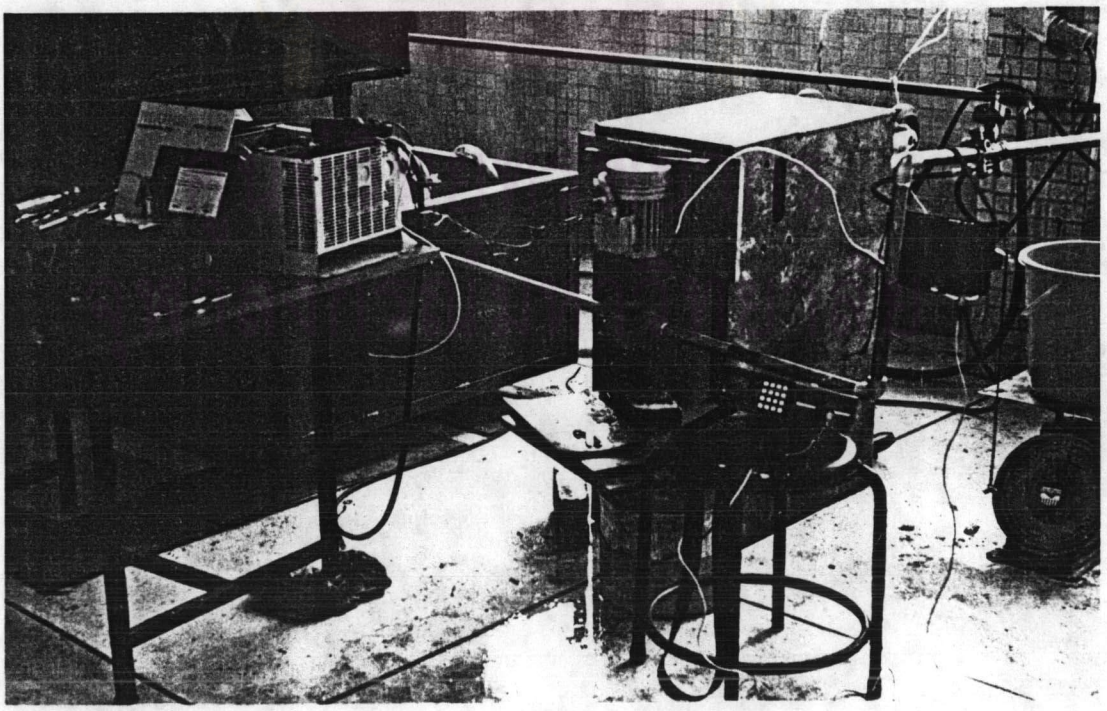
1. พยายามสังเกตว่ากังหันลมจะหมุนขับเครื่องสูบน้ำให้ทำงานได้ที่ความเร็วลมเท่าใดบ้าง ทดลองซ้ำบ่อยๆ
2. เก็บข้อมูลลมพร้อมปริมาณน้ำที่วัดได้ ในช่วงคาบเวลา 10 นาที ซึ่งเครื่อง WEATHER STATION สามารถพิมพ์ข้อมูลออกมาตลอดต่อเนื่อง
3. ในช่วงคาบเวลา 10 นาที ที่เครื่องพิมพ์ส่งข้อมูลออกมาให้นับรอบการหมุนของใบกังหันที่ผ่านเส้าโครงสร้างเป็นหลัก นับจำนวนรอบการหมุนแล้วบันทึกเวลาลงไป ขณะเดียวกันก็ให้สัญญาณเสียงเพื่อเก็บข้อมูลปริมาณน้ำที่ปั๊มน้ำส่งออกมาในเวลาเดียวกันด้วย
4. ทำการทดลองซ้ำกันหลายๆ ค่าให้มากที่สุด ในช่วงที่มีลมพัดในแต่ละครั้ง
5. นำข้อมูลที่ได้จำนวนมากๆ มาแบ่งเป็นกลุ่มๆ เนื่องจากความเร็วลมธรรมชาติที่วัดจะไม่คงที่ เป็นผลให้ความเร็วของโรเตอร์กังหันลมและปริมาณน้ำที่ออกมาไม่คงที่ด้วย
6. คำนวณหาค่า ηC_p ของระบบจากข้อมูลในข้อ 5 โดยที่

   η = ประสิทธิภาพของระบบ

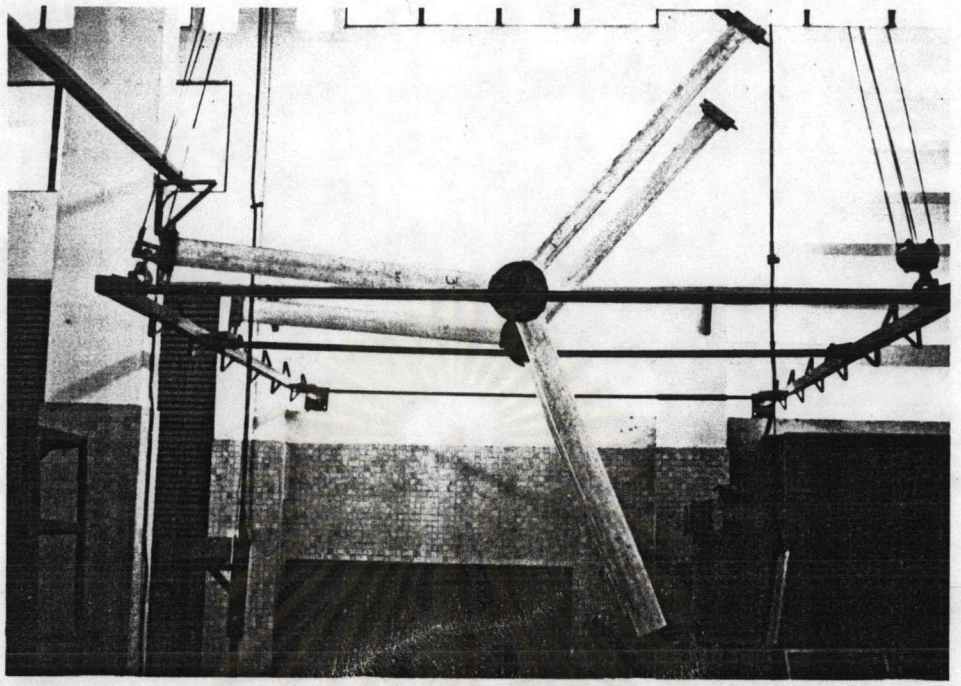
   C_p = ประสิทธิภาพของกังหันลม

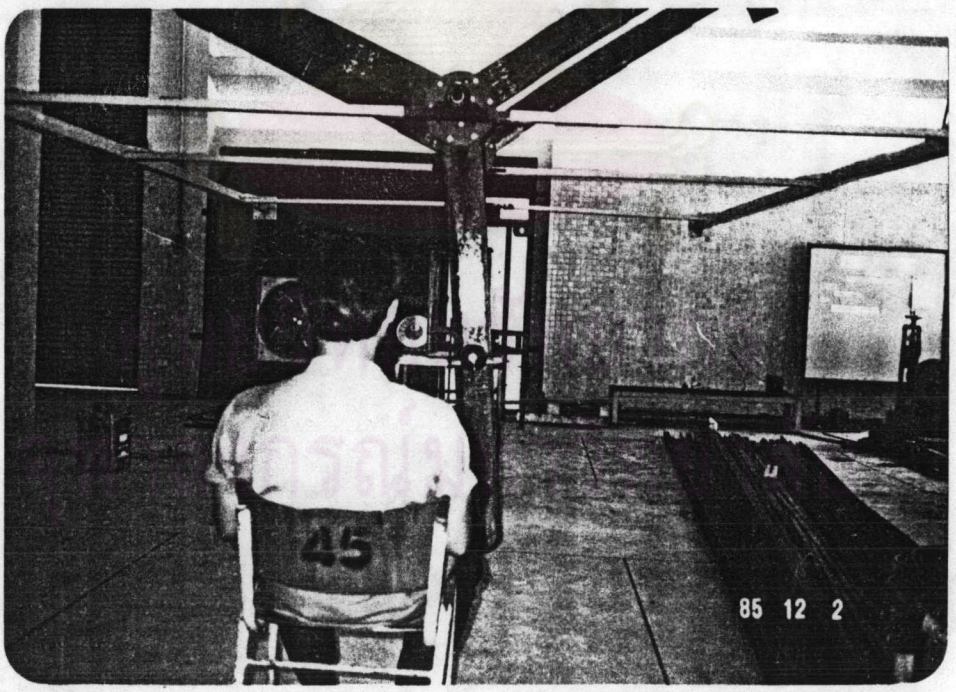
4.3.1 การทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบใบพา

1. จัดเตรียมอุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือวัด ตามรูปที่ 4-2
2. ควบคุมเครื่องสูบน้ำให้หมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากับความเร็วรอบเมื่อถูกกังหันลมใบอ่อนยับเคลื่อนด้วยความเร็วลมธรรมชาติ (ความเร็วรอบเครื่องสูบน้ำ 12-18 รอบต่อนาทีที่ความเร็วลม 4-7 เมตร/วินาที)
3. ควบคุมปริมาณน้ำให้ไหลด้วยอัตราการไหลเท่ากับเมื่อต่อคู่ควบกับกังหันลมใบอ่อนตามข้อ 2 (อัตราการไหลประมาณ 1.9-2.5 ลิตร/นาที)
4. ทดลอบเครื่องสูบน้ำให้หมุนด้วยมอเตอร์ ตามเงื่อนไขข้อ 2 และข้อ 3 ใช้เวลาแต่ละความเร็วรอบไม่นานกว่า 30 นาที และจดค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับเครื่องสูบน้ำในแต่ละเงื่อนไข
5. คำนวณหาค่า η ของเครื่องสูบน้ำที่นำมาทดลอบจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองในข้อ 4 เพื่อนำค่า η ไปหารออกจากค่า $\eta \cdot C_p$ จากการทดลองในหัวข้อ 4.2.3

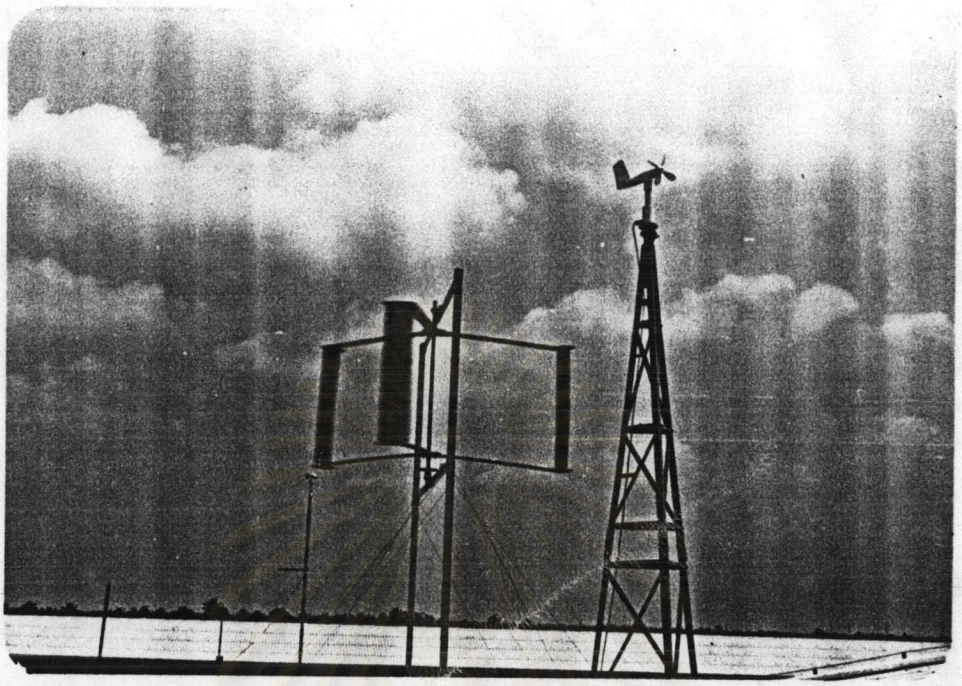


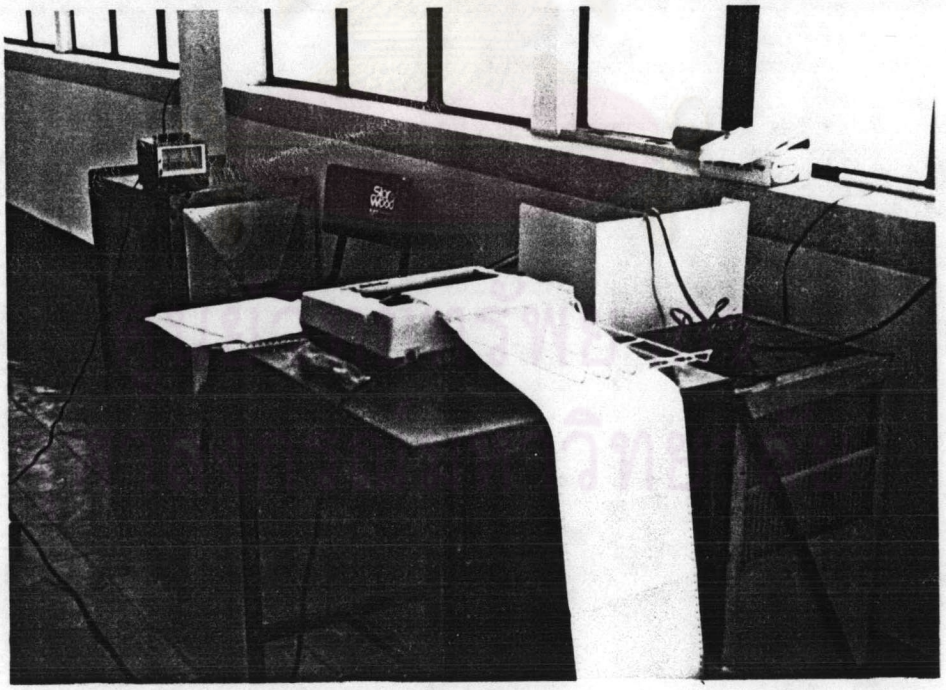
รูปที่ 4-2 อุปกรณ์ทดลอบประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ



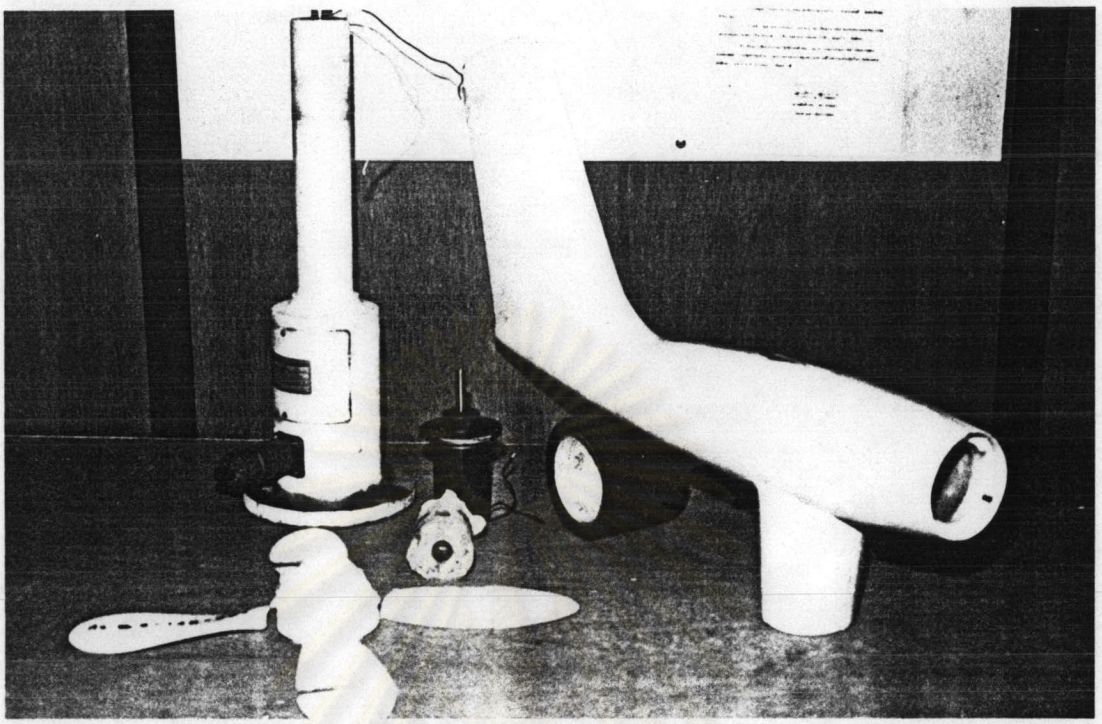


รูปที่ 4-3 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองหาค่าโมเมนต์แรงเฉื่อยของเพลากังหัน
โดยวิธี Compound pendulum

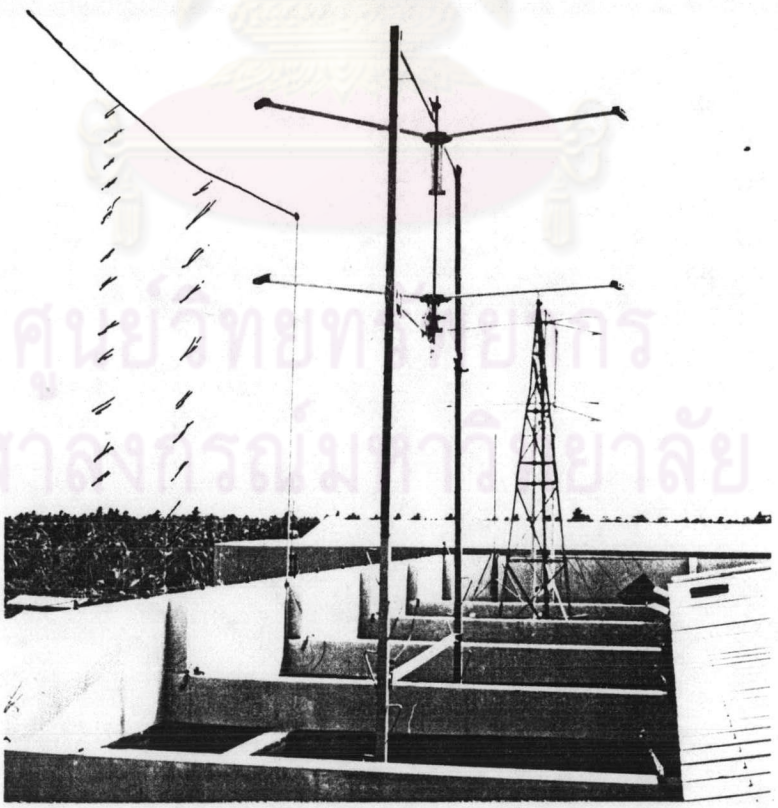




รูปที่ 4-4 ทดสอบการทำงานของกังหันลมชุดแรกแขนทำด้วยไม้อัดเคลือบด้วยโพลียูริเทน เพื่อทดสอบอายุการใช้งานในสภาพบรรยากาศจริง (ติดตั้งตั้งแต่ มกราคม 2528 ถอดลง มกราคม 2531)

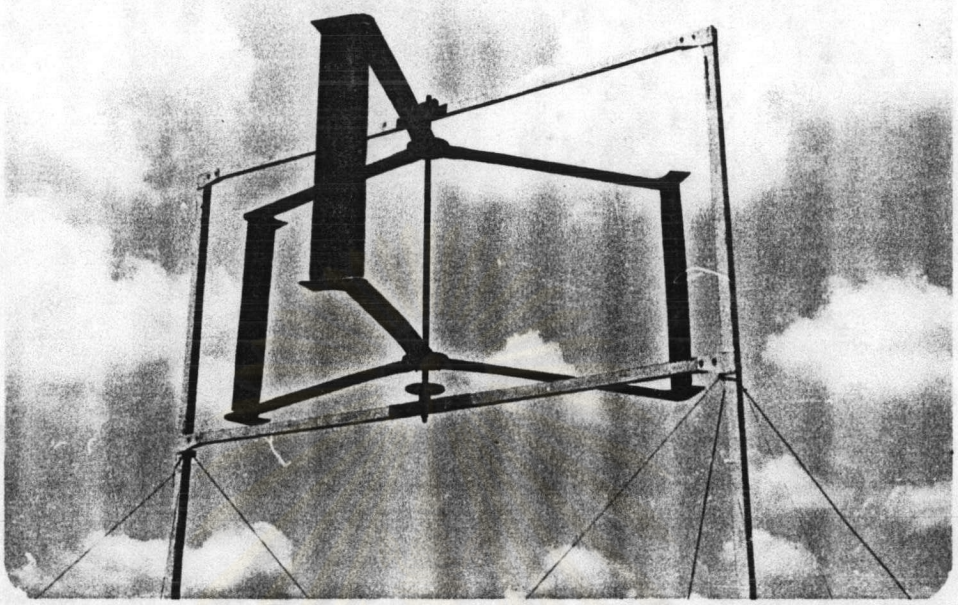


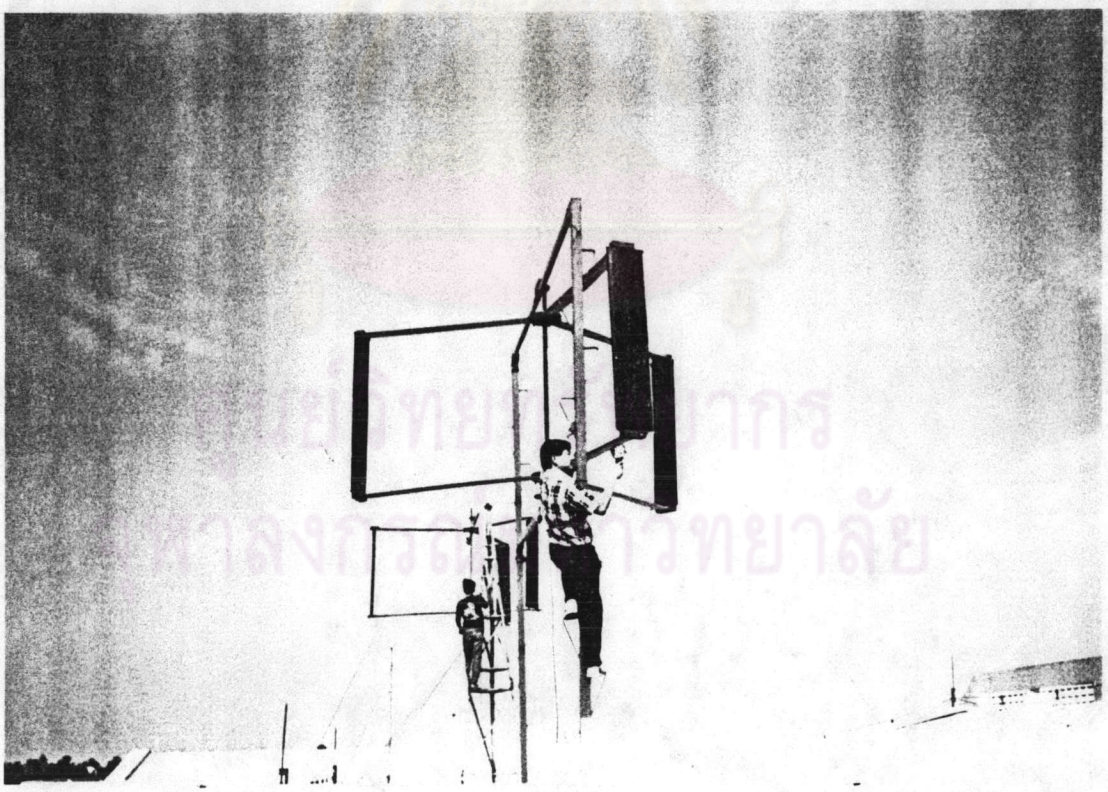
รูปที่ 4-5 เวลา 16.30 น. วันที่ 7 เมษายน 2529 เกิดพายุฤดูร้อนพัด
กังหันและเครื่องวัดลมพังหมด



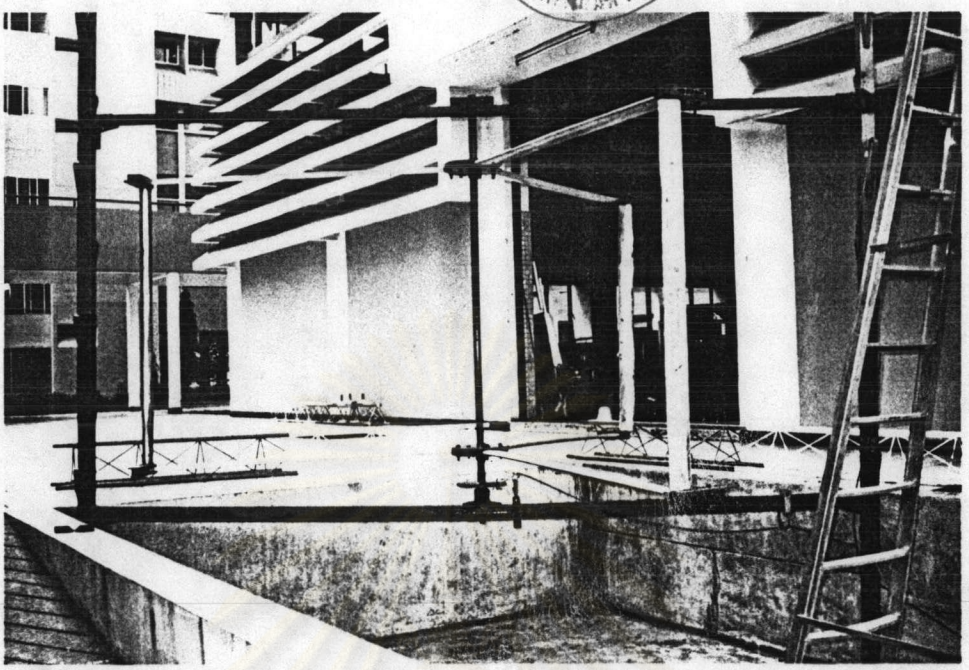
รูปที่ 4-6 การศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมเมื่อปะทะขอบอาคารสูง
โดยการผูกพู่พลาสติกในแนวดิ่งสูง 6 เมตร (ตามแนวคิด ดร.สมศักดิ์ ไชยะภินันท์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

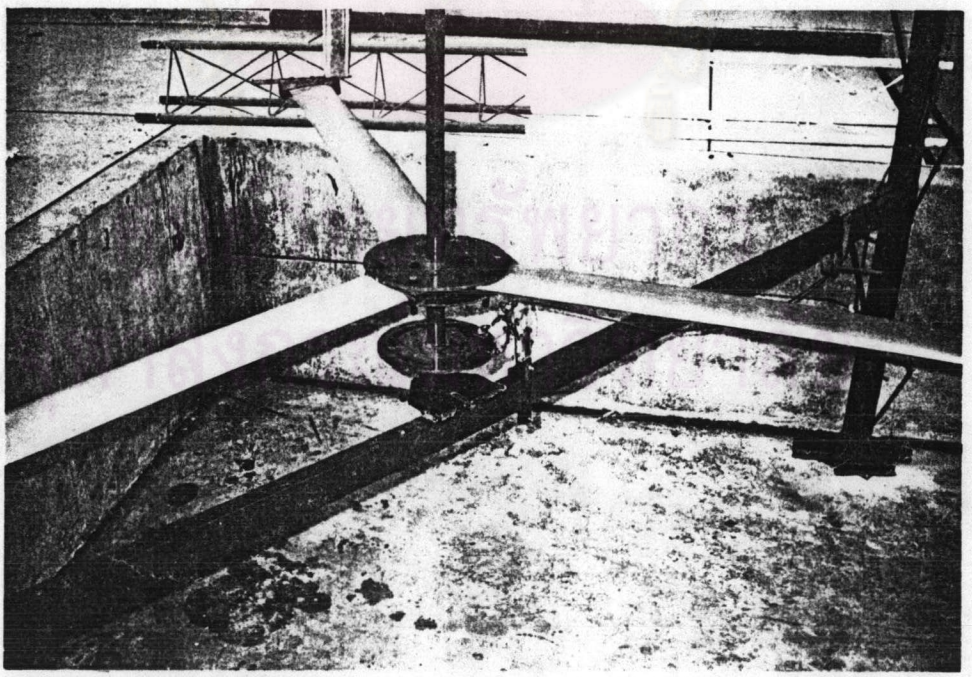




รูปที่ 4-7 ทดลอบการทำงานของกังหันลมชุดแรก และชุดที่ลองยึงแขนทำด้วยอลูมิเนียม อัดขึ้นรูปเป็นแพนอากาศ NACA 0018 (ทดลอบเมื่อธันวาคม 2529 - มกราคม 2530)



รูปที่ 4-8 แสดงส่วนหน้าของปีกใบพัดตั้งในแนวดิ่งระหว่างแขนกังหันล่างบน
(ยังไม่ได้หุ้มด้วยผ้าใบและส่วนหางของปีก)



รูปที่ 4-9 แสดงการติดตั้งกังหันแขนจะถูกยึดด้วยแผ่นเหล็กกลมประกบตั้งฉากกับเพลากังหัน