

การศึกษาพลังงานลมที่ตำบลบางปะกง

The study of wind energy at Bangpakong district

มงคล มงคลวงศ์โรจน์ และ จัตรชัย งามโชคชัย
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทร 02-3269987, โทรสาร 02-3269063

Mongkol Mongkolwongrojn and Chatchai Ngamchokchai
Department of Mechanical Engineering , Faculty of Engineering , King Mongkut's Institute Technology Ladkrabang
Chalongkrung Rd. Ladkrabang Bangkok 10520 , Thailand
Tel:(662)326 9987 , Fax 02- 3269063

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาทดลองวัดความเร็วลมที่ระดับความสูง 10 เมตร, 25 เมตร และ 35 เมตร จากระดับพื้นดินที่ อำเภอบางปะกง ในปี พ.ศ. 2542 โดยใช้สมการ Weibull distribution และใช้วิธี Least square method ในการคำนวณหาค่า shape parameter และ scale parameter เพื่อใช้หาความถี่ของความเร็วลมและการกระจายความหนาแน่นกำลังลมและความถี่ของความเร็วลมและค่าของกำลังลมที่ระดับความสูงทั้ง 3 ระดับ ที่ระดับความสูง 10 เมตร มีการกระจายความหนาแน่นกำลังลม 152.162 kW/m² ที่ระดับความสูง 25 เมตร มีการกระจายความหนาแน่นกำลังลม 350.057 kW/m² และระดับความสูง 35 เมตร มีการกระจายความหนาแน่นกำลังลม 1975.085 kW/m² โดยใช้สมการ Power law method เพื่อที่จะศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลม

Abstract

This paper presents the experimental study on measuring wind speed at Bangpakong district. The wind speed was measured at three altitudes 10 meter, 25 meter and 35 meter from ground level in 1999. The Weibull distribution of wind velocity was introduced by using least square method to obtain shape parameter and scale parameter. Wind energy distribution was estimated at three difference altitudes and compared with the results from power law model. Simulation of wind turbine and generator to generate electricity was also included in this study.

1.บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ซึ่งพลังงานมีอยู่หลายรูปแบบ ในบทความนี้จะศึกษาการกระจายความเร็วลมและการกระจายความหนาแน่นกำลังลม เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองใน

การวัดความเร็วลม เพื่อใช้ในการศึกษา Wind turbine ในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป

2.ทฤษฎี

สมการที่ใช้ในการกระจายความเร็วลม Weibull distribution[8] เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลการทดลอง

$$h_i = H \exp\left[-\left(\frac{v_i}{c}\right)^k\right] \quad (1)$$

โดยที่ H = ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง(hr.)

h_i = ความถี่ที่ความเร็ว v_i (hr.)

v_i = ความเร็วลม(m/s)

c = scale parameter

k = shape parameter

ทำการ take ln สมการที่ (1) เพื่อทำการหาค่าของ c และ k

$$(\ln H - \ln h_i) - \left(\frac{v_i}{c}\right)^k = 0 \quad (2)$$

ทำการ take ln สมการที่ (2)

$$\ln(\ln H - \ln h_i) - k \ln v_i + k \ln c = 0 \quad (3)$$

สมการ (3) ใช้ sum least square method เพื่อหาค่า c และ k

$$\sum_{i=1}^n (\ln(\ln H - \ln h_i) - k \ln v_i + k \ln c)^2 = 0 \quad (4)$$

จะได้กราฟการกระจายความเร็วลม (v_i) เทียบกับชั่วโมง (h_i)

การกระจายพลังงานลม (wind energy distribution) จากสมการ Power law [3]

$$P = \rho A v^3 \quad (5)$$

โดยที่ P = กำลังลม (Watt)

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3) [4]

A = พื้นที่หน้าตัดของกังหันลม (m^2)

v = ความเร็วลม (m/s)

จากสมการที่ (5) ย้ายสมการหาค่าความเร็วลม เพื่อที่จะนำไปแทนค่าในสมการ (2) Weibull distribution ซึ่งจะได้สมการ การกระจายความหนาแน่นกำลังลม (P) เทียบกับความเร็วที่ความเร็ว v_i (h_i)

จากสมการที่ (5) จะได้สมการความเร็วลม

$$v_i = \left(\frac{P}{\rho A} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

จากสมการที่ (2) ย้ายสมการหาค่าความเร็วลม (v_i)

$$v_i = c(\ln H - \ln h_i)^{\frac{1}{k}} \quad (7)$$

จากสมการความเร็วลมของ Wind energy เท่ากับความเร็วลมของสมการ Weibull distribution จะได้สมการ การกระจายพลังงานต่อหน่วยพื้นที่

$$\frac{P}{A} = \rho c^3 (\ln H - \ln h_i)^{\frac{3}{k}} \quad (8)$$

จากสมการที่ 8 ทำการรวมความหนาแน่นกำลังลม โดยการอินทิเกรตใช้กฎของซิมป์สัน (Symson's rule)

3. การทดลอง

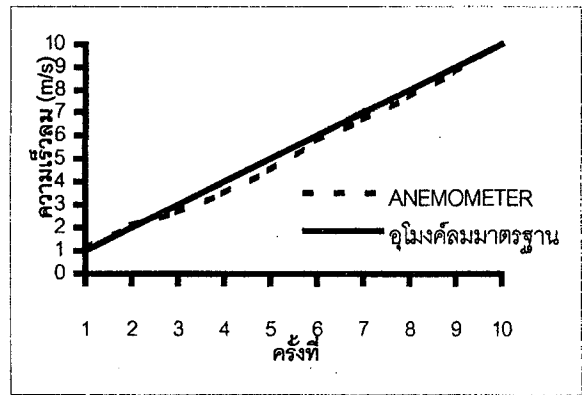
ชุดการทดลองประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. เครื่องวัดความเร็วลมระบบดิจิตอล ได้ทำการสอบเทียบกับอุโมงค์ลมมาตรฐานของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีค่าผิดพลาดมากในช่วง 4-5 m/s แสดงดังรูปที่ 1

2. ชุด Wind arrow

3. เข็มทิศ

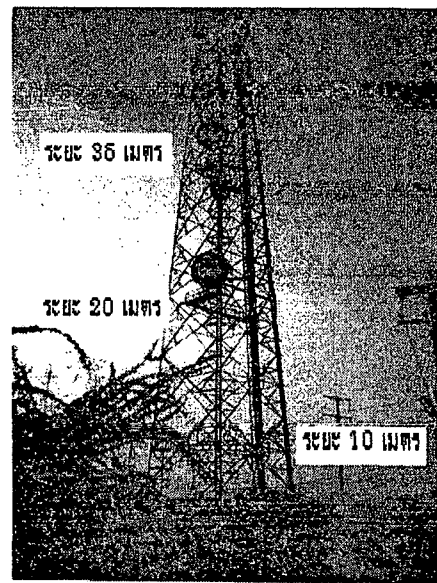
4. เทอร์โมมิเตอร์



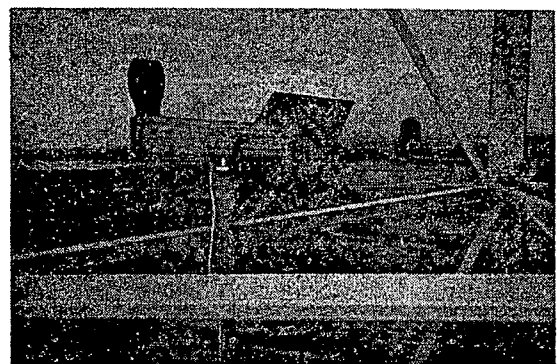
รูปที่ 1 กราฟแสดงการปรับค่าของ ANEMOMETER

3.1 วิธีการทดลอง

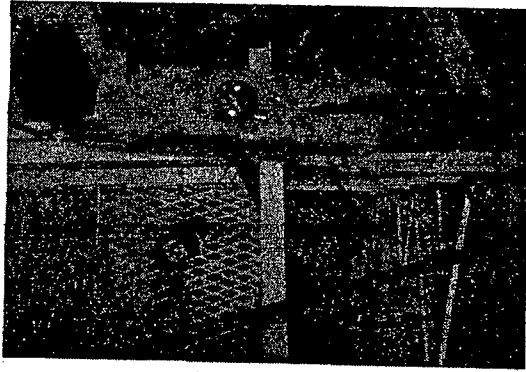
ตรวจวัดพลังงานลม ในวิจัยนี้ได้ใช้สถานีโทรคมนาคมขององค์การโทรศัพท์ อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ระดับความสูง 10 เมตร, 20 เมตร และ 35 เมตร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงระยะที่ใช้วัดความเร็วลม



รูปที่ 3 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดลม



รูปที่ 4 แสดงการวัดทิศทางลม

ทำการประกอบชุดเครื่องวัดความเร็วลม ซึ่งเครื่องวัดความเร็วลมเคลื่อนที่หมุนได้ดังรูปที่ 3 เพื่อที่จะได้วัดความเร็วลมได้สูงสุด และใช้เข็มทิศวางด้านบนของ Wind arrow ดังรูปที่ 4 เพื่อที่จะดูทิศทางของลม แล้วอ่านค่าของอุณหภูมิที่เทอร์มิสเตอร์ที่ระดับความสูงต่างๆ ทำการบันทึกค่าลงในตารางทดสอบความเร็วและทิศทางของลม

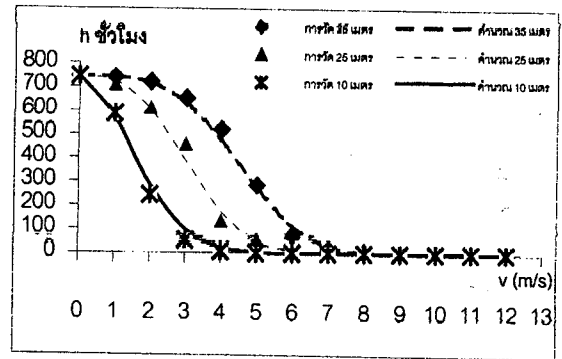
3.2 ผลการทดลอง

จากการเก็บข้อมูลความเร็วลมของเดือนต่างๆ ที่ระดับความสูง 10 m, 25 m และ 35 m ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลความเร็วลม (m/s)

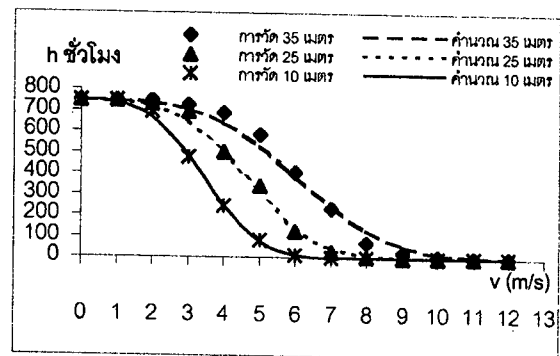
เดือน ปี	10 เมตร	25 เมตร	35 เมตร
ธันวาคม 2541	3.168	3.982	5.099
มกราคม 2542	2.936	4.048	5.006
กุมภาพันธ์ 2542	2.762	3.812	4.781
มีนาคม 2542	3.191	4.097	4.954
พฤษภาคม 2542	2.860	3.944	5.318
มิถุนายน 2542	2.483	3.808	5.120
กรกฎาคม 2542	2.656	4.509	5.785
สิงหาคม 2542	1.652	3.128	4.542
กันยายน 2542	1.956	3.505	5.152
ตุลาคม 2542	1.720	3.430	5.115
ธันวาคม 2542	3.457	4.713	6.135
มกราคม 2543	2.115	3.439	4.924

จากข้อมูลความเร็วลมในตารางที่ 1 เดือนสิงหาคม 2542 มีความเร็วลมต่ำ และเดือนธันวาคม 2542 มีความเร็วลมสูง จะนำเอาข้อมูลของความเร็วลมทั้ง 2 เดือน ที่ทำการทดลองมาวิเคราะห์ เพื่อทำการกระจายความเร็วลมเทียบกับสมการ (Weibull distribution) ทางทฤษฎี และการกระจายความหนาแน่นกำลังลมทางทฤษฎี



รูปที่ 5 กราฟแสดงการกระจายความเร็วลม เดือนสิงหาคม 2542 เทียบกับทฤษฎี

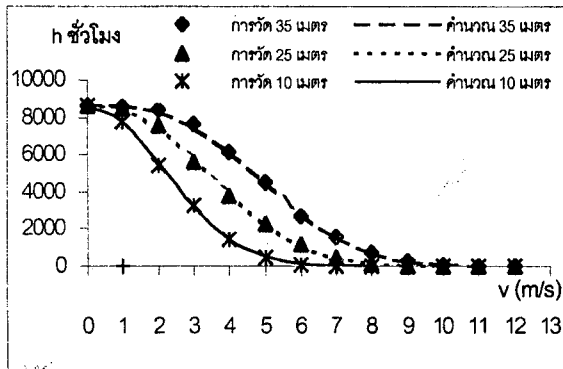
จากกราฟรูปที่ 5 กราฟแสดงการกระจายความเร็วลม เดือนสิงหาคม 2542 เทียบกับสมการทางทฤษฎี ซึ่งมีความเร็วลมต่ำ จะได้ค่าคงที่ของ scale parameter (c) และ shape parameter (k) ที่ระดับความสูง 10 เมตร จะได้ค่า C เท่ากับ 2.05, k เท่ากับ 1.85 ความสูง 25 เมตร จะได้ค่า C เท่ากับ 3.50 k เท่ากับ 2.80 และที่ความสูง 35 เมตร จะได้ค่า C เท่ากับ 5.00 k เท่ากับ 3.52 แล้วนำค่า (C,k) แทนในสมการที่ (1) (Weibull distribution) และทำการแทนค่า v_i จะได้กราฟรูปที่ 5 เทียบกับการทดลองที่เก็บข้อมูลลม เพื่อศึกษาการกระจายความเร็วลม จากกราฟจะเห็นว่า การกระจายความเร็วลมสูงจะมีจำนวนเวลาน้อย (ชั่วโมง) และในทางกลับกันการกระจายความเร็วลมต่ำจะมีจำนวนเวลามาก (ชั่วโมง)



รูปที่ 6 กราฟแสดงการกระจายความเร็วลม เดือนธันวาคม 2542 เทียบกับทฤษฎี

จากกราฟรูปที่ 6 กราฟแสดงการกระจายความเร็วลม เดือนธันวาคม 2542 เทียบกับสมการทางทฤษฎี ซึ่งมีความเร็วลมสูง จะได้ค่าคงที่ของ scale parameter (c) และ shape parameter (k) ที่ระดับความสูง 10 เมตร จะได้ค่า C เท่ากับ 3.90, k เท่ากับ 3.30 ความสูง 25 เมตร จะได้ค่า C เท่ากับ 5.20, k เท่ากับ 3.50 และที่ความสูง 35 เมตร จะได้ค่า C เท่ากับ 6.80, k เท่ากับ 3.50 แล้วนำค่า (C,k) แทนในสมการที่ (1) (Weibull distribution) และทำการแทนค่า v_i จะได้กราฟรูปที่ 6 เทียบกับการทดลองที่เก็บข้อมูลลม เพื่อศึกษาการกระจายความเร็วลม จากกราฟจะเห็นว่า การกระจายความเร็วลมสูงจะมีจำนวนเวลาน้อย (ชั่วโมง)

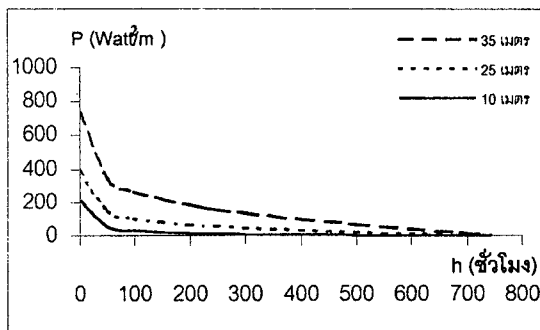
โมง) และในทางกลับกันการกระจายความเร็วลมต่ำจะมีจำนวนเวลามาก(ชั่วโมง)



รูปที่ 7 กราฟแสดงการกระจายความเร็วลมปี 2542 เทียบกับ ทฤษฎี

จากกราฟรูปที่ 7 กราฟแสดงการกระจายความเร็วลมเฉลี่ยปี 2542 เทียบกับสมการทางทฤษฎี จะได้ค่าคงที่ของ scale parameter (c) และ shape parameter (k) ที่ระดับความสูง 10 เมตร จะได้ค่า C เท่ากับ 3.00, k เท่ากับ 2.022 ความสูง 25 เมตร จะได้ค่า C เท่ากับ 4.40, k เท่ากับ 2.4168 และที่ความสูง 35 เมตร จะได้ค่า C เท่ากับ 5.78, k เท่ากับ 2.95 แล้วนำค่า(C,k)แทนในสมการที่(1) (Weibull distribution) และทำการแทนค่า v_i จะได้กราฟรูปที่ 7 เทียบกับการทดลองที่เก็บข้อมูลลม เพื่อศึกษาการกระจายความเร็วลม จากกราฟจะเห็นว่าการกระจายความเร็วลมสูงจะมีจำนวนเวลาน้อย(ชั่วโมง) และในทางกลับกันการกระจายความเร็วลมต่ำจะมีจำนวนเวลามาก(ชั่วโมง)

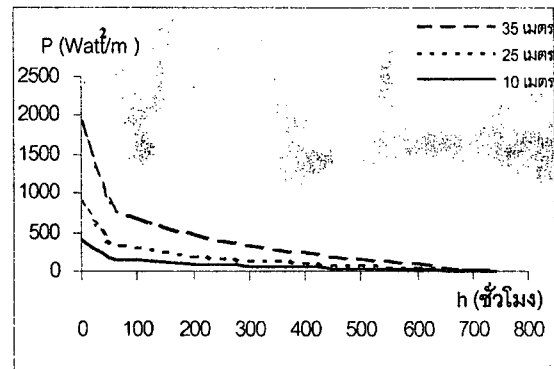
การกระจายความหนาแน่นกำลังลมได้จากสมการ(8) ในทางทฤษฎี เป็นกราฟแสดงการกระจายความหนาแน่นกำลังลม(วัตต์ต่อพื้นที่) เทียบกับเวลา(ชั่วโมง)



รูปที่ 8 กราฟแสดงการกระจายความหนาแน่นกำลังลม เดือน สิงหาคม 2542

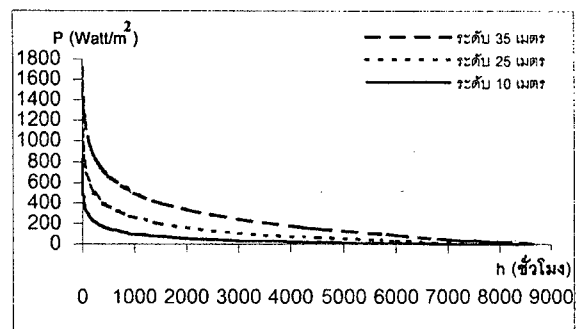
จากรูปที่ 8 กราฟแสดงการกระจายความหนาแน่นกำลังงานลม เดือนสิงหาคม 2542 ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำ เมื่อนำมาเทียบกับกราฟการกระจายความเร็วลม จะสอดคล้องกัน เพราะว่าการกระจายพลังงานสูงจะมีเวลาน้อย(ชั่วโมง) และในทำนองเดียวกันที่การกระจายความ

หนาแน่นกำลังงานลมต่ำจะมีเวลามาก(ชั่วโมง) และค่าการกระจายพลังงานจะน้อยกว่าเดือนธันวาคม 2542 จากการรวมความหนาแน่นกำลังงานลม โดยการอินทิเกรตสมการที่(8)ใช้กฎซิมป์สัน(Symson's rule) ที่ระดับความสูง 35 เมตร มีกำลังลม 102.575 kW/m^2 ความสูง 25 เมตร มีกำลังลม 38.366 kW/m^2 ความสูง 10 เมตร มีกำลังลม 10.832 kW/m^2



รูปที่ 9 กราฟแสดงการกระจายพลังงานลม เดือนธันวาคม 2542

จากรูปที่ 9 กราฟแสดงการกระจายพลังงานลม เดือนธันวาคม 2542 ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยสูง เมื่อนำมาเทียบกับกราฟการกระจายความเร็วลม จะสอดคล้องกัน เพราะว่าการกระจายพลังงานสูงจะมีเวลาน้อย(ชั่วโมง) และในทำนองเดียวกันที่การกระจายพลังงานต่ำจะมีเวลามาก(ชั่วโมง) และค่าการกระจายพลังงานจะมากกว่าเดือนสิงหาคม 2542 จากการรวมความหนาแน่นกำลังงานลม โดยการอินทิเกรตสมการที่(8) ใช้กฎซิมป์สัน(Symson's rule) ที่ระดับความสูง 35 เมตร มีกำลังลม 265.826 kW/m^2 ความสูง 25 เมตร มีกำลังลม 118.773 kW/m^2 ความสูง 10 เมตร มีกำลังลม 50.969 kW/m^2



รูปที่ 10 กราฟแสดงการกระจายพลังงานลมปี 2542

จากรูปที่ 10 กราฟแสดงการกระจายพลังงานลมปี 2542 เมื่อนำมาเทียบกับกราฟการกระจายความเร็วลม จะสอดคล้องกัน เพราะว่าการกระจายพลังงานสูงจะมีเวลาน้อย(ชั่วโมง) และในทำนองเดียวกันที่การกระจายพลังงานต่ำจะมีเวลามาก(ชั่วโมง) จากการรวมความหนาแน่นกำลังงานลมเฉลี่ยในปี 2542 โดยการอินทิเกรตสมการที่(8) ใช้กฎซิมป์สัน(Symson's rule) ที่ระดับความสูง 35 เมตร มีกำลังลม 1975.085 kW/m^2 ความสูง 25 เมตร มีกำลังลม 350.057 kW/m^2 ความสูง 10 เมตร มีกำลังลม 152.162 kW/m^2

4.สรุป

จากการศึกษาการกระจายความเร็วลมโดยใช้สมการ Weibull distribution จะสอดคล้องกับการกระจายความเร็วลมจากเก็บข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูงทั้ง 3 ระดับ และการกระจายความเร็วลมกับการกระจายความหนาแน่นกำลังลม จะสอดคล้องกันคือการกระจายความเร็วลมกับการกระจายความหนาแน่นกำลังลมต่ำจะมีเวลามาก(ชั่วโมง) จากการคำนวณการกระจายความหนาแน่นกำลังลมที่ความเร็วลมเฉลี่ยต่ำเดือน สิงหาคม 2542 ที่ระดับความสูง 35 เมตร มีกำลังลม 102.575 kW/m^2 ความสูง 25 เมตร มีกำลังลม 38.366 kW/m^2 ความสูง 10 เมตร มีกำลังลม 10.832 kW/m^2 การกระจายความหนาแน่นกำลังลมที่ความเร็วลมเฉลี่ยสูงเดือน ธันวาคม 2542 ที่ระดับความสูง 35 เมตร มีกำลังลม 265.826 kW/m^2 ความสูง 25 เมตร มีกำลังลม 118.773 kW/m^2 ความสูง 10 เมตร มีกำลังลม 50.969 kW/m^2 และการรวมความหนาแน่นกำลังงานลมเฉลี่ยในปี 2542 ที่ระดับความสูง 35 เมตร มีกำลังลม 1975.085 kW/m^2 ความสูง 25 เมตร มีกำลังลม 350.057 kW/m^2 ความสูง 10 เมตร มีกำลังลม 152.162 kW/m^2

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Frank, "Fluid Mechanics" Second Edition, Mc Graw-Hill, 1955.
- [2] M.M. El-Wakil, "Powerplant Technology", Mc Graw-Hill International Edition, 1984.
- [3] R.W.fox and A.T. McDonald, "Introduction to Fluid Mechanics", Fourth Edition, John Wiley & Sons Inc, 1994.
- [4] Jack B. Evett and Cheng Liu "Fundamentals of Fluid Mechanics", McGraw-Hill International Edition, 1987.
- [5] Hatsuo Ishizaki and Arthur N.L.Chiu, "Wind Effects on Structures", University of Tokyo press , 1976.
- [6] Boonchai Ngernswas, "The Analysis of the Wind Situation in Thailand and Design for Local turbines", Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's Institute of technology North Bangkok Campus.
- [7] Pinij Siripurkpong , Banerng Swantragul , Boonchai ngermswas and Kwan Sitathani "Estimated Wind Energy Potential in Thailand","Seminar on Non-Conventional Energy and Application" KMITT-TPA (Thai-Japan),1981.
- [8] Exell , R.H.B., Tavapalachandran , S. and Mukhia ,P., "The Availability of Wind Energy in Thailand", AIT Research Report no. 134, RERIC 1981.
- [9] Kwan sitathani " Analysis of Wind Energy in Thailand " Master Degree Thesis , Division of Energy Technology , King Mongkut's Institute of Technology - Thonburi Campus , 1984.