"ENCON" Energy Saving Fans

******* *Energy Saving Guarantee* *******

ตามหลักการทำงานของระบบ Cooling Tower ซึ่งทำหน้าที่เป็นหอหล่อเย็นในโรงงานอุตสาหกรรม โดย input ที่ใช้ คือ พลังงานกระแสไฟฟ้า (KW) และ output ที่ได้ คือ Air Flow (Q)

ENCON เป็นผู้ผลิตสินค้าใบพัดเพื่อการประหยัดพลังงานและลดต้นทุนค่าพลังงานในระบบ Cooling Tower และอุปกรณ์ทำความเย็นที่ใช้ใบพัดเป็นส่วนประกอบ (Energy Saving Fans) พร้อมการติดตั้งและการรับประกันการประหยัดพลังงาน (Energy Saving Guarantee)

ด้วยการออกแบบของผู้ผลิต ENCON โดยใช้หลักของศาสตร์ Aerodynamics ซึ่งนำมาใช้ในการออกแบบใบพัดสำหรับระบบ Cooling Tower เพื่อให้เกิดผล คือ

1) สามารถลดการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้า (KW) ของมอเตอร์ลง
2) คงหรือเพิ่ม Air Flow (Q) ให้สูงขึ้น

ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัย สามารถส่งผลให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ตามสมการการคำนวณหาประสิทธิภาพ (nf)

$$nf = \frac{Q \times TP}{1{,}000 \times KW}$$

Energy Saving Guarantee

nf = Fan efficiency
KW = Power consumption (Kilowatt)
Q = Airflow (m^3 / sec)
TP = Total pressure (Pascal)
nf = Fan efficiency

ใบพัดเดิมที่ใช้ทั่วไป (Conventional)

- **ใบพัด Aluminium**

Aluminium เป็นโลหะที่มีการใช้งานแพร่หลายในการผลิตใบพัด โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

1) Aluminium เป็นโลหะที่สามารถเกิดการ Corrosion, Erosion เมื่อสัมผัสกับกรด เบส หรือเกิดการกัดกร่อนในพื้นที่ที่ใกล้ทะเล
2) Aluminium เป็นโลหะที่มีอัตราการเกิดออกซิไดซ์กับอากาศ ทำให้เกิดการสึกกร่อน และส่งผลให้เกิด Friction ที่ผิวสูงขึ้น
3) การขึ้นรูป : สาเหตุที่เรียกใบพัด Aluminium ว่าเป็นแบบ conventional เนื่องจากการขึ้นรูปใบพัด Aluminium ไม่สามารถขึ้นรูปแบบ Aerodynamics design ส่งผลให้การตั้งมุม (Angle) ของใบต้องตั้งมุมสูง ซึ่งทำให้เกิด friction สูงขึ้น

- **ใบพัด Polyester (GRP)**

Polyester เป็นพลาสติกที่มีราคาถูก แต่ด้วยคุณสมบัติที่ดูดซึมน้ำเข้าไปในเนื้อพลาสติกได้ง่าย ซึ่งส่งผลให้เกิดอัตราการเสื่อมสภาพของใบเร็ว และส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพที่ลดลง ตามคุณสมบัติเปรียบเทียบในตาราง

Properties	ASTM No.	FRP Laminates	GRP Laminates
Tensile Strength (p.s.i.)	D 638	45,000 – 100,000	18,000 – 55,000
Modulus of Elasticity in Tension 105 psi	D 638	25 -35	10 – 28
Flexural Strength (p.s.i.)	D 790	45,000 – 100,000	18,000 – 80,000
Sheer Strength (p.s.i.)	D 732	17,000 – 30,000	12,000 – 18,000
Bond Strength (lb.)	D 952	1,600 – 3,200	2,000 – 3,000
Heat Resistance (0C)	-	105 – 180	95 – 150
Water Absorption (%)	D 570	0.05 – 0.30	0.2 – 2.5
Effect of Strong Acid	D 543	slight	Some attack
Effect of Strong Alkalines	D 543	slight	Some to severe
Rupture in Tensile (N/mm2)	-	53	22
Rupture in Shearing (N/mm2)	-	68	53

การออกแบบใบพัดประหยัดพลังงาน ENCON

1) **Fans design :** efficiency ที่เพิ่มขึ้นของใบพัดของ ENCON เกิดจากการ design ใบพัดตามหลัก Aerodynamics ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน ประมาณ 70%
2) **Deteriorated factor** (การเสื่อมสภาพจากความชื้น & สิ่งสกปรก) : จากสภาพในระบบ Cooling Tower ที่มีความชื้นและฝุ่นตลอดเวลา กรณีของใบพัด Aluminium จะเกิดการผุกร่อน (erosion) ซึ่งลดประสิทธิภาพลงประมาณ 15% ปัญหานี้สามารถลดลงได้จาก การใช้ใบพัด ENCON FRP + Epoxy Fans
3) **Friction Loss :** หากมิได้พิจารณาปัจจัยเรื่องการ design แล้ว การเปลี่ยนเฉพาะวัสดุจาก Aluminium มาเป็นใบพัด ENCON ซึ่งผลิตจากวัสดุ Epoxy ซึ่งเกิดการกัดกร่อนได้ยากมาก ช่วยให้พื้นที่ผิวของใบที่คงความเรียบไว้ได้ในระยะยาว ซึ่งส่งผลให้เกิด friction loss ต่ำ มีผลต่อการประหยัดพลังงาน ประมาณ 10%

4) **Weight :** ใบพัด ENCON ซึ่งขึ้นรูปแบบ Hollow blades มีน้ำหนักเบากว่าใบพัด Aluminium 2 -3 เท่า โดยมีผลดี คือ ช่วยยืดอายุของ Bearing / V-Belt และลดพลังงานในช่วงของการเริ่ม start Torque ซึ่งช่วยในการประหยัดพลังงานประมาณ 5%

Factor หลักตามศาสตร์ของ Aerodynamics ที่ใช้ใน Fans design มีดังนี้

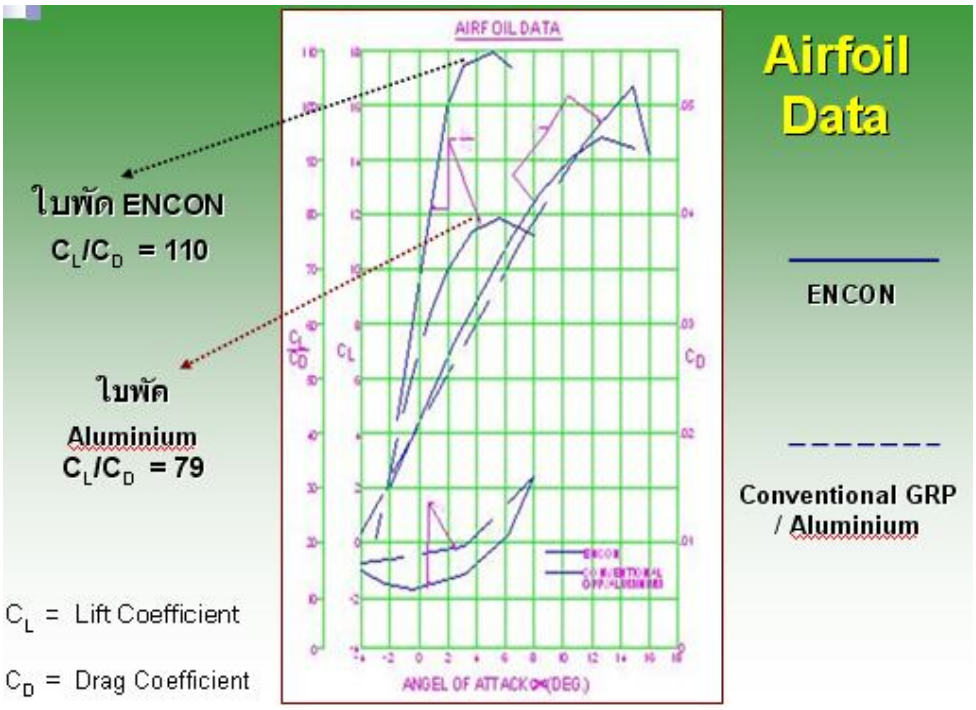
1) **Design of Blade**
   - Airfoil section
   - Profile of blade at difference radii & staggering
   - Chord length at difference radii
   - Blade twist
   - Thickness and Camber
   - Angle of attack

2) **Design of Hub**
   - Minimum Air Cycling loss

3) **No. of Blades**
   - Air volume & Pressure requirement

4) **Fan RPM**
   - For tip speed along with Noise & Vibration Criteria

Airfoil Section



จากหลักการ design Airfoil Data

C_L = Lift (กระแสลมที่ได้จากใบพัด)

C_D = Drag (แรงที่ต้องใช้ในการหมุนใบที่ความเร็วที่ต้องการ)

C_L/C_D = Lift / Drag Ratio (ยิ่งมากยิ่งดี)

Lift to Drag Ratio แสดงถึงอัตราของการเพิ่ม Air Flow / แรงที่ต้องใช้ในการขับใบ ซึ่ง ratio นี้ ยิ่งมาก หมายถึง ประสิทธิภาพยิ่งสูงขึ้น

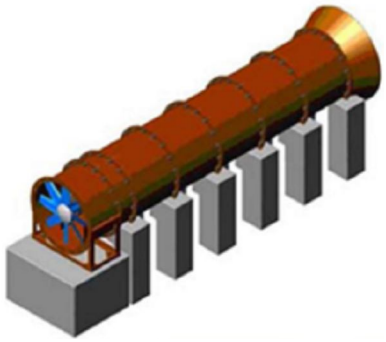
Camber เป็นตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อ performance ของใบพัด จากรูป เป็นตัวอย่างของภาพตัดขวางของใบพัด โดย Camber คือ ระยะห่างระหว่าง Median line และ Chord line

Angle of attack

*ส่วน*ของใบพัด ENCON ด้านที่สัมผัสตรงกับอากาศ ได้รับการออกแบบให้มีความหนากว่าอีกด้านหนึ่ง เพื่อให้มีความแข็งแรงและคงทนต่อแรงต้านที่เกิดขึ้น และจากการออกแบบตามศาสตร์ Aerodynamics จะช่วยให้สามารถลดการตั้งมุมของใบให้ต่ำกว่าใบพัดเดิมทั่วไป ซึ่งช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานมอเตอร์เพื่อหมุนใบลดลงด้วย

โปรแกรมสำหรับการออกแบบใบพัด ENCON ตามหลัก Aerodynamics

Wind Tunnel Testing



เป็นชุดทดสอบตามหลักของ Aerodynamics คือ การทดสอบการทำงานจริงใบพัด ENCON ในชุด Wind Tunnel โดยมีการเปลี่ยนแปลง (varies) conditions ต่าง ๆ เช่น มุมใบ , Pressure ของการทำงาน เพื่อที่จะหา condition ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด (maximize efficiency)

SR. NO.	BLADE ANGLE	ΔP INCHES WG.	ST. PR. INCHES WG	MOTOR POWER (IN KW)	AIR VOLUME (CFM)	VELOCITY PRESSURE (INCHES OF WG)	TOTAL PRESSURE (INCHES WG)	TOTAL EFFICIENCY (%)
1.	18^0	0.195	1	3.22	20089	0.20	1.20	87.85
2.		0.43	0.68	4.46	29831	0.45	1.13	88.65
3.		0.77	0.20	5.27	39919	0.80	1.00	88.90
4		0.87	0.06	5.37	42432	0.90	0.96	89.0
1.	16^0	0.16	0.80	2.35	18197	0.16	0.96	87.35
2.		0.28	0.65	3.0	24072	0.29	0.94	87.80
3.		0.40	0.45	3.3	28772	0.41	0.86	88.10
4.		0.62	0.24	4.18	35820	0.64	0.88	88.45
1.	14^0	0.18	0.60	2.0	19300	0.19	0.79	86.80
2.		0.29	0.44	2.4	24498	0.30	0.74	87.35
3.		0.45	0.25	3.0	30517	0.47	0.72	87.80
4.		0.61	0.040	3.17	35530	0.63	0.67	88
1.	12^0	0.22	0.31	1.56	21338	0.23	0.54	86.80
2.		0.33	0.24	2.0	26133	0.34	0.58	87.05
3.		0.37	0.15	1.97	27672	0.38	0.53	87.20
4.		0.41	0.08	1.95	29129	0.42	0.50	87.25
1.	10^0	0.18	0.20	1.02	19300	0.19	0.39	86
2.		0.30	0.04	1.18	24917	0.31	0.35	86.5

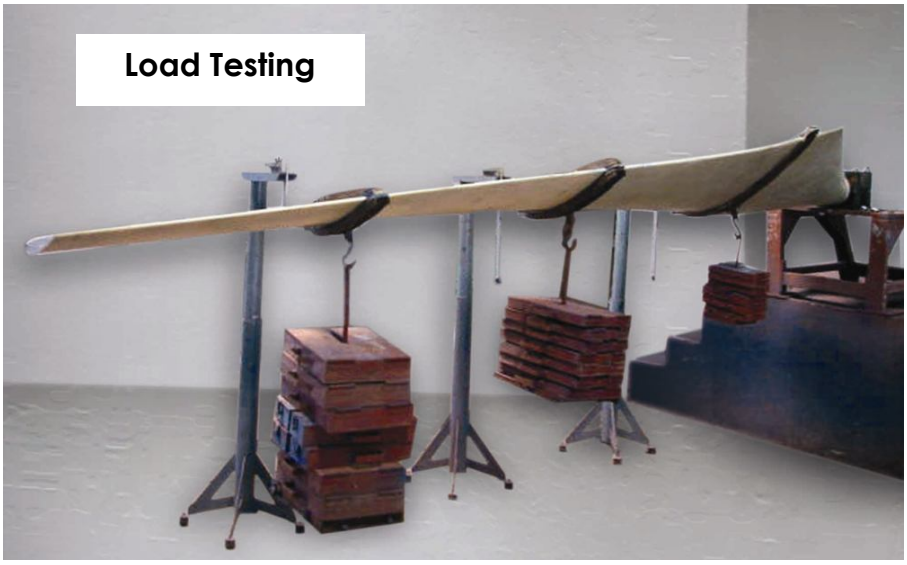
โครงสร้างใบพัด ENCON

ใบพัด ENCON ผลิตจากวัสดุ Engineering Plastic คือ Epoxy ผสมกับ FRP (Fibre-Glass reinforced plastic) ขึ้นรูปด้วยกระบวนการผลิต Pressure Bag Molding ซึ่งทำให้สามารถขึ้นรูปให้ได้ design แบบ Aerodynamics และเคลือบผิวใบด้วยสี Epoxy อีก 2 ชั้น คือ ชั้นของ Anti-Corrosion และ Extra Coating ป้องกัน Erosion และ UV

ชุดใบพัด ENCON 1 ชุด ประกอบด้วย ใบพัด, Hub และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ โดยมีใบรับประกันใบพัดเป็นเวลา 2 ปี

คุณภาพและอายุการใช้งานของใบพัด ENCON

คุณสมบัติทางกล (Mechanical Strength)



ใบพัด ENCON ทุก Lot การผลิต จะผ่านการทดสอบคุณสมบัติทางกลและทางฟิสิกส์หลาย ๆ ค่า โดย วิธีการทดสอบความแข็งแรงอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ การทดสอบ Load Testing คือ การนำใบพัดที่ผลิตได้มาผ่านการรับน้ำหนักที่ load สูงถึง 1,500 kg และตามมาตรฐานการทดสอบ คือ จะเกิดการ bend ได้ไม่เกิน 30 mm. จึงจะผ่านการทดสอบ และนำไปผลิตในขั้นตอนต่อไป

Properties	Unit	ENCON FRP with Epoxy Fans Blades	Steel Blades
Ultimate Tensile Strength	Kg/cm2	4,000 – 8,000	2,038
Tensile Modulus	Kg/cm2	2.5 – 4.8 x 105	21.4 x 105
Flexural Strength	Kg/cm2	2,500 – 10,000	1,940
Flexural Modulus	Kg/cm2	3 – 5 x 105	21.4 x 105
Compressive Strength	Kg/cm2	2,500 – 5,000	1,900
Specific Gravity	-	1.8 - 2	7.8

คุณสมบัติทางเคมี (Chemical resistance)

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตใบพัด คือ Epoxy ซึ่งเป็นพลาสติกประเภท Thermosetting ซึ่งมีคุณสมบัติเด่น คือ ความคงทนต่อกรด & ด่าง และ solvent ต่าง ๆ มีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ มีการหดตัวน้อย เป็นฉนวนที่ดี ทนไฟ Arc ได้ดี ทน heat ที่อุณหภูมิสูง

คุณสมบัติ Epoxy เปรียบเทียบกับ Polyester

คุณสมบัติ	Epoxy	Polyester
ความถ่วงจำเพาะ	1.11 – 1.8	13
อุณหภูมิที่ทำให้เสื่อมสภาพ	250 - 290	140 - 425
ปฏิกิริยากับกรดอ่อน	ไม่	เล็กน้อย
ปฏิกิริยากับกรดแก่	มีกับกรดบางชนิด	มาก
ปฏิกิริยากับด่างอ่อน	ไม่	มีมากกับด่างบางชนิด
ปฏิกิริยากับด่างแก่	เล็กน้อย	มีมาก
ปฏิกิริยากับสารละลาย	เล็กน้อย	มีมากกับสารละลายบางชนิด
ปฏิกิริยากับแสงแดด	ไม่	ซีด

**** Epoxy เป็นวัตถุดิบที่ ENCON เลือกใช้ในการผลิตใบพัดประหยัดพลังงาน

การ Balance ชุดใบพัด

ใบพัด ENCON ที่ผลิตและติดตั้งให้กับลูกค้า จะผ่านการ Balance 2 ประเภท คือ Static Balance คือ การทำ balance ชุดใบพัดและ Dynamic Balance คือ การทำ balance ชุด Hub พร้อมกับการออกใบ Certificate มาให้พร้อมกับสินค้าทุกชุด

การติดตั้งและ ทดสอบ (Installation & Performance Testing)

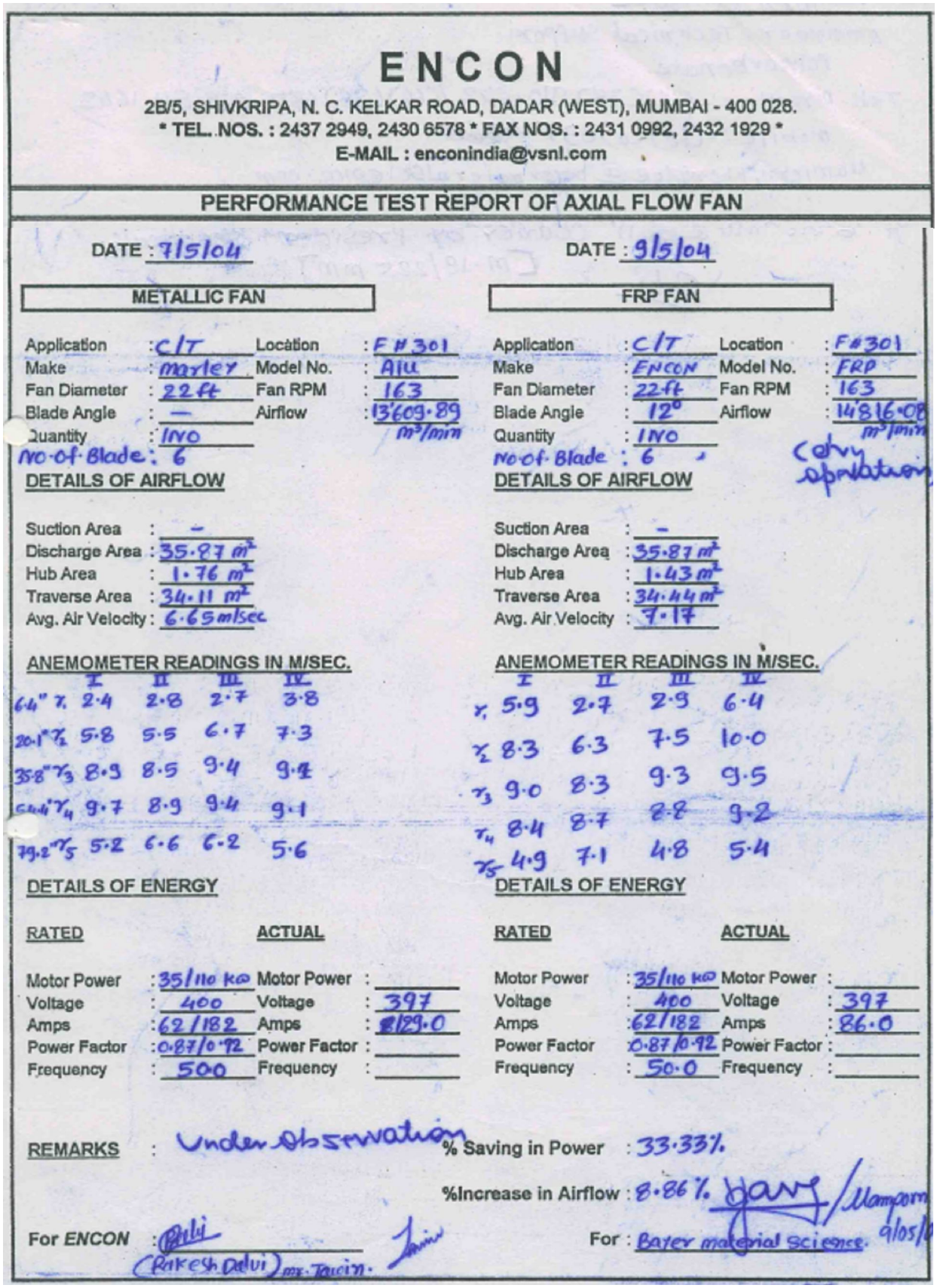
ใบพัด ENCON ที่มีการติดตั้งให้กับลูกค้าทุกกรณี จะมีการทดสอบ Performance เพื่อเปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานว่าอยู่ในระดับที่ Guarantee ไว้ และประโยชน์ที่ลูกค้าได้เพิ่มเติม คือ % Air Flow ที่เพิ่มขึ้น (ตามตัวอย่างผลการติดตั้ง)

ขั้นตอนการติดตั้งและการทดสอบ Performance Testing

Parameters	ก่อนเปลี่ยนใบพัด	หลังเปลี่ยนเป็นใบพัด ENCON
Area ใบพัด	1) วัดขนาดพื้นที่ของใบพัดเดิม (Traverse area ; m2)	1) ระบุขนาดพื้นที่ของใบพัด ENCON (Traverse area ; m2)
Air Flow	2) วัด Air Velocity (m/sec) ตามหลัก CTI โดยแบ่งจุดวัดเป็น 4 ส่วน วัดส่วนละ 5 จุด 3) คำนวณหา Air Flow (m3/sec) จากสูตร *Air flow = Air velocity x Traverse area*	2) วัด Air Velocity (m/sec) ตามหลัก CTI โดยแบ่งจุดวัดเป็น 4 ส่วน วัดส่วนละ 5 จุด 3) คำนวณหา Air Flow (m3/sec) จากสูตร *Air flow = Air velocity x Traverse area*
Power consumption	4) วัดกระแสที่ใช้จริงก่อนเปลี่ยนใบ (Amps หรือ KW)	4) วัดกระแสที่ใช้จริงหลังเปลี่ยนใบ (Amps หรือ KW)
5) คำนวณหา % Saving in Power เปรียบเทียบกับการ Guarantee		
6) คำนวณหา % Airflow increase		
7) รับรองผล Performance Testing โดยผู้ติดตั้งและลูกค้า		

หมายเหตุ : การทดสอบ Performance Testing ของ ENCON จะ follow ตาม Cooling Technology Institute (C.T.I.) ซึ่งเป็นองค์กรของ USA ที่กำหนดมาตรฐานในการทดสอบเกี่ยวกับระบบ Cooling (โดย ENCON เป็นเข้าเป็น member ของ C.T.I. แล้ว)

ตัวอย่างผลการติดตั้ง & Performance Testing



ENCON

2B/5, SHIVKRIPA, N. C. KELKAR ROAD, DADAR (WEST), MUMBAI - 400 028.
* TEL. NOS. : 2437 2949, 2430 6578 * FAX NOS. : 2431 0992, 2432 1929 *
E-MAIL : enconindia@vsnl.com

PERFORMANCE TEST REPORT OF AXIAL FLOW FAN

DATE : 7/5/04

METALLIC FAN

Application	: C/T	Location	: F#301
Make	: marley	Model No.	: AIU
Fan Diameter	: 22 ft	Fan RPM	: 163
Blade Angle	: —	Airflow	: 13609.89 m³/min
Quantity	: 1NO		

No of Blade : 6

DETAILS OF AIRFLOW

Suction Area	: —
Discharge Area	: 35.87 m²
Hub Area	: 1.76 m²
Traverse Area	: 34.11 m²
Avg. Air Velocity	: 6.65 m/sec

ANEMOMETER READINGS IN M/SEC.

	I	II	III	IV
6.4" r_1	2.4	2.8	2.7	3.8
20.1" r_2	5.8	5.5	6.7	7.3
35.8" r_3	8.9	8.5	9.4	9.4
64.4" r_4	9.7	8.9	9.4	9.1
79.2" r_5	5.2	6.6	6.2	5.6

DETAILS OF ENERGY

RATED		ACTUAL	
Motor Power	: 35/110 kW	Motor Power	:
Voltage	: 400	Voltage	: 397
Amps	: 62/182	Amps	: 129.0
Power Factor	: 0.87/0.92	Power Factor	:
Frequency	: 500	Frequency	:

DATE : 9/5/04

FRP FAN

Application	: C/T	Location	: F#301
Make	: ENCON	Model No.	: FRP
Fan Diameter	: 22 ft	Fan RPM	: 163
Blade Angle	: 12°	Airflow	: 14816.08 m³/min
Quantity	: 1NO		

No of Blade : 6

Conv. operation

DETAILS OF AIRFLOW

Suction Area	: —
Discharge Area	: 35.87 m²
Hub Area	: 1.43 m²
Traverse Area	: 34.44 m²
Avg. Air Velocity	: 7.17

ANEMOMETER READINGS IN M/SEC.

	I	II	III	IV
r_1	5.9	2.7	2.9	6.4
r_2	8.3	6.3	7.5	10.0
r_3	9.0	8.3	9.3	9.5
r_4	8.4	8.7	8.8	9.2
r_5	4.9	7.1	4.8	5.4

DETAILS OF ENERGY

RATED		ACTUAL	
Motor Power	: 35/110 kW	Motor Power	:
Voltage	: 400	Voltage	: 397
Amps	: 62/182	Amps	: 86.0
Power Factor	: 0.87/0.92	Power Factor	:
Frequency	: 50.0	Frequency	:

REMARKS : Under Observation

% Saving in Power : 33.33%

%Increase in Airflow : 8.86%

For ENCON : (Rakesh Dalvi) mgr. Tech.

For : Bayer material science. 9/05/04