

บทที่ 5

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูลมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบโรเตอร์กรงกระรอก (Result of Squirrel-cage Induction Motor Testing and Analysis)

ขั้นตอนที่ 1 บันทึกค่าพิกัดต่างๆ ของมอเตอร์

ตารางที่ 5.1 ค่าพิกัดต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบโรเตอร์กรงกระรอก

P_{out}	$n_{r,Rate}$	V_{Rate}	I_{Rate}	f	P
175 W	1360 rpm	380 V	0.52 A	50 Hz	4 poles

จากค่าพิกัดต่างๆ ที่ได้ คำนวณหาค่าความเร็วซิงโครนัส (Synchronous speed)

$$n_s = \frac{120f}{P} = 1500 \text{ rpm}$$

ขั้นตอนที่ 2 ผลการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานของชุดขดลวดสเตเตอร์ (The DC test for stator resistance)

ตารางที่ 5.2 ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ตามช่วงค่าแรงดันต่างๆ

V_{DC}	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I_{DC}	0.125	0.24	0.35	0.45	0.675	0.8	0.875	0.975	1.05	1.175

จากผลการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานของชุดขดลวดสเตเตอร์ (The DC test for stator resistance)

จาก $R_1 = \frac{R_{DC}}{2} = \frac{V_{DC}}{2I_{DC}}$ (ชุดขดลวดสเตเตอร์เป็นการต่อแบบวาย)

จะได้ค่าความต้านทานของชุดขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟสดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ค่าความต้านทานของชุดขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟสที่ค่าแรงดันต่างๆ

V_{DC}	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R_1	40	41.67	42.86	44.44	37.04	37.5	40	41.03	42.86	42.55

ดังนั้น จะได้ค่าความต้านทานของชุดขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส $R_{1,AV} = 40.995 \Omega$

ขั้นตอนที่ 3 ผลการทดสอบในสถานะไม่มีโหลด (The no-load test)

ตารางที่ 5.4 ค่ากระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และความเร็วยรอบที่วัดได้ที่ค่าแรงดันต่างๆ

V_{NL}	40	100	200	300	380
$I_{1,NL}$	0.06	0.16	0.19	0.275	0.4
$I_{2,NL}$	0.06	0.16	0.19	0.275	0.4
$I_{3,NL}$	0.05	0.12	0.155	0.23	0.35
W_1	2	4	-5	-18	-35
W_2	2	10	27	52	80
$n_{r,NL}$	0	1396	1484	1493	1495

จากผลการทดสอบในสถานะไม่มีโหลด (The no-load test)

ทำการคำนวณที่ค่าแรงดันต่างๆ เมื่อค่า R_1 ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 2

$$\text{ที่ } V_{NL} = 40 \text{ V จะได้ } P_{in} = P_{NL} = W_1 + W_2 = 4 \text{ W}$$

$$I_{NL} = \frac{I_{1,NL} + I_{2,NL} + I_{3,NL}}{3} = 0.06 \text{ A}$$

$$P_{SCu,NL} = 3I_{NL}^2 R_1 = 0.39 \text{ W}$$

$$P_{core} + P_{FW} = P_{in,NL} - P_{SCu,NL} = 3.61 \text{ W}$$

$$\text{ที่ } V_{NL} = 100 \text{ V จะได้ } P_{in} = P_{NL} = W_1 + W_2 = 14 \text{ W}$$

$$I_{NL} = \frac{I_{1,NL} + I_{2,NL} + I_{3,NL}}{3} = 0.15 \text{ A}$$

$$P_{SCu,NL} = 3I_{NL}^2 R_1 = 2.65 \text{ W}$$

$$P_{core} + P_{FW} = P_{in,NL} - P_{SCu,NL} = 11.35 \text{ W}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ที่ } V_{NL} = 200 \text{ V จะได้ } P_{in} &= P_{NL} = W_1 + W_2 &= 22 \text{ W} \\
 I_{NL} &= \frac{I_{1,NL} + I_{2,NL} + I_{3,NL}}{3} &= 0.18 \text{ A} \\
 P_{SCu,NL} &= 3I_{NL}^2 R_1 &= 3.91 \text{ W} \\
 P_{core} + P_{FW} &= P_{in,NL} - P_{SCu,NL} &= 18.09 \text{ W}
 \end{aligned}$$

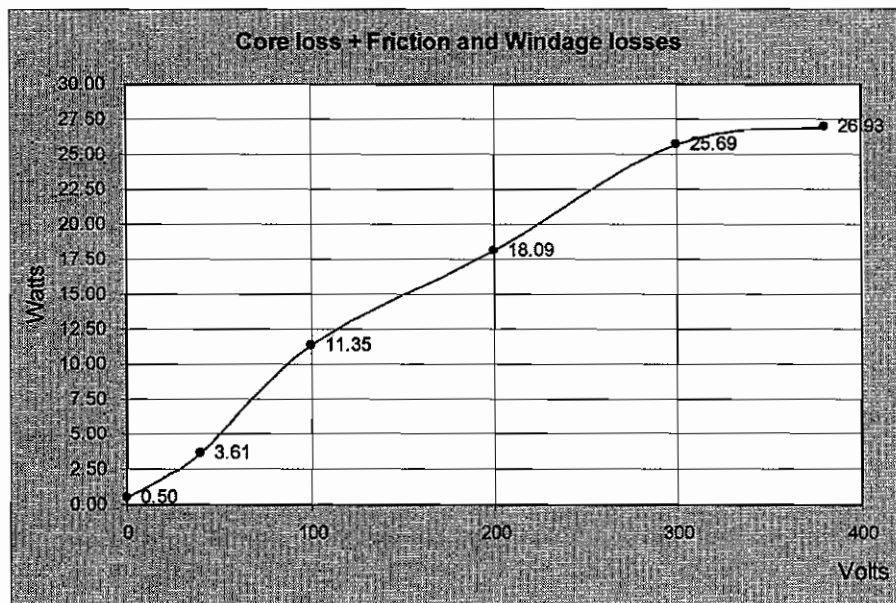
$$\begin{aligned}
 \text{ที่ } V_{NL} = 300 \text{ V จะได้ } P_{in} &= P_{NL} = W_1 + W_2 &= 34 \text{ W} \\
 I_{NL} &= \frac{I_{1,NL} + I_{2,NL} + I_{3,NL}}{3} &= 0.26 \text{ A} \\
 P_{SCu,NL} &= 3I_{NL}^2 R_1 &= 8.31 \text{ W} \\
 P_{core} + P_{FW} &= P_{in,NL} - P_{SCu,NL} &= 25.69 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ที่ } V_{NL} = 380 \text{ V จะได้ } P_{in} &= P_{NL} = W_1 + W_2 &= 45 \text{ W} \\
 I_{NL} &= \frac{I_{1,NL} + I_{2,NL} + I_{3,NL}}{3} &= 0.38 \text{ A} \\
 P_{SCu,NL} &= 3I_{NL}^2 R_1 &= 18.07 \text{ W} \\
 P_{core} + P_{FW} &= P_{in,NL} - P_{SCu,NL} &= 26.93 \text{ W}
 \end{aligned}$$

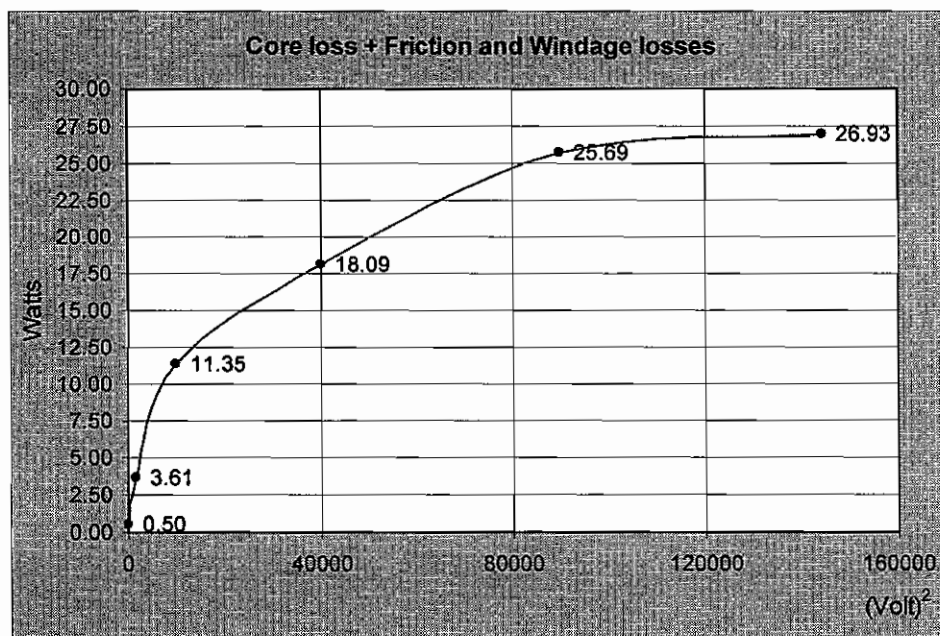
ตารางที่ 5.5 ค่า $P_{core} + P_{FW}$ ที่คำนวณได้ที่ค่า V_{NL} ค่าต่างๆ

V_{NL}	40	100	200	300	380
V_{NL}^2	1600	10000	40000	90000	144400
$P_{core} + P_{FW}$	3.61	11.35	18.09	25.69	26.93

นำค่าผลรวมความสูญเสียในแกนเหล็กและความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเสียดทานและแรงลมต้านที่คำนวณได้ มาพล็อตกราฟเทียบกับแรงดันไฟฟ้าและกำลังสองของแรงดันไฟฟ้า แล้วลากเส้นโค้งไปจนถึงค่าแรงดันที่เป็นศูนย์



รูปที่ 5.1 ค่า $P_{core} + P_{FW}$ พล็อตเทียบกับค่า V_{NL}



รูปที่ 5.2 ค่า $P_{core} + P_{FW}$ พล็อตเทียบกับค่า V_{NL}^2

ที่จุดตัดของแรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์ จะได้ค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเสียดทานและแรงลมต้าน

$$P_{FW} = 0.50 \text{ W}$$

ดังนั้น จะได้ค่าความสูญเสียในแกนเหล็กที่สภาวะไม่มีโหลดและแรงดันไฟฟ้าพิกัด 380 V

$$P_{core} = (P_{core} + P_{FW})_{Rated} - P_{FW} = 26.93 - 0.50 = 26.43 \text{ W}$$

ขั้นตอนที่ 4 ผลการทดสอบในสภาวะมีโหลด (The load test)

คำนวณหาค่าแรงบิดที่เพลาของมอเตอร์ ตามค่าโหลดต่างๆ ที่ค่าโหลด 25-100 %

$$\text{จาก } T_{shaft} = \frac{P_{out}}{\omega_r} = \frac{P_{out}}{\left(\frac{2\pi n_r}{60}\right)} = \frac{P_{out} \times 60}{2\pi n_r}$$

จะได้ T_{shaft} ที่ค่าโหลด 100 %

$$T_{shaft,FL} = \frac{(P_{out}) \times 60}{2\pi(n_{r,Rate})} = 1.229 \approx 1.23 \text{ N-m}$$

และค่า T_{shaft} ที่ค่าโหลด 25, 50 และ 75 % โดยคิดเทียบกับค่า $T_{shaft,FL}$ ที่คำนวณได้

ดังนั้น จะได้ T_{shaft} ที่ค่าโหลด 25 % = 0.3075 N-m

T_{shaft} ที่ค่าโหลด 50 % = 0.615 N-m

T_{shaft} ที่ค่าโหลด 75 % = 0.9225 N-m

ตารางที่ 5.6 ค่ากระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และความเร็วรอบที่วัดได้ที่ค่าแรงบิดที่เพลาโรเตอร์ค่าต่างๆ ที่แรงดันพิกัด 380 V

Load (%)	T_{shaft}	I_1	I_2	I_3	P_{in}	n_r
0	0	0.4	0.4	0.33	67	1484
25	0.3075	0.45	0.45	0.35	115	1462
50	0.615	0.5	0.5	0.4	173	1437
75	0.9225	0.6	0.6	0.48	225	1409
100	1.23	0.7	0.7	0.55	283	1376

จากผลการทดสอบในสภาวะมีโหลด (The load test)

ทำการคำนวณที่ค่าแรงดันพิกัด 380 V และที่ค่าแรงบิดที่เพลาโรเตอร์ ตามสภาวะมีโหลดที่ค่าต่างๆ เมื่อค่า R_l ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 2 และค่า P_{core} หาได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 3

ที่ค่าโหลด 25 % $T_{shaft} = 0.3075 \text{ N-m}$ $P_{in} = 115 \text{ W}$ และ $n_r = 1462 \text{ rpm}$

$$\text{จะได้ } I_L = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} = 0.42 \text{ A}$$

$$P_{out} = T_{shaft} \omega_r = T_{shaft} \left(\frac{2\pi n_r}{60} \right) = 47.05 \text{ W}$$

$$P_{SCu} = 3I_L^2 R_1 = 21.35 \text{ W}$$

$$P_{AG} = P_{in} - P_{SCu} - P_{core} = 67.22 \text{ W}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = 0.0253$$

$$P_{RCu} = sP_{AG} = 1.70 \text{ W}$$

$$P_{Losses} = P_{in} - P_{out} = 67.95 \text{ W}$$

$$P_{stray} = P_{Losses} - (P_{SCu} + P_{core} + P_{FW} + P_{RCu}) = 17.96 \text{ W}$$

ที่ค่าโหลด 50 % $T_{shaft} = 0.615 \text{ N-m}$ $P_{in} = 173 \text{ W}$ และ $n_r = 1437 \text{ rpm}$

$$\text{จะได้ } I_L = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} = 0.47 \text{ A}$$

$$P_{out} = T_{shaft} \omega_r = T_{shaft} \left(\frac{2\pi n_r}{60} \right) = 92.50 \text{ W}$$

$$P_{SCu} = 3I_L^2 R_1 = 26.78 \text{ W}$$

$$P_{AG} = P_{in} - P_{SCu} - P_{core} = 119.79 \text{ W}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = 0.0420$$

$$P_{RCu} = sP_{AG} = 5.03 \text{ W}$$

$$P_{Losses} = P_{in} - P_{out} = 80.50 \text{ W}$$

$$P_{stray} = P_{Losses} - (P_{SCu} + P_{core} + P_{FW} + P_{RCu}) = 21.76 \text{ W}$$

ที่ค่าโหลด 75 % $T_{shaft} = 0.9225 \text{ N-m}$ $P_{in} = 225 \text{ W}$ และ $n_r = 1409 \text{ rpm}$

$$\text{จะได้ } I_L = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} = 0.56 \text{ A}$$

$$P_{out} = T_{shaft} \omega_r = T_{shaft} \left(\frac{2\pi n_r}{60} \right) = 136.05 \text{ W}$$

$$P_{SCu} = 3I_L^2 R_1 = 38.57 \text{ W}$$

$$P_{AG} = P_{in} - P_{SCu} - P_{core} = 160 \text{ W}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = 0.0607$$

$$P_{RCu} = sP_{AG} = 9.71 \text{ W}$$

$$P_{Losses} = P_{in} - P_{out} = 88.95 \text{ W}$$

$$P_{stray} = P_{Losses} - (P_{SCu} + P_{core} + P_{FW} + P_{RCu}) = 13.75 \text{ W}$$

ที่ค่าโหลด 100 % $T_{shaft} = 1.23 \text{ N-m}$ $P_{in} = 283 \text{ W}$ และ $n_r = 1376 \text{ rpm}$

$$\text{จะได้ } I_L = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} = 0.65 \text{ A}$$

$$P_{out} = T_{shaft} \omega_r = T_{shaft} \left(\frac{2\pi n_r}{60} \right) = 177.15 \text{ W}$$

$$P_{SCu} = 3I_L^2 R_1 = 51.96 \text{ W}$$

$$P_{AG} = P_{in} - P_{SCu} - P_{core} = 204.61 \text{ W}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = 0.0827$$

$$P_{RCu} = sP_{AG} = 16.91 \text{ W}$$

$$P_{Losses} = P_{in} - P_{out} = 105.85 \text{ W}$$

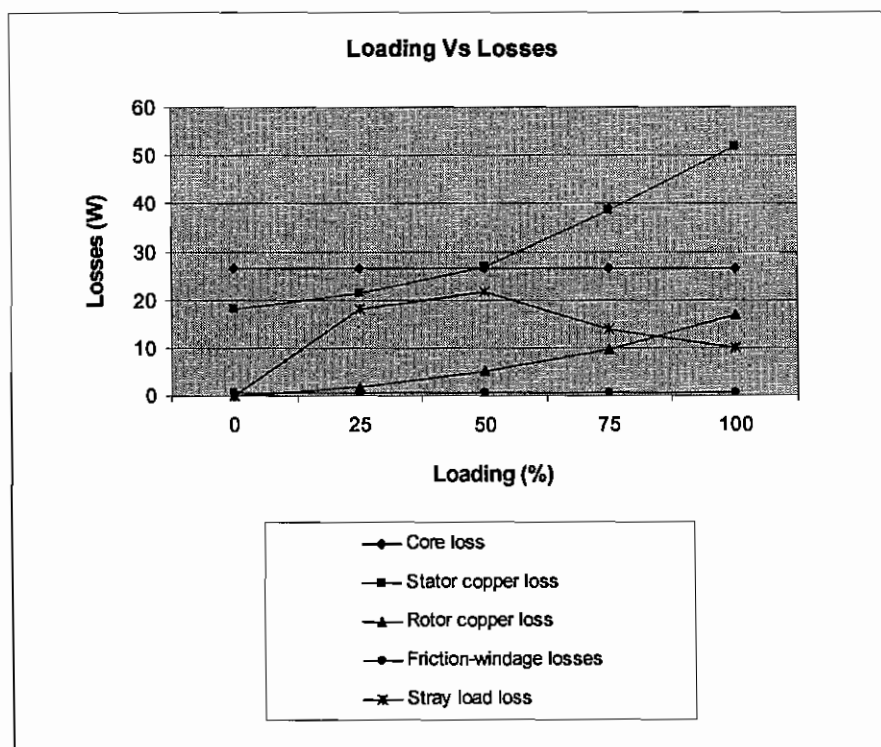
$$P_{stray} = P_{Losses} - (P_{SCu} + P_{core} + P_{FW} + P_{RCu}) = 10.05 \text{ W}$$

ขั้นตอนที่ 5 ทำการวิเคราะห์ค่าความสูญเสียในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามที่คำนวณหาได้

ตารางที่ 5.7 ตารางสรุปค่าที่ได้จากการคำนวณที่สภาวะโหลดค่าต่างๆ ที่แรงดันพิกัด 380 V

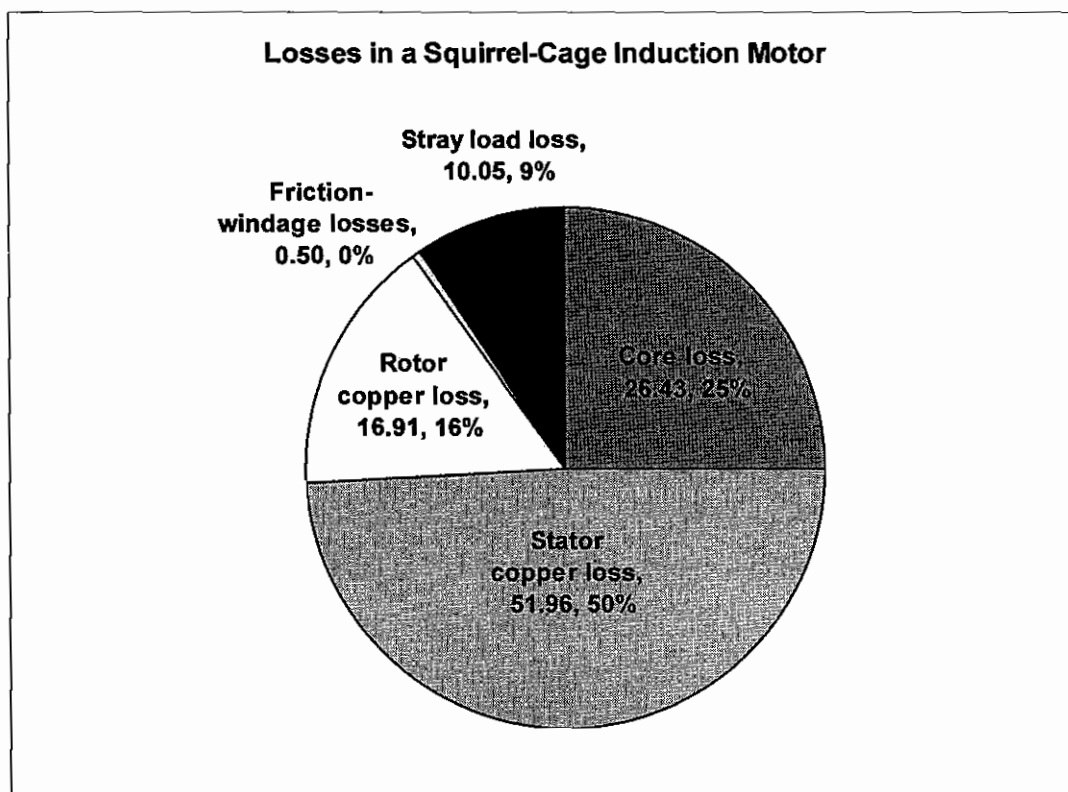
Power (W)	No-Load	On-Load	On-Load	On-Load	Full-Load
	0%	25%	50%	75%	100%
P_{in}	45.00	115.00	173.00	225.00	283.00
P_{out}	0.00	47.05	92.50	136.05	177.15
P_{Losses}	45.00	67.95	80.50	88.95	105.85
P_{core}	26.43	26.43	26.43	26.43	26.43
P_{SCu}	18.07	21.35	26.78	38.57	51.96
P_{RCu}	0.00	1.70	5.03	9.71	16.91
P_{FW}	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
P_{stray}	0.00	17.96	21.76	13.75	10.05

จากตารางสรุปค่าที่ได้จากการคำนวณ จะได้กราฟความสัมพันธ์ของค่าความสูญเสียของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่สภาวะโหลดต่างๆ



รูปที่ 5.3 ค่าความสูญเสียต่างๆ ที่สภาวะโหลด 0-100 %

และจากตารางสรุปค่าที่ได้จากการคำนวณ จะได้ค่าความสูญเสียเป็นร้อยละในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อทำงานเต็มพิกัด (Full load losses) จากค่าความสูญเสียทั้งหมด (100 %)



รูปที่ 5.4 ค่าความสูญเสียเป็นร้อยละในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อทำงานเต็มพิกัด
(Full load losses)

5.2 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูลมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบขดลวดพันรอบโรเตอร์ (Result of Wound-Rotor Induction Motor Testing and Analysis)

ขั้นตอนที่ 1 บันทึกค่าพิกัดต่างๆ ของมอเตอร์

ตารางที่ 5.8 ค่าพิกัดต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบขดลวดพันรอบโรเตอร์

P_{out}	$n_{r,Rate}$	V_{Rate}	I_{Rate}	f	P
175 W	1240 rpm	380 V	0.53 A	50 Hz	4 poles

จากค่าพิกัดต่างๆ ที่ได้ คำนวณหาค่าความเร็วซิงโครนัส (Synchronous speed)

$$n_s = \frac{120f}{P} = 1500 \text{ rpm}$$

ขั้นตอนที่ 2 ผลการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานของชุดขดลวดสเตเตอร์ (The DC test for stator resistance)

ตารางที่ 5.9 ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ตามช่วงค่าแรงดันต่างๆ

V_{DC}	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I_{DC}	0.1	0.225	0.35	0.45	0.575	0.675	0.775	0.825	1	1.1

จากผลการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานของชุดขดลวดสเตเตอร์ (The DC test for stator resistance)

$$\text{จาก } R_1 = \frac{R_{DC}}{2} = \frac{V_{DC}}{2I_{DC}} \text{ (ชุดขดลวดสเตเตอร์เป็นการต่อแบบวาย)}$$

จะได้ค่าความต้านทานของชุดขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟสดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ค่าความต้านทานของชุดขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟสที่ค่าแรงดันต่างๆ

V_{DC}	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R_1	50	44.44	42.86	44.44	43.48	44.44	45.16	48.48	45	45.45

ดังนั้น จะได้ค่าความต้านทานของชุดขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส $R_{1,AV} = 45.375 \Omega$

ขั้นตอนที่ 3 ผลการทดสอบในสถานะไม่มีโหลด (The no-load test)

ตารางที่ 5.11 ค่ากระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และความเร็วรอบที่วัดได้ที่ค่าแรงดันต่างๆ

V_{NL}	10	100	200	300	380
$I_{1,NL}$	0.15	0.13	0.2	0.3	0.4
$I_{2,NL}$	0.15	0.13	0.2	0.3	0.4
$I_{3,NL}$	0.08	0.1	0.155	0.25	0.35
W_1	1	5	-2.5	-20	-43
W_2	2	10	25	55	98
$n_{r,NL}$	0	1360	1466	1482	1487

จากผลการทดสอบในสถานะไม่มีโหลด (The no-load test)

ทำการคำนวณที่ค่าแรงดันต่างๆ เมื่อค่า R_1 ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 2

$$\begin{aligned}
 \text{ที่ } V_{NL} = 10 \text{ V จะได้ } P_{in} &= P_{NL} = W_1 + W_2 &= 3 \text{ W} \\
 I_{NL} &= \frac{I_{1,NL} + I_{2,NL} + I_{3,NL}}{3} &= 0.13 \text{ A} \\
 P_{SCu,NL} &= 3I_{NL}^2 R_1 &= 2.18 \text{ W} \\
 P_{core} + P_{FW} &= P_{in,NL} - P_{SCu,NL} &= 0.82 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ที่ } V_{NL} = 100 \text{ V จะได้ } P_{in} &= P_{NL} = W_1 + W_2 &= 15 \text{ W} \\
 I_{NL} &= \frac{I_{1,NL} + I_{2,NL} + I_{3,NL}}{3} &= 0.12 \text{ A} \\
 P_{SCu,NL} &= 3I_{NL}^2 R_1 &= 1.96 \text{ W} \\
 P_{core} + P_{FW} &= P_{in,NL} - P_{SCu,NL} &= 13.04 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ที่ } V_{NL} = 200 \text{ V จะได้ } P_{in} &= P_{NL} = W_1 + W_2 &= 22.5 \text{ W} \\
 I_{NL} &= \frac{I_{1,NL} + I_{2,NL} + I_{3,NL}}{3} &= 0.19 \text{ A} \\
 P_{SCu,NL} &= 3I_{NL}^2 R_1 &= 4.66 \text{ W} \\
 P_{core} + P_{FW} &= P_{in,NL} - P_{SCu,NL} &= 17.84 \text{ W}
 \end{aligned}$$

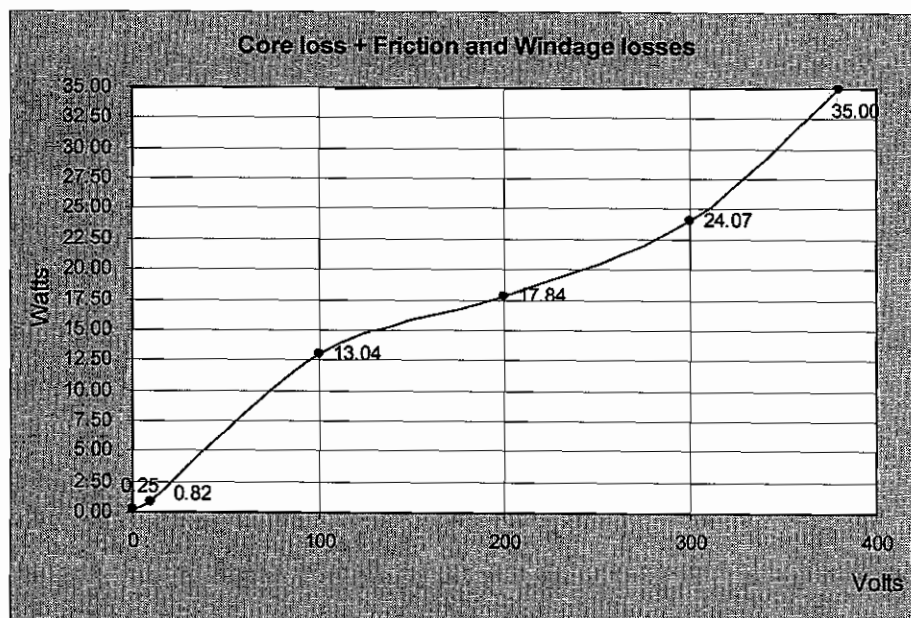
$$\begin{aligned}
 \text{ที่ } V_{NL} = 300 \text{ V จะได้ } P_{in} &= P_{NL} = W_1 + W_2 &= 35 \text{ W} \\
 I_{NL} &= \frac{I_{1,NL} + I_{2,NL} + I_{3,NL}}{3} &= 0.28 \text{ A} \\
 P_{SCu,NL} &= 3I_{NL}^2 R_1 &= 10.93 \text{ W} \\
 P_{core} + P_{FW} &= P_{in,NL} - P_{SCu,NL} &= 24.07 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ที่ } V_{NL} = 380 \text{ V จะได้ } P_{in} &= P_{NL} = W_1 + W_2 &= 55 \text{ W} \\
 I_{NL} &= \frac{I_{1,NL} + I_{2,NL} + I_{3,NL}}{3} &= 0.38 \text{ A} \\
 P_{SCu,NL} &= 3I_{NL}^2 R_1 &= 20 \text{ W} \\
 P_{core} + P_{FW} &= P_{in,NL} - P_{SCu,NL} &= 35 \text{ W}
 \end{aligned}$$

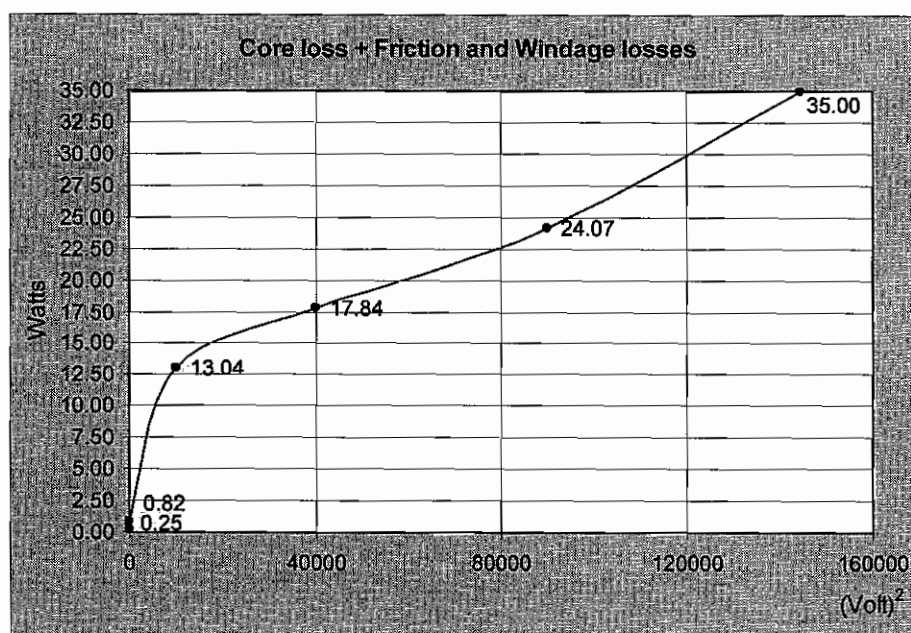
ตารางที่ 5.12 ค่า $P_{core} + P_{FW}$ ที่คำนวณได้ที่ค่า V_{NL} ค่าต่างๆ

V_{NL}	10	100	200	300	380
V_{NL}^2	100	10000	40000	90000	144400
$P_{core} + P_{FW}$	0.82	13.04	17.84	24.07	35.00

นำค่าผลรวมความสูญเสียในแกนเหล็กและความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเสียดทานและแรงต้านทานที่คำนวณได้ มาพล็อตกราฟเทียบกับแรงดันไฟฟ้าและกำลังสองของแรงดันไฟฟ้า แล้วลากเส้นโค้งไปจนถึงค่าแรงดันที่เป็นศูนย์



รูปที่ 5.5 ค่า $P_{core} + P_{FW}$ พล็อตเทียบกับค่า V_{NL}



รูปที่ 5.6 ค่า $P_{core} + P_{FW}$ พล็อตเทียบกับค่า V_{NL}^2

ที่จุดตัดของแรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์ จะได้ค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเสียดทานและแรงลมต้าน

$$P_{FW} = 0.25 \text{ W}$$

ดังนั้น จะได้ค่าความสูญเสียในแกนเหล็กที่สภาวะไม่มีโหลดและแรงดันไฟฟ้าพิกัด 380 V

$$P_{core} = (P_{core} + P_{FW})_{Rated} - P_{FW} = 35 - 0.25 = 34.75 \text{ W}$$

ขั้นตอนที่ 4 ผลการทดสอบในสภาวะมีโหลด (The load test)

คำนวณหาค่าแรงบิดที่เพลลาของมอเตอร์ ตามค่าโหลดต่างๆ ที่ค่าโหลด 25-100 %

$$\text{จาก } T_{shaft} = \frac{P_{out}}{\omega_r} = \frac{P_{out}}{\left(\frac{2\pi n_r}{60}\right)} = \frac{P_{out} \times 60}{2\pi n_r}$$

จะได้ T_{shaft} ที่ค่าโหลด 100 %

$$T_{shaft,FL} = \frac{(P_{out}) \times 60}{2\pi(n_{r,Rate})} = 1.348 \approx 1.35 \text{ N-m}$$

และค่า T_{shaft} ที่ค่าโหลด 25, 50 และ 75 % โดยคิดเทียบกับค่า $T_{shaft,FL}$ ที่คำนวณได้

ดังนั้น จะได้ T_{shaft} ที่ค่าโหลด 25 % = 0.34 N-m

$$T_{shaft} \text{ ที่ค่าโหลด 50 \% = 0.675 N-m}$$

$$T_{shaft} \text{ ที่ค่าโหลด 75 \% = 1.0125 N-m}$$

ตารางที่ 5.13 ค่ากระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และความเร็วรอบที่วัดได้ที่ค่าแรงบิดที่เพลลาโรเตอร์ค่าต่างๆ ที่แรงดันพิกัด 380 V

Load (%)	T_{shaft}	I_1	I_2	I_3	P_{in}	n_r
0	0	0.43	0.43	0.35	70	1471
25	0.34	0.45	0.45	0.38	123	1430
50	0.675	0.53	0.53	0.4	178	1380
75	1.0125	0.63	0.63	0.5	246	1320
100	1.35	0.7	0.7	0.55	305	1273

จากผลการทดสอบในสภาวะมีโหลด (The load test)

ทำการคำนวณที่ค่าแรงดันพิกัด 380 V และที่ค่าแรงบิดที่เพลลาโรเตอร์ ตามสภาวะมีโหลดที่ค่าต่างๆ เมื่อค่า R_1 ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 2 และค่า P_{core} หาได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 3

ที่ค่าโหลด 25 % $T_{shaft} = 0.34 \text{ N-m}$ $P_{in} = 123 \text{ W}$ และ $n_r = 1430 \text{ rpm}$

$$\text{จะได้ } I_L = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} = 0.43 \text{ A}$$

$$P_{out} = T_{shaft} \omega_r = T_{shaft} \left(\frac{2\pi n_r}{60} \right) = 50.89 \text{ W}$$

$$P_{SCu} = 3I_L^2 R_1 = 24.78 \text{ W}$$

$$P_{AG} = P_{in} - P_{SCu} - P_{core} = 63.47 \text{ W}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = 0.0467$$

$$P_{RCu} = sP_{AG} = 2.96 \text{ W}$$

$$P_{Losses} = P_{in} - P_{out} = 72.11 \text{ W}$$

$$P_{stray} = P_{Losses} - (P_{SCu} + P_{core} + P_{FW} + P_{RCu}) = 9.37 \text{ W}$$

ที่ค่าโหลด 50 % $T_{shaft} = 0.675 \text{ N-m}$ $P_{in} = 178 \text{ W}$ และ $n_r = 1380 \text{ rpm}$

$$\text{จะได้ } I_L = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} = 0.49 \text{ A}$$

$$P_{out} = T_{shaft} \omega_r = T_{shaft} \left(\frac{2\pi n_r}{60} \right) = 97.50 \text{ W}$$

$$P_{SCu} = 3I_L^2 R_1 = 32.24 \text{ W}$$

$$P_{AG} = P_{in} - P_{SCu} - P_{core} = 111.01 \text{ W}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = 0.0800$$

$$P_{RCu} = sP_{AG} = 8.88 \text{ W}$$

$$P_{Losses} = P_{in} - P_{out} = 80.50 \text{ W}$$

$$P_{stray} = P_{Losses} - (P_{SCu} + P_{core} + P_{FW} + P_{RCu}) = 4.38 \text{ W}$$

ที่ค่าโหลด 75 % $T_{shaft} = 1.0125 \text{ N-m}$ $P_{in} = 246 \text{ W}$ และ $n_r = 1320 \text{ rpm}$

$$\text{จะได้ } I_L = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} = 0.59 \text{ A}$$

$$P_{out} = T_{shaft} \omega_r = T_{shaft} \left(\frac{2\pi n_r}{60} \right) = 139.89 \text{ W}$$

$$P_{SCu} = 3I_L^2 R_1 = 46.85 \text{ W}$$

$$P_{AG} = P_{in} - P_{SCu} - P_{core} = 164.40 \text{ W}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = 0.1200$$

$$P_{RCu} = sP_{AG} = 19.73 \text{ W}$$

$$P_{Losses} = P_{in} - P_{out} = 106.11 \text{ W}$$

$$P_{stray} = P_{Losses} - (P_{SCu} + P_{core} + P_{FW} + P_{RCu}) = 4.54 \text{ W}$$

ที่ค่าโหลด 100 % $T_{shaft} = 1.35 \text{ N-m}$ $P_{in} = 305 \text{ W}$ และ $n_r = 1273 \text{ rpm}$

$$\text{จะได้ } I_L = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} = 0.65 \text{ A}$$

$$P_{out} = T_{shaft} \omega_r = T_{shaft} \left(\frac{2\pi n_r}{60} \right) = 179.87 \text{ W}$$

$$P_{SCu} = 3I_L^2 R_1 = 57.51 \text{ W}$$

$$P_{AG} = P_{in} - P_{SCu} - P_{core} = 212.74 \text{ W}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = 0.1513$$

$$P_{RCu} = sP_{AG} = 32.19 \text{ W}$$

$$P_{Losses} = P_{in} - P_{out} = 125.13 \text{ W}$$

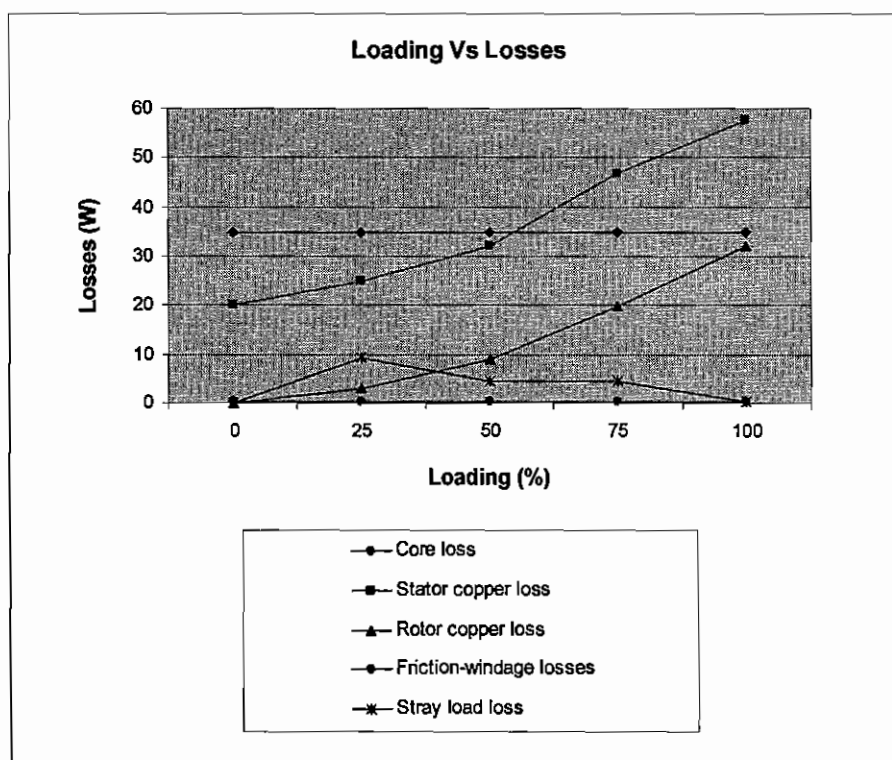
$$P_{stray} = P_{Losses} - (P_{SCu} + P_{core} + P_{FW} + P_{RCu}) = 0.42 \text{ W}$$

ขั้นตอนที่ 5 ทำการวิเคราะห์ค่าความสูญเสียในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามที่คำนวณหาได้

ตารางที่ 5.14 ตารางสรุปค่าที่ได้จากการคำนวณที่สถานะโหลดค่าต่างๆ ที่แรงดันพิกัด 380 V

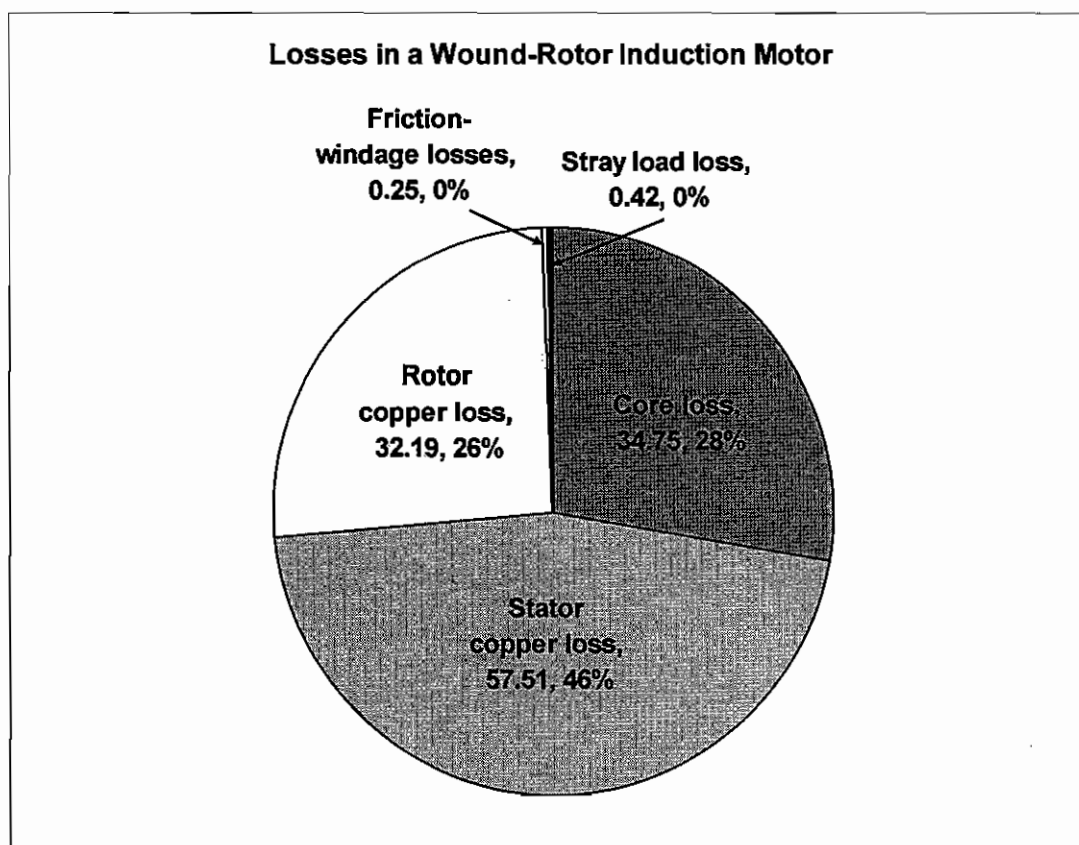
Power (W)	No-Load	On-Load	On-Load	On-Load	Full-Load
	0%	25%	50%	75%	100%
P_{in}	55.00	123.00	178.00	246.00	305.00
P_{out}	0.00	50.89	97.50	139.89	179.87
P_{Losses}	55.00	72.11	80.50	106.11	125.13
P_{core}	34.75	34.75	34.75	34.75	34.75
P_{SCu}	20.00	24.78	32.24	46.85	57.51
P_{RCu}	0.00	2.96	8.88	19.73	32.19
P_{FW}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
P_{stray}	0.00	9.37	4.38	4.54	0.42

จากตารางสรุปค่าที่ได้จากการคำนวณ จะได้กราฟความสัมพันธ์ของค่าความสูญเสียของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่สถานะโหลดต่างๆ



รูปที่ 5.7 ค่าความสูญเสียต่างๆ ที่สถานะโหลด 0-100 %

และจากรายสรุปค่าที่ได้จากการคำนวณ จะได้ค่าความสูญเสียเป็นร้อยละในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อทำงานเต็มพิกัด (Full load losses) จากค่าความสูญเสียทั้งหมด (100 %)



รูปที่ 5.8 ค่าความสูญเสียเป็นร้อยละในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อทำงานเต็มพิกัด
(Full load losses)