

รายการอ้างอิง

1. เชิดพงษ์ บรรณกิจ และคณะ. 2542. การปรับปรุงชุดทดลอง Eddy-Current Braking.
วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
2. Herman Diederichs and William C. Andrae. 1930. EXPERIMENTAL MECHANICAL
ENGINEERING. 1sted. New York : John Wiley and Sons.
3. ไชยชาญ หินเกิด. 2548. เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Machines). พิมพ์ครั้งที่ 5.
กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทยญี่ปุ่น.
4. ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์ และสุวิทย์ เจริญสวัสดิพงษ์. 2539. วิศวกรรมไฟฟ้าเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1.
กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
5. John Davies and Peter Simpson. 1979. Induction Heating Handbook. 1st ed.
London : McGraw-Hill Book.
6. Walker, J.S. 2004. Physics. 2nd ed. New York : McGraw-Hill Book.
7. E.W.Golding and F.C.Widdis. 1963. Electrical Measurements and Measuring Instruments.
5thed. London : SIR ISAAC PITMAN AND SONS
8. Wolfson, R. and Pasachoff, J.M. 1999. Physics with Modern Physics for Scientists and
Engineers. 3rd ed. New York : Addison Wesley Longman.
9. Allen S. Hall, Alfred R. Holowenko and Herman G. Laughlin. 1980. Theory and Problems of
Machine Design. 3rd ed. New-York : McGraw-Hill Book.
10. Logan, D.L.. 1991. Mechanics of Materials. 1sted. New York : Harper Collins.
11. ดร. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ถนัดงาน. 2521. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1.
กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
12. S. Timoshenko. 1956. Strength of Materials. 3rded. New York : D. Van Nostrand.
13. Leonard Spiegel and George F. Limbrunner. 1999. Applied Statics and Strength of Materials.
4th ed. New Jersey : PEARSON Prentice Hall.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลของมอเตอร์ที่ใช้ทดสอบ, ข้อมูลไดนาโมมิเตอร์ต้นแบบ
ข้อมูลชุดขดลวด, Resistance Bank และข้อมูลทั่วไปที่ใช้ในการ
ออกแบบ

มอเตอร์

มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส

Type 4A 132 S4 Y3

Rated Power = 7.5 kW.

Rated Speed = 1,450 rpm.

Line Frequency = 50 Hz

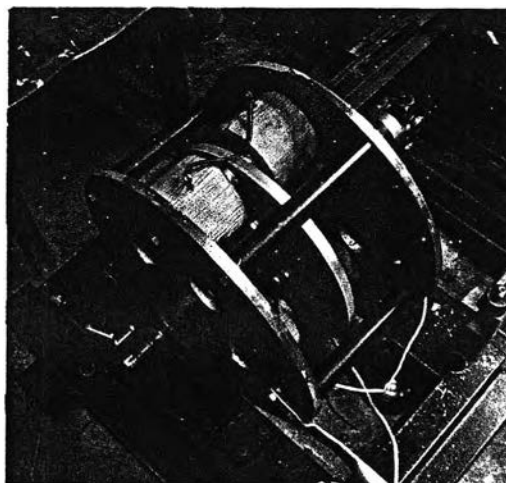
Δ connection : 220 volt, 26 ampere

Y connection : 380 volt, 15.4 ampere

Power factor ($\cos \Phi$) = 0.86

ข้อมูลของไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวนต้นแบบ

ลักษณะของเครื่องไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสหมุนวนที่ใช้เป็นต้นแบบ ในการสร้างเครื่อง
ไดนาโมมิเตอร์สำหรับใช้ทดสอบในงานวิทยานิพนธ์ มีลักษณะดังนี้



รูปที่ ก.1 ลักษณะทางกายภาพของเครื่องต้นแบบ

ขนาดทางกายภาพของส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องโคนาโมมิเตอร์แบบกระแสน้ำวนต้นแบบ มีดังนี้

- | | | |
|---|--------------|--|
| 1. แผ่นจานเบรก หรือแผ่นจานหมุน | <u>วัสดุ</u> | แผ่นอลูมิเนียมกลม |
| | <u>ขนาด</u> | เส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. หนา 15 มม. |
| 2. แผ่นเพลสำหรับยึดชุดขดลวดและบุชสวมเพล | | |
| 2.1 แผ่นเพล | <u>วัสดุ</u> | แผ่นเหล็ก Mild Steel |
| | <u>ขนาด</u> | เส้นผ่านศูนย์กลาง 390 มม. หนา 13 มม. |
| 2.2 บุช | <u>วัสดุ</u> | เพลเหล็ก Mild Steel |
| | <u>ขนาด</u> | เส้นผ่านศูนย์กลาง 88 มม. ยาว 55 มม. |
| 3. ชุดขดลวดทองแดง และแกนเหล็ก | | |
| 3.1 ขดลวดทองแดง | <u>วัสดุ</u> | ลวดทองแดงขนาด SWG 18 |
| | <u>ขนาด</u> | จำนวนรอบของการพัน 850 รอบ |
| 3.2 แกนเหล็ก | <u>วัสดุ</u> | เพลเหล็กเกรด S45C |
| | <u>ขนาด</u> | เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มม. ยาว 92.5 มม. |
| 4. ฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเพล | <u>วัสดุ</u> | แผ่นเหล็ก Mild Steel |
| | <u>ขนาด</u> | กว้าง 45 มม. × ยาว 260 มม. × สูง 300 มม. |
| 5. เพลส่งกำลัง | <u>วัสดุ</u> | เพลเหล็กเกรด SNCN 21 |
| | <u>ขนาด</u> | เส้นผ่านศูนย์กลาง 33 มม. ยาว 442 มม. |
| 6. หน้าแปลนยึดแผ่นจานหมุน | <u>วัสดุ</u> | เพลเหล็กเกรด SNCN 21 |
| | <u>ขนาด</u> | เส้นผ่านศูนย์กลาง 123 มม. ยาว 19.5 มม. |
| 7. แกนยึดแผ่นเพล | <u>วัสดุ</u> | เพลเหล็กเกรด S45C |
| | <u>ขนาด</u> | เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มม. ยาว 204 มม. |

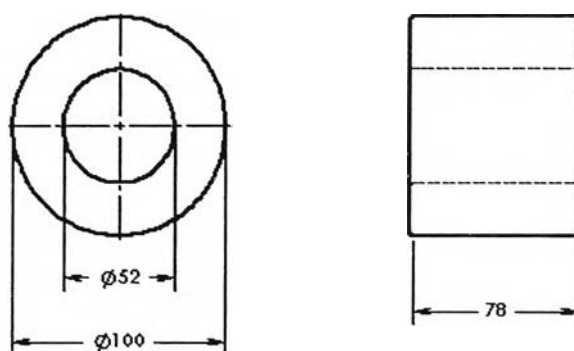
ข้อมูลของชุดขดลวด

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขดลวด = 1.2 มม. (หรือขดลวดขนาด SWG 18)

ค่าสภาพความต้านทานของลวดทองแดง = $1.72 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$.

จำนวนรอบ (Turns) = 850 รอบ

ความต้านทาน = 3.2 โอห์ม



รูปที่ ก.2 ขนาดทางกายภาพของชุดขดลวด

ตัวอย่าง การคำนวณหาจำนวนรอบในการพันชุดขดลวดทองแดง

เงื่อนไขการคำนวณ มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 7.5 kW. ความเร็ว 1,450 rpm.

แผ่นตัวนำ คือ แผ่นอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 440 มม.

และมีความหนา 15 มม.

จากสมการ (ข.4)

$$P = T\omega$$

$$= T(2\pi f)$$

แต่เนื่องจากขอบเขตของการทดสอบ มีการทดสอบที่ความเร็ว 600 rpm. ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ให้แรงบิดสูงสุด จึงทำการคำนวณที่ความเร็ว 600 rpm. แทน 1,450 rpm.

$$\text{แทนค่า} \quad (7.5) (1000) = T (2) (22/7) (600/60)$$

$$7500 = T (62.832)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{แรงบิดทั้งหมด (T)} = 119.366 \text{ N-m.}$$

จากสมการ (ข.3)

$$T = Fr$$

ระยะรัศมีในการติดตั้งชุดขดลวด ที่ต้องการให้สร้างแรงบิดได้สูงสุด คือ 104 มม. หรือ 0.104 ม.

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} & \quad 119.366 = F (0.104) \\ \text{ดังนั้น} & \quad \text{แรงเบรกทั้งหมด (F)} = 1147.752 \text{ N.} \end{aligned}$$

ในการทดสอบมีการใช้จำนวนชุดขดลวดที่น้อยสุด = 4 ชุด หรือ 2 คู่ โดยต้องการให้แต่ละชุดสร้างแรงเบรกได้มากที่สุด

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{แรงเบรก / คู่ของชุดขดลวด} = 1147.752 / 2 = 573.876 \text{ N/คู่ขั้ว}$$

$$\text{จากสมการ (5.5)} \quad F = \frac{B^2 A \omega r t}{K \rho}$$

โดยที่ A = พื้นที่หน้าตัดของขั้วแม่เหล็ก

ซึ่งในการทดสอบ แกนเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.070 ม.

$$\text{ดังนั้น} \quad A = \pi r^2 = (22/7)(0.070/2)^2 = 0.00385 \text{ m}^2$$

ω = ความเร็วเชิงมุมของแผ่นตัวนำ = $2\pi f$

$$\text{ดังนั้น} \quad \omega = 2(22/7)(600/60) = 62.832 \text{ rad/s.}$$

r = ระยะห่างในแนวรัศมีระหว่างจุดศูนย์กลางของแผ่นตัวนำ = 0.104 m.

t = ความหนาของแผ่นตัวนำ = 0.015 m.

ρ = ค่าสภาพความต้านทาน ซึ่งในการทดสอบเป็นแผ่นอลูมิเนียม มีค่า $28.3 \times 10^{-9} \Omega\text{-m}$.

K = 1.5

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad 573.73 &= \frac{B^2 (0.00385)(62.832)(0.104)(0.015)}{(1.5)(28.3 \times 10^{-9})} \\ B^2 &= 0.06454 \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก (B)} = 0.254 \text{ Wb/m}^2$$

$$\text{จากสมการ (5.10)} \quad B = \frac{\mu N I}{l}$$

โดยที่ $I =$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดแต่ละชุด

$$\text{จากสมการ (ข.1)} \quad I = \frac{V}{R}$$

แทนค่า $V = 24$ โวลต์ ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่แหล่งจ่ายแรงดันจ่ายได้ (หัวข้อ 6.5.6 ของบทที่ 6)

$R = 0.8$ โอห์ม (ชุดขดลวด 4 ชุดแต่ละชุดมี $R = 3.2$ โอห์ม และต่อแบบขนาน)

$$\text{ดังนั้น} \quad I = (24/0.8)/4 = 7.5 \text{ แอมแปร์}$$

$l =$ ความยาวของวงจรมแม่เหล็ก

$$\text{จากสมการ (4.11)} \quad R = \frac{\rho l}{A}$$

แทนค่า $A =$ พื้นที่หน้าตัดของขดลวด การทดสอบใช้ลวด SWG 18 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 มม.

$$= (22/7)(0.0012/2)^2 = 1.131 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$\rho =$ ค่าสภาพความต้านทานของลวดทองแดง $= 1.72 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$.

$R =$ ความต้านทานของชุดขดลวดแต่ละชุด $= 3.2$ โอห์ม

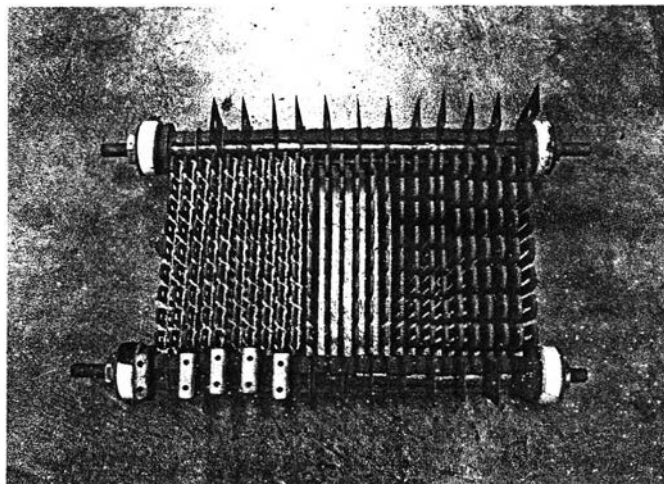
$$\text{ดังนั้น} \quad l = (3.2)(1.131 \times 10^{-6}) / (1.72 \times 10^{-8}) = 210 \text{ ม.}$$

$\mu =$ ค่าความซึมซาบได้ของตัวนำใดๆ ในที่นี้คือ แกนเหล็ก $= 589.12 \times 10^{-5}$

$$\text{แทนค่าทั้งหมด} \quad 0.254 = (589.12 \times 10^{-5})(7.5)N / (210)$$

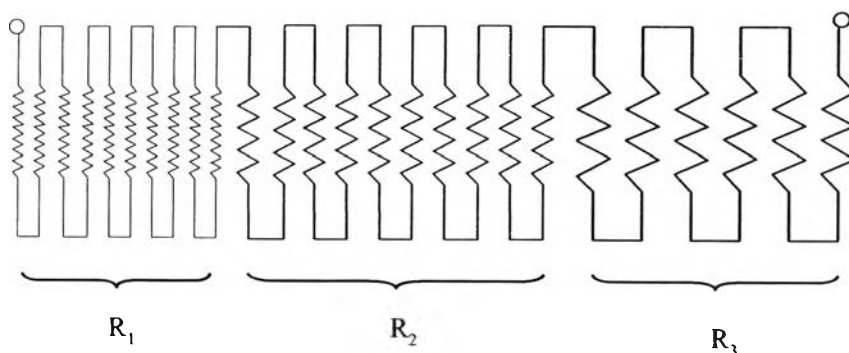
$$\text{ดังนั้น} \quad \text{จำนวนรอบของการพันชุดขดลวด (N) = 1,207 รอบ}$$

Resistance Bank เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปรับกระแสไฟฟ้าในการทดสอบ มีลักษณะดังรูป



รูปที่ ก.3 Resistance Bank

จากรูป เกิดจากนำขดของแกนเหล็ก 3 ขนาด มาต่อเรียงกันเป็นวงจรแบบอนุกรม ซึ่งใช้แผ่นฉนวนไม้ก้ำกั้นทุกๆช่วง 1 ขดและติดตั้งแผ่นโลหะทุกๆช่วงนั้นเพื่อใช้สำหรับปรับกระแสไฟฟ้า ซึ่งแสดงเป็นวงจรความต้านทาน ดังนี้



รูปที่ ก.4 วงจรความต้านทานของ Resistance Bank

แบ่งออกได้ 3 ชุดที่ต่อกันแบบอนุกรม คือ

- (1.) R_1 มีทั้งหมด 10 ขด มีความต้านทานรวม = 1.4 โอห์ม
- (2.) R_2 มีทั้งหมด 10 ขด มีความต้านทานรวม = 0.9 โอห์ม
- (3.) R_3 มีทั้งหมด 6 ขด มีความต้านทานรวม = 0.4 โอห์ม

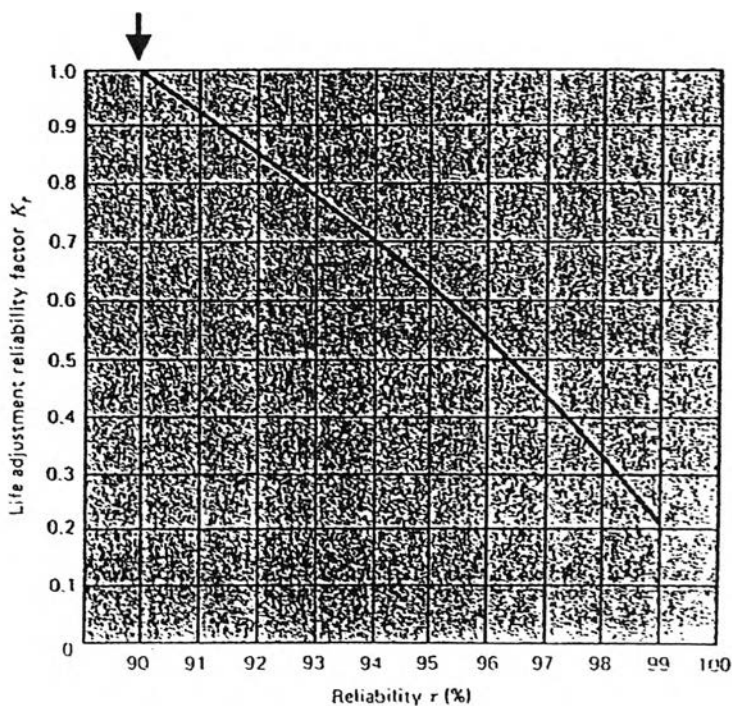
ตาราง ก.1 ชนิดของเหล็กที่ใช้ทำเพลาส่งกำลัง [13]

Material	Mass kg/m ³ × 10 ³	Mod. of Elasticity E MPa × 10 ³	Mod. of Rigidity G MPa × 10 ³	Tensile Yield Strength MPa	Ultimate Strength MPa			Coeff. of Thermal Expansion α m/m/C° × 10 ⁻⁶	Poisson's Ratio μ
					Tens.	Comp.	Shear		
Steel ASTM A36 or A501	7.85	207	83	250	400			11.7	0.25
Steel (alloy) ASTM A572 Grade 50	7.85	207	83	345	450			11.7	0.25
Steel AISI 1020 hot-rolled	7.85	207	79.3	210	380			11.7	0.25
Steel AISI 1040 hot-rolled	7.85	207	79.3	290	520			11.7	0.25
Stainless steel (annealed)	7.85	200	80	280	580		410	11.7	0.25
Cast iron (gray)	7.21	100	41		140	550	220	10.6	0.26
Cast iron (malleable)	7.21	172	86	310	450	1510	330	11.9	0.27
Wrought iron	7.69	190	76	190	330	330	260	12.1	0.27
Aluminum alloy 6061-T6	2.64	70	28	240	260		190	23.6	0.33
Magnesium alloy	1.794	45	17	210	280		140	26.1	0.34
Titanium alloy	4.40	114	45	1030	1170		690	10.8	
Brass (rolled)	8.56	97	41	340	410		340	18.7	0.34
Bronze (cast)	8.56	83	34	170	230	390		18.2	0.35
Copper (hard drawn)	8.81	103	41	280	380		260	16.7	0.35
Concrete	2.40	21.5				21		9.9	0.20
Concrete	2.40	24.9				28		9.9	0.20

ตาราง ก.4 Design life สำหรับการเลือกแบร์ริง [9]

Representative Bearing Design Lives

Type of Application	Design Life (thousands of hours)
Instruments and apparatus for infrequent use	0.1-0.5
Machines used intermittently, where service interruption is of minor importance	4-8
Machines intermittently used, where reliability is of great importance	8-14
Machines for 8-hour service, but not every day	14-20
Machines for 8-hour service, every working day	20-30
Machines for continuous 24-hour service	50-60
Machines for continuous 24-hour service where reliability is of extreme importance	100-200



รูปที่ ก.5 ค่า Life adjustment reliability factors สำหรับการเลือกแบร์ริง [9]

ภาคผนวก ข การคำนวณหากระแสไฟฟ้าและแรงบิด ที่บันทึกเป็นผลการทดสอบ

ข.1 การคำนวณกระแสไฟฟ้า

กฎของโอห์ม (Ohms' Law)

การคำนวณกระแสไฟฟ้า จากกฎของโอห์มต้องทราบความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในวงจรไฟฟ้า หนึ่งๆ เสียก่อน เมื่อแทนค่าเข้าไปก็จะได้กระแสไฟฟ้าภายในวงจรออกมา โดยใช้สมการดังนี้

$$I = \frac{V}{R} \quad (\text{ข.1})$$

โดยที่ I = ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์ ,A)
V = ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์ ,V)
R = ค่าความต้านทานภายในวงจร (โอห์ม ,Ω)

ตัวอย่าง ผลการบันทึกแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานที่วัดได้
ที่ ค่ากระแสไฟฟ้า = 11.59 แอมแปร์ (อ้างอิงจากตาราง ง.1)

จากการทดสอบวัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมชุดขดลวดที่จุดนี้ได้ = 9.5 โวลต์
และความต้านทานของชุดขดลวดที่จุดนี้ได้ = 0.82 โอห์ม (ตาราง ก.2)

ดังนั้น จากกฎของโอห์ม (สมการ ข.1)

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9.5}{0.82} = 11.585 \text{ แอมแปร์}$$

ข.2 การคำนวณแรงบิด

(ข.2.1) การหาระยะยืดของสปริง

จากบทที่ 8 ในส่วนของขั้นตอนการทดสอบที่รูป 6.24 พบว่าการวัดระยะยืดของสปริงได้ใช้สเกลเป็นตัวเลขที่มีค่าอยู่ในช่วง 0-320 มม. คิดตั้งที่ส่วนโค้งของแผ่นแปลในด้านที่มีการยึดสปริงอยู่ซึ่งเมื่อเครื่องไคนาโมมิเตอร์สร้างแรงเบรกขึ้นมาจะทำให้สปริงที่ใช้วัดแรงนั้นยืดออกเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของสเกลจากจุด 0 นั่นก็คือระยะที่สปริงยืดออกนั่นเอง แต่การจะคิดเป็นระยะยืดที่แท้จริงของสปริงนั้น จะต้องมีการสอบเทียบ(Calibrate) ค่าทั้งสองเสียก่อน ซึ่งจะได้ผลการสอบเทียบดังตารางที่ ข.1 และนำผลที่ได้นี้มาหาสมการความสัมพันธ์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการคำนวณหาระยะยืดที่แท้จริงของสปริง โดยจุดสปริงที่ใช้งานมีความยาวเริ่มต้นเท่ากับ 153 มม.

ตาราง ข.1 ผลการเปรียบเทียบค่าที่บันทึกจากสเกลกับระยะยืดของสปริง

ระยะของสเกล (มม.)	ระยะยืดของสปริง (มม.)
0	0
5	2.2
10	4.4
15	6.5
20	8.5
25	10.7
30	12.6
35	14.9
40	17.1
45	18.9
50	21.1
55	23
60	25.1
65	27.2
70	29.1
75	31.2
80	33.7
85	35.3
90	37.7

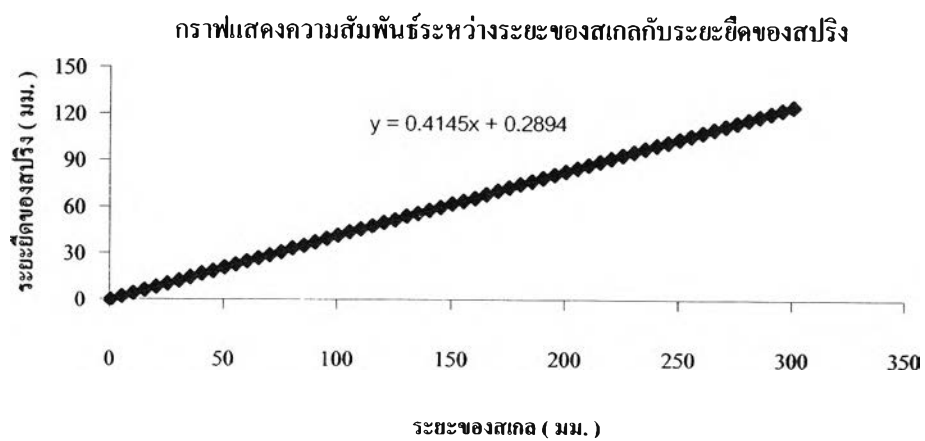
ตาราง ข.1 ผลการเปรียบเทียบค่าที่บันทึกจากสเกลกับระยะยี่ดของสปริง (ต่อ)

ระยะของสเกล (มม.)	ระยะยี่ดของสปริง (มม.)
95	40
100	41.9
105	44.3
110	46.2
115	48.1
120	50.3
125	52
130	54.6
135	56.2
140	58.3
145	60.2
150	62.4
155	64.2
160	66
165	68.5
170	70.9
175	72.8
180	74.9
185	77
190	79
195	81.1
200	83.2
205	85.3
210	87.3
215	89.4
220	91.5
225	93.6

ตาราง ข.1 ผลการเปรียบเทียบค่าที่บันทึกจากสเกลกับระยะยี่ดของสปริง (ต่อ)

ระยะของสเกล (มม.)	ระยะยี่ดของสปริง (มม.)
230	95.6
235	97.7
240	99.8
245	101.8
250	104
255	106
260	108.1
265	110.1
270	112.2
275	114.3
280	116.4
285	118.4
290	120.5
295	122.6
300	124.6

เมื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์ได้ออกมา ดังนี้



รูปที่ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะของสเกลกับระยะยี่ดของสปริง

(ข.2.2) การหาแรงเบรก

แรงเบรกในที่นี้ คือแรงที่เกิดจากระยะยืดของสปริงซึ่งหาจากสมการดังนี้

$$F = kx \quad (\text{ข.2})$$

โดยที่ F = แรงที่เกิดจากสปริง (นิวตัน, N)
 k = ค่าคงของสปริง (นิวตัน/เมตร, N/m.)
 x = ระยะยืดของสปริง (เมตร, m.)

(ข.2.3) การหาแรงบิด

สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$T = Fr \quad (\text{ข.3})$$

โดยที่ T = แรงบิด (นิวตัน-เมตร, N-m.)
 F = แรงที่เกิดจากสปริง (นิวตัน, N)
 r = ระยะจากจุดศูนย์กลางการหมุนถึงแนวที่ยึดสปริง (เมตร, m.)

ตัวอย่าง ที่จุด กระแสไฟฟ้า = 43.16 A. วัดแรงบิดได้ 2.93 N-m.
 ข้อมูลที่บันทึกได้ ระยะของสเกลวัด = 12 มม. (อ้างอิงจากตาราง ง.15)

$$\begin{aligned} \text{จากสมการความสัมพันธ์ในรูปที่ ข.1 } y &= 0.4145x + 0.2894 \\ &= 0.4145(12) + 0.2894 \\ &= 5.26 \text{ มม.} \end{aligned}$$

ดังนั้น ระยะยืดของสปริง คือ 5.26 มม.

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ (ข.2)} \quad F &= kx \\ \text{ในการทดสอบ ใช้สปริงที่มีค่าคง} &= 4.859 \text{ kN/m.} \\ F &= (4.859)(5.26/1000) \\ &= 0.0256 \text{ kN.} \end{aligned}$$

ดังนั้น แรงเบรก คือ 0.0256 N.

จากสมการ (ข.3)

$$T = Fr$$

ในการทดสอบ ใช้ตัวยึดสปริงที่มีระยะเส้นผ่านศูนย์กลางจากจุดหมุนที่แนวยึดสปริง = 0.1147 ม.

$$= (0.0256)(1000)(0.1147)$$

$$= 2.93 \text{ N-m.}$$

(ข.2.4) การหาคำกำลัง

สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$P = T\omega \quad (\text{ข.4})$$

โดยที่ P = กำลัง (วัตต์, W.)

T = แรงบิด (นิวตัน-เมตร, N-m.)

ω = ความเร็วเชิงมุม (เรเดียนต่อวินาที, rad/s.)

เมื่อ $\omega = 2\pi f$ (f = ค่าความถี่ในการหมุน, รอบต่อวินาที)

ตัวอย่าง ที่จุด ค่ากระแสไฟฟ้า = 43.16 A. วัตต์แรงบิดได้ 2.93 N-m.
 เป็นจุดที่วัดความเร็วได้ 3,000 รอบต่อนาที (อ้างอิงจากตาราง ง.15)

จากสมการ (ข.4)

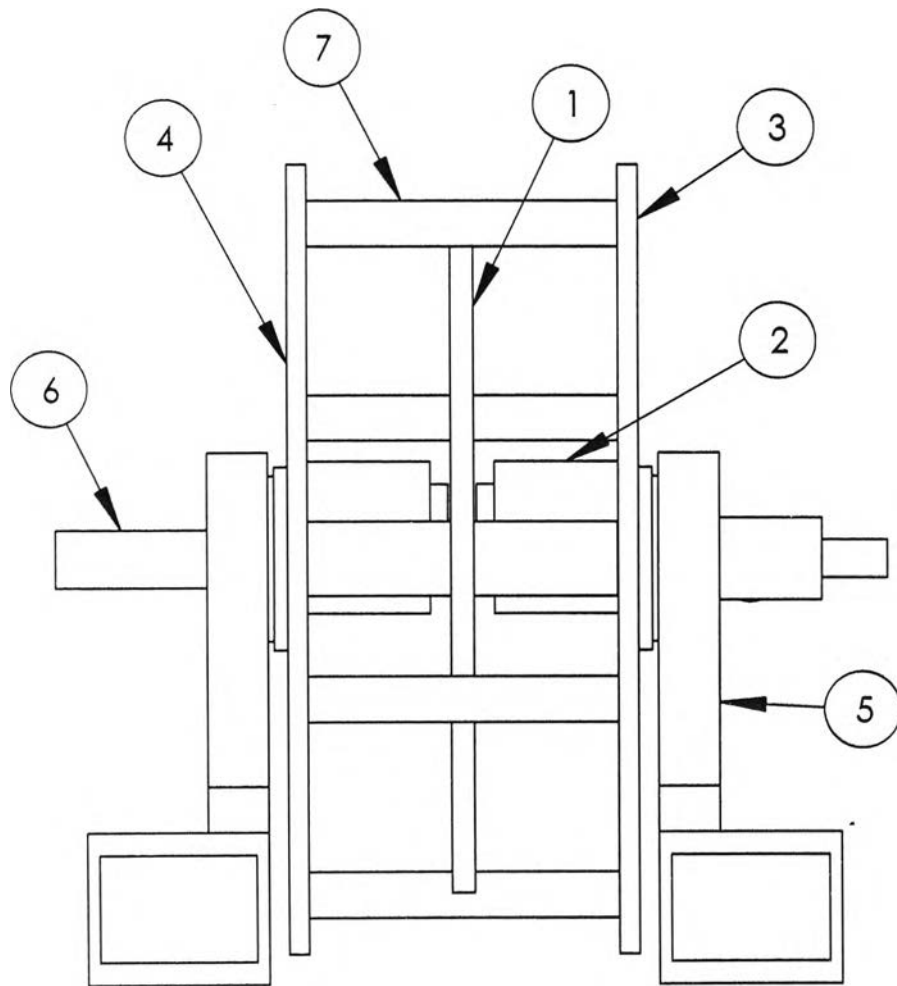
$$\begin{aligned} P &= T\omega \\ &= T(2\pi f) \\ &= 2(2.93)(22/7)(3000/60) \\ &= 920.85 \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

ที่กล่าวมาในภาคผนวก ข นี้คือ ขั้นตอนที่ใช้หาค่าต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากผลการทดสอบ
 ทั้งหมด ดังแสดงผลของการทดสอบในตารางของภาคผนวก ง

ภาคผนวก ค Assembly and Detail Drawings

Eddy-Current Dynamometer Drawing จะแบ่งเป็นส่วนๆ ดังนี้

- รูปที่ ค.1 ภาพแสดงเครื่องไดนาโมมิเตอร์ที่ประกอบสมบูรณ์
- รูปที่ ค.2 แผ่นจานหมุน (Rotor)
- รูปที่ ค.3 แกนเหล็ก (Coil Core)
- รูปที่ ค.4.1 แผ่นเปล (Cradle)
- รูปที่ ค.4.2 บุษสวมเพลลาเบอร์ 1 (Bush no.1)
- รูปที่ ค.4.3 บุษสวมเพลลาเบอร์ 2 (Bush no.2)
- รูปที่ ค.4.4 ภาพแสดงการประกอบแผ่นเปลกับบุษสวมเพลลาเบอร์ 1
(Cradle with Bush no.1 Assembly)
- รูปที่ ค.4.5 ภาพแสดงการประกอบแผ่นเปลกับบุษสวมเพลลาเบอร์ 2
(Cradle with Bush no.2 Assembly)
- รูปที่ ค.5.1 ฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเปลเบอร์ 1 (Cradle Base No. 1)
- รูปที่ ค.5.2 ฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเปลเบอร์ 2 (Cradle Base No. 2)
- รูปที่ ค.5.3 ฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเปลเบอร์ 3 (Cradle Base No. 3)
- รูปที่ ค.5.4 ฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเปลเบอร์ 4 (Cradle Base No. 4)
- รูปที่ ค.5.5 ภาพแสดงการประกอบฐานที่ใช้ติดตั้งแผ่นเปล (Cradle Base Assembly)
- รูปที่ ค.6 เพลาส่งกำลัง (Rotor Shaft)
- รูปที่ ค.7 หน้าแปลนยึดแผ่นจานหมุน (Rotor Flange)
- รูปที่ ค.8 แกนยึดแผ่นเปล (Cradle Rod)
- รูปที่ ค.9.1 แท่นฐานเบอร์ 1 (Base No. 1)
- รูปที่ ค.9.2 แท่นฐานเบอร์ 2 (Base No. 2)
- รูปที่ ค.9.3 แท่นฐานเบอร์ 3 (Base No. 3)
- รูปที่ ค.9.4 แท่นฐานเบอร์ 4 (Base No. 4)
- รูปที่ ค.9.5 แท่นฐานเบอร์ 5 (Base No. 5)
- รูปที่ ค.9.6 ภาพแสดงการประกอบแท่นฐาน (Base Assembly)

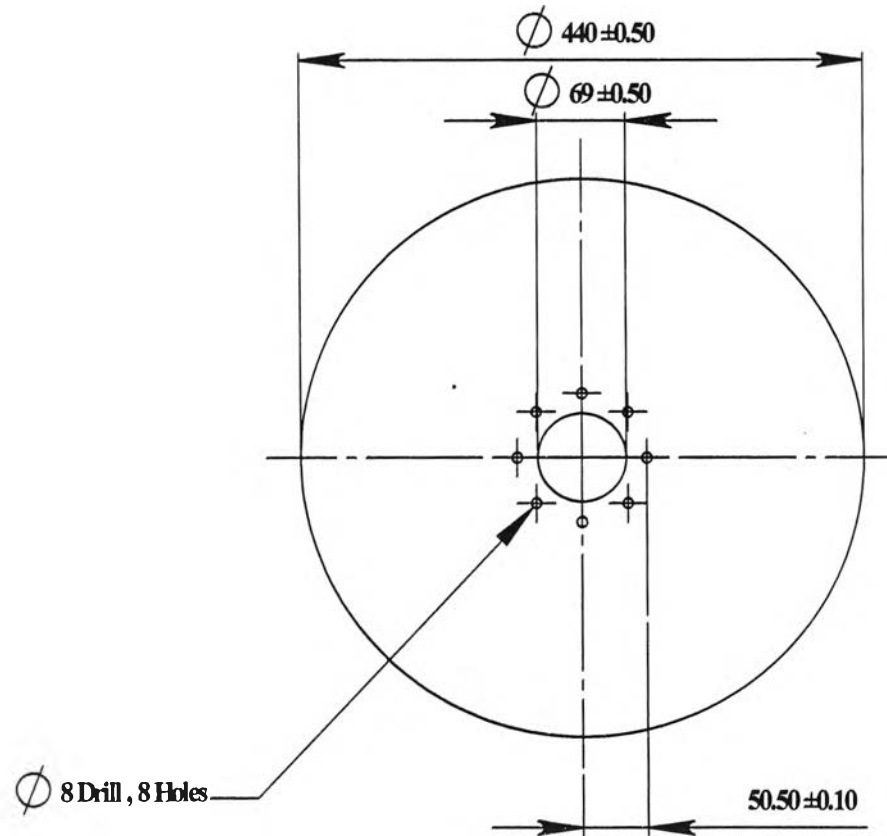
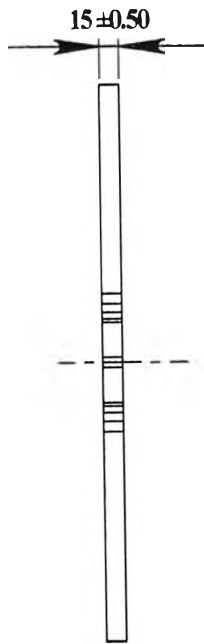


รูปที่ ๑

EDDY-CURRENT DYNAMOMETER ASSEMBLY

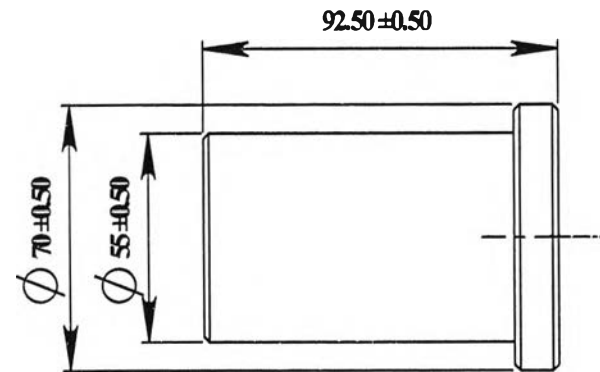
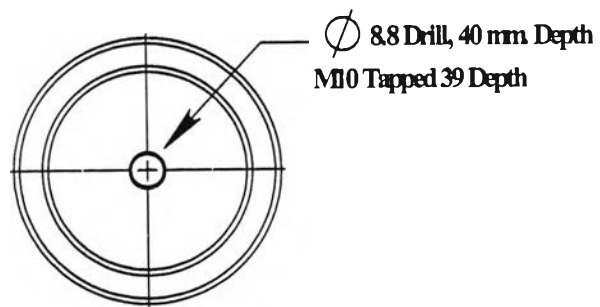
NO.	NAME	REFERENCE
1.	ROTOR DISK	รูปที่ ๒
2	COIL CORE	รูปที่ ๓
3	CRADLE WITH BUSH NO. 1	รูปที่ ๔.๔
4.	CRADLE WITH BUSH NO. 2	รูปที่ ๔.๕
5.	CRADLE BASE ASSEMBLY	รูปที่ ๕.๕
6	ROTOR SHAFT	รูปที่ ๖
7.	CRADLE ROD	รูปที่ ๘

PART NO. 1	MATERIAL : STEEL and ALUMINUM	SCALE 1: 4.5
	PIECES : 1 PIECE	UNT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



รูปที่ ค.2

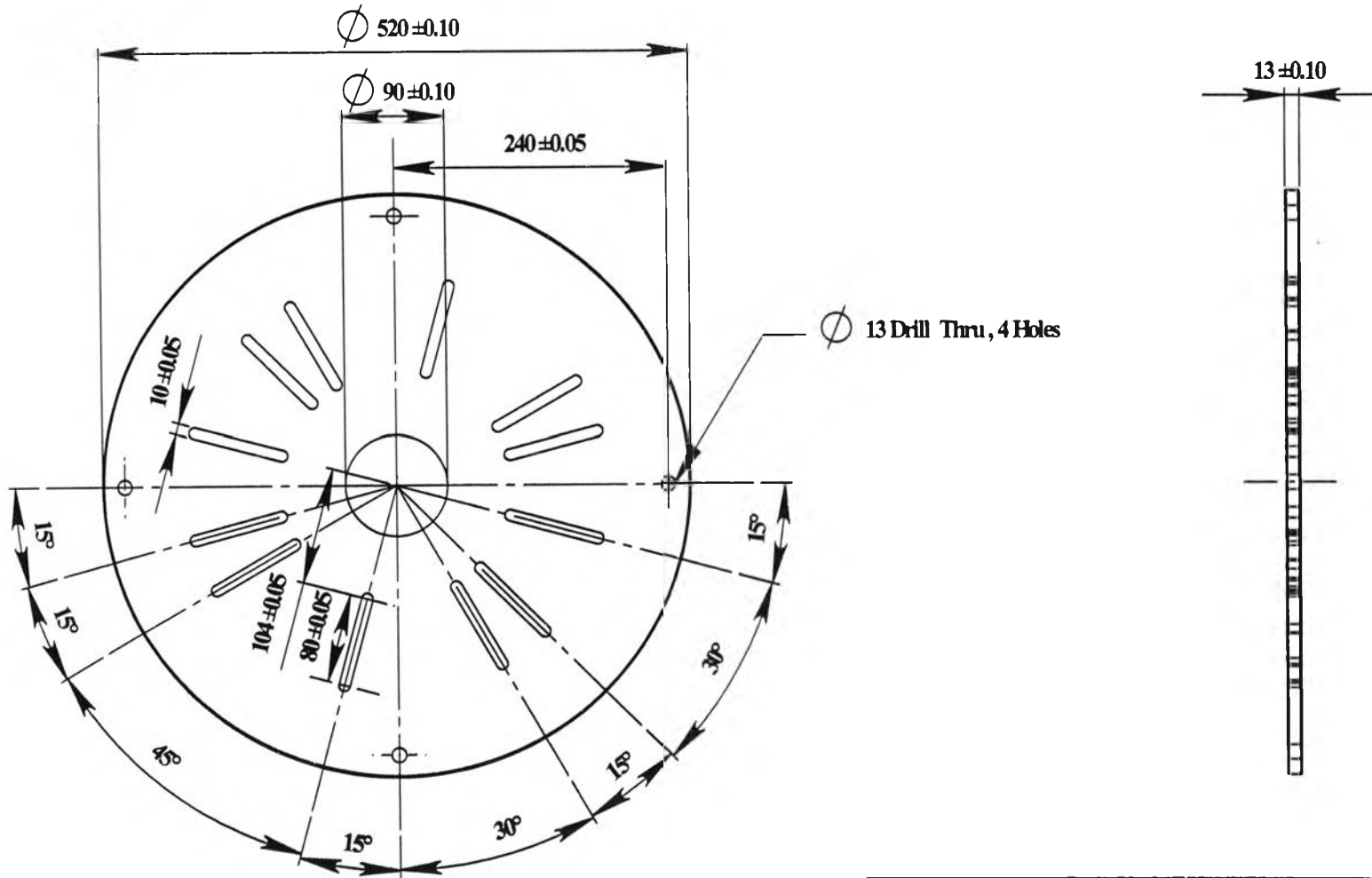
PART NO. 2	MATERIAL : ALUMINIUM	SCALE 1: 6
	PIECES : 1 PIECE	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : ROTOR DISK	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



รูปที่ ๓

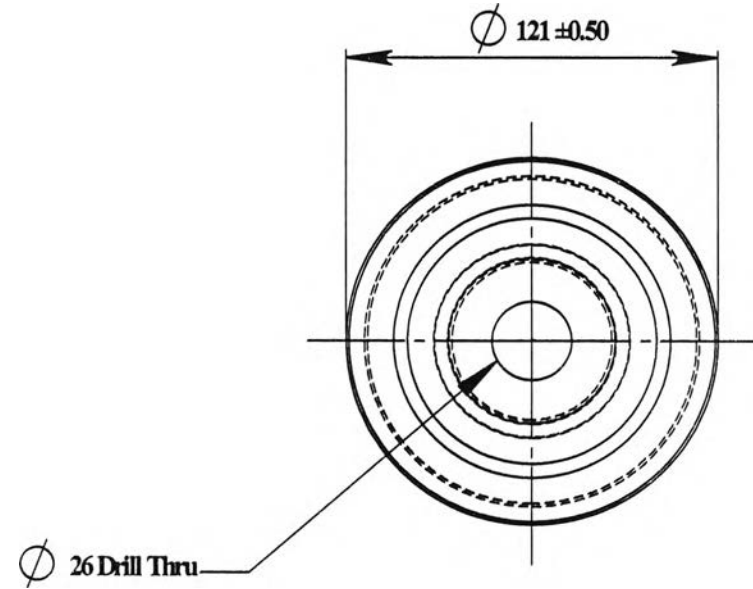
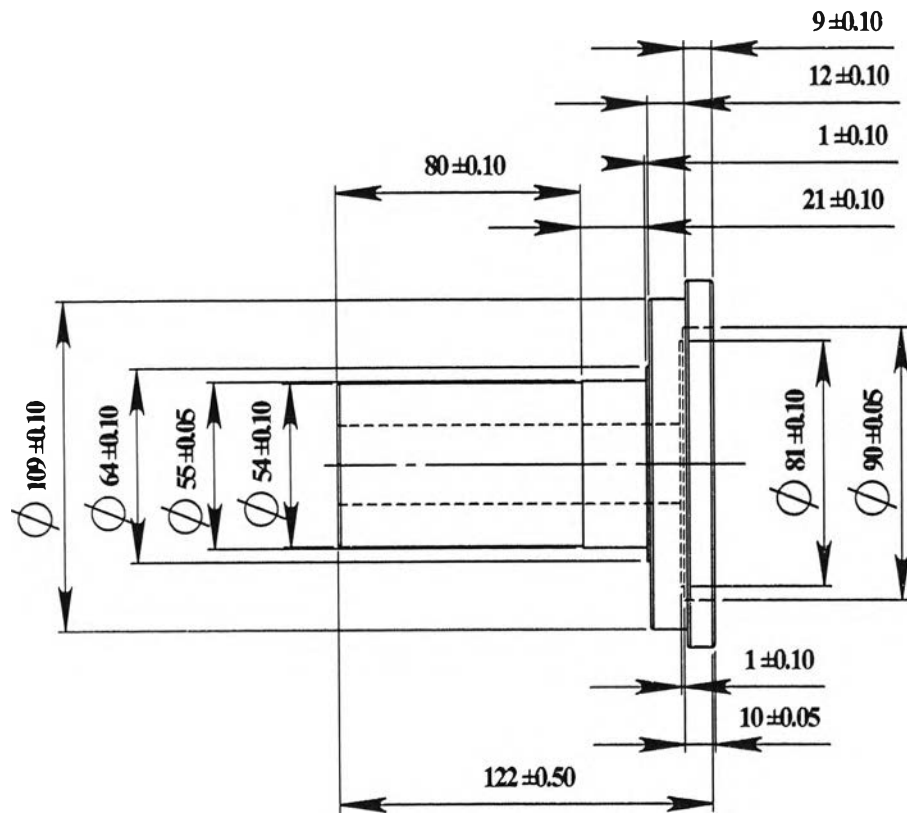
PART NO. 3	MATERIAL : STEEL	SCALE 1:2
	PIECES : 12 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : COIL CORE	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	

I 222472861



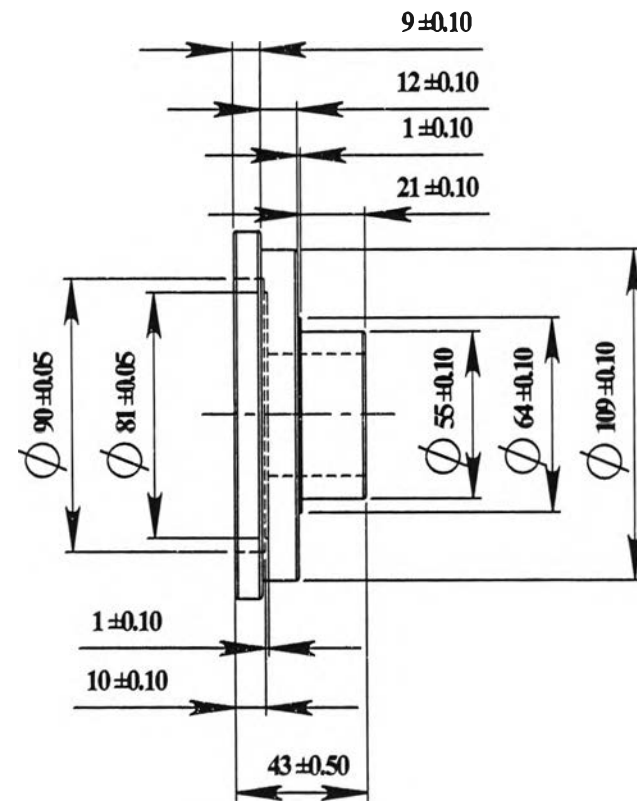
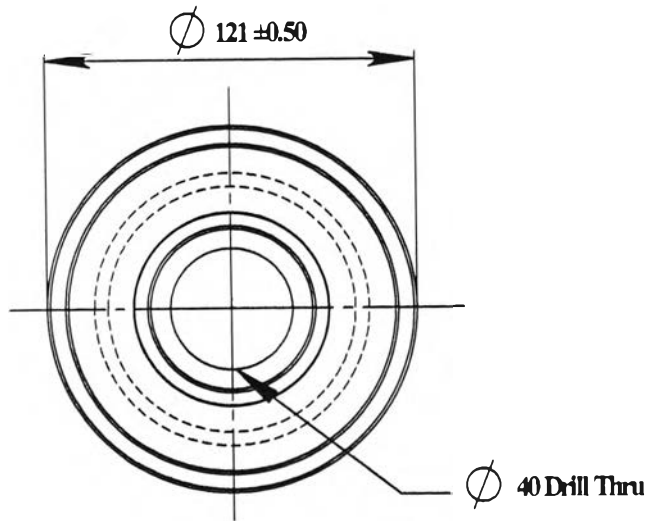
รูปที่ 4.1

PART NO. 4(1)	MATERIAL : MILD STEEL	SCALE 1:6
	PIECES : 2 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : CRADLE	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



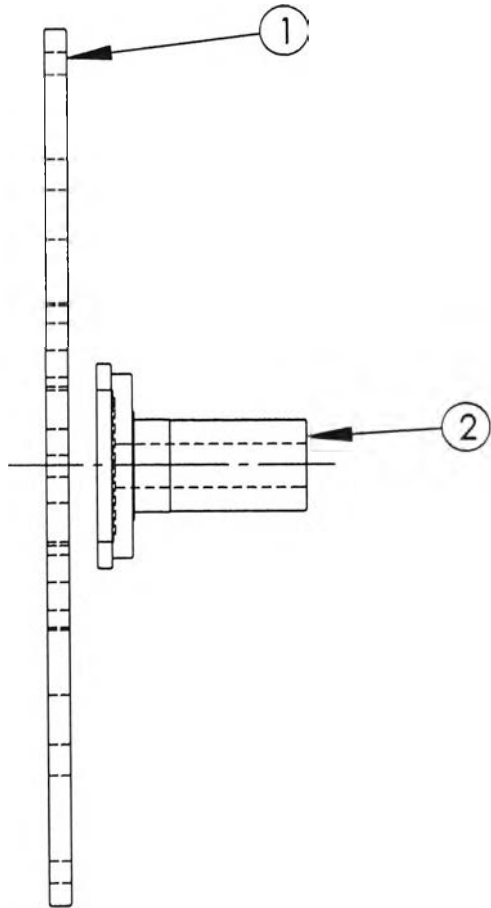
รูปที่ ค.4.2

PART NO. 4(2)	MATERIAL : STEEL S45C	SCALE 1:25
	PIECES : 1 PIECE	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : BUSH NO.1	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



รูปที่ ค.4.3

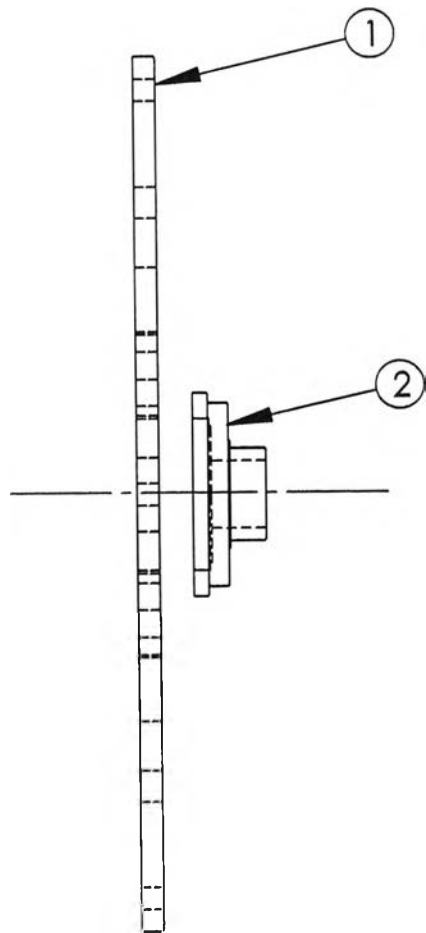
PART NO. 4(3)	MATERIAL : STEEL S45C	SCALE 1: 2.5
	PIECES : 1 PIECE	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : BUSH NO. 2 PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



รูปที่ ค.4.4

CRADLE WITH BUSH NO. 1 ASSEMBLY		
NO.	NAME	REFERENCE
1.	CRADLE	รูปที่ค.4.1
2	BUSH NO. 1	รูปที่ค.4.2

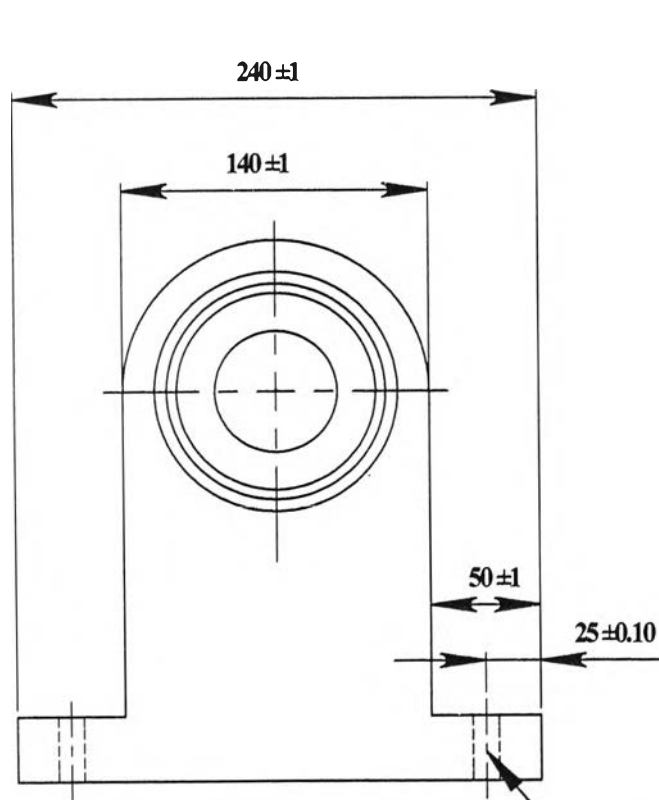
PART NO. 4(4)	MATERIAL : STEEL S45C	SCALE 1: 4.5
	PIECES : 1 PIECE	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : CRADLE WITH BUSH NO. 1	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



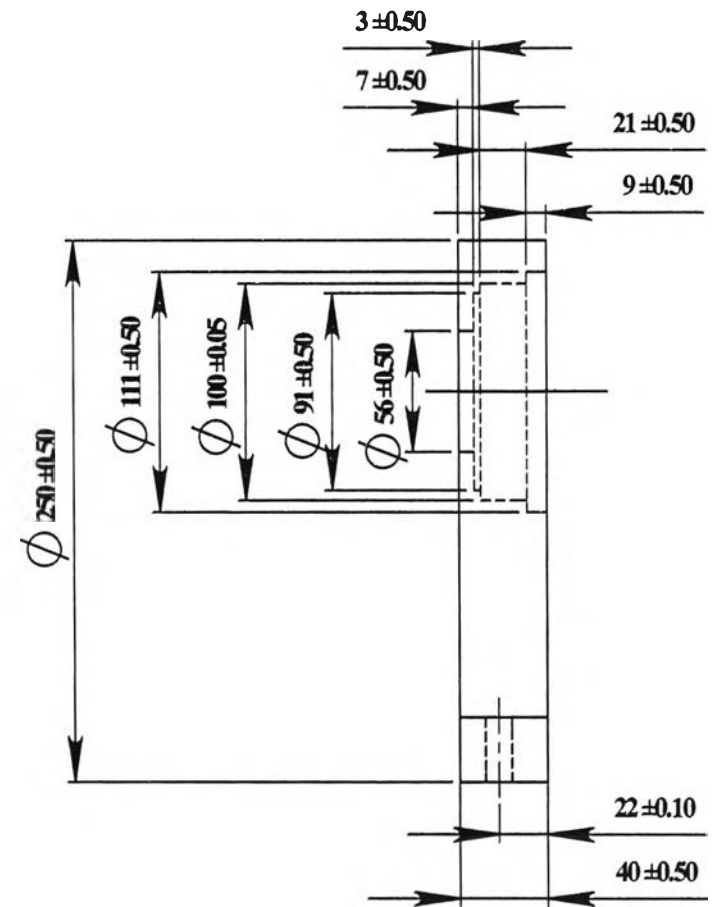
รูปที่ ๔.๕

CRADLE WITH BUSH NO. 2 ASSEMBLY		
NO.	NAME	REFERENCE
1.	CRADLE	รูปที่๔.๑
2	BUSH NO. 2	รูปที่๔.๓

PART NO. 4 (5)	MATERIAL : STEEL S45C	SCALE 1: 4.5
	PIECES : 1 PIECE	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : CRADLE WITH BUSH NO. 2	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	

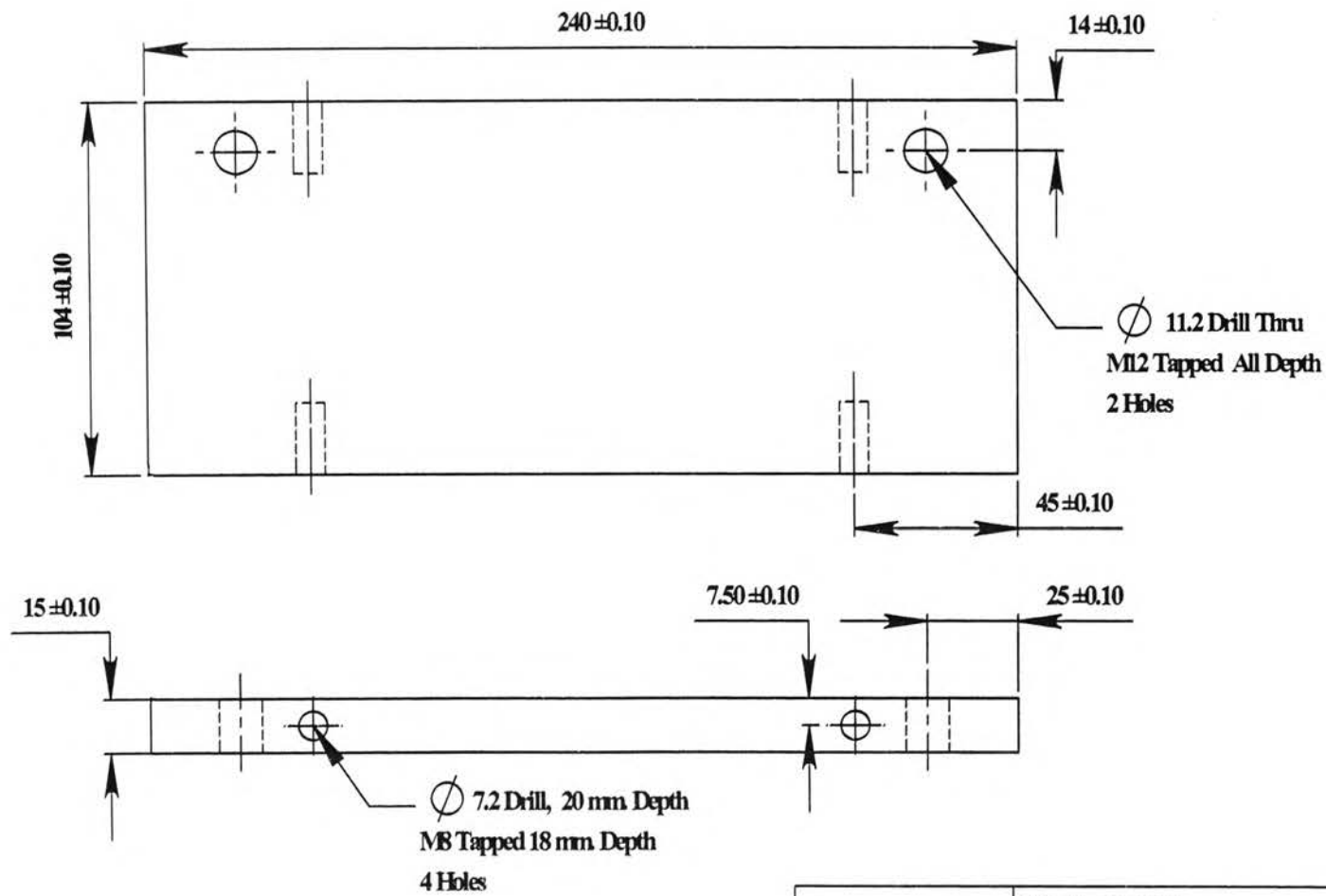


\varnothing 11.2 Drill Thru
 M12 Tapped
 2 Sides



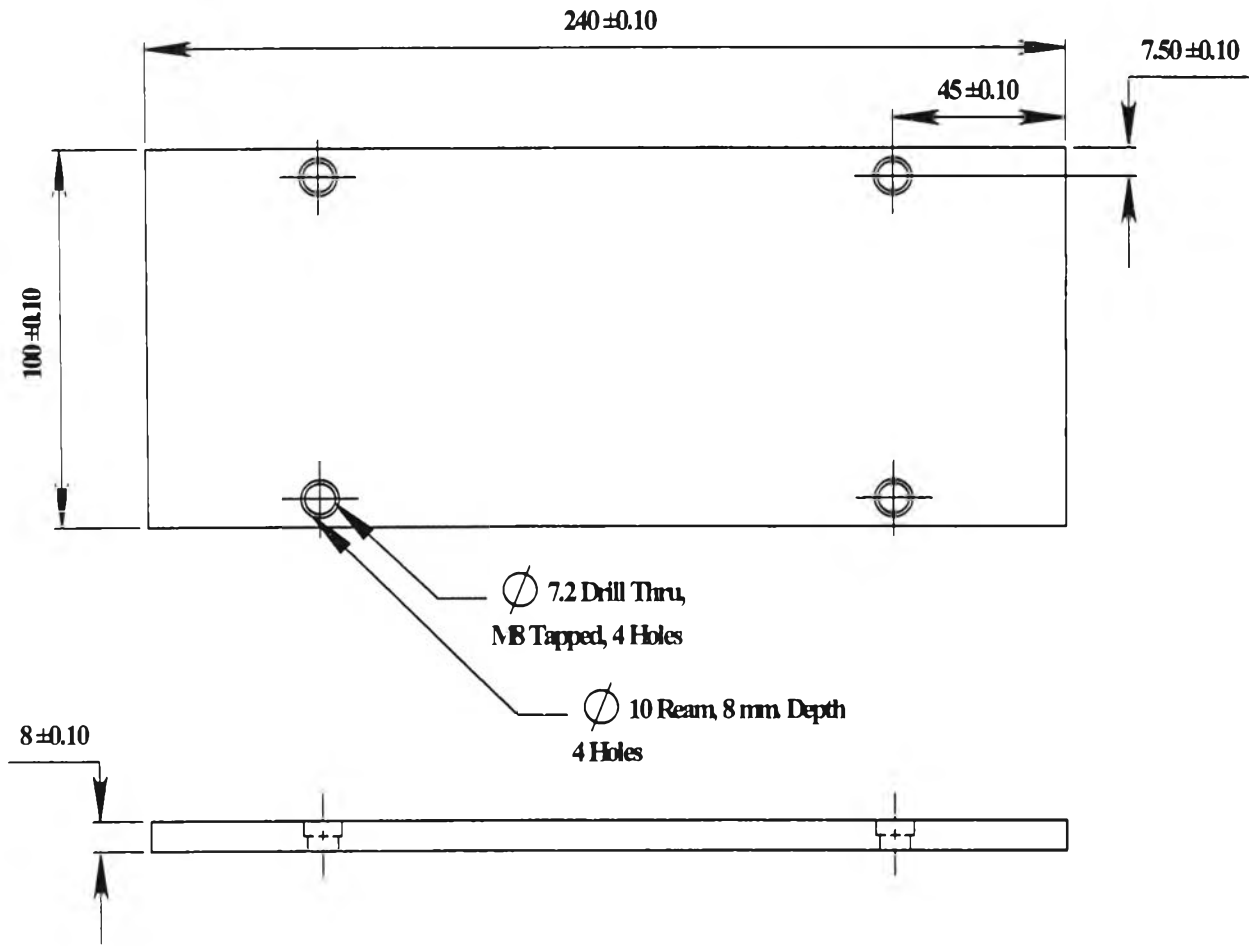
รูปที่ ค.5.1

PART NO. 5(1)	MATERIAL : STEEL S45C	SCALE 1: 3.5
	PIECES : 2 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : CRADLE BASE	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



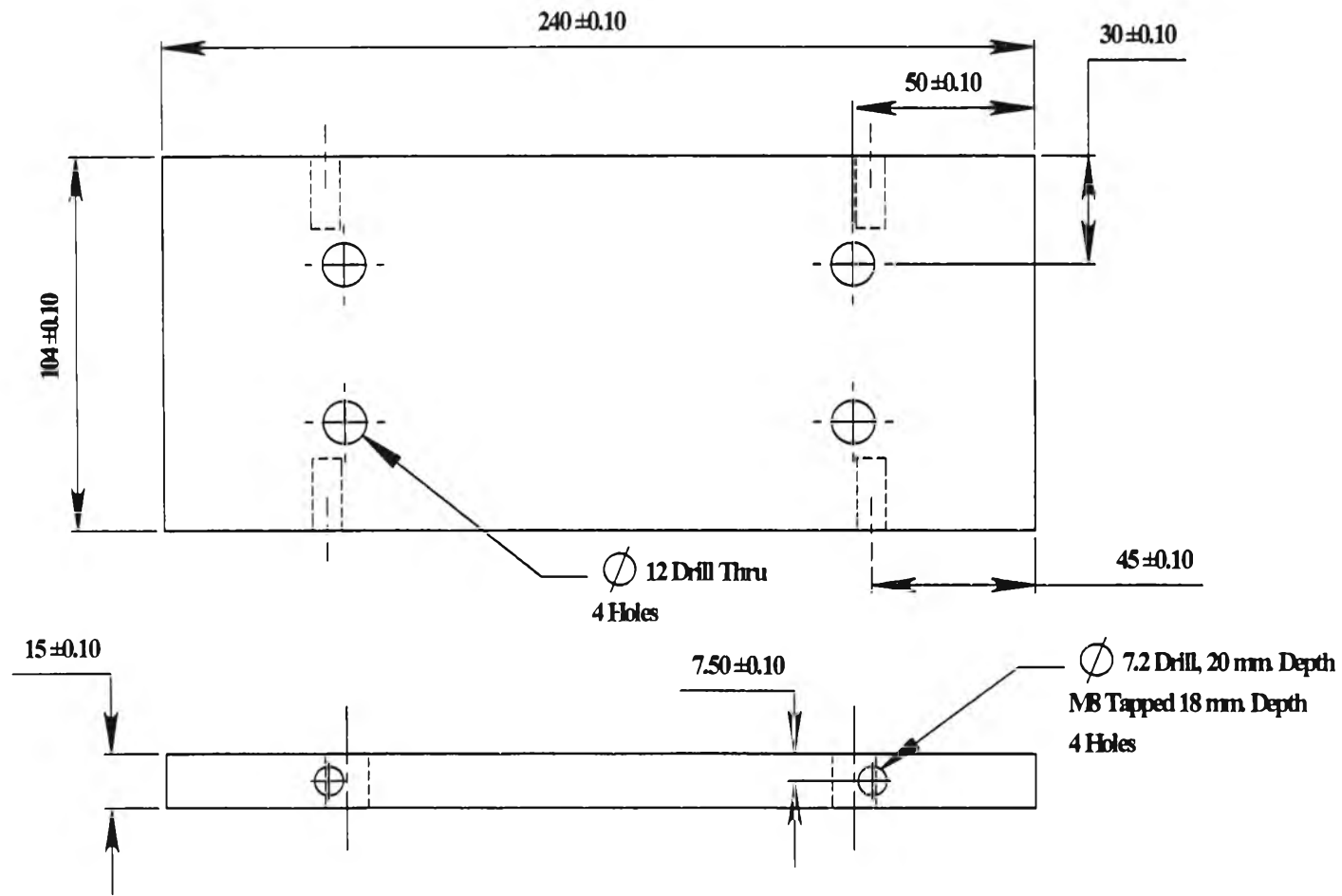
รูปที่ ค.5.2

PART NO. 5 (2)	MATERIAL : STEEL S45C	SCALE 1:2
	PIECES : 2 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : CRADLE BASE NO.2	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



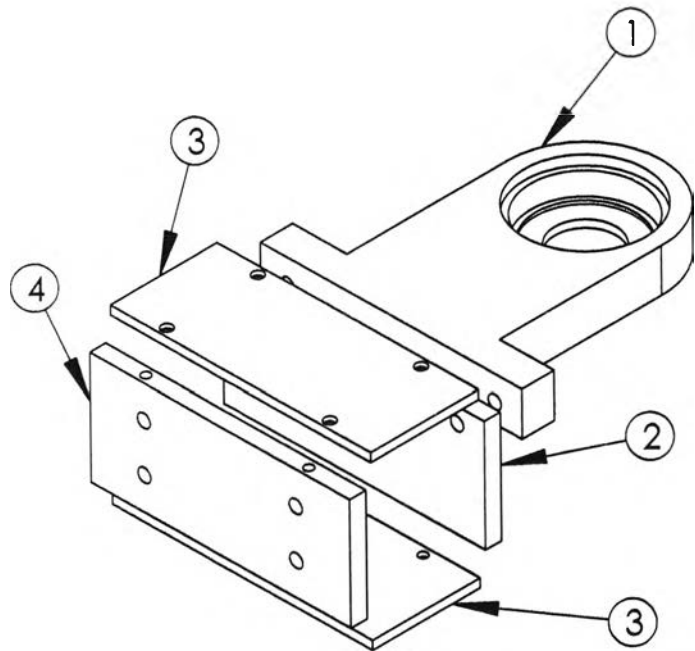
รูปที่ ๕.๓

PART NO. 5(3)	MATERIAL : STEEL S45C	SCALE 1: 2
	PIECES : 4 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : CRADLE BASE NO. 3	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



รูปที่ ค.5.4

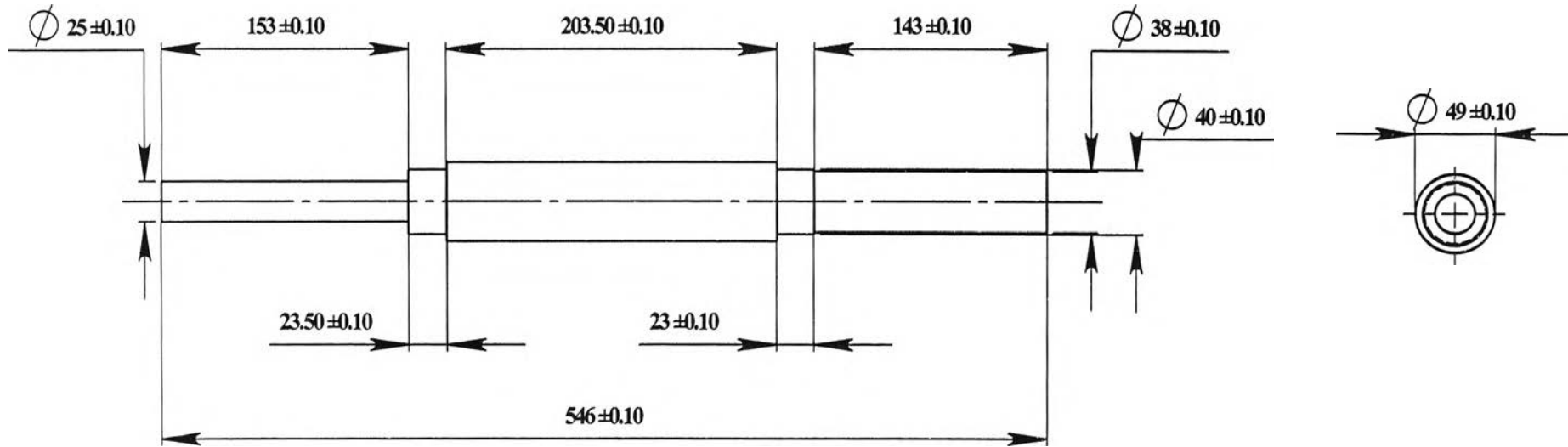
PART NO. 5 (4)	MATERIAL : STEEL S45C	SCALE 1: 2
	PIECES : 2 PIECES	UNT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : CRADLE BASE NO. 4	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



BASE ASSEMBLY		
NO.	NAME	REFERENCE
1.	CRADLE BASE NO.1	รูปที่ 4.1
2.	CRADLE BASE NO.2	รูปที่ 4.2
3.	CRADLE BASE NO.3	รูปที่ 4.3
4.	CRADLE BASE NO.4	รูปที่ 4.4

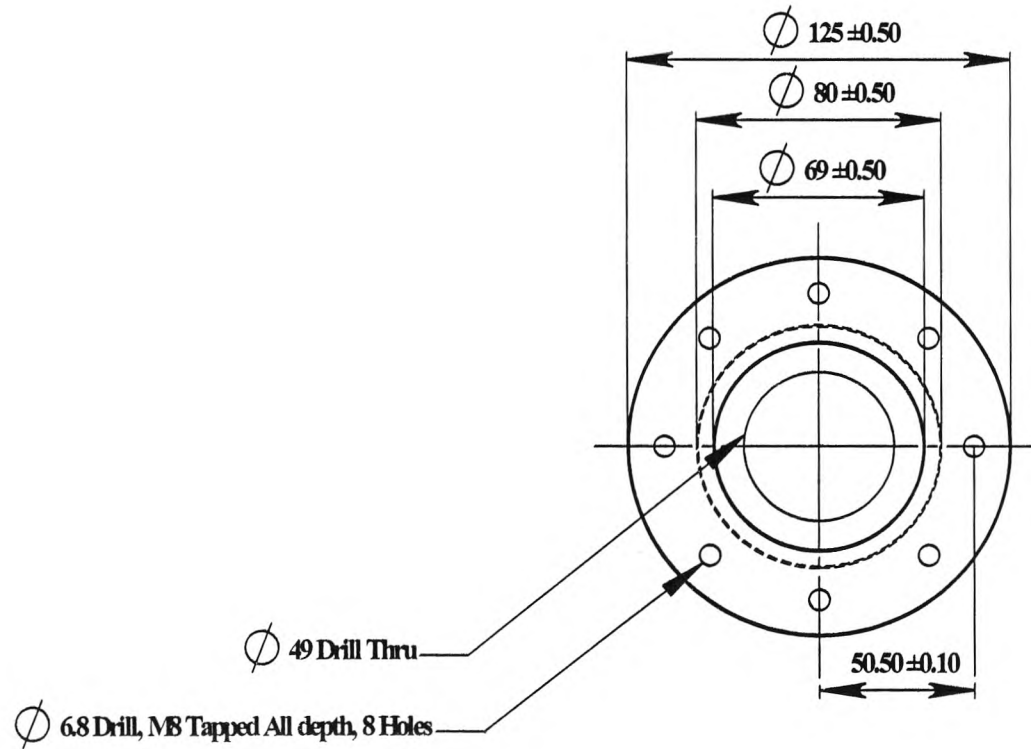
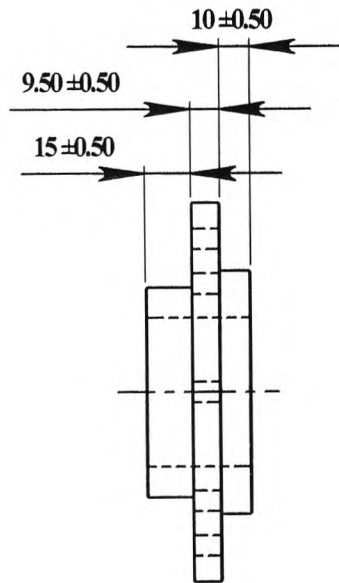
รูปที่ 5.5

PART NO. 5(5)	MATERIAL : STEEL S45C	SCALE 1:5
	PIECES : 2 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : CRADLE BASE ASSEMBLY	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



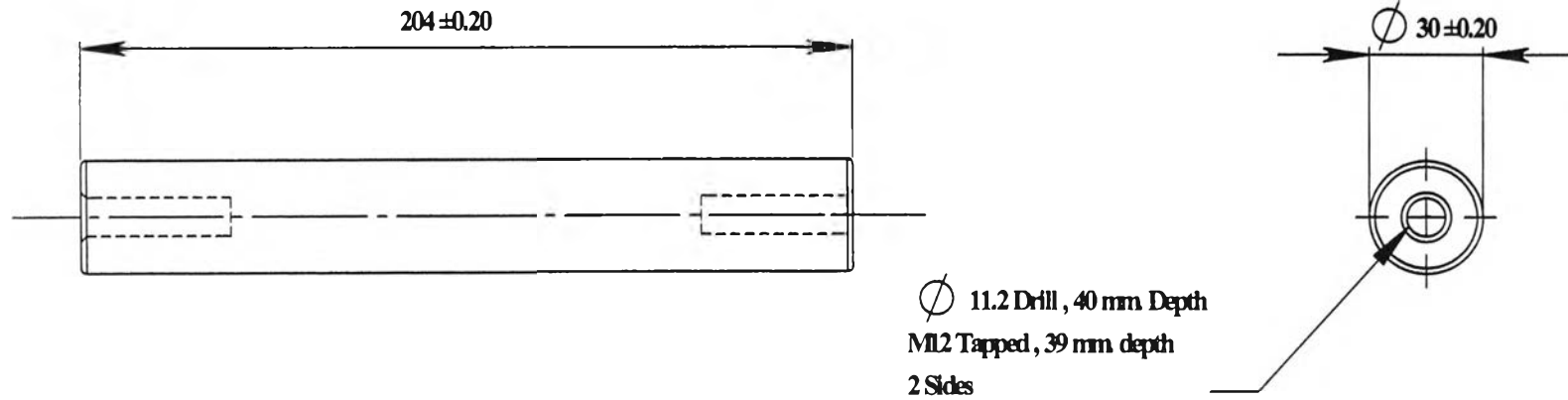
รูปที่ ๖

PART NO. 6	MATERIAL : STEEL S10C21	SCALE 1:4
	PIECES : 1 PIECE	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : ROTOR SHAFT	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



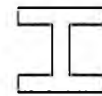
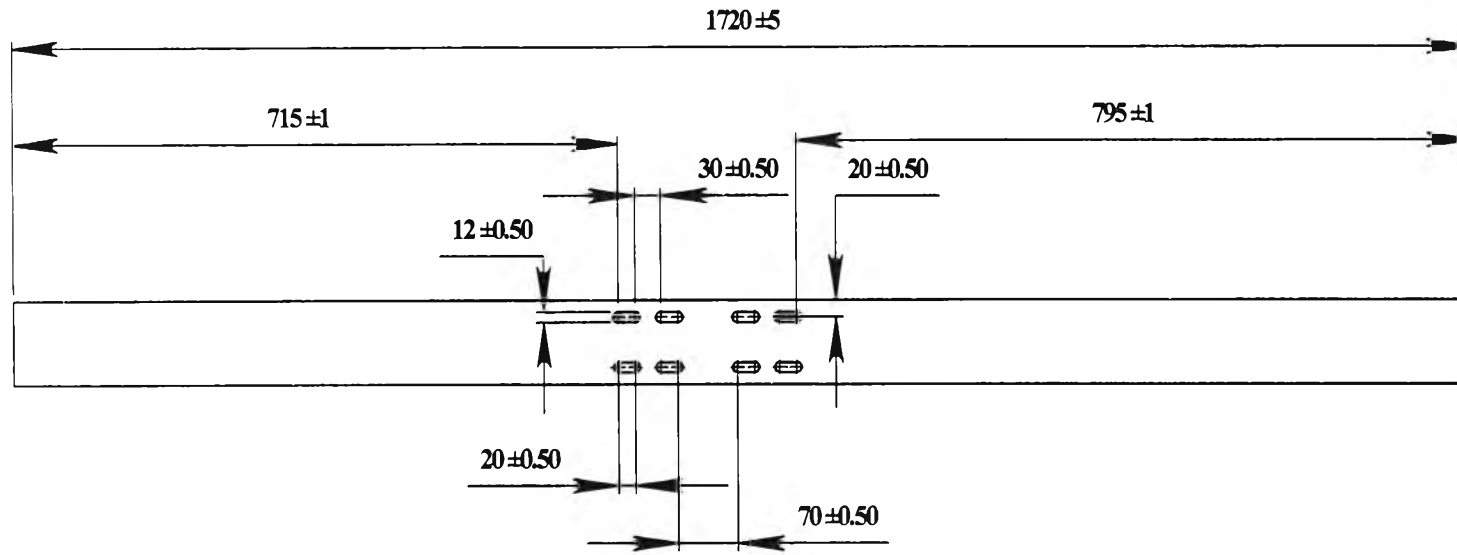
รูปที่ ๗

PART NO. 7	MATERIAL : STEEL SNCN21	SCALE 1: 25
	PIECES : 1 PIECE	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : ROTOR FLANGE	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOTER	



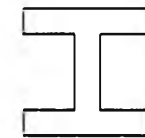
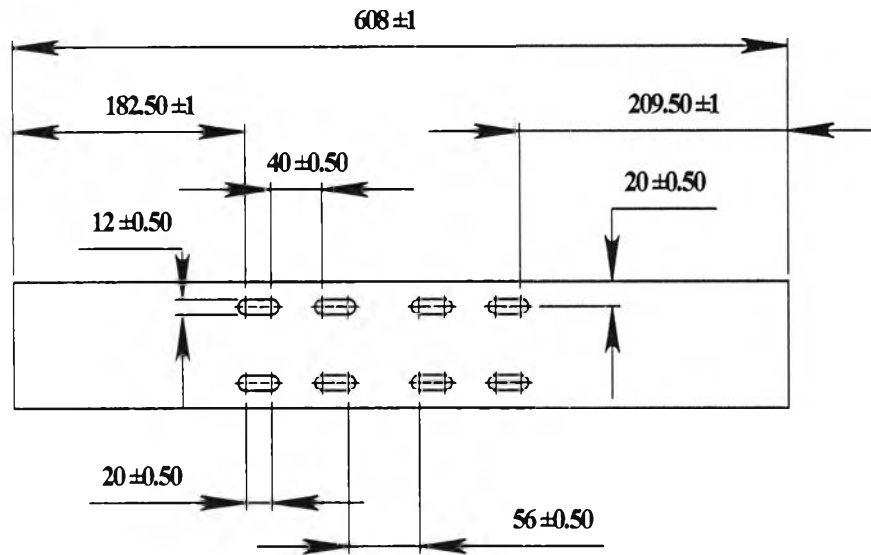
รูปที่ ๘

PART NO. 8	MATERIAL : BRASS	SCALE 1: 2
	PIECES : 4 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : CRADLE ROD	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



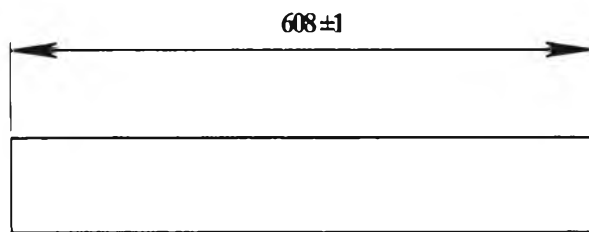
รูปที่ ๙.๑

PART NO. 9(1)	MATERIAL : IPB 100	SCALE 1:9
	PIECES : 2 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : BASE NO. 1	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



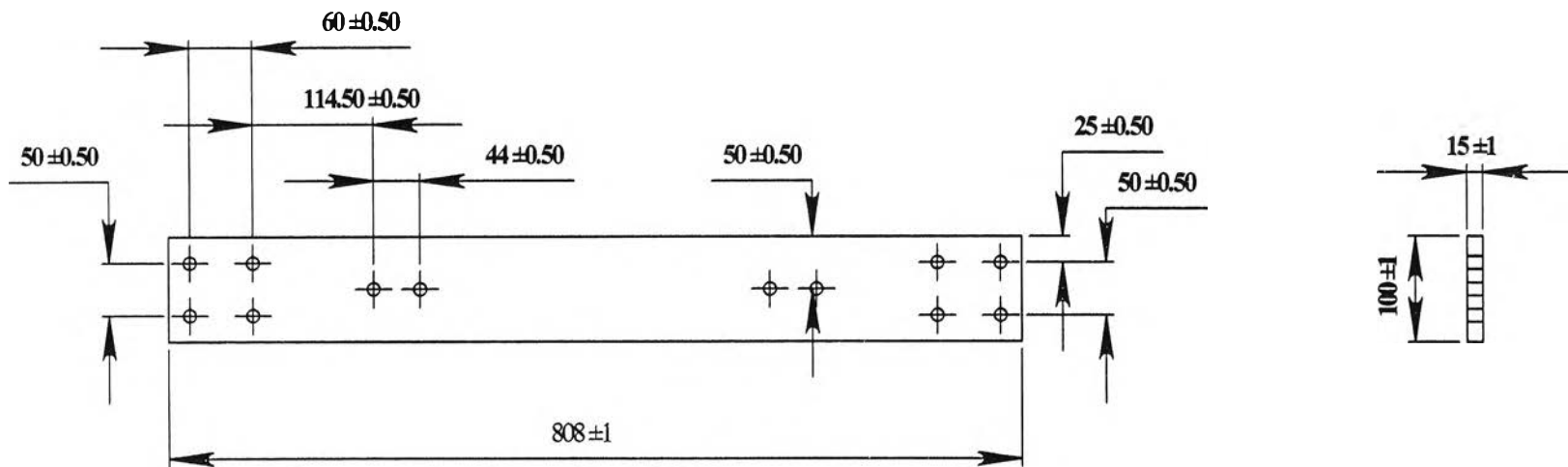
รูปที่ ๙.๒

PART NO. 9(2)	MATERIAL : IPB 100	SCALE 1:7
	PIECES : 2 PIECES	UNT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : BASE NO. 3	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



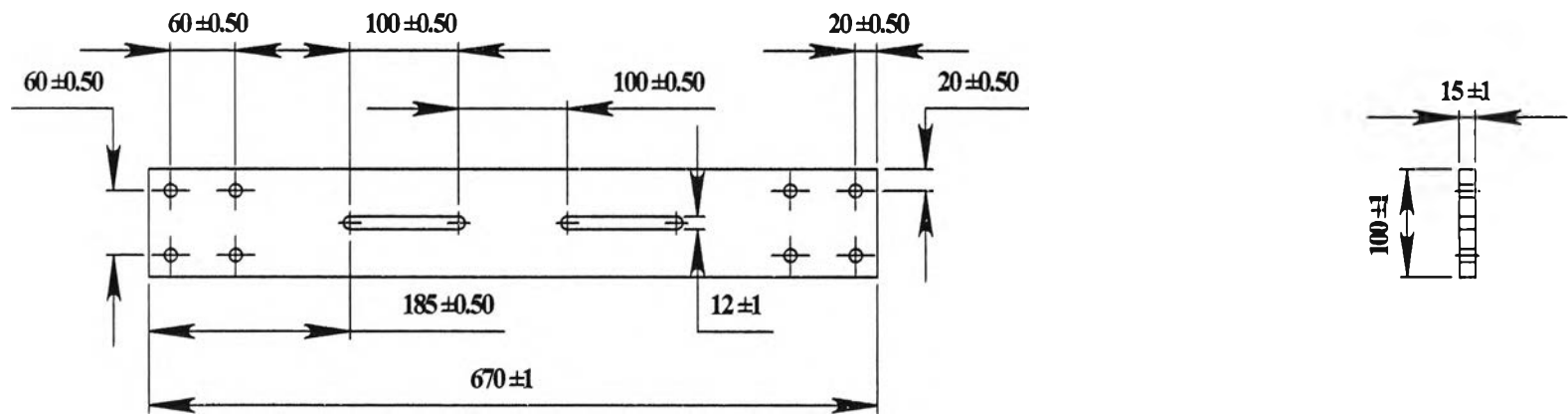
รูปที่ ๑.๓

PART NO. 9(3)	MATERIAL : IPB 100	SCALE 1: 8
	PIECES : 2 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : BASE NO. 3	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



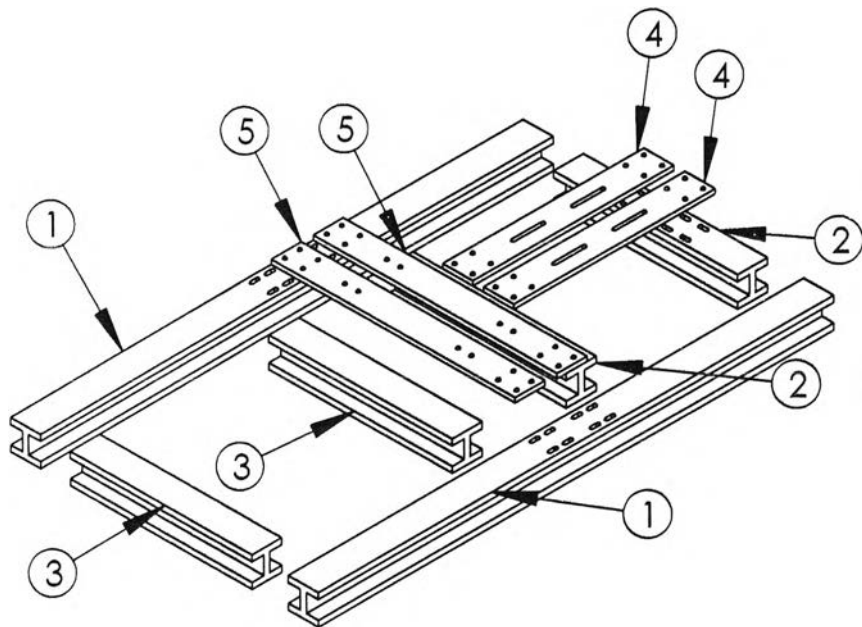
รูปที่ ๙.๔

PART NO. 9(4)	MATERIAL : MILD STEEL	SCALE 1: 7
	PIECES : 2 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : BASE NO. 4	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



รูปที่ ๙.๕

PART NO. 9(5)	MATERIAL : MILD STEEL	SCALE 1:7
	PIECES : 2 PIECES	UNIT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : BASE NO. 5	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	



รูปที่ ๙.๖

BASE ASSEMBLY		
NO.	NAME	REFERENCE
1.	BASE NO. 1	รูปที่ ๙.๑
2.	BASE NO. 2	รูปที่ ๙.๒
3.	BASE NO. 3	รูปที่ ๙.๓
4.	BASE NO. 4	รูปที่ ๙.๔
5.	BASE NO. 5	รูปที่ ๙.๕

PART NO. 9(6)	MATERIAL : IPB 100	SCALE 1: 18
	PIECES : 1 PIECE	UNT : mm
MECHANICAL ENGINEERING CHULALONGKORN UNIVERSITY	PART NAME : BASE ASSEMBLY	
	PROJECT : EDDY-CURRENT DYNAMOMETER	

**ภาคผนวก ง ชุดข้อมูลเปรียบเทียบแรงบิดของชุดขดลวดที่มีการเปลี่ยนระยะ
ในแวนซ์มี 3 ตำแหน่ง และข้อมูลเปรียบเทียบแรงบิดที่ขนาด
ความหนาต่างๆของแผ่นจานหมุน**

ผลการวัดแรงบิดเปรียบเทียบของมอเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงระยะการติดตั้งชุดขดลวดใน
แวนซ์มี 3 ตำแหน่ง คือ 104, 144 และ 184 มม. ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ใดๆ และมีการเปลี่ยนแปลง
กระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าระบบ แบ่งออกเป็นแต่ละชุดข้อมูลที่จะนำเสนอได้ดังนี้

ง.1 ที่ความเร็ว 600 รอบต่อนาที แบ่งย่อยออกได้ดังนี้

ตาราง ง.1	4 ชุดขดลวด
ตาราง ง.2	6 ชุดขดลวด
ตาราง ง.3	8 ชุดขดลวด
ตาราง ง.4	12 ชุดขดลวด
ตาราง ง.5	16 ชุดขดลวด

ง.2 ที่ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที แบ่งย่อยออกได้ดังนี้

ตาราง ง.6	4 ชุดขดลวด
ตาราง ง.7	6 ชุดขดลวด
ตาราง ง.8	8 ชุดขดลวด
ตาราง ง.9	12 ชุดขดลวด
ตาราง ง.10	16 ชุดขดลวด

ง.3 ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที แบ่งย่อยออกได้ดังนี้

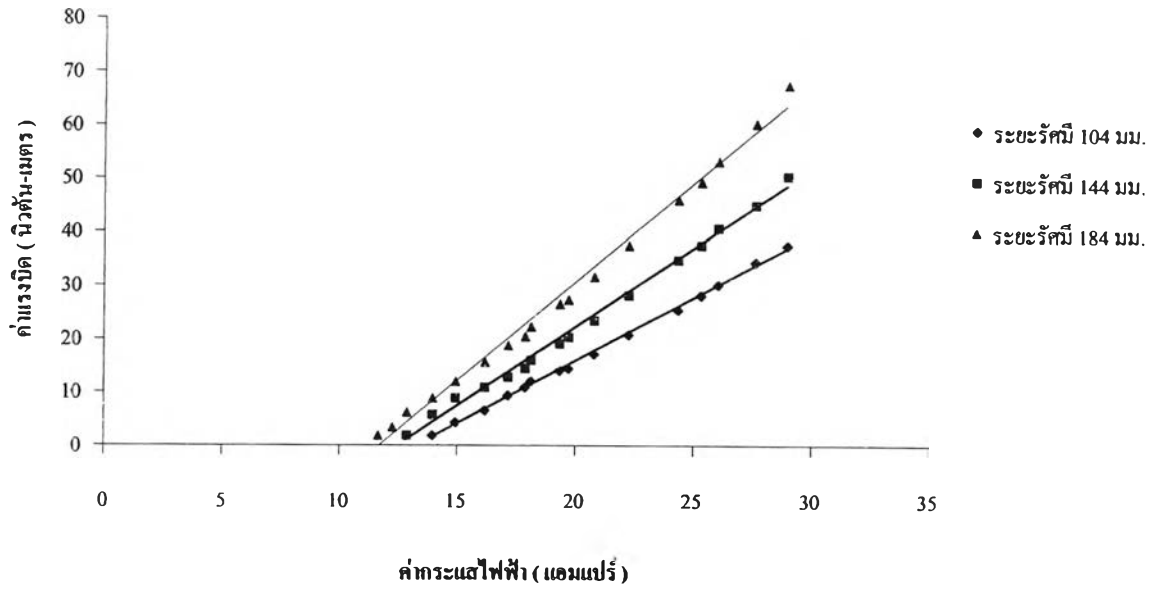
ตาราง ง.11	4 ชุดขดลวด
ตาราง ง.12	6 ชุดขดลวด
ตาราง ง.13	8 ชุดขดลวด
ตาราง ง.14	12 ชุดขดลวด
ตาราง ง.15	16 ชุดขดลวด

และข้อมูลเปรียบเทียบแรงบิดที่ขนาดความหนาต่างๆของแผ่นจานหมุน แสดงในตาราง ง.16

ตารางที่ ง.1 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 4 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 600 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
11.59	0.00	0.00	1.90
12.20	0.00	0.00	3.46
12.80	0.00	1.90	6.25
13.90	1.90	5.80	8.93
14.88	4.36	8.93	12.05
16.10	6.59	10.94	15.63
17.07	9.38	12.84	18.75
17.80	10.94	14.40	20.43
18.05	12.05	15.96	22.32
19.27	14.06	19.09	26.56
19.63	14.40	20.31	27.35
20.73	17.19	23.44	31.70
22.20	20.76	28.13	37.50
24.27	25.45	34.82	45.99
25.24	28.13	37.50	49.33
25.98	30.14	40.74	53.24
27.56	34.38	44.98	60.27
28.90	37.50	50.45	67.52

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 4 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

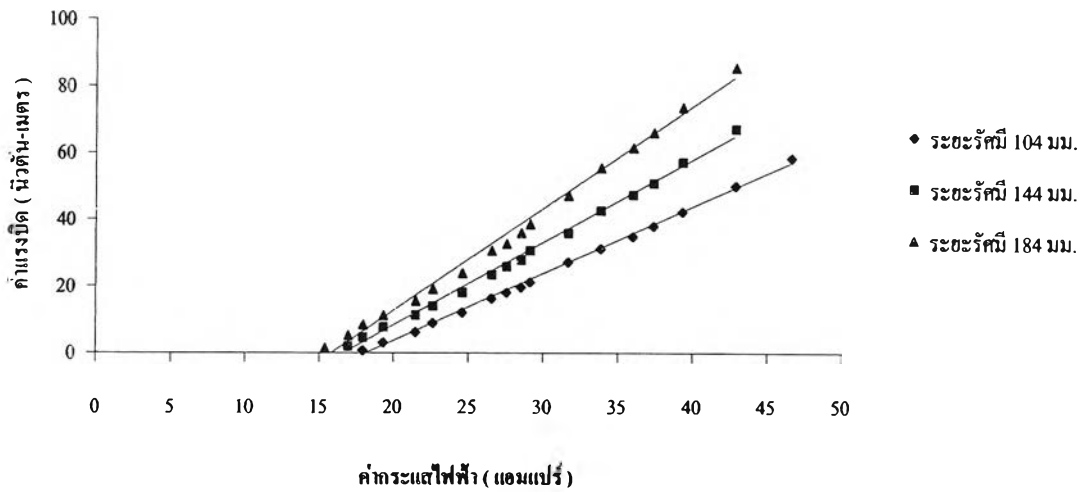


รูปที่ ง.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 4 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 600 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.2 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 6 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104,144 และ 184 มม. (ความเร็ว 600 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
15.29	0.00	0.00	1.56
16.86	0.00	1.90	5.36
17.84	0.78	4.69	8.59
19.22	3.13	7.819	11.27
21.37	6.25	11.279	15.63
22.55	8.93	14.069	19.09
24.51	12.05	18.089	23.89
26.47	16.30	23.44	30.69
27.45	18.08	25.89	32.82
28.43	19.64	27.79	36.05
29.02	21.21	30.69	38.62
31.57	27.12	35.94	47.21
33.73	31.25	42.634	55.47
35.88	34.82	47.33	61.50
37.25	37.95	50.79	66.08
39.22	42.30	57.04	73.55
42.75	50.00	67.08	85.39
46.47	58.38	-	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 6 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

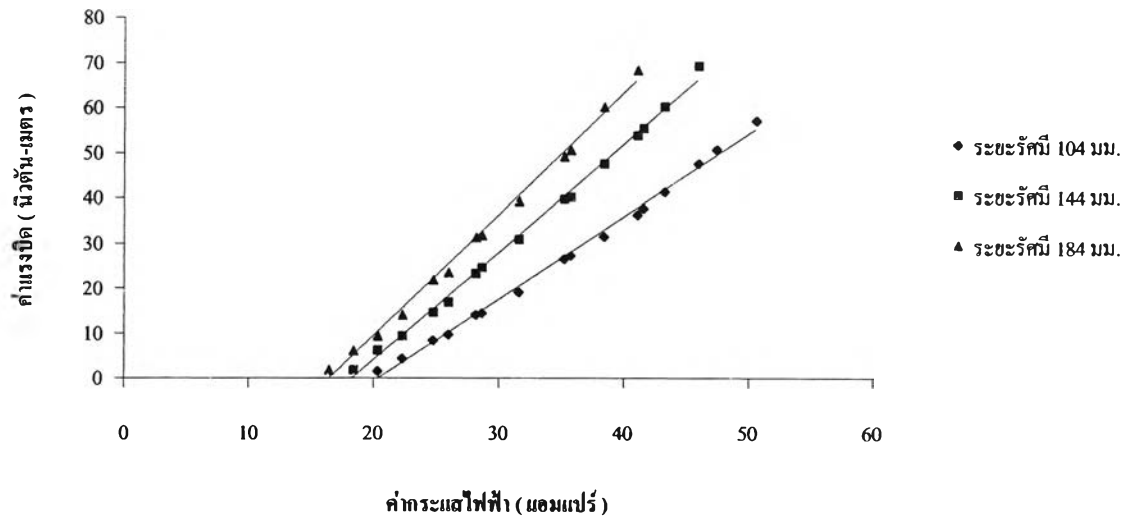


รูปที่ ง.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 6 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 600 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.3 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 8 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 600 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
16.34	0.00	0.00	1.90
18.29	0.00	1.90	6.14
20.25	1.56	6.25	9.38
22.20	4.35	9.38	14.06
24.63	8.37	14.62	21.88
25.85	9.71	16.85	23.44
28.05	14.06	23.22	31.25
28.54	14.40	24.56	31.70
31.46	19.09	30.81	39.18
35.13	26.45	39.51	48.89
35.61	27.12	39.96	50.45
38.29	31.36	47.33	59.94
40.98	36.05	53.58	67.97
41.46	37.50	55.14	-
43.17	41.07	59.94	-
45.85	47.33	68.87	-
47.32	50.45	-	-
50.49	56.70	-	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 8 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

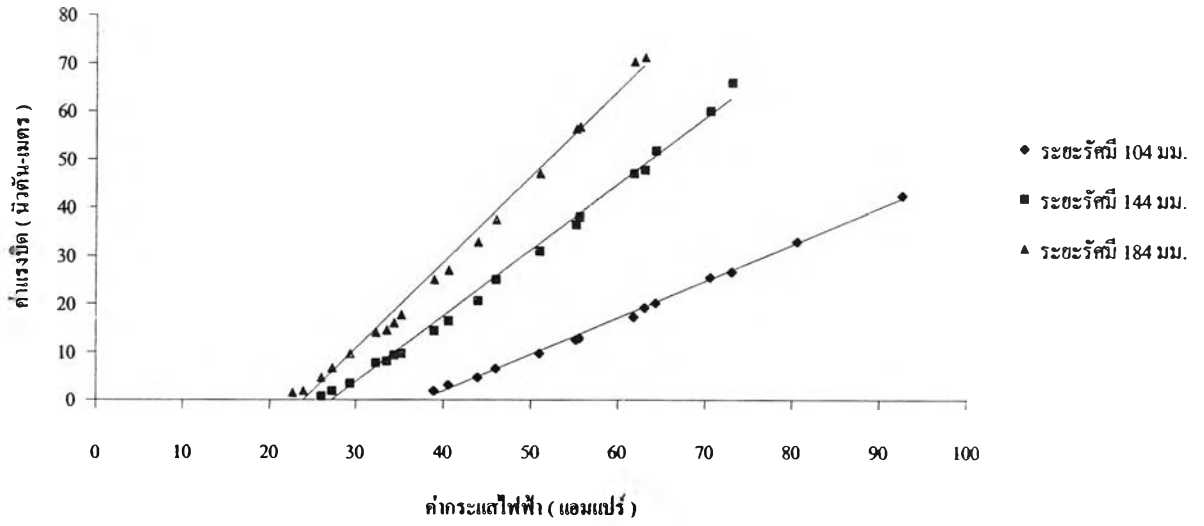


รูปที่ 3.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 8 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 600 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.4 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 12 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 600 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
22.50	0.00	0.00	1.56
23.75	0.00	0.00	1.90
25.83	0.00	0.78	4.69
27.08	0.00	1.90	6.70
29.17	0.00	3.46	9.71
32.08	0.00	7.81	14.06
33.33	0.00	8.15	14.62
34.17	0.00	9.38	16.07
35.00	0.00	9.71	17.75
38.75	1.90	14.40	25.00
40.42	3.13	16.41	27.01
43.75	4.69	20.65	32.82
45.83	6.59	25.00	37.50
50.83	9.71	30.92	46.99
55.00	12.50	36.39	56.25
55.42	12.84	37.95	56.70
61.67	17.19	46.99	70.21
62.92	19.09	47.66	71.10
64.17	20.09	51.68	-
70.42	25.45	59.94	-
72.92	26.56	65.74	-
80.42	32.82	-	-
92.50	42.30	-	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 12 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

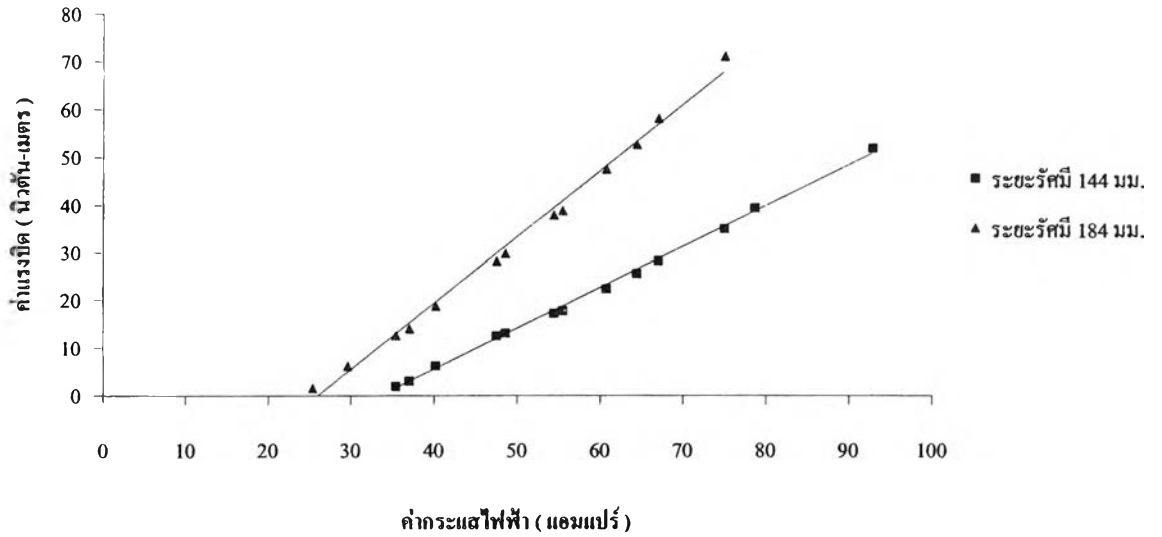


รูปที่ ง.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 12 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 600 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.5 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 16 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 600 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
25.26	0.00	1.56
29.47	0.00	6.25
35.26	1.90	12.61
36.84	3.13	14.06
40.00	6.25	18.75
47.37	12.50	28.13
48.42	13.06	29.69
54.21	17.19	37.73
55.26	17.75	38.62
60.53	22.32	47.33
64.21	25.45	52.46
66.84	28.13	57.93
74.74	34.82	70.88
78.42	39.18	-
92.63	51.68	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดทดลอง 16 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

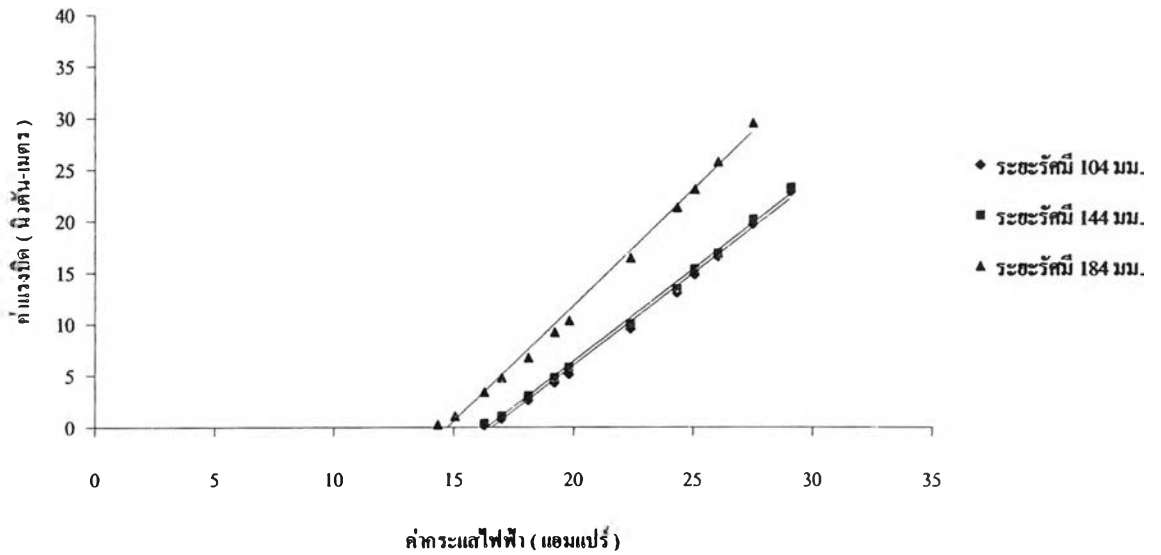


รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดทดลอง 16 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 600 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.6 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 4 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
14.27	0.00	0.00	0.30
15.00	0.00	0.00	1.09
16.22	0.21	0.35	3.40
16.95	0.83	1.09	4.78
18.05	2.59	3.05	6.75
19.15	4.32	4.78	9.17
19.76	5.13	5.82	10.33
22.32	9.52	9.98	16.33
24.27	12.98	13.33	21.18
25.00	14.72	15.29	22.92
25.98	16.45	16.79	25.57
27.44	19.57	20.03	29.27
29.02	22.69	23.03	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 4 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

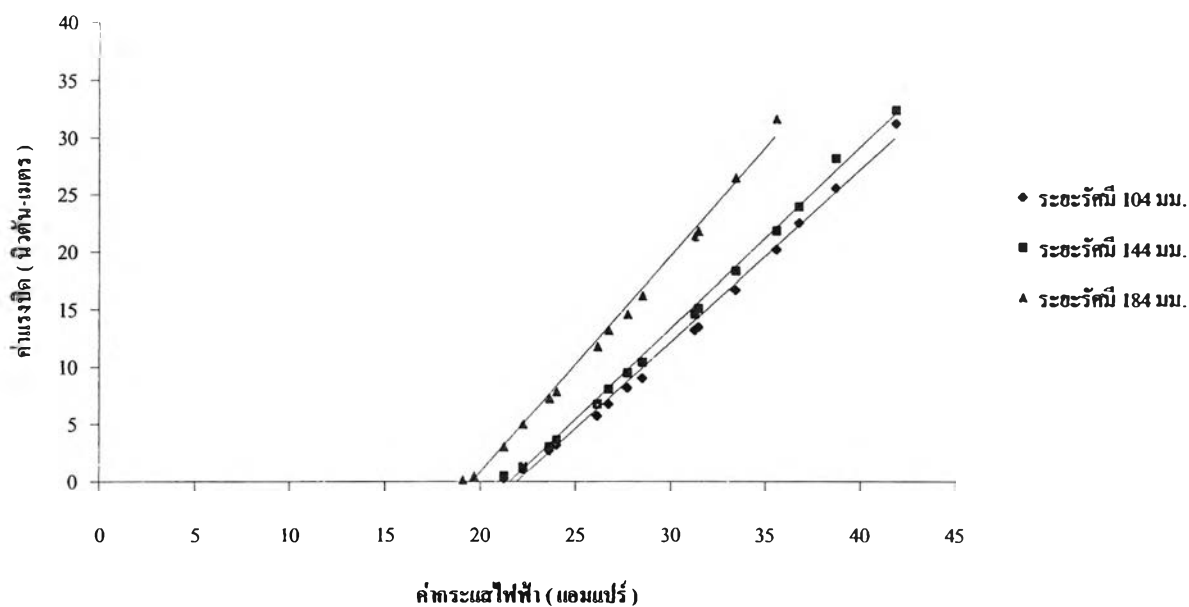


รูปที่ ๖.๖ กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 4 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.7 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 6 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
19.02	0.00	0.00	0.18
19.61	0.00	0.00	0.51
21.18	0.28	0.51	3.05
22.16	1.09	1.32	5.01
23.53	2.70	3.05	7.21
23.92	3.16	3.63	7.79
26.08	5.71	6.745	11.71
26.67	6.745	8.02	13.10
27.65	8.13	9.40	14.48
28.43	8.94	10.33	16.10
31.18	13.10	14.48	21.18
31.37	13.33	14.95	21.65
33.33	16.56	18.18	26.27
35.49	20.03	21.65	31.35
36.67	22.34	23.72	-
38.63	25.34	27.88	-
41.76	30.89	32.04	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 6 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

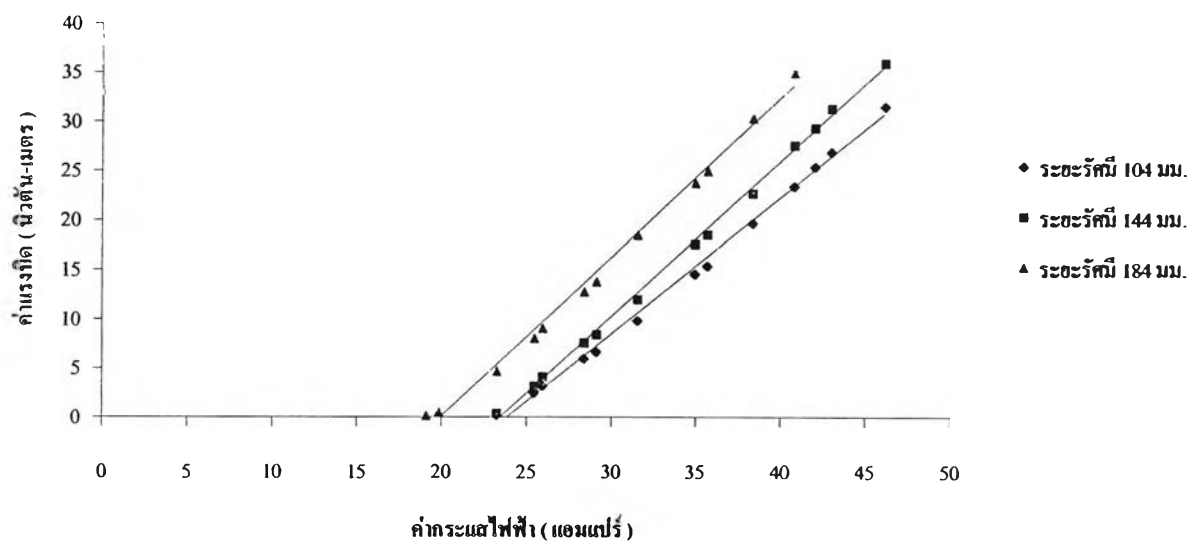


รูปที่ ๓.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 6 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.8 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 8 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
19.02	0.00	0.00	0.18
19.76	0.00	0.00	0.51
23.17	0.21	0.39	4.67
25.37	2.47	3.16	8.02
25.85	3.16	4.09	9.06
28.29	5.94	7.55	12.75
29.02	6.63	8.36	13.79
31.46	9.75	11.94	18.41
34.88	14.48	17.49	23.61
35.61	15.29	18.41	24.88
38.29	19.57	22.57	30.19
40.73	23.26	27.42	34.81
41.95	25.23	29.15	-
42.93	26.73	31.12	-
46.10	31.35	35.74	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 8 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

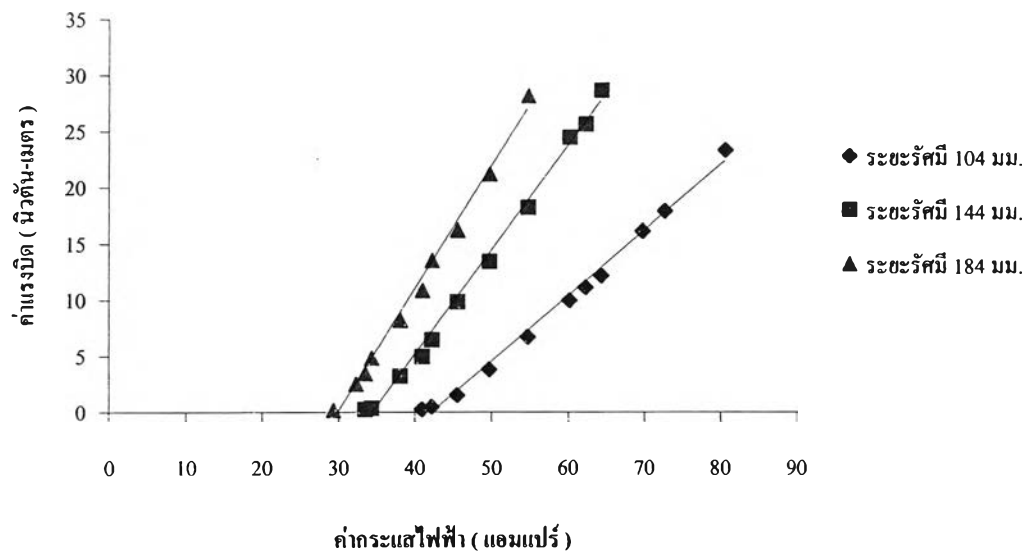


รูปที่ ๓.๘ กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนกับแรงบิดของชุดขดลวด 8 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.9 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 12 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
29.17	0.00	0.00	0.23
32.087	0.00	0.00	2.59
33.337	0.00	0.30	3.51
34.17	0.00	0.39	4.90
37.92	0.00	3.28	8.25
40.83	0.30	5.01	10.90
42.08	0.51	6.51	13.56
45.42	1.55	9.86	16.22
49.58	3.86	13.44	21.18
54.58	6.75	18.18	28.11
60.00	9.98	24.42	-
62.08	11.13	25.57	-
64.17	12.17	28.58	-
69.58	16.10	-	-
72.50	17.83	-	-
80.42	23.26	-	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดทดลอง 12 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

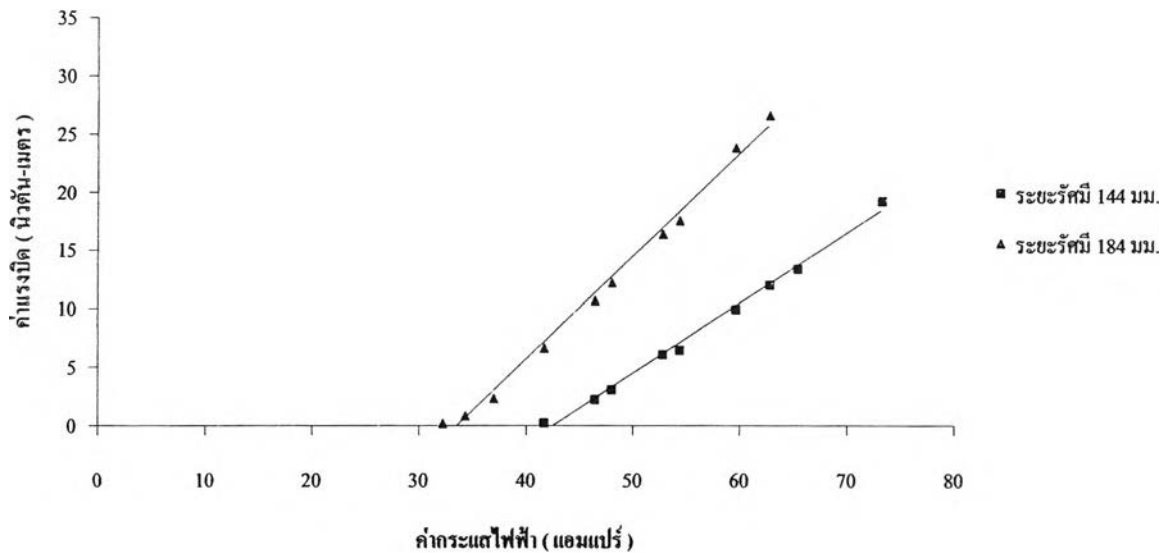


รูปที่ 9.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดทดลอง 12 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.10 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 16 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
32.11	0.00	0.21
34.21	0.00	0.85
36.84	0.00	2.36
41.58	0.25	6.63
46.32	2.24	10.67
47.89	3.05	12.17
52.63	6.05	16.33
54.21	6.40	17.49
59.47	9.86	23.72
62.63	11.94	26.50
65.26	13.33	-
73.16	19.10	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 16 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

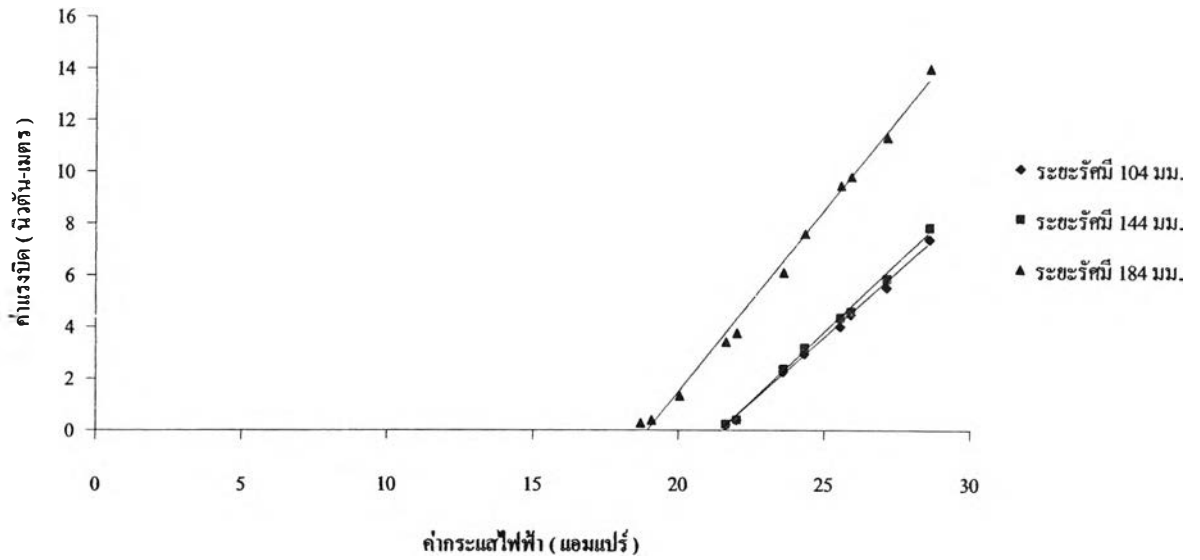


รูปที่ ง.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 16 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.11 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 4 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
18.66	0.00	0.00	0.28
19.02	0.00	0.00	0.39
20.00	0.00	0.00	1.32
21.59	0.21	0.23	3.40
21.95	0.39	0.39	3.74
23.54	2.24	2.36	6.05
24.27	2.93	3.16	7.55
25.49	3.97	4.32	9.40
25.85	4.44	4.55	9.75
27.07	5.47	5.8	11.25
28.54	7.32	7.79	13.91

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 4 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

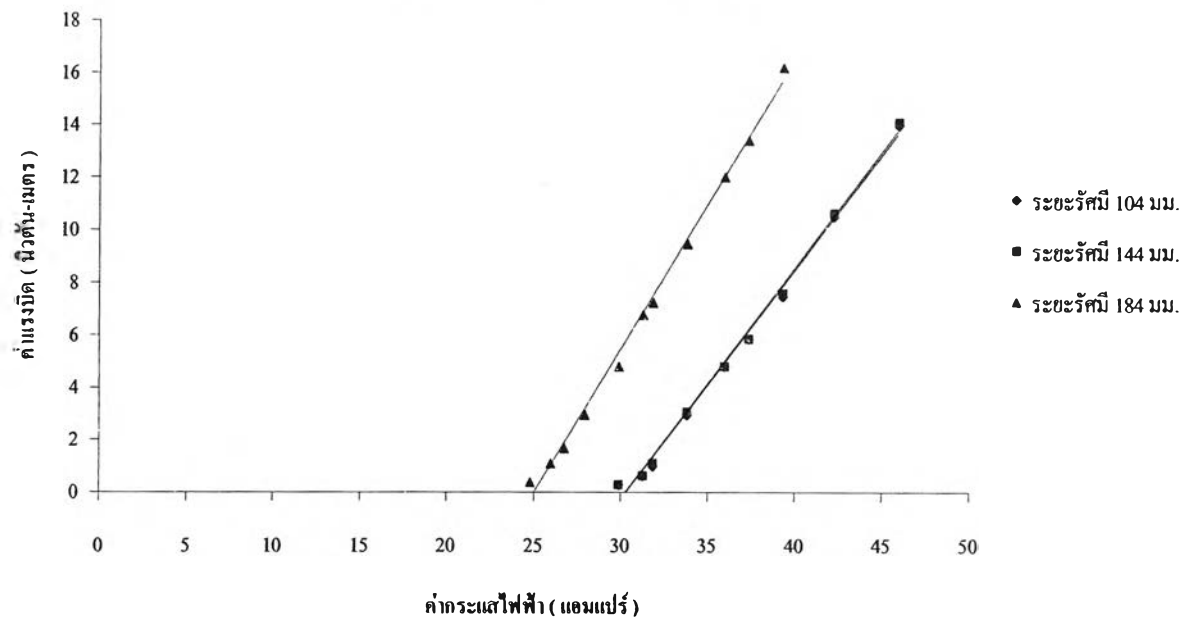


รูปที่ ง.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 4 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.12 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 6 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
24.71	0.00	0.00	0.37
25.88	0.00	0.00	1.09
26.67	0.00	0.00	1.66
27.84	0.00	0.00	2.93
29.80	0.28	0.28	4.78
31.18	0.62	0.62	6.75
31.76	0.97	1.09	7.21
33.73	2.93	3.05	9.40
35.88	4.78	4.78	11.94
37.25	5.82	5.82	13.33
39.22	7.44	7.55	16.10
42.16	10.44	10.56	-
45.88	13.91	14.02	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 6 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

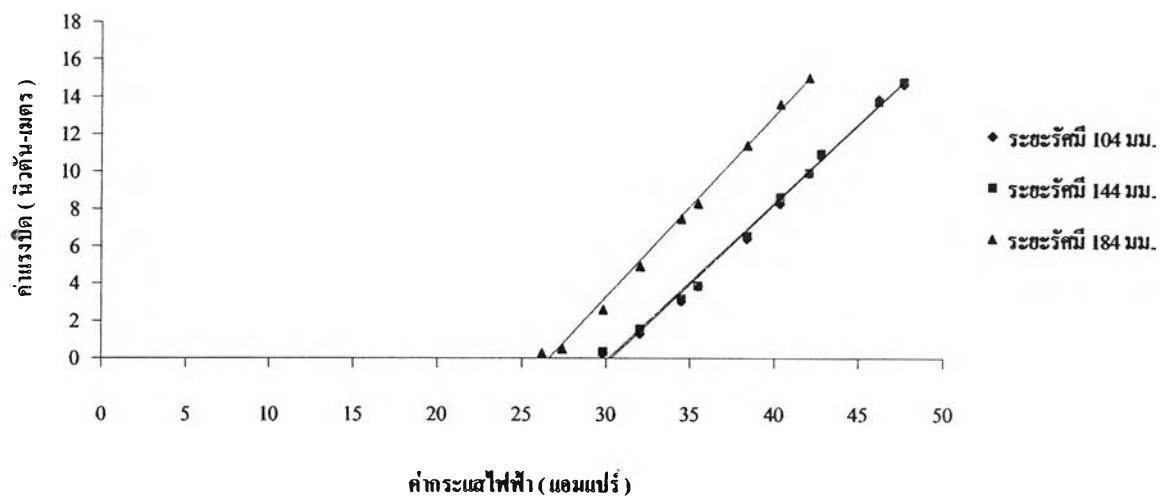


รูปที่ ง.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 6 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.13 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 8 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
26.10	0.00	0.00	0.28
27.32	0.00	0.00	0.51
29.76	0.28	0.35	2.59
31.95	1.32	1.55	4.90
34.39	3.05	3.16	7.44
35.37	3.86	3.86	8.25
38.29	6.40	6.51	11.37
40.24	8.25	8.59	13.56
41.95	9.86	9.86	14.95
42.68	10.79	10.90	-
46.10	13.79	13.68	-
47.56	14.60	14.72	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 8 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

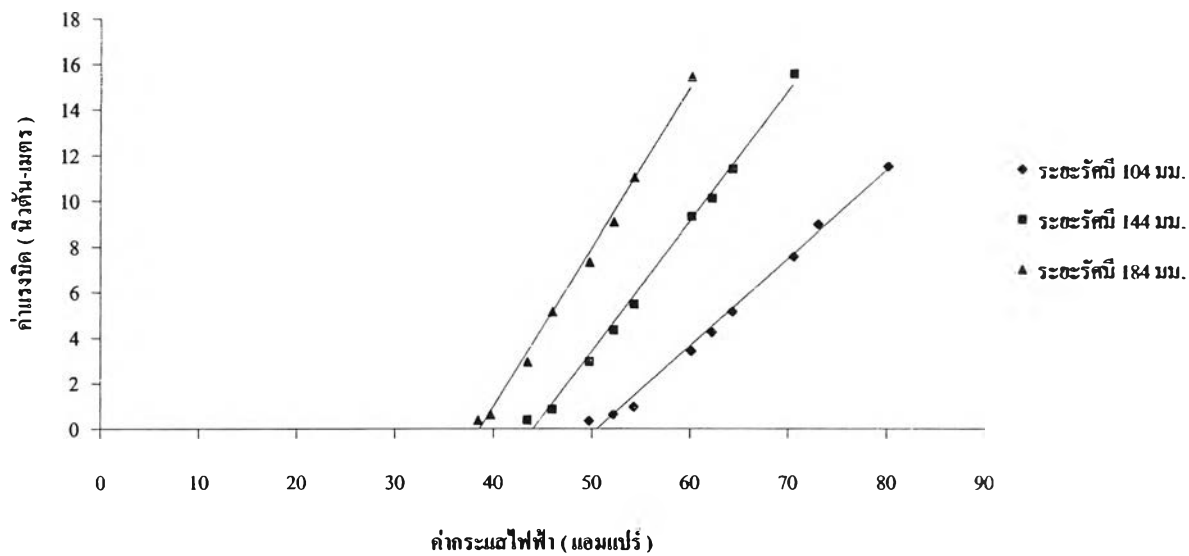


รูปที่ ง.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 8 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.14 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 12 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 104, 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 104 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
38.33	0.00	0.00	0.39
39.58	0.00	0.00	0.62
43.33	0.00	0.39	2.93
45.83	0.00	0.85	5.13
49.58	0.35	2.93	7.32
52.08	0.62	4.32	9.06
54.17	0.97	5.47	11.02
60.00	3.40	9.29	15.41
62.08	4.23	10.10	-
64.17	5.13	11.37	-
70.42	7.55	15.52	-
72.92	8.94	-	-
80.00	11.48	-	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 12 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

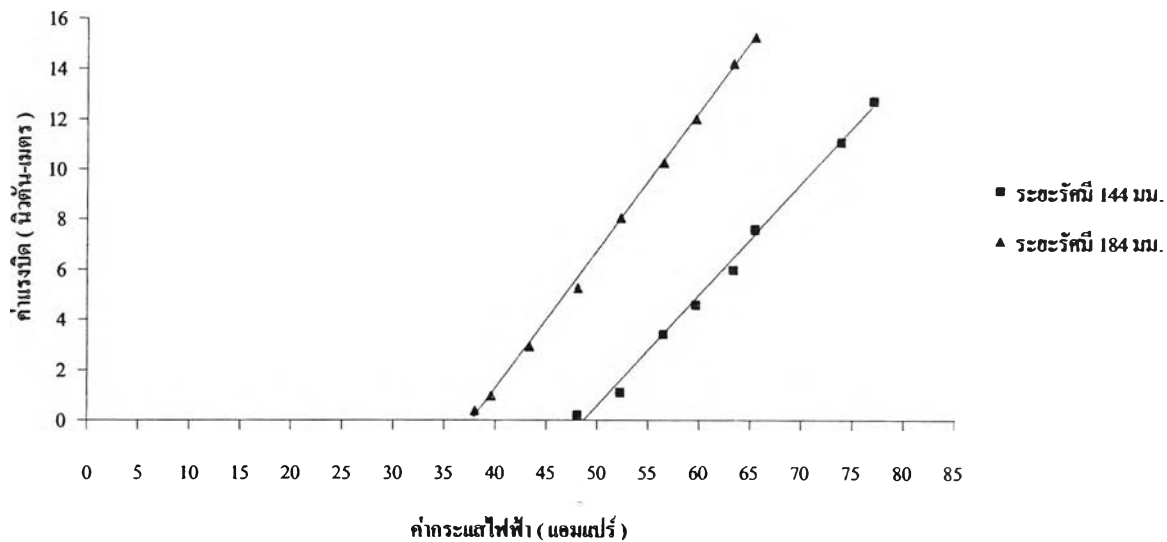


รูปที่ ง.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 12 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.15 แสดงแรงบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 16 ชุด
ที่ระยะในแนวรัศมี 144 และ 184 มม. (ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 144 มม.	แรงบิด (N-m.) ที่ระยะรัศมี 184 มม.
37.89	0.00	0.39
39.47	0.00	0.97
43.16	0.00	2.93
47.89	0.21	5.24
52.11	1.09	8.02
56.32	3.40	10.21
59.47	4.55	11.94
63.16	5.94	14.14
65.26	7.55	15.18
73.68	11.02	-
76.84	12.64	-

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงบิด
ของชุดขดลวด 16 ชุด ที่ระยะรัศมีต่างๆ

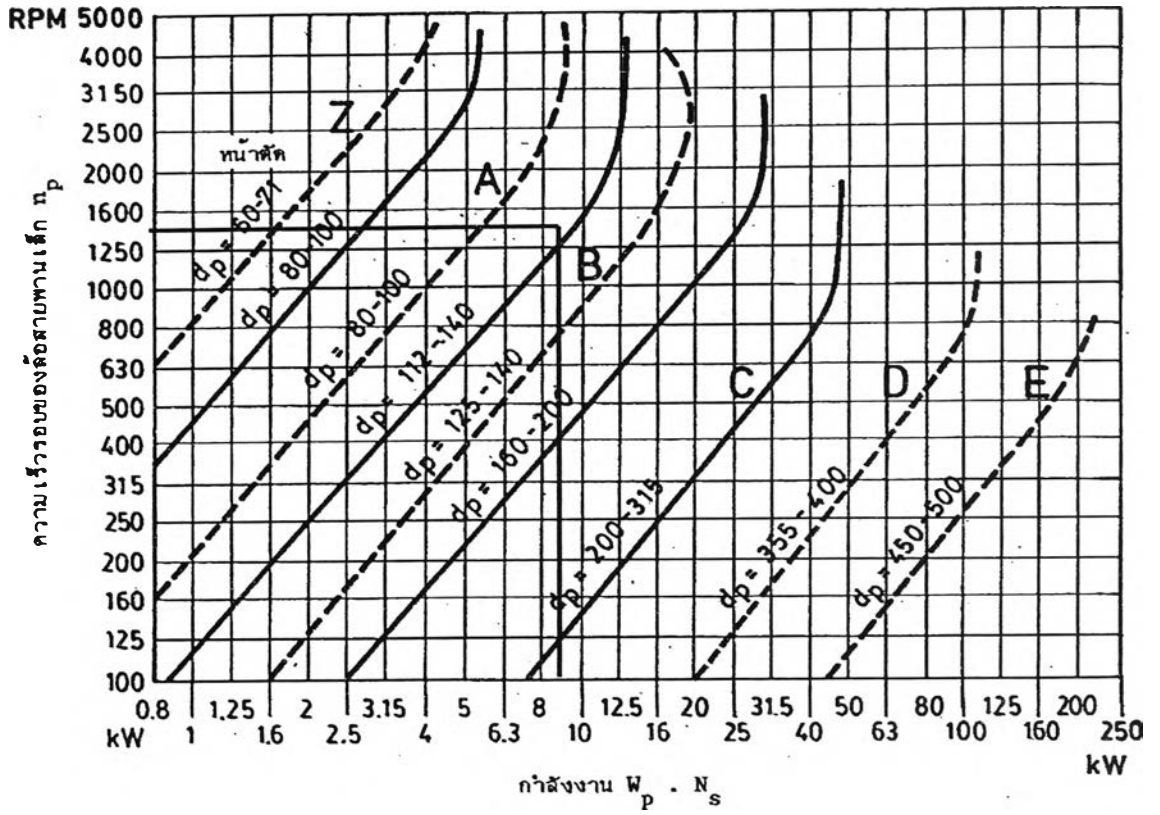


รูปที่ 15.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้ากับแรงบิดของชุดขดลวด 16 ชุด
ที่ระยะรัศมีต่างๆ ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที

ตารางที่ ง.16 แสดงแรงบิดที่วัดได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าของชุดขดลวด 16 ชุด ที่ระยะในแนวรัศมี 184 มม. และมีการเปลี่ยนความหนาของแผ่นจานหมุน (ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที)

กระแสไฟฟ้า (A)	แรงบิดที่ความ หนา 15 มม (N-m.)	แรงบิดที่ความ หนา 14 มม (N-m.)	แรงบิดที่ความ หนา 13 มม (N-m.)	แรงบิดที่ความ หนา 12 มม (N-m.)	แรงบิดที่ความ หนา 11 มม (N-m.)	แรงบิดที่ความ หนา 10 มม (N-m.)	แรงบิดที่ความ หนา 9 มม (N-m.)	แรงบิดที่ความ หนา 8 มม (N-m.)	แรงบิดที่ความ หนา 7 มม (N-m.)
38.95	0.65	0.39	0.28	0.25	0.25	0.25	0.39	0.51	1.41
40.00	1.23	0.62	0.39	0.39	0.39	0.39	0.62	0.62	2.18
46.84	5.01	4.09	3.40	3.05	2.93	2.93	3.40	4.32	7.20
49.47	6.46	5.36	4.90	4.55	4.32	4.32	5.01	5.94	9.13
53.68	8.79	7.67	7.21	6.63	6.63	6.63	7.79	8.48	12.21
54.74	9.37	8.36	7.79	7.21	7.09	7.09	8.36	9.40	12.98
60.00	12.28	11.71	10.44	9.75	9.75	9.75	11.83	12.87	16.84
63.16	14.02	14.02	12.64	11.94	11.71	11.71	13.79	14.25	19.16
66.32	15.77	15.64	14.83	13.68	13.56	13.56	15.41	16.56	21.48

ภาคผนวก จ การคำนวณหาขนาดของสายพานที่ใช้ในการปรับความเร็ว



รูปที่ จ.1 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ้ม [11]

ตารางจ.1 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ้ม [11]

ตัวประกอบใช้งานที่พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ใช้งานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	ชนิดของอุปกรณ์					
	มอเตอร์กระแสสลับ: normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase. มอเตอร์กระแสตรง: shunt wound เครื่องยบค้ำน้ำหนักภายใน: 500 หลากลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			มอเตอร์กระแสสลับ: high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring. มอเตอร์กระแสตรง: series wound และ compound wound. เครื่องยบค้ำน้ำหนักภายใน: 500 หลากลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เกลาเมน กุสพิช		
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	> 16	≤ 10	10-16	> 16
งานเบา : เครื่องกวาดของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องยึดลมและเครื่องสูบบนทอย-ไซ่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง : สายพานลำเลียงทรายหรือเมอริคพิช, เครื่องผสมของหินเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เกลาเมน, เครื่องชักน้ำ, เครื่องมือกด PUNCHES Presses - shears, เครื่องคีมพี, positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องยึดลมและเครื่องสูบบนลูกสูบ, สายพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเย็บ และเครื่องจักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
งานหนักพิเศษ : Crushers (Gyratory-Jaw-Roll), mills (Ball-Rod-Tube) รอกไฟฟ้า rubber calenders-extruders-mills.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

ตาราง จ.2 ขนาดของสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม ตามมาตรฐาน [11]
ISO/R 52-1957(E) และ ISO/R 256-1962(E)

ขนาดสายพาน		Y	Z	A	B	C	D	E	
l_p		5.3	8.5	11	14	19	27	32	
h		4	6	8	11	14	19	25	
b_w		5.3	8.5	11	14	19	27	32	
b_1		6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40	
c		1.6	2	2.8	3.5	4.8	8.1	12	
e		8 ± 0.3	12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	25.5 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7	
f		6 ± 0.5	8 ± 0.6	10 ± 0.6	12.5 ± 0.8	17 ± 1	24 ± 2	29 ± 2	
t_{min}		7	11	14	18	24	28	33	
32°	ϕ	≤ 63	-	-	-	-	-	-	
34°	สำหรับ เส้นผ่าวง	-	63 - 80	90 - 118	140 - 190	224 - 315	-	-	
36°	ศูนย์กลาง	63	-	-	-	-	≤ 500	≤ 630	
38°	พิชช d_p	-	> 80	> 118	> 190	> 315	> 500	> 630	
b_2	1	12	16	20	25	34	48	58	
	2	20	28	35	44	59.5	85	102.5	
	จำนวน	3	40	50	63	85	122	147	
	ร่องบน	4	36	52	65	82	110.5	159	191.5
	ล้อสาย	5	44	64	80	101	136	196	236
	พาน	6	52	76	95	120	161.5	233	280.5
	7	60	88	110	139	187	270	325	
	8		100	125	158	212.5	307	369.5	
	9		112	140	177	238	344	411	
	10		124	155	196	263.5	381	458.5	
	11		136	170	215	289	418	503	
	12		148	185	234	314.5	455	547.5	
d_{pmin}		28	50	80	125	200	355	500	

ตาราง จ.3 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด B ต่อเส้น P_R (kW) [11]

ขนาดสายพานลิ้มหน้าตัด B (mm)	ความเร็วในการส่งกำลัง (km/h)											
	400	700	800	950	1200	1450	1800	2400	2850	3200	3600	
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	≥3.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
80	1.00	0.37	0.59	0.65	0.74	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1.89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.62	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.73	0.84	1.01	1.17	1.38	1.70	1.91	2.05	2.10
	≥3.00	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1.16	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.49	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.51	0.81	0.90	1.04	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	2.57	2.74
	≥3.00	0.52	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.56	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.56	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.58	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.60	0.96	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	≥3.00	0.61	0.98	1.09	1.26	1.53	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
112	1.00	0.66	1.06	1.19	1.37	1.65	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.68	1.96	2.31	2.84	3.16	3.36	3.54
	1.20	0.69	1.11	1.24	1.43	1.74	2.02	2.39	2.95	3.29	3.51	3.70
	1.50	0.70	1.13	1.27	1.47	1.78	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	≥3.00	0.71	1.15	1.29	1.49	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.78	1.25	1.40	1.61	1.95	2.27	2.68	3.28	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	2.31	2.73	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.80	1.30	1.45	1.68	2.04	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.82	1.32	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	≥3.00	0.83	1.34	1.50	1.74	2.11	2.46	2.92	3.59	4.00	4.26	4.48
140	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.32	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
	1.20	0.93	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.95	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	≥3.00	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N₁

L _p	662	742	832	932	1032	1152	1282	1432	1632	1732	1832	2032
N ₁	0.81	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96	0.99	1.00	1.01	1.03
L _p	2272	2532	2832	3182	4032	5032						
N ₁	1.06	1.09	1.11	1.13	1.20	1.25						

ความยาวพิชชีนัส L_p = L₁ + 30(mm)

L ₁	483	535	560	580	600	630	655	670	690	710	730	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	889	900	914
	925	950	965	975	1000	1016	1041	1060	1090	1105	1120	1143
	1168	1180	1200	1220	1250	1270	1300	1320	1346	1372	1400	1422
	1448	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1651	1676	1700	1725
	1750	1780	1800	1854	1900	1980	2000	2030	2057	2083	2100	2120
	2150	2200	2240	2285	2360	2435	2475	2500	2650	2730	2800	2840
	3000	3050	3150	3250	3550	3650	4000					

ตาราง จ.4 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_s สำหรับสายพานลิ่ม [11]

$\frac{D - d_p}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส $\alpha =$	N_s
0	180	1
0.15	170	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

การคำนวณหาขนาดสายพานที่ใช้ในการปรับความเร็วในการทดสอบ

ข้อมูล

มอเตอร์ขนาด 7.5 kW. ความเร็วรอบ 1,450 rpm.

ส่งกำลังไปยังเครื่องไคนาโมมิเตอร์ โดยจะทำการปรับความเร็ว 3 ค่า ดังนี้

1. ความเร็ว 600 รอบต่อนาที

กำลังที่ต้องการส่ง $W_p = 7.5 \text{ kW}$.

จากตาราง จ.1 พิจารณาเป็นงานปานกลางและทำงานต่ำกว่า 10 ชม. จะได้ $N_s = 1.2$

ดังนั้น

$$W_p \times N_s = 7.5(1.2) = 9 \text{ kW}.$$

จากรูปที่ จ.1 ที่จุด 1,450 rpm. และ $W_p \times N_s = 9 \text{ kW}$. เลือกสายพานหน้าตัด A

อัตราทด

$$m_w = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1450}{600} = 2.42$$

จากตาราง จ.2 เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ตัวขับ ลองเลือก $d_p = 125 \text{ mm}$.

ดังนั้น $D_p = m_w \times d_p = 2.42(125) = 302.5 \text{ mm}$. เลือกใช้ 300 mm.

หาค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางพูลเลย์ ดังนี้

$$C_{\max} = 2(d_p + D_p) = 2(125 + 300) = 850 \text{ mm}.$$

$$C_{\min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7(125 + 300) = 297.5 \text{ mm}.$$

ทดลองเลือกใช้ $C = 500 \text{ mm}$.

หาค่าความยาวพิตช์โดยประมาณ ดังนี้

$$\begin{aligned} L_p &= 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \\ &= 2(500) + 1.57(300 + 125) + \frac{(300 - 125)^2}{4(500)} \\ &= 1682.6 \text{ mm}. \end{aligned}$$

จากตาราง จ.3 เลือกใช้สายพาน $L_p = 1706 \text{ mm}$.

หาค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางพู่เล่ย์ จากสมการ $C = p + \sqrt{p^2 - q}$

$$\begin{aligned} \text{โดย } p &= 0.25 L_p - 0.393(D_p + d_p) \\ &= 0.25(1706) - 0.393(300 + 125) \\ &= 259.48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= 0.125(D_p - d_p)^2 \\ &= 0.125(300 - 125)^2 \\ &= 3838.13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad C &= 259.48 + \sqrt{259.48^2 - 3838.13} \\ &= 511.46 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\text{หาค่าส่วนโค้งสัมผัส ดังนี้} \quad \frac{D_p - d_p}{C} = \frac{300 - 125}{511.46} = 0.34$$

จากตาราง จ.4 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส (N_a) = 0.95

จากตาราง จ.3 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (N_1) = 1

และ สำหรับพู่เล่ย์ขนาด 125 mm. , $m_w = 2.42$ และ $n = 1,450$ rpm. จะได้ $P_R = 2.44$ kW ต่อเส้น

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad z &= \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_1} \\ &= \frac{9}{2.44(0.95)(1)} \\ &= 3.88 \end{aligned}$$

ดังนั้น เลือกใช้สายพานหน้าตัด AX1676L, หรือ เบอร์ A66 จำนวน 4 เส้น
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพู่เล่ย์ของมอเตอร์ 5 นิ้ว
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพู่เล่ย์ของเครื่องไดนาโมมิเตอร์ 11.5 นิ้ว

2. ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที

กำลังที่ต้องการส่ง $W_p = 7.5 \text{ kW}$.

จากตาราง จ.1 พิจารณาเป็นงานปานกลางและทำงานต่ำกว่า 10 ซม. จะได้ $N_s = 1.2$

ดังนั้น $W_p \times N_s = 7.5(1.2) = 9 \text{ kW}$.

จากรูปที่ จ.1 ที่จุด 1,450 rpm. และ $W_p \times N_s = 9 \text{ kW}$. เลือกสายพานหน้าตัด A

อัตราทด $m_w = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1450}{1450} = 1$

จากตาราง จ.2 เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลีย์ตัวขับ ลองเลือก $d_p = 132 \text{ mm}$.

ดังนั้น $D_p = m_w \times d_p = 1(132) = 132 \text{ mm}$. เลือกใช้ 132 mm.

หาค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางพูลีย์ ดังนี้

$$C_{\max} = 2(d_p + D_p) = 2(132 + 132) = 528 \text{ mm}.$$

$$C_{\min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7(132 + 132) = 184.8 \text{ mm}.$$

ทดลองเลือกใช้ $C = 500 \text{ mm}$.

หาค่าความยาวพิตช์โดยประมาณ ดังนี้

$$\begin{aligned} L_p &= 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \\ &= 2(500) + 1.57(132 + 132) + \frac{(132 - 132)^2}{4(500)} \\ &= 1414.48 \text{ mm}. \end{aligned}$$

จากตาราง จ.3 เลือกใช้สายพาน $L_p = 1452 \text{ mm}$.

หาค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางพูลีย์ จากสมการ $C = p + \sqrt{p^2 - q}$

$$\begin{aligned} \text{โดย } p &= 0.25 L_p - 0.393(D_p + d_p) \\ &= 0.25(1452) - 0.393(132 + 132) \\ &= 259.25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= 0.125(D_p - d_p)^2 \\
 &= 0.125(132-132)^2 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 C &= 259.25 + \sqrt{259.25^2 - 0} \\
 &= 518.5 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

หาค่าส่วนโค้งสัมผัส ดังนี้

$$\frac{D_p - d_p}{C} = \frac{132 - 132}{518.5} = 0$$

จากตาราง จ.4 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส (N_s) = 1

จากตาราง จ.3 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (N_1) = 0.96

และ สำหรับพูลเลย์ขนาด 132 mm. , $m_w = 1$ และ $n = 1,450$ rpm. จะได้ $P_R = 2.46$ kW ต่อเส้น

จากสมการ

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_1} \\
 &= \frac{9}{2.46(1)(0.96)} \\
 &= 3.81
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

เลือกใช้สายพานหน้าตัด AX1422L_i หรือ เบอร์ A56 จำนวน 4 เส้น
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ของมอเตอร์ 5.5 นิ้ว
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์ของเครื่องไคนาโมมิเตอร์ 5.5 นิ้ว

3. ความเร็ว 3.000 รอบต่อนาที

กำลังที่ต้องการส่ง $W_p = 7.5 \text{ kW}$.

จากตาราง จ.1 พิจารณาเป็นงานปานกลางและทำงานต่ำกว่า 10 ซม. จะได้ $N_s = 1.2$

ดังนั้น $W_p \times N_s = 7.5(1.2) = 9 \text{ kW}$.

จากรูปที่ จ.1 ที่จุด 1,450 rpm. และ $W_p \times N_s = 9 \text{ kW}$. เลือกสายพานหน้าตัด A

อัตราทด $m_w = \frac{n_1}{n_2} = \frac{3000}{1450} = 2.07$

จากตาราง จ.2 เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลีย์ตัวขับ ลองเลือก $d_p = 125 \text{ mm}$.

ดังนั้น $D_p = m_w \times d_p = 2.07(125) = 258.75 \text{ mm}$. เลือกใช้ 265 mm.

หาค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางพูลีย์ ดังนี้

$$C_{\max} = 2(d_p + D_p) = 2(125 + 265) = 780 \text{ mm}.$$

$$C_{\min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7(125 + 265) = 273 \text{ mm}.$$

ทดลองเลือกใช้ $C = 500 \text{ mm}$.

หาค่าความยาวพิตช์โดยประมาณ ดังนี้

$$\begin{aligned} L_p &= 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \\ &= 2(500) + 1.57(265 + 125) + \frac{(265 - 125)^2}{4(500)} \\ &= 1622.1 \text{ mm}. \end{aligned}$$

จากตาราง จ.3 เลือกใช้สายพาน $L_p = 1655 \text{ mm}$.

หาค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางพูลีย์ จากสมการ $C = p + \sqrt{p^2 - q}$

$$\begin{aligned} \text{โดย } p &= 0.25 L_p - 0.393(D_p + d_p) \\ &= 0.25(1655) - 0.393(265 + 125) \\ &= 260.48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= 0.125(D_p - d_p)^2 \\
 &= 0.125(265 - 125)^2 \\
 &= 2450
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 C &= 260.48 + \sqrt{260.48^2 - 2450} \\
 &= 516.2 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

หาค่าส่วนโค้งสัมผัส ดังนี้

$$\frac{D_p - d_p}{C} = \frac{265 - 125}{516.2} = 0.27$$

จากตาราง จ.4 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส (N_s) = 0.96

จากตาราง จ.3 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (N_1) = 0.99

และ สำหรับพูลี่ขนาด 125 mm. , $m_w = 2.07$ และ $n = 3,000$ rpm. จะได้ $P_R = 4.07$ kW ต่อเส้น

จากสมการ

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_1} \\
 &= \frac{9}{4.07(0.96)(0.99)} \\
 &= 2.30
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

เลือกใช้สายพานหน้าตัด A×1625L₁ หรือ เบอร์ A64 จำนวน 4 เส้น
 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลี่ของมอเตอร์ 10.5 นิ้ว
 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูลี่ของเครื่องไดนาโมมิเตอร์ 5 นิ้ว

ภาคผนวก ฉ ทฤษฎีการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ (Induction Heating Thoery)

ฉ.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ(Induction Heating Theory)

เมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในชุดขดลวดกระแสไฟฟ้าในขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นในชิ้นงาน ซึ่งเป็นแท่งโลหะ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเป็นกระแสสลับ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะมีทิศทางสลับตามด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็ก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพลังงานไปเป็นความร้อนในชิ้นงาน ปริมาณการสูญเสียขึ้นกับคุณสมบัติของชิ้นงานที่เป็นสารแม่เหล็ก จะเกิดการสูญเสียทั้งแบบฮิสเทอรีซิส (Hysteresis Loss) และแบบกระแสหมุนวน (Eddy Current Loss)

การสูญเสียจากฮิสเทอรีซิส (Hysteresis Loss) เกิดจากโมเลกุลของสารแม่เหล็กถูกกระตุ้นให้วางตัวในแนวสนามแม่เหล็ก แต่ผลจากสนามที่เป็นกระแสสลับทำให้โมเลกุลของสารแม่เหล็กถูกกระตุ้นให้วางตัวอยู่ในแนวสนามในทิศกลับไปตามความถี่ของกระแส จากสิ่งนี้เองโมเลกุลของมันจะถูกเบียดและเกิดความเสียหายระหว่างโมเลกุลก่อให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น จะได้สมการของ Steinmets [8] สำหรับความสูญเสียจากฮิสเทอรีซิสที่ความถี่ f ต่อวินาที ดังนี้

$$P_h = Kf(B_m)^x \quad (ฉ.1)$$

โดยที่ P_h = ค่าความร้อนสูญเสียเนื่องจากฮิสเทอรีซิส (จูล, J)

K = ค่าคงที่ขึ้นกับสารแต่ละชนิด

f = ความถี่

B_m = ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (เวเบอร์ต่อตารางเมตร, weber/m²)

การสูญเสียจากกระแสหมุนวน (Eddy Current Loss) เกิดจากสนามแม่เหล็กไปเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในชิ้นงานทำให้มีกระแสหมุนวนภายใน ผ่านความต้านทานของชิ้นงานเกิดเป็นพลังงานความร้อน ตามสมการ

$$P_c = Kf^2(B_m)^2 \quad (ฉ.2)$$

จากสมการทั้งสอง พบว่าพลังงานที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะขึ้นกับความถี่และความหนาแน่น
เส้นแรงแม่เหล็กมากที่สุด ดังนั้นจึงควบคุมทั้งหมดโดยใช้การเลือกความถี่ และความหนาแน่นเส้น
แรงแม่เหล็ก นอกจากนี้ความถี่จะมีผลต่อความเข้มข้นของความร้อนในชิ้นงานเนื่องจากผลของ
ปรากฏการณ์ผิวซึ่งทำให้ ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กและความหนาแน่นกระแสจะสูงบริเวณ
ผิวเมื่อความถี่สูงขึ้น

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอภิชาติ พันธุ์ประจักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 2 เดือนมกราคม พุทธศักราช 2520 ที่โรงพยาบาลราชวิถี จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2543 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2545

