



ปีการศึกษา 2537

การศึกษาสภาวะไม่สมดุลของแรงดันจากแหล่งจ่ายที่มีผลต่อมอเตอร์เหนี่ยวนำ

UNBALANCE 3 PHASE FOR INDUCTION MACHINE



อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ อานันท์วัฒน์ คุณากร

อาจารย์ พิชิต

ลำยอง

วัน เดือน ปี..... 19 ม.ค 2539

เลขทะเบียน..... ๑๖4896

เลขเรียกหนังสือ..... T ๖1196 ๑๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในหน่วยงานนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ผู้ใช้เอกสารนี้จะต้องรับผิดชอบต่อการใช้งานเอกสารนี้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2537

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาสภาวะไม่สมดุลของแรงดันจากแหล่งจ่ายที่มีผลต่อมอเตอร์
เหนี่ยวนำ

ผู้จัดทำ

1.นายอารักษ์ วงศ์โลภา

2.นายโอฬาริก จิรทวีวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์อานันท์วัฒน์ คุณากร)

(อาจารย์พิชิต ล้ายอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสภาวะไม่สมดุลของแรงดันจากแหล่งจ่ายที่มีผลต่อมอเตอร์เหนี่ยวนำ

นายอารักษ์ วงศ์โสภา

นายโอฬาริก จิรทวีวงศ์

อ.อนันท์วัฒน์ คุณากร

อ.พิชิต ลำยอง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

โครงการเป็นการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของมอเตอร์เหนี่ยวนำ เมื่อต่อ
คัทตาไฟฟ้าที่ไม่สมดุลเข้าที่สเตเตอร์ โดยการศึกษาจากทฤษฎี เพื่อหาที่มาของ
วงจรสมมูลย์และสมการในการคำนวณ ค่าแรงบิดและทำการทดลองโดยจ่ายคัทตา
ไฟฟ้าที่ไม่สมดุลเข้าที่สเตเตอร์ของมอเตอร์ แล้วบันทึกค่ากระแส, แรงบิด, มุมเฟส
ซีฟที่ค่าสลิปต่าง ๆ จากนั้นใช้ทฤษฎีมาวิเคราะห์และหาข้อสรุป ถึงผลการกระทบ
เมื่อมอเตอร์ได้รับคัทตาไฟฟ้าที่ไม่สมดุล

UNBALANCE 3 PHASE FOR INDUCTION MACHINE

ARRUK VONGSOPA
OTARIK JIRATAWEEWONG
ARNANTAVAT KUNAKRON
PICHIT LUMYONG
ADVISOR 1994

ABSTRACT

The objective of this thesis studies the characteristic of induction machine when applied voltage at stator of induction machine unbalance. To study form theory in order to deriving the equation and equivalent circuit for calculate the torque of induction machine. To experiment by applying the unbalance voltage to the induction machine and get the value of current phase shift and torque for different slip in each case of unbalance. Then analyze the experiment and conclude the effective of induction machine when the voltage at stator unbalance.

- III -

สารบัญภาพและกราฟ

	หน้า
รูป2.1 แสดงให้เห็นถึงมอเตอร์แบบวาล์วโรเตอร์	2
รูป2.2 แสดงให้เห็นถึงมอเตอร์แบบกรงกระรอก	3
รูป2.3 แสดงให้เห็นถึงการเกิดแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็ก	4
รูป2.4 แสดงให้เห็นถึงวงจรสมมูลย์	15
รูป2.5 แสดงให้เห็นถึงเมื่อไม่คิดผลของกระแสไหล	16
วลในแกนเหล็ก	
รูป3.1 แสดงให้เห็นถึงวงจรการทดลอง	18
รูป3.2 แสดงทิศทางการหมุน	19
รูป4.1 แสดงวงจรที่มีการเรียงลำดับ	21
กราฟ4.1 ถึง 4.12 กราฟการทดลองต่อแบบสตาร์	24
กราฟ4.13 ถึง 4.27 กราฟการทดลองต่อแบบเดลต้า	48
กราฟ4.28 ถึง 4.42 กราฟการทดลองต่อแบบสตาร์-	78
นิวทรอลลงกราวน์	
รูป4.2 แสดงกราฟของB-Hcurve	107
รูป4.3 แสดงให้เห็น X_m ในการทดลอง	108
รูป4.4 แสดงให้เห็นถึงกระแส	108
รูป4.5 แสดงกระแสนิวทรอล	109
รูป4.6 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์	110
รูป4.7 สัญญาณกระแสของการต่อแบบเดลต้า	111
รูป4.8 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์	112

- นิวทรอลลงกราวน์

รูป4.9 กระแสนิวทรอลของการสตาร์นิวทรอลลงกราวน์	113
---	-----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป4.10 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์	114
รูป4.11 สัญญาณกระแสของการต่อแบบเดลต้า	115
รูป4.12 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์	116

นิวทรอลลงกราวน์

รูป4.13 กระแสนิวทรอลของการสตาร์นิวทรอลลงกราวน์	117
รูป4.14 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์	118
รูป4.15 สัญญาณกระแสของการต่อแบบเดลต้า	119
รูป4.16 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์	120

นิวทรอลลงกราวน์

รูป4.17 กระแสนิวทรอลของการสตาร์นิวทรอลลงกราวน์	121
รูป4.18 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์	122
รูป4.19 สัญญาณกระแสของการต่อแบบเดลต้า	123
รูป4.20 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์	124

นิวทรอลลงกราวน์

รูป4.21 กระแสนิวทรอลของการสตาร์นิวทรอลลงกราวน์	125
--	-----

- IV -

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 4.1 ถึง 4.12 ตารางการทดลองต่อ	23
แบบสตาร์	
ตาราง 4.13 ถึง 4.27 ตารางการทดลองต่อ	47
แบบเดลต้า	
ตาราง 4.28 ถึง 4.42 ตารางการทดลองต่อ	77
แบบสตาร์นิวทรอลลงกราวน	

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	IV
บทที่1 บทนำ	1
บทที่2 Induction machine	2
2.1หลักการ	3
2.2ทฤษฎีมอเตอร์เหนี่ยวนำ	4
2.3ค่าความเหนี่ยวนำของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	7
บทที่3 การทดลอง	17
บทที่4 ทฤษฎีสถานะไม่สมดุลที่แหล่งกำเนิดคักดา	20
4.1สมการในสถานะคงตัว	20
และผลการทดลอง	
4.2สรุปการวิเคราะห์ สถานะไม่สมดุล	107
4.3รูปภาพผลการทดลอง	109
บทที่5 สรุปผลและวิจารณ์	126
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

บทที่ 1 บทนำ

ในการใช้งาน มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มักเกิดปัญหาในกรณีไฟ 3 เฟส ที่จ่ายเข้ามอเตอร์ มีสภาพสถานะไม่สมดุล ได้เท่า ไฟตก ไฟเกิน ในบางเฟส ซึ่งถ้าเกิดจากสถานะไม่สมดุล มาก ๆ จะทำให้เกิดความเสียหายกับตัวมอเตอร์ได้ ดังนั้น โครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงผลที่จะเกิดขึ้นกับตัวมอเตอร์ ได้แก่ ค่า แรงบิด, ตัวประกอบกำลัง, กระแส, กำลังขาออก ว่าเป็นอย่างไร เมื่อ แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าเกิด การไม่สมดุล และศึกษาต่อไปว่า มอเตอร์ จะรับสภาพ ไม่สมดุล ของ แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้า อย่างไร และถ้าอยู่ในสถานะ ไม่สมดุลของมอเตอร์ จะรับ ภาระได้เท่าใดจึงจะเหมาะสมและไม่เกิดความเสียหายกับตัวมอเตอร์

ขั้นตอนการศึกษาดำเนินการของโครงการ

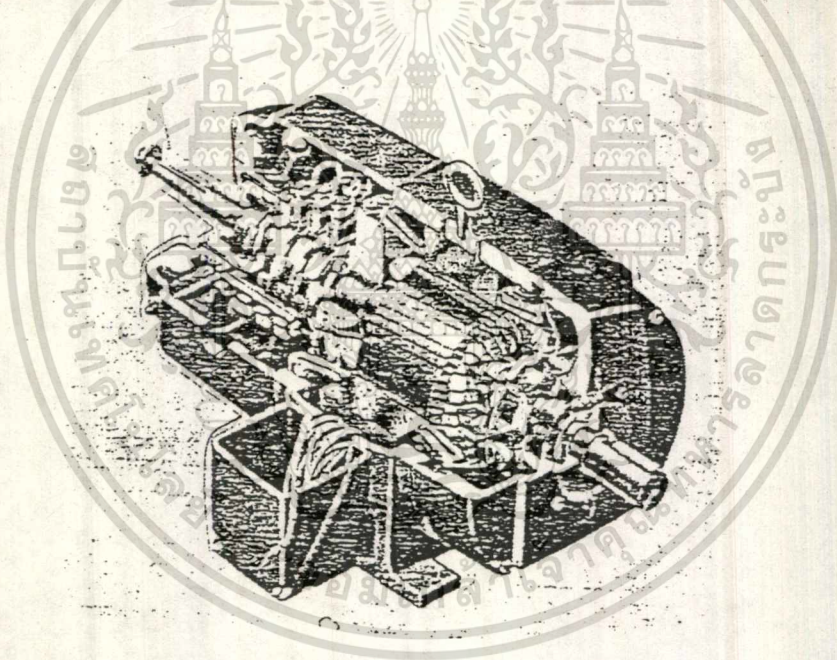
การที่จะศึกษาถึงสถานะไม่สมดุล จะศึกษาถึงการทำงานของมอเตอร์ในสถานะสมดุล และทำการทดสอบหาค่าปัจจัยกำหนด ของมอเตอร์ พร้อมกับศึกษาทฤษฎีที่มาของวงจรสมมูลย์ แล้วทำการคำนวณค่าต่าง ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับการทดลองกับ ว่าแตกต่างกันอย่างไร แล้วปรับค่าปัจจัยกำหนด ของมอเตอร์ ที่ทำการทดลอง

ค่าปัจจัยกำหนด ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์การทำงานของ มอเตอร์ ในสถานะไม่สมดุล เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมต่าง ๆ ได้แก่ แรงบิด, กระแส, ตัวประกอบกำลัง, กำลังขาออกต่อไป

บทที่ 2 มอเตอร์เหนี่ยวนำ

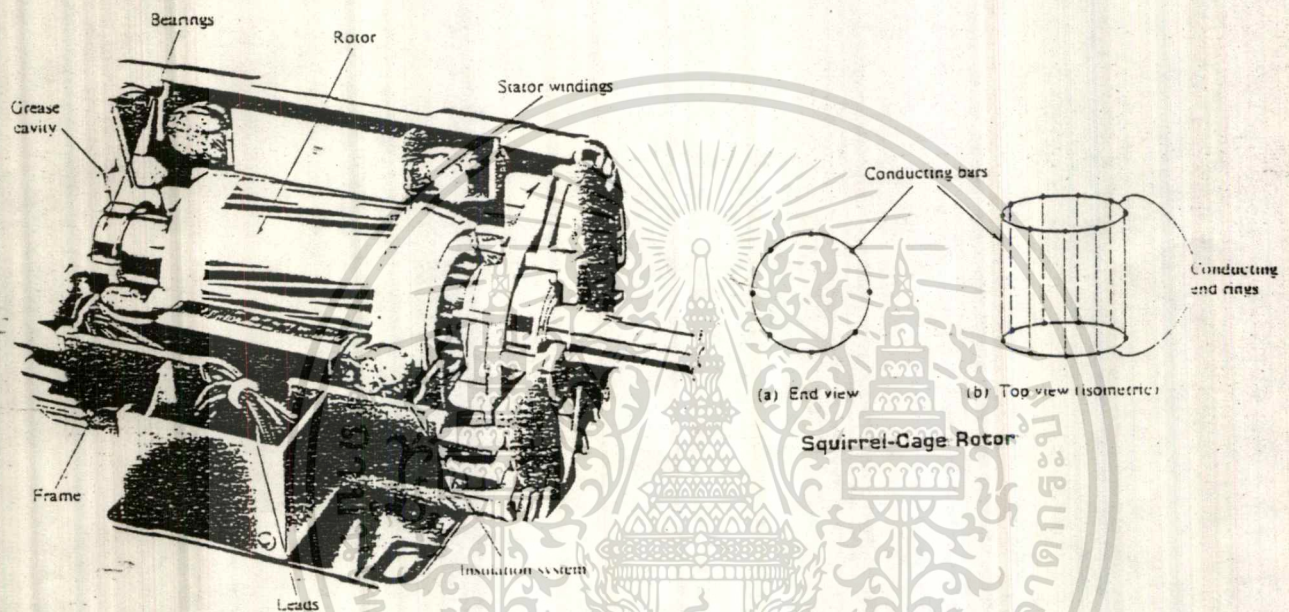
มอเตอร์เหนี่ยวนำ มี 2 ชนิด

1. วาวล์โรเตอร์ (Wound Rotor) เป็น มอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่มีการพันขดลวดในโรเตอร์ โดยขดลวดที่พันใน โรเตอร์ จะพันเหมือนกับใน สเตเตอร์ หรืออาจจะมีเฟส แตกต่างกับ สเตเตอร์ แต่จะมีจำนวน ขั้วไฟฟ้า เท่ากัน ขดลวดใน โรเตอร์ โดยมากจะต่อเป็นแบบสแตและต่อออกวงจรภายนอกโดยผ่าน วงแหวนลื่น



รูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงมอเตอร์แบบวาวล์โรเตอร์

2. มอเตอร์แบบโรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel-Cage motor) จะไม่มีการพันขดลวดแต่จะเป็นแท่งตัวนำฝังอยู่ใน โรเตอร์ ที่ปลายเท่าตัวนำแต่ละแท่งจะต่อถึงกัน



รูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงมอเตอร์แบบโรเตอร์กรงกระรอก

2.1. หลักการ

หลักการทำงานของ มอเตอร์เหนี่ยวนำ สามารถอธิบายในเบื้องต้นด้วยกฎของ ฟาราเดย์ ที่ว่า "การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าในทางที่ตรงข้ามกับการเปลี่ยนแปลงนั้น" ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$emf = - d \phi / dt$$

emf : แรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า

ϕ : เส้นแรงแม่เหล็ก

t : เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1. การแปลงค่าทาง สเตเตอร์ เนื่องจากขดลวดทางสเตเตอร์ ไม่มีการเคลื่อนที่ การแปลงจึงเป็นการแปลงจาก 3 เฟส ที่หยุดนิ่งเป็น 2 เฟส ที่หยุดนิ่ง คือ

$$[I_{DQO}] = [B] [I_{ABC}]$$

$[B]$ คือ เมตริกซ์ของการเปลี่ยนแปลงซึ่งมีค่า เท่ากับ

$$= \sqrt{2/3} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & \sqrt{3}/2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix}$$

$[I_{DQO}]$ คือ เมตริกซ์ของกระแสสเตเตอร์ ในระบบ 2 เฟสที่หยุดนิ่ง

$[I_{ABC}]$ คือ เมตริกซ์ของกระแสสเตเตอร์ ในระบบ 3 เฟสที่หยุดนิ่ง

$$\begin{bmatrix} i_D \\ i_Q \\ i_O \end{bmatrix} = \sqrt{2/3} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & \sqrt{3}/2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$$

2.2.2. การแปลงทาง โรเตอร์ จะทำการแปลงจาก 3 เฟส ที่หมุนมาเป็น 2 เฟส ที่หมุนก่อนดังนี้

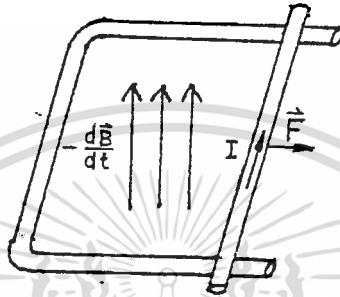
$$[I_{\alpha\beta\gamma}] = [B] [I_{abc}]$$

$$\begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \\ I_\gamma \end{bmatrix} = \sqrt{2/3} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & \sqrt{3}/2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

$[I_{\alpha\beta\gamma}]$ คือเมตริกซ์ของกระแสโรเตอร์ ในระบบ 2 เฟสที่หมุน

$[I_{abc}]$ คือเมตริกซ์ของกระแสโรเตอร์ ในระบบ 3 เฟสที่หมุน

ถ้ามีเส้นลวดตัวนำที่ต่อครบวงจรอยู่ในสนามแม่เหล็ก ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงก็จะเกิดกระแสไหลในตัวนำนั้น และถูกแรงกระทำเนื่องจากสนามแม่เหล็กที่ตัวนำนั้นอยู่ ทำให้ตัวนำเกิดการเคลื่อนที่ ดังรูป



รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นถึงการเกิดแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็ก

สำหรับใน มอเตอร์เหนี่ยวนำ ก็เช่นเดียวกับกรณีของตัวนำในสนามแม่เหล็ก เมื่อเราจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไปใน มอเตอร์ ทางด้านอาร์เมเจอร์ หรือ สเตเตอร์ ถ้าพิจารณาในมอเตอร์ ที่ใช้ไนไฟ 3 เฟส จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นใน มอเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่หมุนก็คือสนามแม่เหล็กที่เกิดการเปลี่ยนแปลง เหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไหลในตัวนำทาง โรเตอร์ และทำให้มอเตอร์ หมุนได้ในกรณีที่ มอเตอร์ ไม่มีภาระ มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัสเล็กน้อย เนื่องจากในมอเตอร์ มีแรงบิดจากความเสียดทานต่าง ๆ ใน มอเตอร์

2.2. ทฤษฎีมอเตอร์เหนี่ยวนำ

จากหลักการที่กล่าวแล้ว ต่อไปจะทำการพิสูจน์สมการทางคณิตศาสตร์ และวงจรไฟฟ้าเสมือนของ มอเตอร์ และ หาความสัมพันธ์ระหว่าง แรงบิด, กระแส, ตัวประกอบกำลัง, กำลังขาออก กับค่าสลิปและ ปัจจัยกำหนด ของมอเตอร์ เพื่อนำไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากผลการทดลอง

วงจรสมมูลย์

ทฤษฎี การแปลงมอเตอร์เหนี่ยวนำ ให้อยู่ในรูปเครื่องจักรกลรูปแบบ

มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสร็จแล้วทำการแปลงจาก 2 เฟส ที่หมุนมาเป็น 2 เฟส ที่หยุดนิ่ง

$$[I_{dqo}] = [s] [I_{\alpha\beta\gamma}]$$

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ i_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\omega_r t & \sin\omega_r t & 0 \\ -\sin\omega_r t & \cos\omega_r t & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \\ i_\gamma \end{bmatrix}$$

$[I_{dqo}]$ คือเมตริกซ์ของกระแสโรเตอร์ ในระบบ 2 เฟสที่นิ่ง

$$[I_{dqo}] = [S] [B] [I_{abc}]$$

$$[I_{dqo}] = [C] [I_{abc}]$$

$$[C] = [S] [B]$$

จะได้

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ i_o \end{bmatrix} = \sqrt{2/3} \begin{bmatrix} \cos\omega_r t & \cos(\omega_r t + 2\pi/3) & \cos(\omega_r t - 2\pi/3) \\ -\sin\omega_r t & -\sin(\omega_r t + 2\pi/3) & -\sin(\omega_r t - 2\pi/3) \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}$$

ค่าของกระแสที่แปลงแล้ว จะได้

$$\text{ทางสเตเตอร์ } I_{DQO} = [B] I_{ABC}$$

$$\text{ทางโรเตอร์ } I_{dqo} = [C] I_{abc}$$

สำหรับค่าศักดาไฟฟ้า ก็จะแปลงได้ในทำนองเดียวกันคือ

$$V_{DQO} = [B] V_{ABC}$$

$$V_{dgo} = [C] V_{abc}$$

2.3 ค่าความเหนี่ยวนำ ของ มอเตอร์เหนี่ยวนำ.

2.3.1. ค่าความเหนี่ยวนำ ของ ขดลวดใน สเตเตอร์

- ค่าความเหนี่ยวนำของตัวเอง ของขดลวด เฟส A ที่ สเตเตอร์

คือ

$$L_{AAS} = L_{sl} + L_{ms}$$

เมื่อ L_{sl} คือ ความเหนี่ยวนำรั่วไหล ของ สเตเตอร์

L_{ms} คือ ความเหนี่ยวนำร่วม ของ สเตเตอร์

เนื่องจากขดลวดของ ตัวเหนี่ยวนำ ทั้ง 3 เฟส เหมือนกันทุกประการและวาง
ห่างกัน 120° ไฟฟ้าดังนั้นค่าความเหนี่ยวนำของตัวเอง จึงเท่ากันทั้ง 3 เฟส นั่นคือ

$$L_{AAS} = L_{BBS} = L_{CCS}$$

สำหรับค่า L_{ms} เนื่องจาก การเหนี่ยวนำ มี สเตเตอร์ และ โรเตอร์ เป็นทรง
กระบอก ดังนั้น

$$L_{ms} = (N_s/2)^2 \pi \mu_0 r / g$$

เมื่อ N_s : จำนวนรอบของขดลวดในสเตเตอร์

l : ความยาวของ โรเตอร์ และ สเตเตอร์

r : รัศมีของช่องอากาศโดยประมาณ

g : ความกว้างของช่องอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความเหนี่ยวนำรวม ระหว่าง เฟส ของขดลวดซึ่งวางห่างกัน 120°

ไฟฟ้า จะได้
$$L_{ABS} = L_{ms} \cos 120^\circ = -1/2 L_{ms}$$

และ
$$L_{ABS} = L_{ACS} = L_{BCS}$$

- ค่าความเหนี่ยวนำรวม ระหว่าง สเตเตอร์ และ โรเตอร์ ถ้ามุมของ เฟส A ที่ สเตเตอร์ ห่างจากมุมที่เฟส A ของ โรเตอร์ เป็นมุม θ_r เมื่อมุมของเฟส A กระทำกับแกน 0 เป็นมุม 0°

- ค่าความเหนี่ยวนำรวม ของ เฟส A ของสเตเตอร์กับ เฟส a, b, c ของ โรเตอร์ คือ

$$L_{Aas} = L_{sr} \cos \theta_r$$

$$L_{Abs} = L_{sr} \cos(\theta_r + 2\pi/3)$$

$$L_{Acs} = L_{sr} \cos(\theta_r - 2\pi/3)$$

$$\text{ค่า } L_{sr} = N_s/2 N_r/2 \pi \mu_0 r/g$$

L_{sr} : ความเหนี่ยวนำระหว่างโรเตอร์ และสเตเตอร์

N_r : จำนวนรอบของขดลวดในโรเตอร์

2.3.2. ตัวเหนี่ยวนำ ของขดลวดใน โรเตอร์

- ค่าความเหนี่ยวนำของตัวเอง ของขดลวดใน เฟส A ที่ โรเตอร์ มีลักษณะเช่นเดียวกับที่ สเตเตอร์ คือ

$$L_{aar} = L_{lr} + L_{mr}$$

และ
$$L_{aar} = L_{bbr} = L_{ccr}$$

$$L_{ms} = (N_r/2)^2 \pi \mu_0 r/g$$



- ค่าความเหนี่ยวนำร่วม ระหว่าง โรเตอร์ และ สเตเตอร์ จะมีค่า

เท่ากัน

$$L_{aAr} = L_{Aas} = L_{rs} \cos \theta_r$$

$$L_{bAr} = L_{Abs} = L_{rs} \cos(\theta_r + 2\pi/3)$$

$$L_{cAr} = L_{Acs} = L_{rs} \cos(\theta_r - 2\pi/3)$$

$$L_{rs} = L_{sr} = N_s/2 N_r/2 \pi \mu_0 r/g$$

เมื่อพิจารณาค่า ตัวเหนี่ยวนำ ใน สเตเตอร์ โรเตอร์ และค่าความเหนี่ยวนำร่วม
ระหว่าง สเตเตอร์ และ โรเตอร์ สามารถเขียนให้อยู่ในรูป เมตริกซ์ ได้คือ

ใน สเตเตอร์ $[L_s] =$

$$\begin{bmatrix} L_{ls} + L_{ms} & -1/2 L_{ms} & -1/2 L_{ms} \\ -1/2 L_{ms} & L_{ls} + L_{ms} & -1/2 L_{ms} \\ -1/2 L_{ms} & -1/2 L_{ms} & L_{ls} + L_{ms} \end{bmatrix}$$

ใน โรเตอร์ $[L_r] =$

$$\begin{bmatrix} L_{lr} + L_{mr} & -1/2 L_{mr} & -1/2 L_{mr} \\ -1/2 L_{mr} & L_{lr} + L_{mr} & -1/2 L_{mr} \\ -1/2 L_{mr} & -1/2 L_{mr} & L_{lr} + L_{mr} \end{bmatrix}$$

$$[L_{sr}] = L_{sr}$$

$$\begin{bmatrix} \cos \theta & \cos(\theta_r + 2\pi/3) & \cos(\theta_r - 2\pi/3) \\ \cos(\theta_r - 2\pi/3) & \cos \theta_r & \cos(\theta_r + 2\pi/3) \\ \cos(\theta_r + 2\pi/3) & \cos(\theta_r - 2\pi/3) & \cos \theta_r \end{bmatrix}$$

เนื่องจากในการคำนวณเราจะคำนวณจากทางด้าน สเตเตอร์ ดังนั้นต่าง ๆ
ใน โรเตอร์ จะแปลงให้อยู่ในด้าน สเตเตอร์ ดังนี้

$$[I'_{abc}] = N_r/N_s [I_{abc}]$$

$$[V'_{abc}] = N_s/N_r [V_{abc}]$$

$$[\psi_{abc}] [\lambda'_{abc}] = N_s/N_r [\psi_{abc}]$$

ค่าตัวเหนี่ยวนำ ทางด้าน โรเตอร์ ก็ต้องแปลงด้วย

เนื่องจากว่า

$$L_{ms} = (N_s/2)2\pi\mu_{or}/g$$

$$L_{sr} = (N_s/2)(N_{or}/2)\pi\mu_{or}/g$$

$$L_{mr} = (N_r/2)\pi\mu_{or}/g$$

จะได้

$$L_{ms} = N_s/N_r L_{sr} = L'_{sr}$$

$$[L'_{sr}] = N_s/N_r [L_{sr}] = L_{ms}$$

$$L'_{sr} =$$

$$L_{ms} \begin{bmatrix} \cos 0_r & \cos(\theta_r + 2\pi/3) & \cos(\theta_r - 2\pi/3) \\ \cos(\theta_r - 2\pi/3) & \cos \theta_r & \cos(\theta_r + 2\pi/3) \\ \cos(\theta_r + 2\pi/3) & \cos(\theta_r - 2\pi/3) & \cos \theta_r \end{bmatrix}$$

$$(N_r/N_s)2L_{ms} = L_{mr}$$

$$L'_{mr} = L_{ms} = (N_s/N_r)^2 L_{mr}$$

$$L'_{IR} = (N_s/N_r)^2 L_{IR}$$

$$[R'_r] = (N_s/N_r)^2 [R_r]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงค่าต่าง ๆ ให้อยู่รูปของ 2 เฟส ที่หยุดนิ่ง

1. แปลงค่าความเหนี่ยวนำ ทางด้าน สเตเตอร์ เป็น 3 เฟสที่นิ่ง แปลงเป็น 2 เฟสที่นิ่งใช้ เมตริกซ์ $[B]$ ในการแปลง

$$\text{จาก } [\varphi_{DQO}] = [L_{DQO}] [I_{DQO}]$$

$$\text{และ } [\varphi_{ABC}] = [L_{ABC}] [I_{ABC}]$$

$$[I_{ABC}] = [B]^T [I_{DQO}]$$

$$[\varphi_{DQO}] = [B] [\varphi_{ABC}]$$

จะได้

$$[\varphi_{ABC}] = [L_{ABC}] [B]^T [I_{DQO}]$$

คูณด้วย $[B]$ ทั้ง 2 ข้าง

$$[\varphi_{DQO}] = [B] [\varphi_{ABC}] = [B] [L_{ABC}] [B]^T [I_{DQO}]$$

$$\text{จะได้ว่า } L_{DQO} = [B] [L_{ABC}] [B]^T$$

ดังนั้น ค่า L_s L'_{sr} แปลงให้อยู่ในระบบ DQO ได้ดังนี้

$$[B] [L_s] [B]^T = \begin{bmatrix} L_{ls}+m & 0 & 0 \\ 0 & L_{ls}+m & 0 \\ 0 & 0 & L_{ls} \end{bmatrix}$$

$$[B] [L'_{sr}] [B]^T = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

โดยที่ $m = 3/2 L_{ms}$

2. แปลงค่าตัวเหนี่ยวนำ ทางด้านโรเตอร์ โดยแปลงจาก 3 เฟสที่หมุน เป็น 2 เฟสที่นิ่ง ใช้ เมตริกซ์ ในการแปลง ซึ่งแปลงได้เช่นเดียวกับ การแปลงของทาง สเตเตอร์

คือแปลง L'_r L'_{sr} ให้อยู่ในระบบ dqo ได้ดังนี้

$$[c] [L'_r] [c]^T = \begin{bmatrix} L_{lr}+m & 0 & 0 \\ 0 & L_{lr}+m & 0 \\ 0 & 0 & L_{lr} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} [c] [L'_{sr}]^T [c]^T &= [c] [L'_{sr}] [c]^T \\ &= \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

3. แปลงค่าความต้านทานแปลงได้เช่นเดียวกับการแปลง ตัวเหนี่ยวนำ แต่ค่าที่แปลงแล้วได้เท่าเดิม

สมการ คัดดาไฟฟ้า

$$\text{จาก } [V] = [R][I] + p[\psi]$$

$$\text{เมื่อ } [\psi] = [L][I]$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } [V] &= [R][I] + p[L][I] \\ &= [R][I] + p[L][I] + [L]p[I] \end{aligned}$$

$$\text{เมื่อ } p = d/dt$$

$$[V] = \begin{bmatrix} V_{ABC} \\ V_{abc} \end{bmatrix}, [I] = \begin{bmatrix} I_{ABC} \\ I_{abc} \end{bmatrix}, [L] = \begin{bmatrix} [L_s] & [L'_{sr}] \\ [L'_{sr}]^T & [L'_r] \end{bmatrix}$$

$$[R] = \begin{bmatrix} [R_{ABC}] & [0] \\ [0] & [R_{abc}] \end{bmatrix}$$

ตัวห้อย ABC คือค่าของ สเตเตอร์
ตัวห้อย abc คือค่าของ โรเตอร์

$$\begin{bmatrix} V_{ABC} \\ V_{abc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [R_{ABC}] + p[L_s] + [L_s]p & p[L'_{sr}] + [L'_{sr}]p \\ p[L'_{sr}]^T + [L'_{sr}]^T p & [R_{abc}] + p[L'_r] + [L'_r]p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{ABC} \\ I_{abc} \end{bmatrix}$$

แปลงให้อยู่ในระบบ 2 เฟสที่หยุดนิ่ง จะได้

$$\begin{bmatrix} [B] & [0] \\ [0] & [C] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{ABC} \\ V_{abc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [B] & [0] \\ [0] & [C] \end{bmatrix} [Z] \begin{bmatrix} [B] & [0] \\ [0] & [C] \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} I_{ABC} \\ I_{abc} \end{bmatrix}$$

เมื่อ

$$[Z] = \begin{bmatrix} [R_{ABC}] + p[L_s] + [L_s]p & p[L'_{sr}] + [L'_{sr}]p \\ p[L'_{sr}]^T + [L'_{sr}]^T p & [R_{abc}] + p[L'_r] + [L'_r]p \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงค่าต่าง ๆ ให้อยู่ในระบบ 2 เฟส ที่หยุดนิ่ง โดยอาศัยการแปลง
ที่กล่าวแล้วข้างต้นเมื่อแปลงเสร็จแล้วคิดค่าในแกน 0 จะได้

$$\begin{bmatrix} V_D \\ V_Q \\ V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + L_{Dp} & 0 & M_p & 0 \\ 0 & r_1 + L_{Dp} & 0 & M_p \\ M_p & -W_r M & R_2 + L_{dp} & -W_r L_D \\ W_r M & M_{Dp} & W_{rd} & R_2 + L_{dp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_D \\ i_Q \\ i_d \\ i_q \end{bmatrix}$$

สำหรับกรณีแบบโรเตอร์วงจรระลอก $V_d = V_q = 0$

เขียนให้อยู่ในรูป เฟสเซอร์ จะได้

$$\begin{bmatrix} V_D \\ V_Q \\ V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + j\omega L_D & 0 & j\omega M & 0 \\ 0 & R_1 + j\omega L_D & 0 & j\omega M \\ j\omega M & -(1-s)\omega M & R_2 + j\omega L_d & -(1-s)\omega L_d \\ (1-s)\omega M & j\omega M & (1-s)\omega L_d & R_2 + j\omega L_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_D \\ i_Q \\ i_d \\ i_q \end{bmatrix}$$

จากการเปลี่ยนแปลง $V_D = \sqrt{2}/\sqrt{3} (i_A - 1/2 i_B - 1/2 i_C)$

ในกรณีสมดุล

$$V_A + V_B + V_C = 0$$

$$V_A = -V_B - V_C$$

จะได้

$$V_D = \sqrt{3}/\sqrt{2} V_A$$

และเนื่องจาก V_Q ทำมุม 90° กับ V_D

$$V_Q = j \sqrt{3}/\sqrt{2} V_A$$

ในทำนองเดียวกัน

$$I_D = \sqrt{3}/\sqrt{2} I_A$$

$$I_Q = j \sqrt{3}/\sqrt{2} I_A$$

$$I_d = \sqrt{3}/\sqrt{2} I_A$$

$$I_q = j \sqrt{3}/\sqrt{2} I_A$$

จะได้

$$\begin{bmatrix} \sqrt{3}/\sqrt{2}V_A \\ j\sqrt{3}/\sqrt{2}V_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1+j\omega L_D & 0 & j\omega M & 0 \\ 0 & R_1+j\omega L_D & 0 & j\omega m \\ j\omega M & -(1-s)\omega M & R_2+j\omega L_d & -(1-s)\omega M \\ (1-s)\omega M & j\omega M & (1-s)\omega L_d & R_2+j\omega L_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{3}/\sqrt{2}I_A \\ j\sqrt{3}/\sqrt{2}I_A \\ \sqrt{3}/\sqrt{2}I_A \\ j\sqrt{3}/\sqrt{2}I_A \end{bmatrix}$$

เขียนใหม่ได้เป็น

$$\begin{bmatrix} V_A \\ jV_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1+j\omega L_D & 0 & j\omega M & 0 \\ 0 & R_1+j\omega L_D & 0 & j\omega M \\ j\omega M & -(1-s)\omega M & R_2+j\omega L_d & -(1-s)\omega L \\ (1-s)\omega M & j\omega M & (1-s)\omega L_d & R_2+j\omega L_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_A \\ jI_A \\ I_A \\ jI_A \end{bmatrix}$$

จะได้

$$V_A = (R_1+j\omega L_D)I_A + j\omega M I_a$$

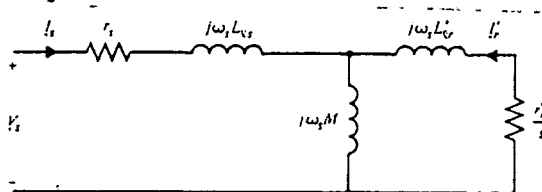
$$0 = (R_2/s+j\omega L_d)I_a + j\omega M I_A$$

จัดรูปใหม่

$$V_a = [R_1+j\omega(L_D-M)]I_A + j\omega M(I_A+I_a)$$

$$0 = [R_2/s+j\omega(L_d-M)]I_a + j\omega M(I_A+I_a)$$

ซึ่งเป็นสมการของวงจรสมมูล



รูป 2.4 แสดงให้เห็นถึงวงจรสมมูล

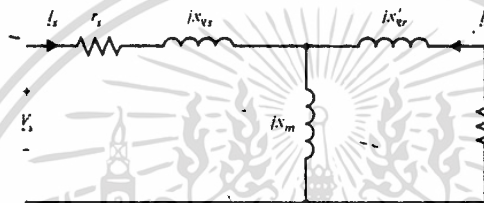
วงจรสมมูลย์

$$L_D = L_{ls} + M \Rightarrow L_D - M = L_{ls}, jx_1 = j\omega_s L_{ls}$$

$$L_d = L'_{lr} + M \Rightarrow L_d - M = L'_{lr}, jx_2 = j\omega_s L'_{lr}$$

$$jx_m = j\omega_s M$$

เมื่อไม่คิดผลของกระแสไหลวนในแกนเหล็ก ได้วงจรสมมูลย์



รูป 2.5 แสดงให้เห็นถึงเมื่อไม่คิดผลของกระแสไหลวนในแกนเหล็ก

$$T_e = P_M / \omega_r = [|I_2|^2 R_2 (1-s)/s] / (1-s)\omega_s = |I_2|^2 R_2 / S\omega_s$$

$$I_2 = [j x_m / (R_2/S + j(x_m + x_2))] * I_1$$

$$I_1 = V_s [R_2/s + jx_m + x_2] / (R_1(R_2/s) + x_1(x_m + x_2) - x_m x_2) + j(x_1(R_2/s) + R_2(x_m + x_2) + x_m(R_2/s))$$

แทน T_e จะได้

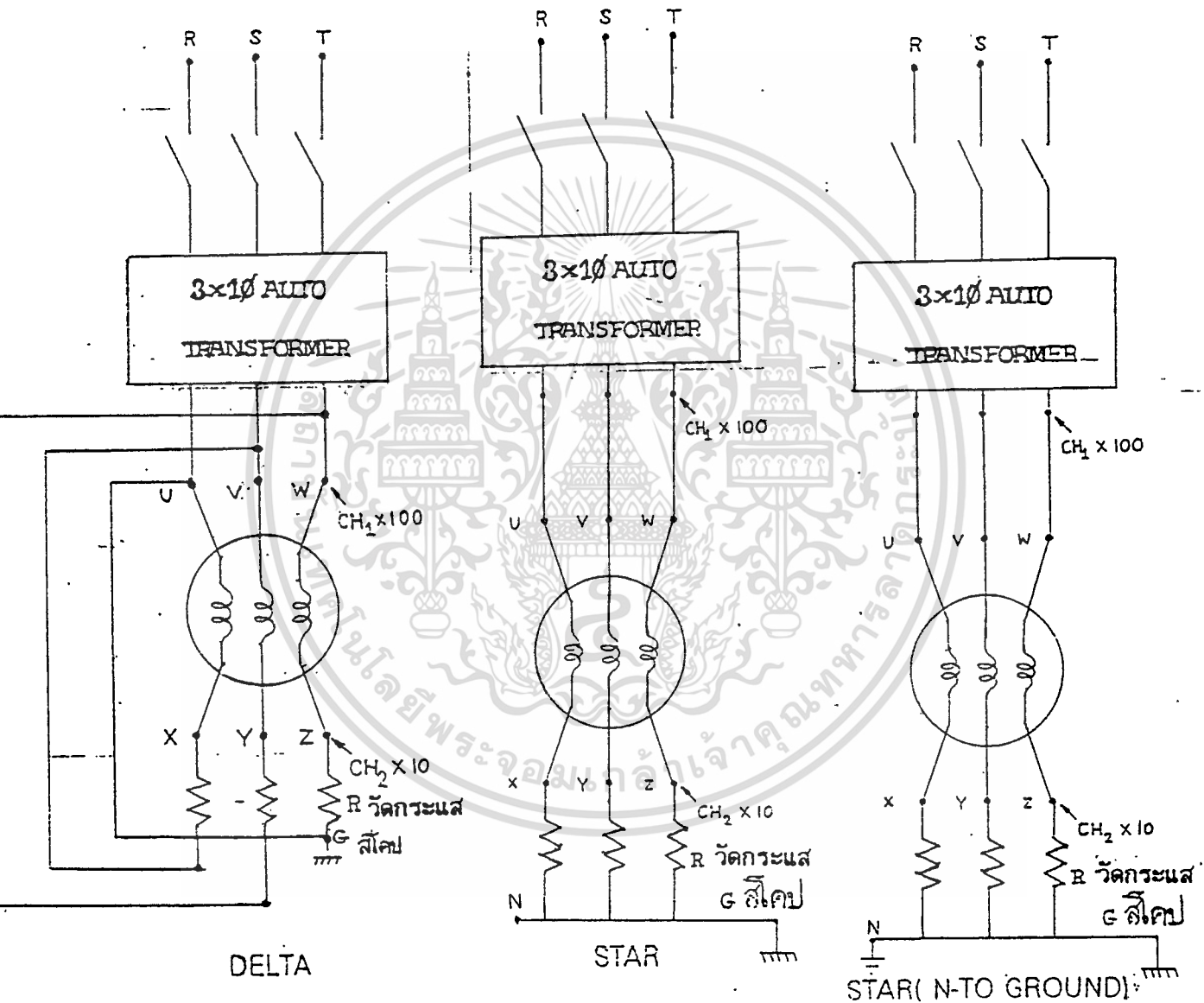
$$T_e = [(3/\omega) * (V_s / (1 + x_1/x_m)^2 * (R_2/s))] / \{(R_1 + R_2/s)^2 + [(x_2 + x_1)/(1 + x_1/x_m)]^2\}$$

บทที่ 3 การทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า	1 ชุด
2. ตารางขั้วแวนดัมน้ำหนักรวมเชือก	1 ชุด
3. แอมมิเตอร์กระแสลับ 0-3 A	1 ตัว
4. แคมป์มิเตอร์ 600 A, 700 V	1 ตัว
5. เทคโคมิเตอร์	1 ตัว
6. ตัวต้านทาน สำหรับวัดกระแส	1 ชุด
7. ออสซิลโลสโคป พร้อม โพรป	3 ชุด
8. จักรับบล็อก	1 ตัว
9. สายต่อ	50 เส้น
10. แวริเอ็กซ์ 1 เฟส 5 แอมป์	3 ตัว

1. ต่อวงจรการทดลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยไฟแต่ละเฟสจะต่อเข้ากับ
ออโตทรานฟอรมเมอร์ แล้วจึงจ่ายให้กับมอเตอร์ ดังรูป

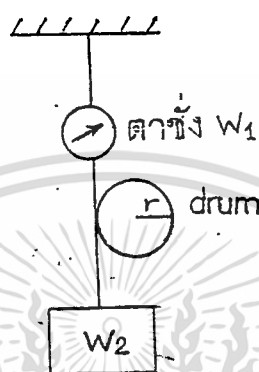


รูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงวงจรการทดลอง

2. ทดสอบทิศทางการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใส่น้ำลงในดรัมเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง ให้ มอเตอร์ รับประทาน โดยนำเชือกแขวนไว้กับตาชั่งแขวนและคล้องผ่านดรัม ปลายอีกข้างไว้สำหรับรับประทาน w_2 ดังรูป



$$T_m = 9.81 (W_2 - W_1) \cdot r \quad \text{N-M}$$

รูปที่ 3.2 แสดงทิศทางการหมุน

4. ก่อนทำการทดลองจะทำการทดสอบ มอเตอร์ ก่อนเพื่อหาปัจจัยกำหนดของมอเตอร์

ทดสอบมอเตอร์ขณะที่ไร้ภาระ เพื่อหา R_c และ X_m

ทดสอบมอเตอร์โดยการบล็อกโรเตอร์ เพื่อหา $R_1 + R_2$ และ $X_1 + X_2$

วิธี VI เมททดสอบเพื่อหาค่า R_1, R_2

และบันทึกค่าต่าง ๆ ได้

5. ทำการทดลองในสภาวะสมดุล ก่อนโดยจ่ายศักดาไฟฟ้าที่พิกัดให้กับมอเตอร์ แล้วเพิ่ม ภาระ จนกระทั่งถึงพิกัดกระแส วัดค่า แรงบิด, กระแส, ตัวประกอบกำลัง ความเร็วรอบที่ ภาระต่าง ๆ แล้วบันทึกผล

บทที่ 4 ทฤษฎี สภาวะไม่สมดุล ที่ แหล่งกำเนิดคักตาไฟฟ้า

และวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 สมการในสภาวะคงตัวและผลการทดลอง

สมการในสภาวะคงตัวขณะที่แหล่งจ่ายคักตาไฟฟ้า 3 เฟสไม่สมดุล โดยใช้รูปแบบของสนามแม่เหล็กไปข้างหน้าและย้อนกลับ เนื่องจากในขณะ สภาวะไม่สมดุล มีสนามแม่เหล็กหมุนใน 2 ทิศทางคือในทิศไปข้างหน้า และทิศย้อนกลับ ซึ่งมีทิศทางการหมุนตรงข้ามกัน ซึ่งในขณะสมดุล จะมีเฉพาะทิศไปข้างหน้า เท่านั้น ถ้าลักษณะของการ ไม่สมดุล มีความถี่เท่ากันและเป็นคลื่นที่เกือบจะเป็นรูปซายซ์ (Sinusoidal Wave) ที่มีความถี่เชิงมุม ω_1 เราสามารถแทน $p = j\omega$ ลงในสมการ คักตาไฟฟ้า ที่เป็นของ มอเตอร์เหนี่ยวนำ ชนิดกรงกระบอกเดี่ยว (Single cage) และ จะได้สมการ คักตาไฟฟ้า ในรูปเมตริกซ์ เป็น

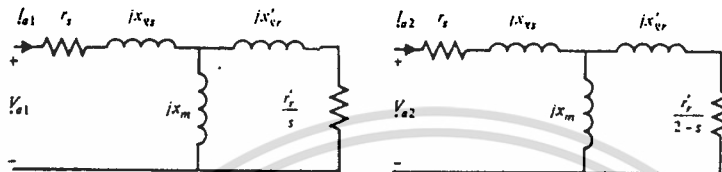
$$\begin{bmatrix} V_{1+} \\ V_{1-} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + j\omega L_D & 0 & j\omega_m & 0 \\ 0 & R_1 + j\omega L_D & 0 & j\omega_m \\ jX_m & 0 & R_2/s + jX_2 & 0 \\ 0 & j\omega_m & 0 & R_2/(2-s) + j\omega X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{1+} \\ I_{1-} \\ I_{2+} \\ I_{2-} \end{bmatrix}$$

เมื่อ s เป็นสลิป และ V_{1+} , V_{1-} , I_{1+} , I_{1-} เป็นลำดับคักตาไฟฟ้าที่เป็นบวกและลบ และส่วนประกอบที่เป็นบวกและลบของกระแสเฟส

สำหรับสมการลำดับศูนย์(zero sequence equation) คือ

$$U_0 = (R_1 + jX_1)I_0$$

จากสมการ คัดดาไฟฟ้า สามารถสร้างเป็นวงจรสมมูลย์



(a)ลำดับบวก (positive-sequence) (b)วงจรลำดับลบ (Negative Sequence)

รูป 4.1 แสดงวงจรที่มีการเรียงลำดับ

สำหรับค่า (2-S)เป็น สลิปลำดับลบ (Negative Sequence slip)ซึ่งสามารถหาได้โดย

สลิปไปข้างหน้า $s = \omega_1 - \omega_r / \omega_1 = 1 - \omega_r / \omega_1$

$$\omega_r / \omega_1 = 1 - s$$

สลิปย้อนกลับ $= -\omega_1 - \omega_r / \omega_1 = \omega_1 + \omega_r / \omega_1 = 1 + \omega_r / \omega_1$

$$= 1 + 1 - s = 2 - s$$

ส่วนค่าลำดับคัทดาไฟฟ้าขาเข้า หาได้จาก

$$V_{1+} = 1/3(V_A + aV_B + a^2V_C)$$

$$V_{1-} = 1/3(V_A + a^2V_B + aV_C)$$

สามารถคำนวณแรงบิด ได้จากวงจรสมมูลย์ทั้ง 2 โดยแยกคำนวณเป็น

แรงบิดไปข้างหน้า (T_{e1}) และ แรงบิดย้อนกลับ (T_{e2}) และ

$$T_e = T_{e1} + T_{e2}$$

แรงบิดไปข้างหน้า $T_{e1} = 3|I_{2+}|^2 R_2 / s \omega_1$

แรงบิดย้อนกลับ $T_{e2} = 3|I_{2-}|^2 R_2 / (2-s) \omega_1$

หาค่า $|I_{2+}|^2$ และ $|I_{2-}|^2$ จาก วงจรสมมูลย์แทนลงใน T_{e1} และ T_{e2}

$$T_{e1} = \{ 3/\omega [(1V_1+1)/(1+X_1/X_m)]^2 R_2 / s \} / \{ (R_1+R_2/s)^2 + [X_2+X_1/X_m]^2 \}$$

$$T_{e2} = \{ -(3/\omega) [(1V_1-1)/(1+X_1/X_m)]^2 R_2 / (2-s) \} / \{ [R_1+R_2/(2-s)]^2 + [X_2+X_1/(1+X_1/X_m)]^2 \}$$

และ $T_e = T_{e1} + T_{e2}$



ตารางผลการทดลอง

ต่อแบบ STAR

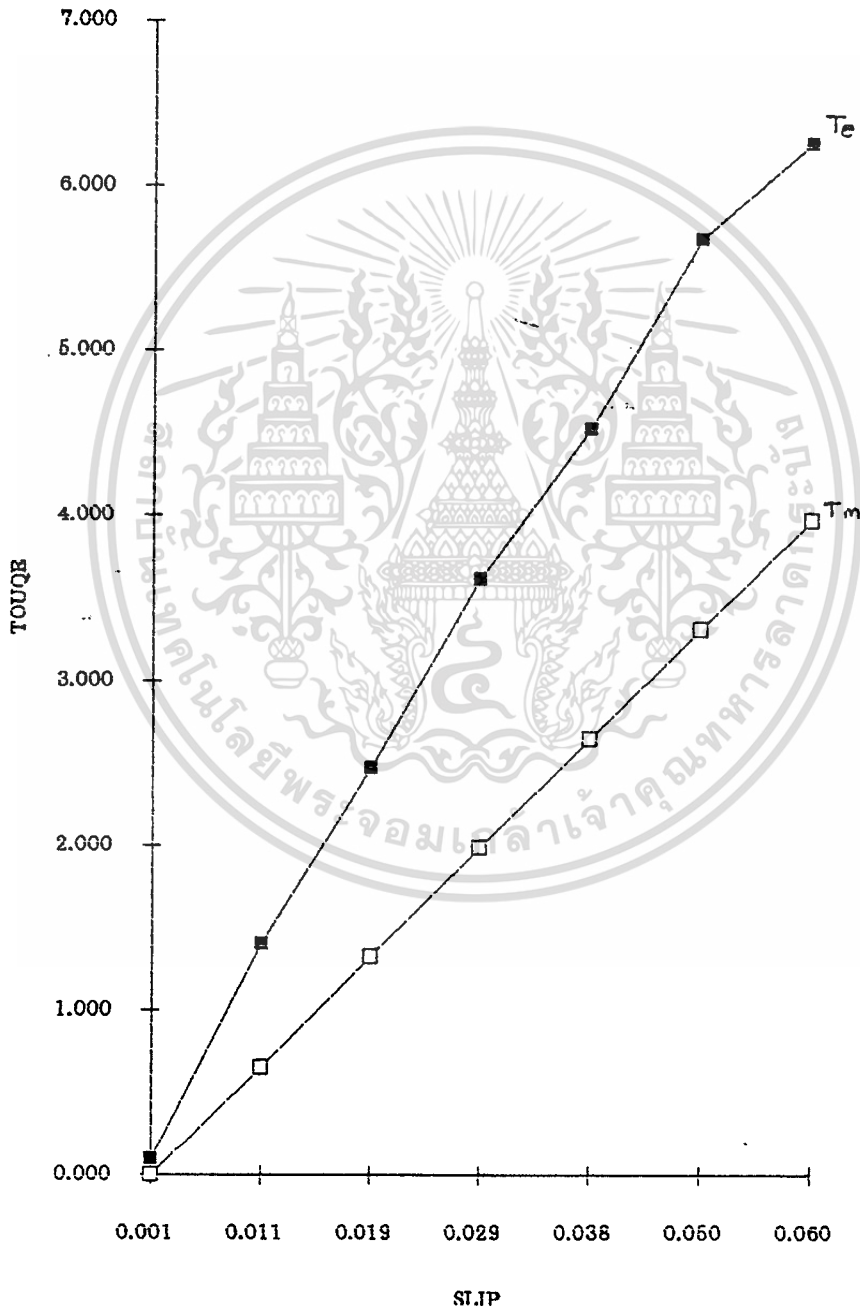
$$V_A = 180 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_b (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	eff (%)
1499	0.001	0.097	0.000	0.7	86.4	1.2	86.4	1.2	72	0
1484	0.011	1.404	0.660	0.6	80	1.2	80	1.3	61.2	50.7
1471	0.019	2.474	1.324	0.7	62	1.4	75.6	1.4	50.4	61.42
1456	0.029	3.617	1.986	0.7	46.8	1.5	72	1.5	43.2	70.61
1443	0.038	4.524	2.648	0.8	43.2	1.6	64.8	1.7	36	71.79
1425	0.050	5.670	3.310	0.9	36	1.7	54	1.8	36	73.58
1415	0.060	6.250	3.970	1.1	36	1.9	54	2.0	36	77.22

ตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.1



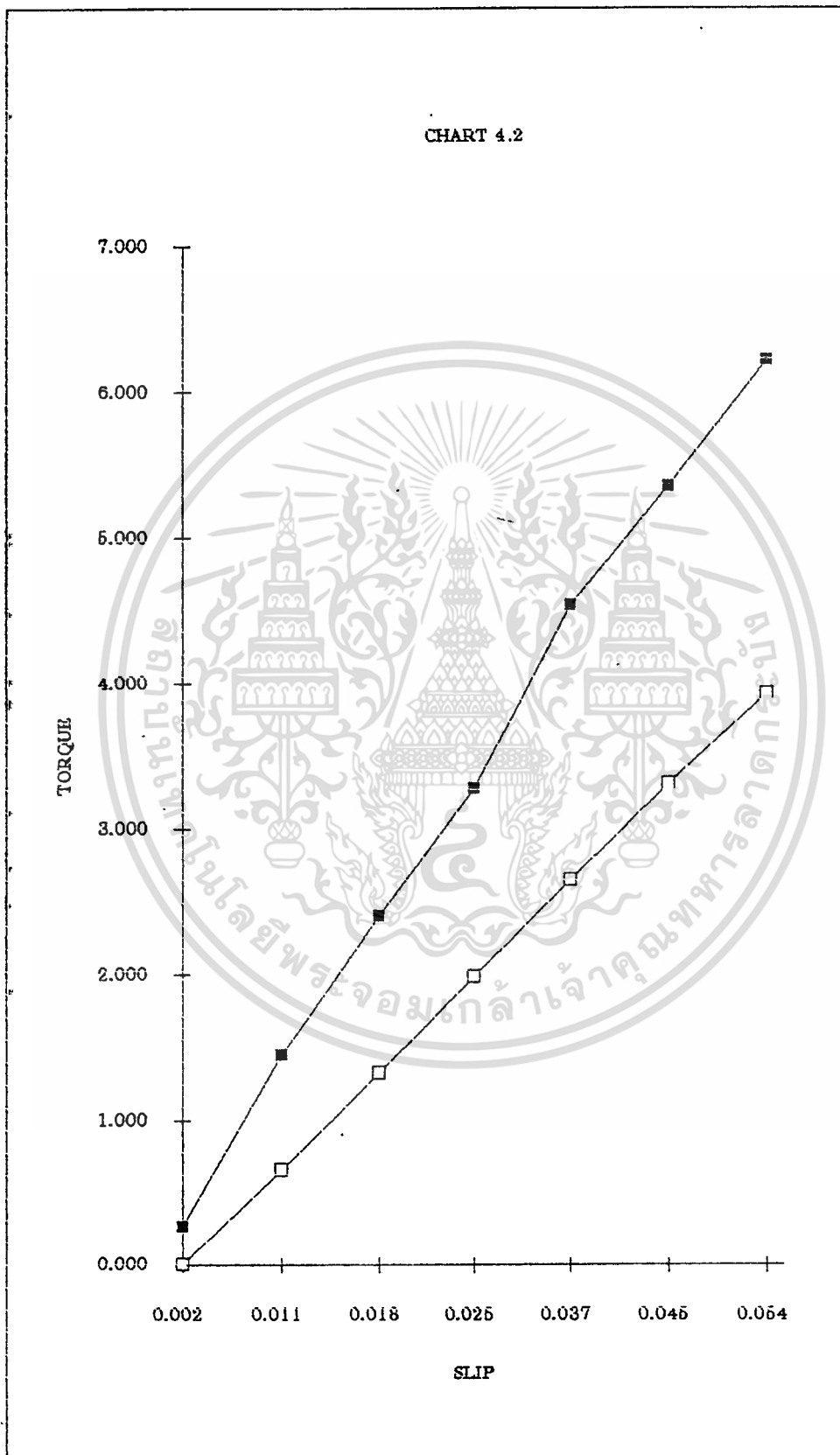
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อ STAR

$$V_A = 190 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	eff (%)
1497	0.002	0.270	0.000	0.8	83	1.1	83	1.1	72	0
1484	0.011	1.450	0.660	0.7	72	1.2	80	1.2	64.8	51.45
1473	0.018	2.400	1.324	0.8	61	1.3	72	1.3	54	61.85
1462	0.025	3.280	1.986	0.8	47	1.4	68.4	1.4	47	71.19
1445	0.037	4.540	2.648	1.0	43	1.5	61	1.6	40	70.47
1433	0.045	5.350	3.310	1.1	40	1.7	54	1.8	36	70.92
1419	0.054	6.220	3.970	1.0	36	1.8	47	2.0	36	75.66

ตารางที่ 4.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อ STAR

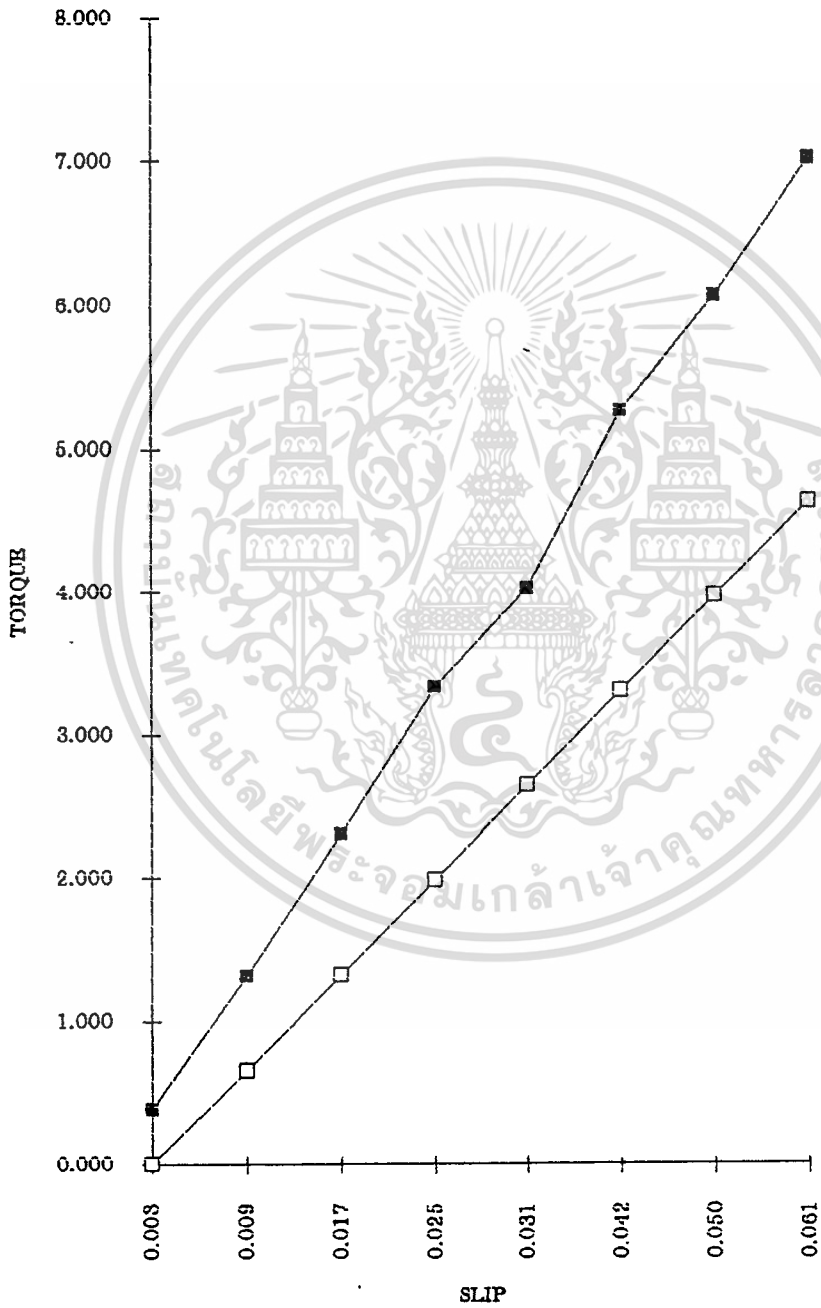
$$V_A = 200 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1496	0.003	0.335	0.000	0.9	83	1.2	83	1.1	83	0
1486	0.009	1.320	0.660	0.8	75.6	1.2	75.4	1.2	75.4	61.57
1475	0.017	2.306	1.324	0.9	68.4	1.3	72	1.3	68.4	78.68
1463	0.025	3.332	1.986	0.9	57.6	1.4	65	1.3	50	67.17
1454	0.031	4.020	2.648	1.0	54	1.5	54	1.5	47	75.13
1437	0.042	5.260	3.310	1.2	47	1.7	50.4	1.7	43.2	73.82
1425	0.050	6.060	3.970	1.3	43.2	1.8	43.2	1.8	36	74.16
1409	0.061	7.020	4.630	1.5	40	2.0	40	2.0	36	74.03

ตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

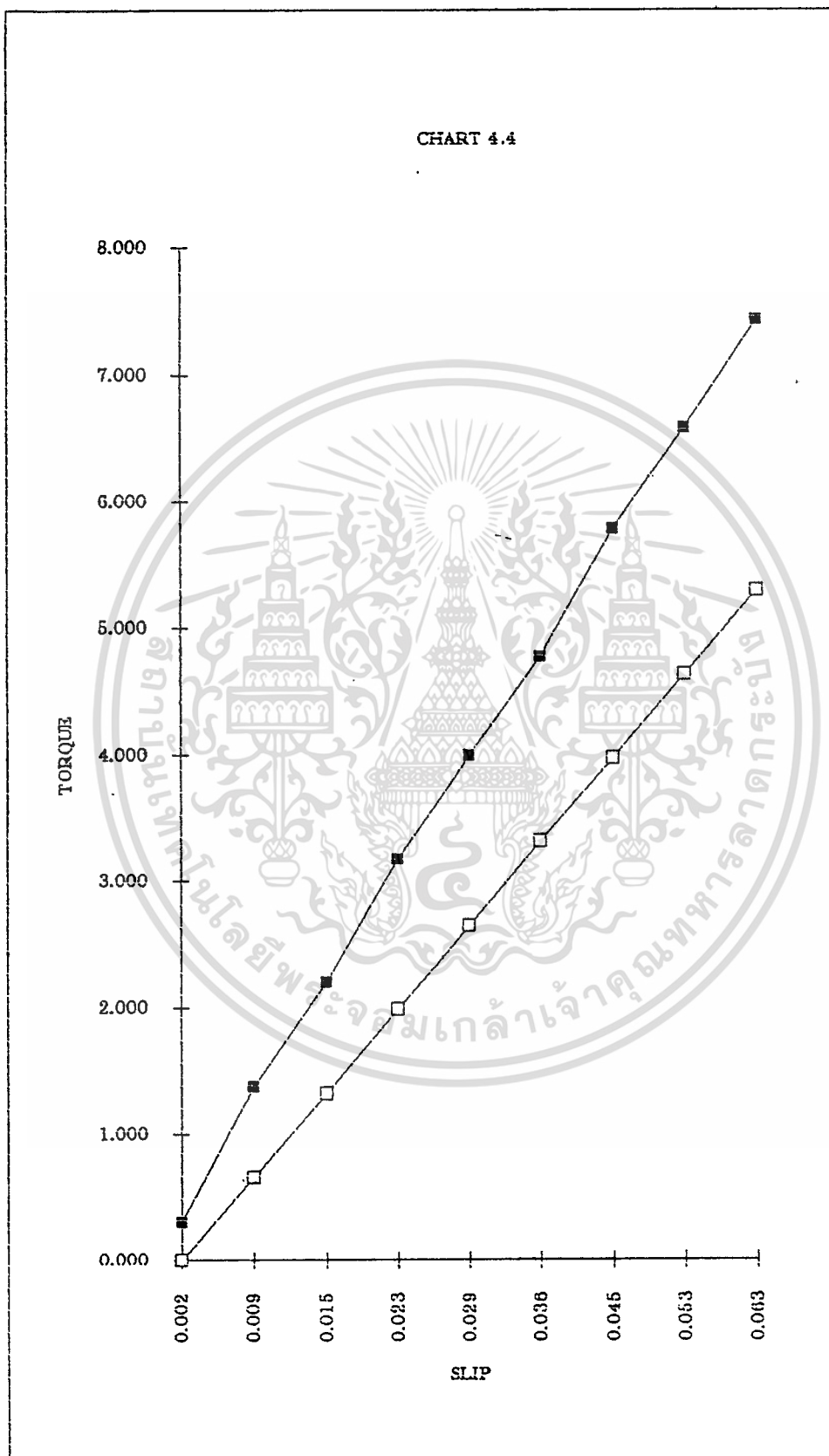
การต่อ STAR

$$V_A = 210 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1497	0.002	0.301	0.000	1.0	83	1.1	80	1.1	80	0
1486	0.009	1.371	0.660	1.0	75.6	1.1	75.6	1.2	75.6	57.68
1477	0.015	2.202	1.324	1.0	68.4	1.2	68.4	1.2	68.4	75.37
1466	0.023	3.170	1.986	1.1	61	1.3	61.2	1.3	61.2	78.67
1456	0.029	3.991	2.648	1.2	54	1.4	54	1.4	54	79.13
1444	0.036	4.770	3.310	1.3	47	1.5	47	1.5	47	78.66
1432	0.045	5.780	3.970	1.4	45	1.6	45	1.6	45	84.36
1420	0.053	6.573	4.630	1.6	43	1.8	43	1.8	43	83.53
1406	0.063	7.420	5.290	1.7	40	2.0	40	2.0	40	82.20

ตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อ STAR

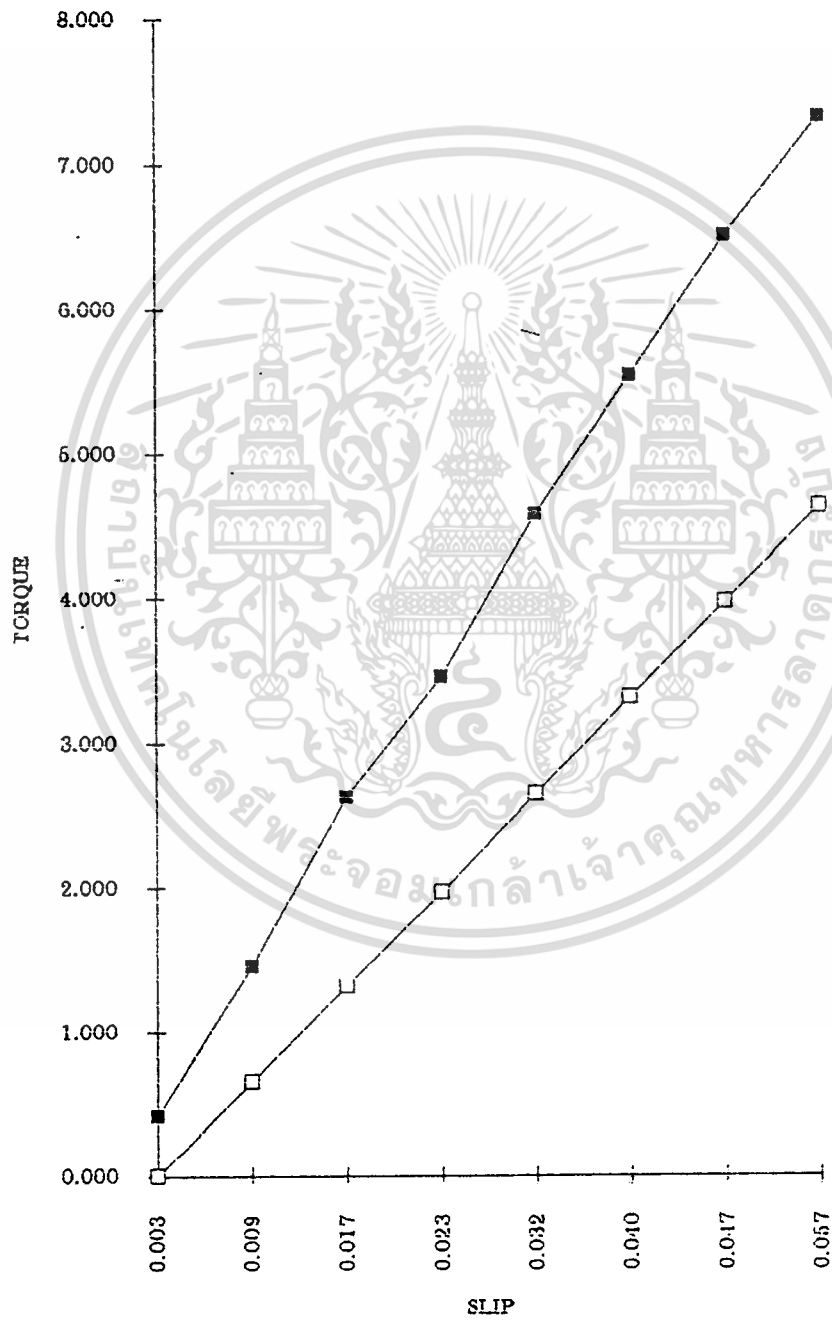
$$V_A = 230 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_a (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1496	0.003	0.425	0.000	1.2	86.4	1.0	80	1.1	80	0
1486	0.009	1.456	0.660	1.3	72	1.0	68.4	1.2	75.6	42.97
1474	0.017	2.626	1.324	1.4	57.6	1.1	54	1.2	72	51.27
1465	0.023	3.454	1.968	1.5	54	1.1	50.4	1.3	65.0	67.40
1452	0.032	4.578	2.648	1.6	50.4	1.3	45	1.4	58	67.10
1440	0.040	5.540	3.310	1.7	45	1.4	43	1.5	50	69.92
1427	0.047	6.499	3.970	1.8	43.2	1.5	36	1.0	47	73.35
1415	0.057	7.315	4.530	2.0	40	1.7	36	1.7	43	75.89

ตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.5



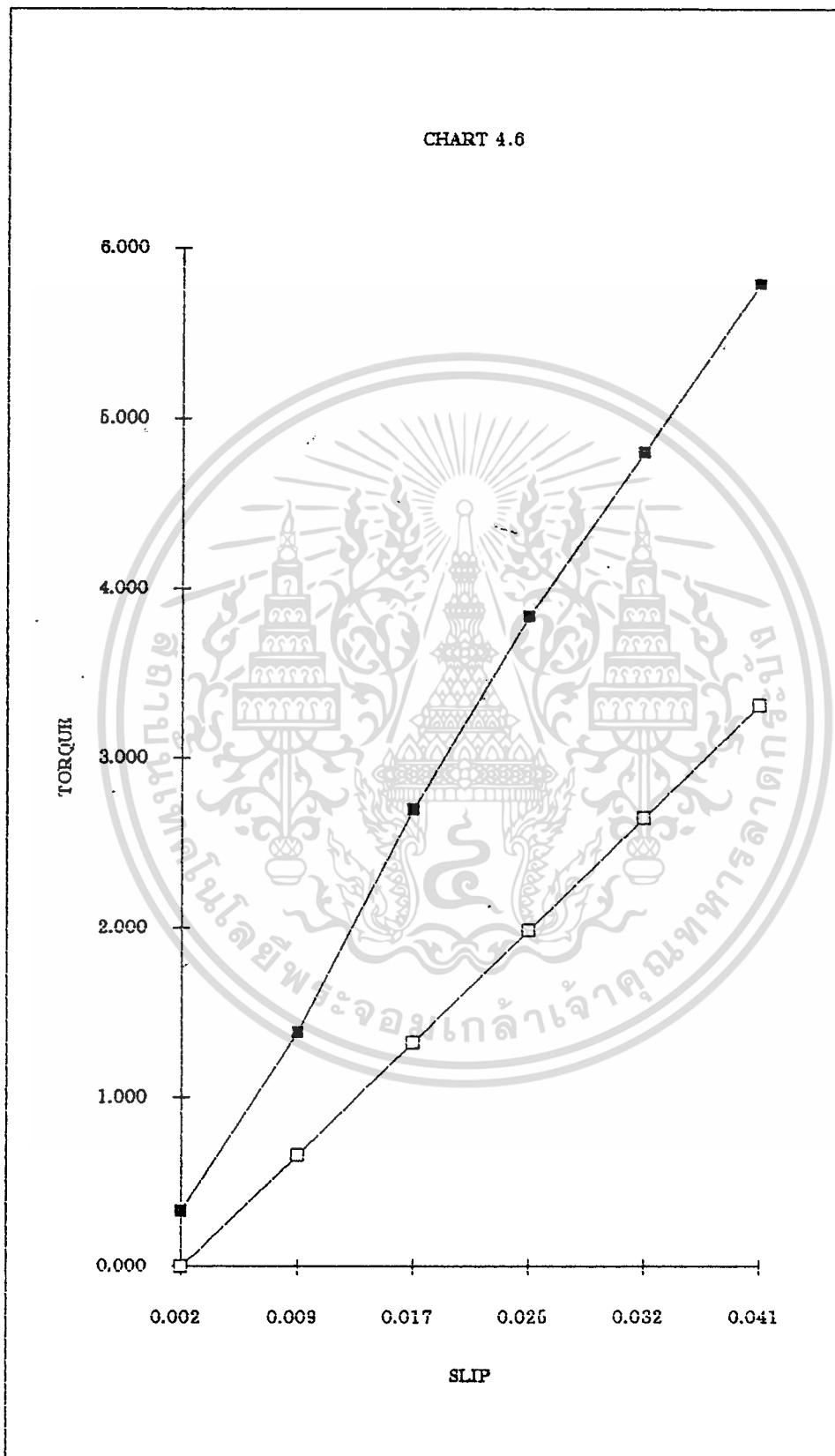
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค้อนแบบ STAR

$$V_A = 240 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1497	0.002	0.330	0.000	1.2	80	1.3	72	1.0	86	0
1487	0.009	1.384	0.660	1.2	72	1.4	61	1.0	80	37.17
1474	0.017	2.702	1.324	1.2	65	1.5	54	1.0	72	53.27
1462	0.025	3.830	1.986	1.6	54	1.1	50	1.3	70	63.47
1451	0.032	4.797	2.648	1.7	47	1.2	40	1.4	65	65.89
1439	0.041	5.782	3.310	2.0	43	1.3	36	1.5	54	64.24

ตารางที่ 4.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

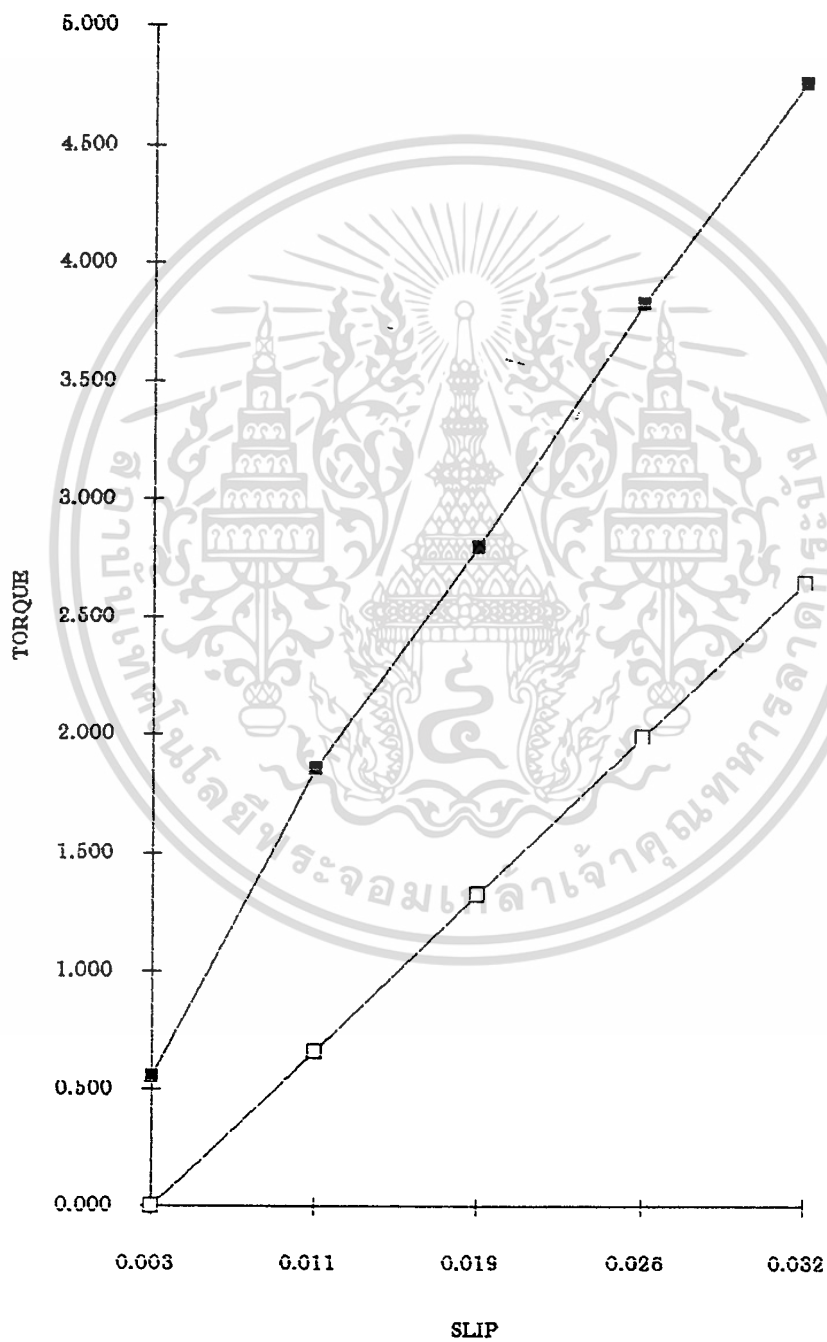
คอสแบบ STAR

$$V_A = 250 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_s (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1495	0.003	0.555	0.000	1.5	72	1.0	65	1.2	90	0
1483	0.011	1.854	0.660	1.5	70	1.0	54	1.2	83	25.38
1472	0.019	2.796	1.324	1.6	61	1.0	47	1.3	80	51.85
1461	0.026	4.032	1.986	1.7	54	1.1	40	1.3	72	58.05
1453	0.032	4.759	2.648	1.9	47	1.2	36	1.4	70	62.68

ตารางที่ 4.7

CHART 4.7



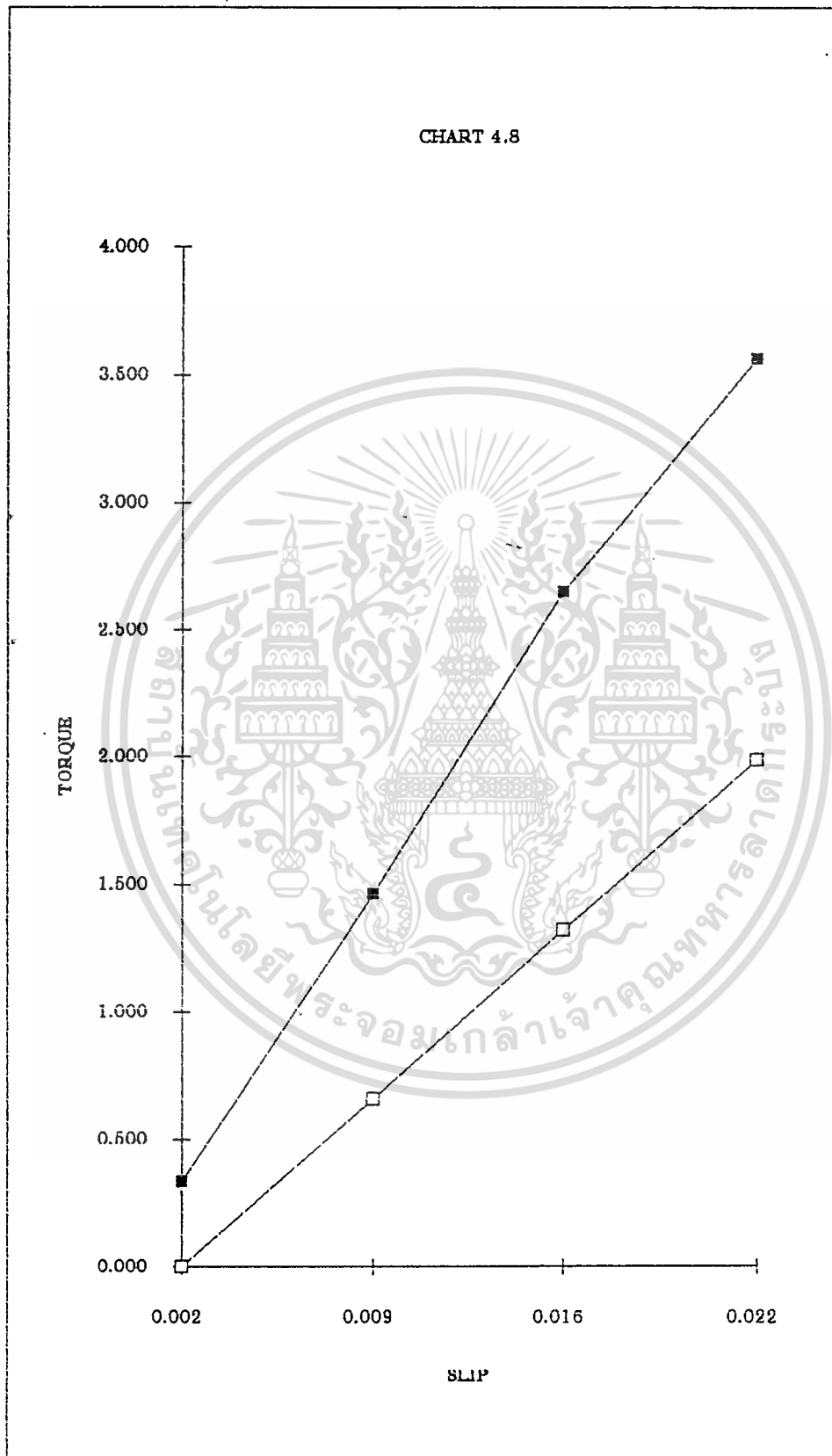
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อแบบ STAR

$$V_A = 260 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	eff (%)
1497	0.002	0.335	0.090	1.7	72	0.9	61	1.3	90	0
1487	0.009	1.465	0.660	1.7	70	1.0	50	1.3	86.4	33.10
1476	0.016	2.645	1.324	1.8	65	1.0	40	1.3	83	51.01
1467	0.022	3.560	1.986	2.0	61	1.1	36	1.3	80	61.32

ตารางที่ 4.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

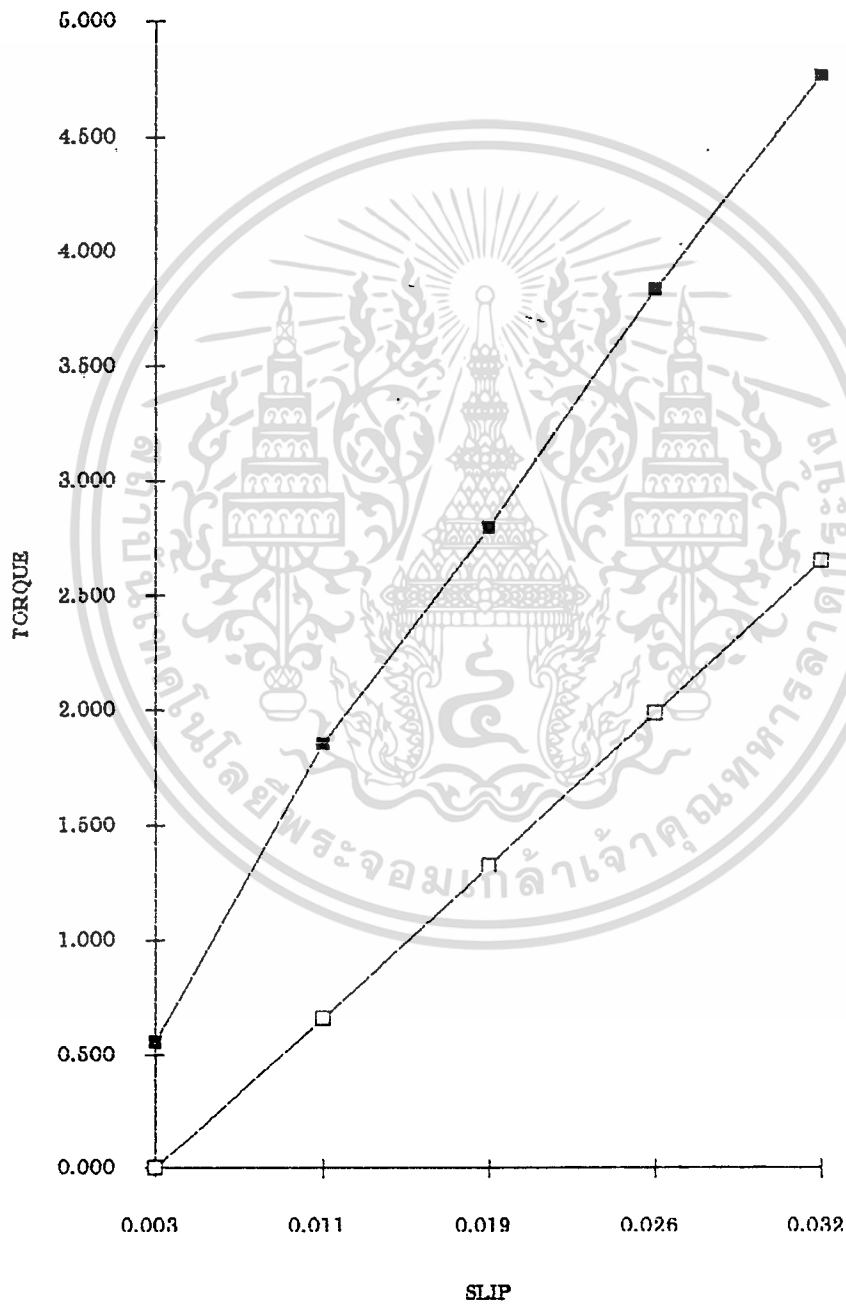
คอสแบบ STAR

$$V_A = 180 \quad V_B = 180 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_o (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_n (A)	ϕ_n (deg)	I_c (A)	ϕ_c (deg)	cff (%)
1495	0.003	0.380	0.000	0.7	65	0.8	80	1.2	72	0
1480	0.012	1.522	0.660	0.8	58	0.8	78	1.3	70	50
1465	0.023	2.570	1.324	0.9	50	0.9	72	1.5	65	69
1446	0.036	3.780	1.986	1.1	43	1.9	65	1.7	54	58
1431	0.046	4.640	2.648	1.3	47	1.1	63	2.0	50	74

ตารางที่ 4.9

CHART 4.9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

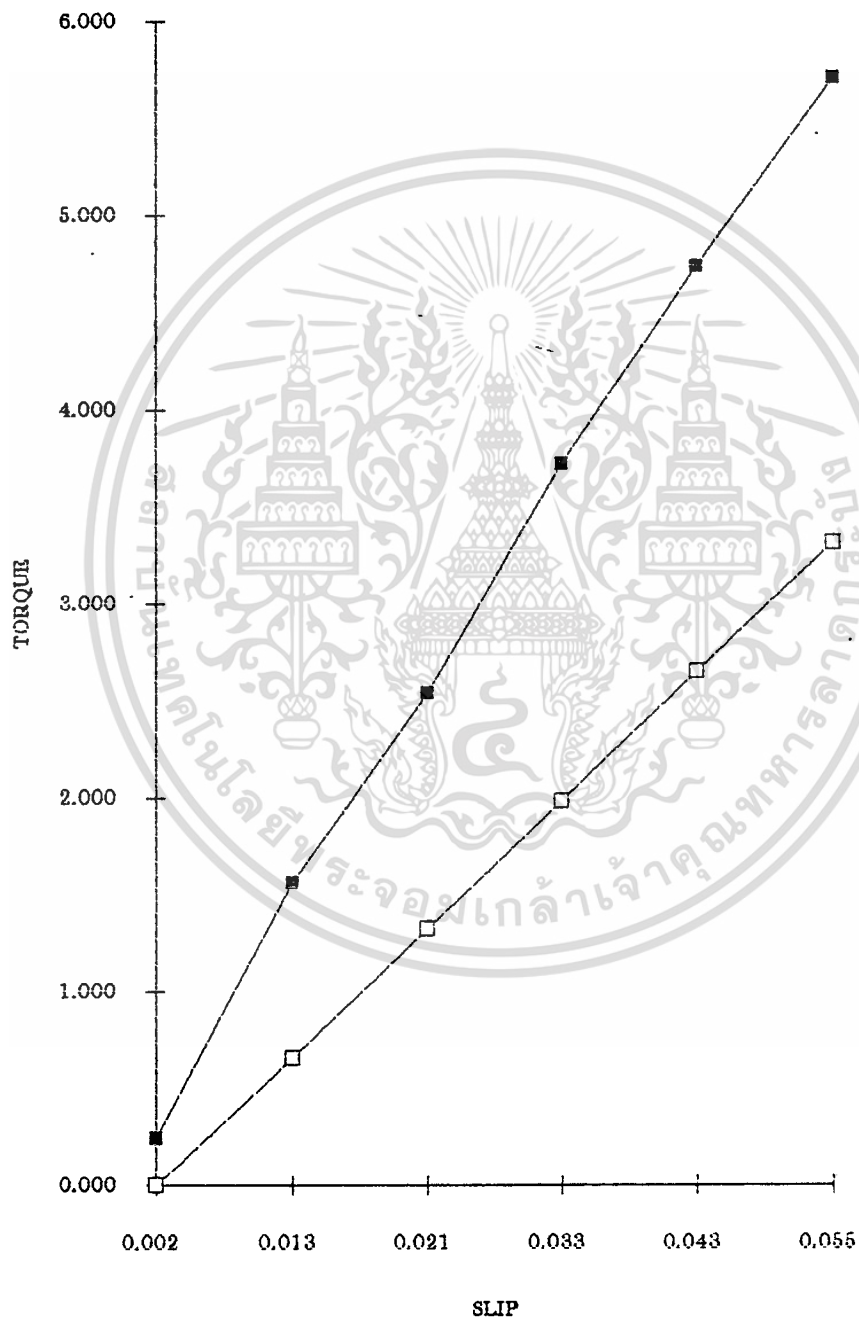
ต่อแบบ STAR

$$V_A = 190 \quad V_B = 190 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_s (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	eff (%)
1497	0.002	0.248	0.000	0.9	72	0.9	90	1.2	80	0
1481	0.013	1.560	0.660	0.9	50	0.9	86	1.3	72	33.0
1468	0.021	2.540	1.324	1.0	36	1.0	72	1.5	68	60.5
1451	0.033	3.720	1.986	1.1	36	1.1	65	1.6	65	74.0
1435	0.043	4.730	2.648	1.2	36	1.2	58	1.8	54	70.0
1418	0.055	5.706	3.310	1.4	36	1.3	54	2.0	50	74.0

ตารางที่ 4.10

CHART 4.10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

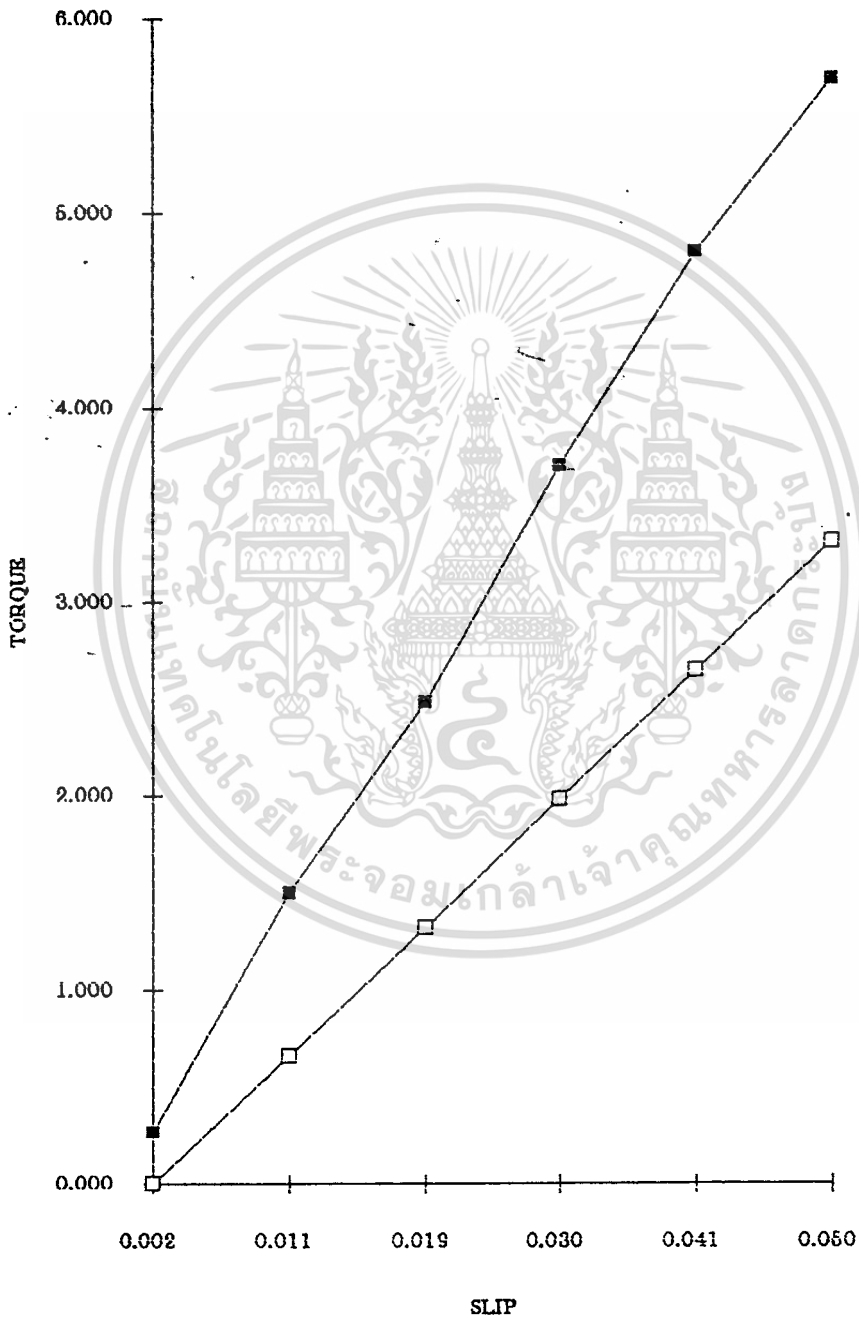
พอลแบบ STAR

$$V_A = 200 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1497	0.002	0.270	0.000	0.9	72	0.9	83	1.1	80	0
1483	0.011	1.500	0.660	0.9	59	0.9	72	1.2	72	42.0
1471	0.019	2.486	1.324	1.0	47	1.0	65	1.4	65	56.7
1455	0.030	3.700	1.986	1.1	43	1.1	65	1.5	65	75.0
1439	0.041	4.800	2.648	1.2	36	1.3	54	1.7	47	83.0
1425	0.050	5.686	3.210	1.4	36	1.3	50	1.9	43	89.0

ตารางที่ 4.11

CHART 4.11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค้อนแบบ STAR

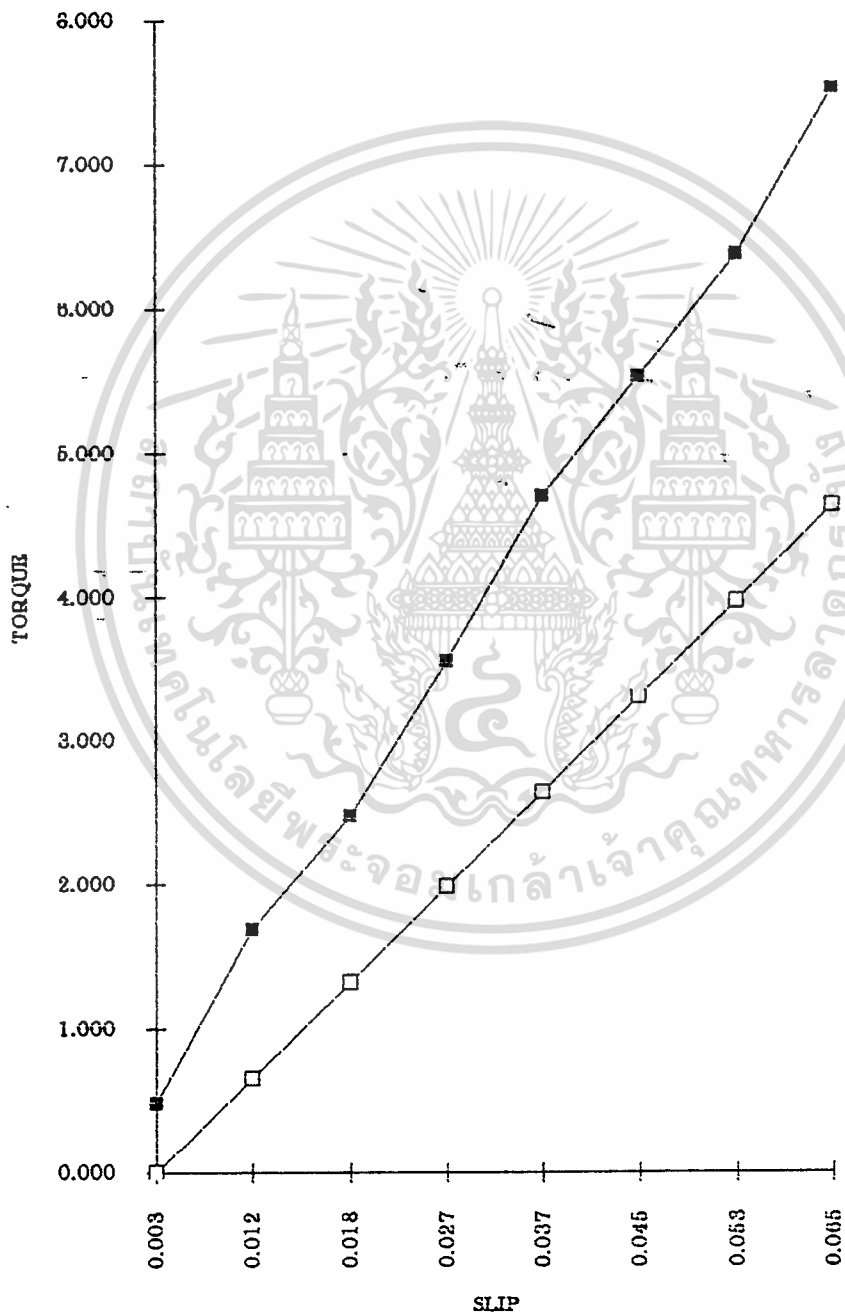
$$V_A = 210 \quad V_B = 210 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1495	0.003	0.484	0.000	1.0	75.6	1.0	80	1.1	80	0
1482	0.012	1.692	0.660	1.0	65	1.0	72	1.2	72	43.2
1472	0.018	2.481	1.324	1.1	54	1.1	65	1.3	65	57.5
1460	0.027	3.555	1.986	1.2	43	1.2	54	1.4	54	61.0
1445	0.037	4.696	2.648	1.3	43	1.3	50	1.6	50	83.0
1433	0.045	5.531	3.310	1.5	50	1.5	47	1.7	47	74.0
1420	0.053	6.371	3.970	1.6	36	1.6	43	1.8	43	73.0
1400	0.065	7.520	4.635	1.8	36	1.8	40	2.0	40	72.0

ตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.12

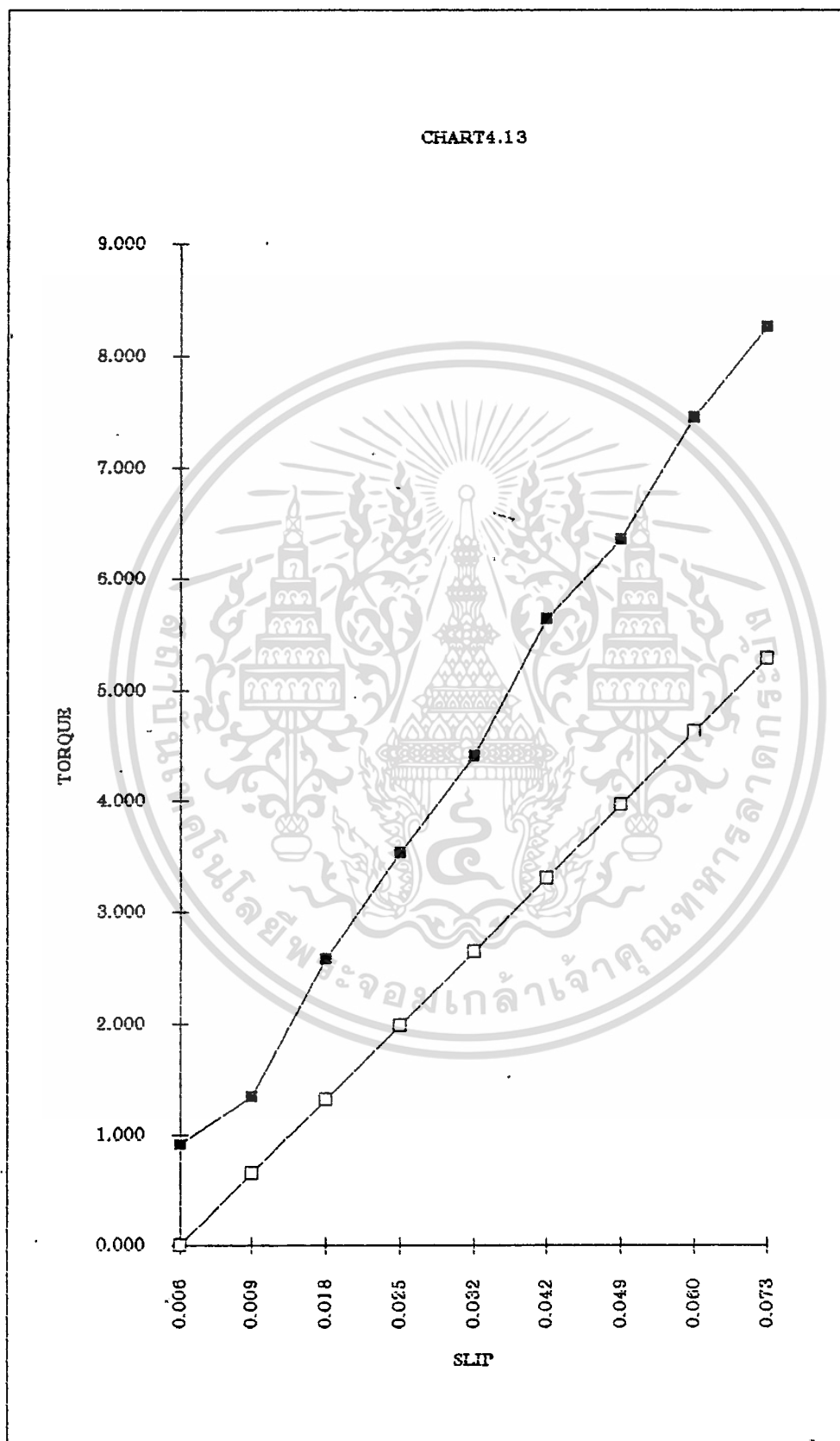


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมมูน DELTA

$$V_A = 220 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

Nr (rpm)	Slip	Te (N-m)	Tm (N-m)	A (A)	ϕ_A (deg)	I _B (A)	ϕ_B (deg)	I _C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1491	0.006	0.920	0.00	2.0	79.2	2.0	79.2	2.0	79.2	0
1486.6	0.009	1.350	0.66	2.0	75.6	2.0	75.6	2.1	75.6	54.19
1479.2	0.017	2.58	1.324	2.1	70.0	2.1	70.0	2.1	70.0	78.35
1473.7	0.025	3.54	1.986	2.2	64.8	2.2	64.8	2.2	64.8	85.18
1470.1	0.032	4.41	2.648	2.4	57.4	2.4	57.4	2.4	57.4	81.17
1462.8	0.042	5.64	3.310	2.6	50.4	2.6	50.4	2.6	50.4	78.82
1457.7	0.049	6.35	3.970	2.8	46.8	2.8	46.8	2.8	46.8	81.17
1452.4	0.060	7.45	4.630	3.2	44.0	3.2	44.0	3.2	44.0	77.88
1445.8	0.073	8.27	5.29	3.4	43.0	3.4	43.0	3.4	43.0	81.27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อแบบ STAR

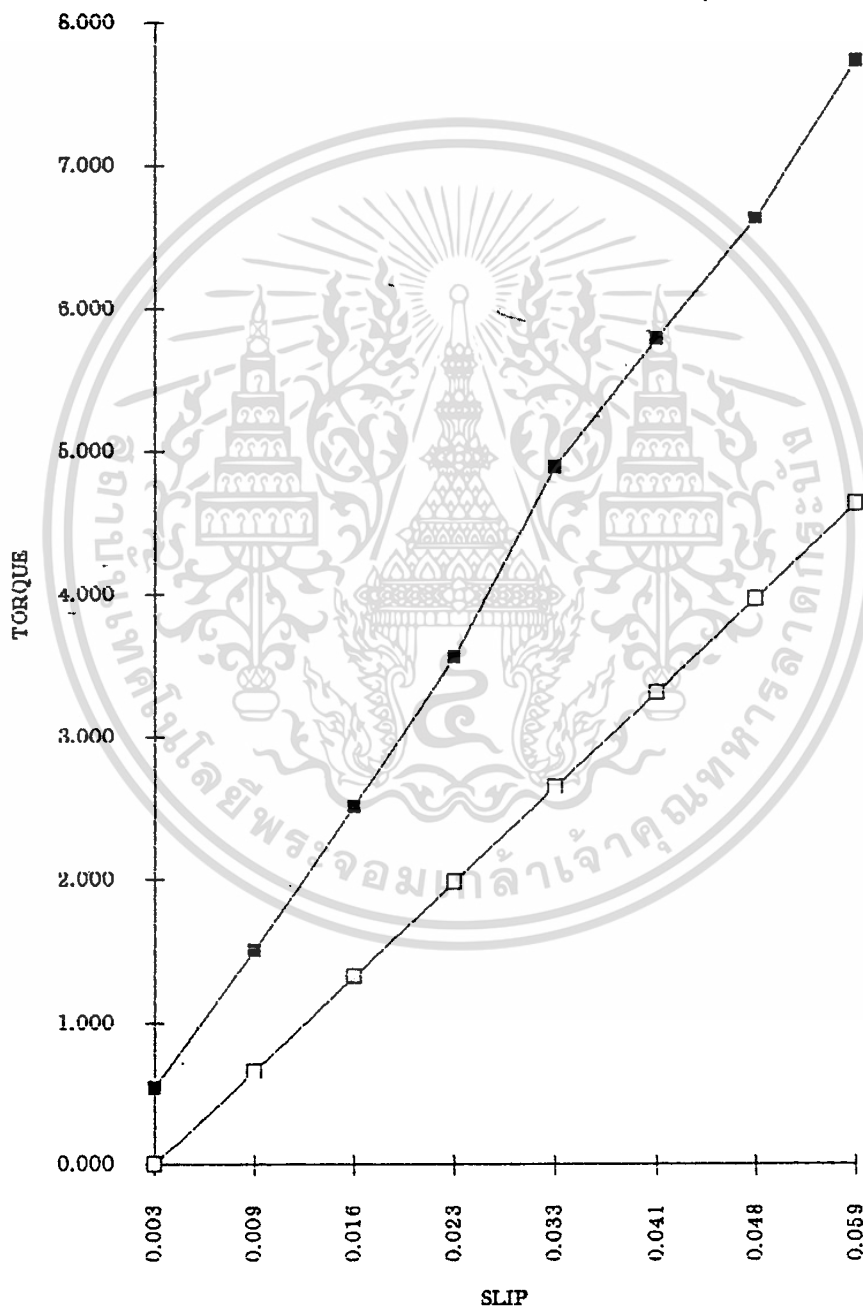
$$V_A = 230 \quad V_B = 230 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_o (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1495	0.003	0.546	0.000	1.2	75.6	1.2	75.6	1.0	80	0
1486	0.009	1.500	0.660	1.3	72	1.2	72	1.1	75.6	43.3
1476	0.016	2.510	1.324	1.4	68.4	1.3	68.4	1.2	72	65.0
1465	0.023	3.558	1.986	1.5	65	1.4	65	1.2	68.4	80.3
1450	0.033	4.886	2.648	1.6	54	1.5	54	1.3	54	68.5
1439	0.041	5.785	3.310	1.7	47	1.6	43	1.4	47	67.0
1428	0.048	6.622	3.970	1.8	43	1.7	43	1.6	47	71.5
1412	0.059	7.735	4.630	2.0	40	2.0	40	1.7	43	273.5

ตารางที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.14



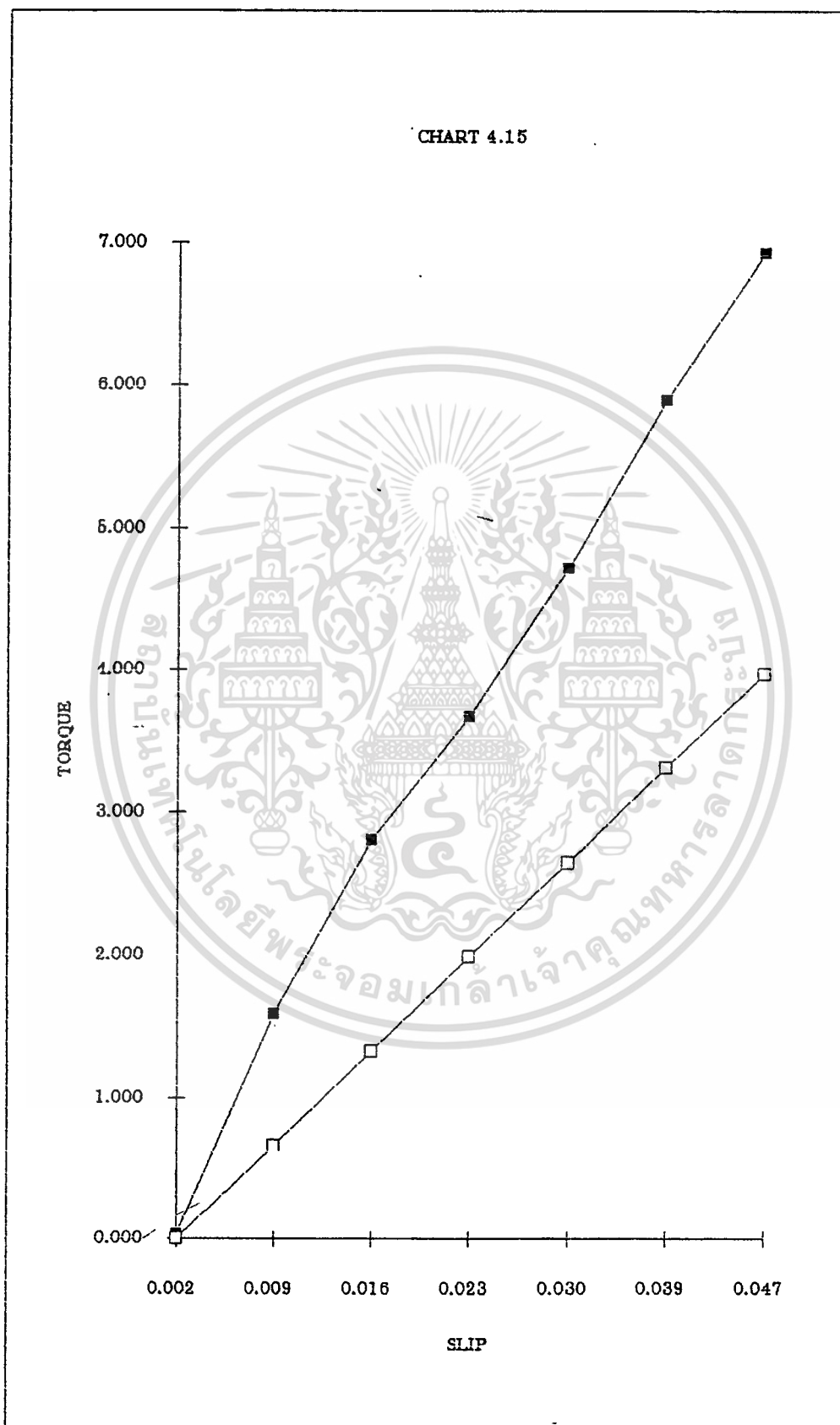
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอสแบบ STAR

$$V_A = 240 \quad V_B = 240 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1497	0.002	0.345	0.000	1.4	83	1.4	83	1.1	86	0
1486	0.009	1.587	0.650	1.4	80	1.4	80	1.1	83	70.20
1476	0.016	2.805	1.324	1.5	72	1.4	72	1.1	76	74.70
1466	0.023	3.670	1.986	1.6	65	1.6	58	1.1	69	67.30
1455	0.030	4.720	2.648	1.7	58	1.6	50	1.2	61	68.20
1442	0.039	5.890	3.310	1.8	54	1.7	47	1.3	58	73.06
1429	0.047	6.930	3.970	2.0	43	2.0	40	1.5	50	65.06

ตารางที่ 4.15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

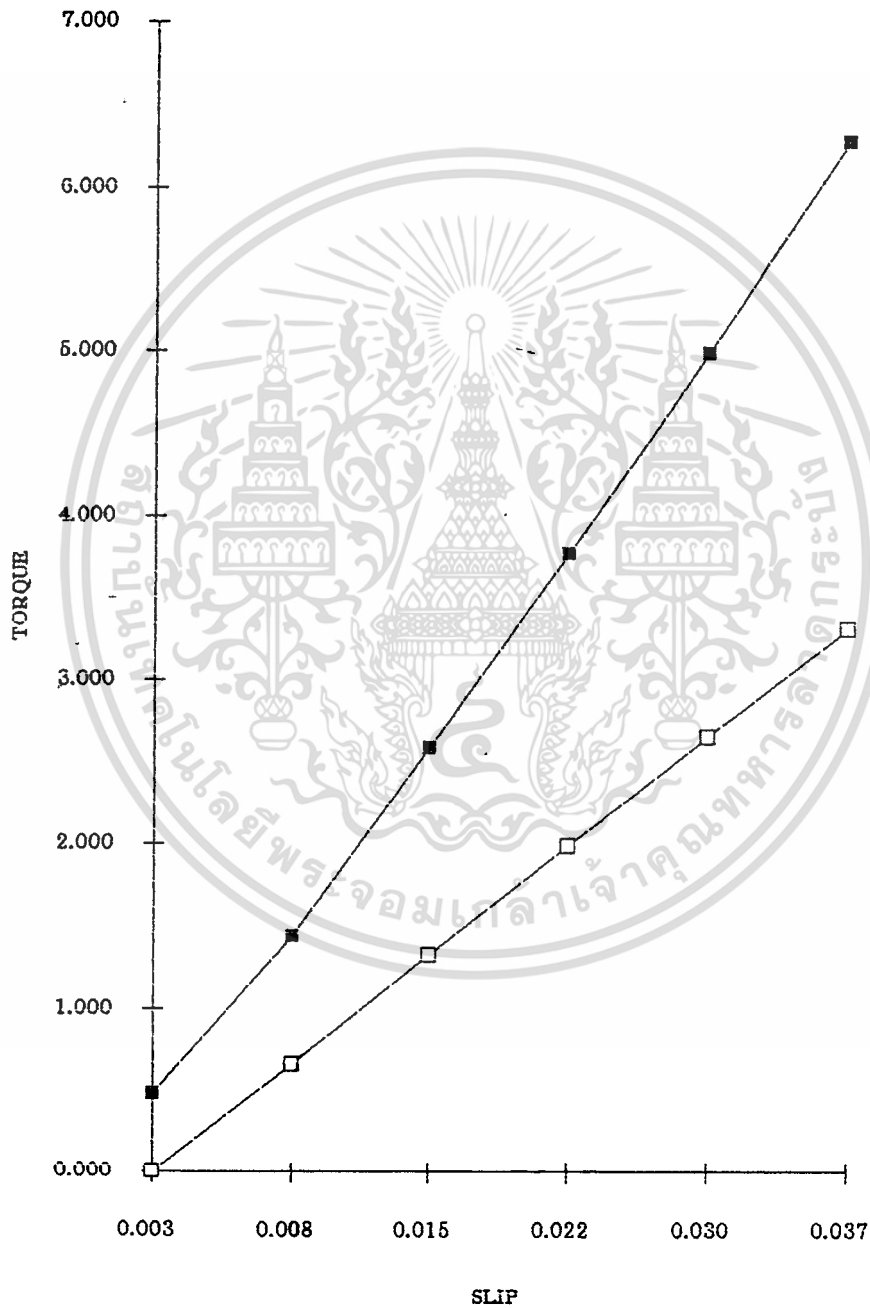
คอสแบบ STAR

$$V_A = 250 \quad V_B = 250 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_o (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1496	0.003	0.484	0.000	1.6	83	1.4	76	1.1	90	0
1488	0.008	1.440	0.660	1.6	80	1.4	72	1.1	80	47
1478	0.015	2.584	1.324	1.7	76	1.1	65	1.1	72	69
1467	0.022	3.773	1.986	1.8	72	1.6	54	1.1	68.4	66
1455	0.030	4.986	2.648	1.9	65	1.7	54	1.2	61	70
1444	0.037	6.028	3.310	2.0	58	1.9	54	1.3	57.6	72

ตารางที่ 4.16

CHART 1.16



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

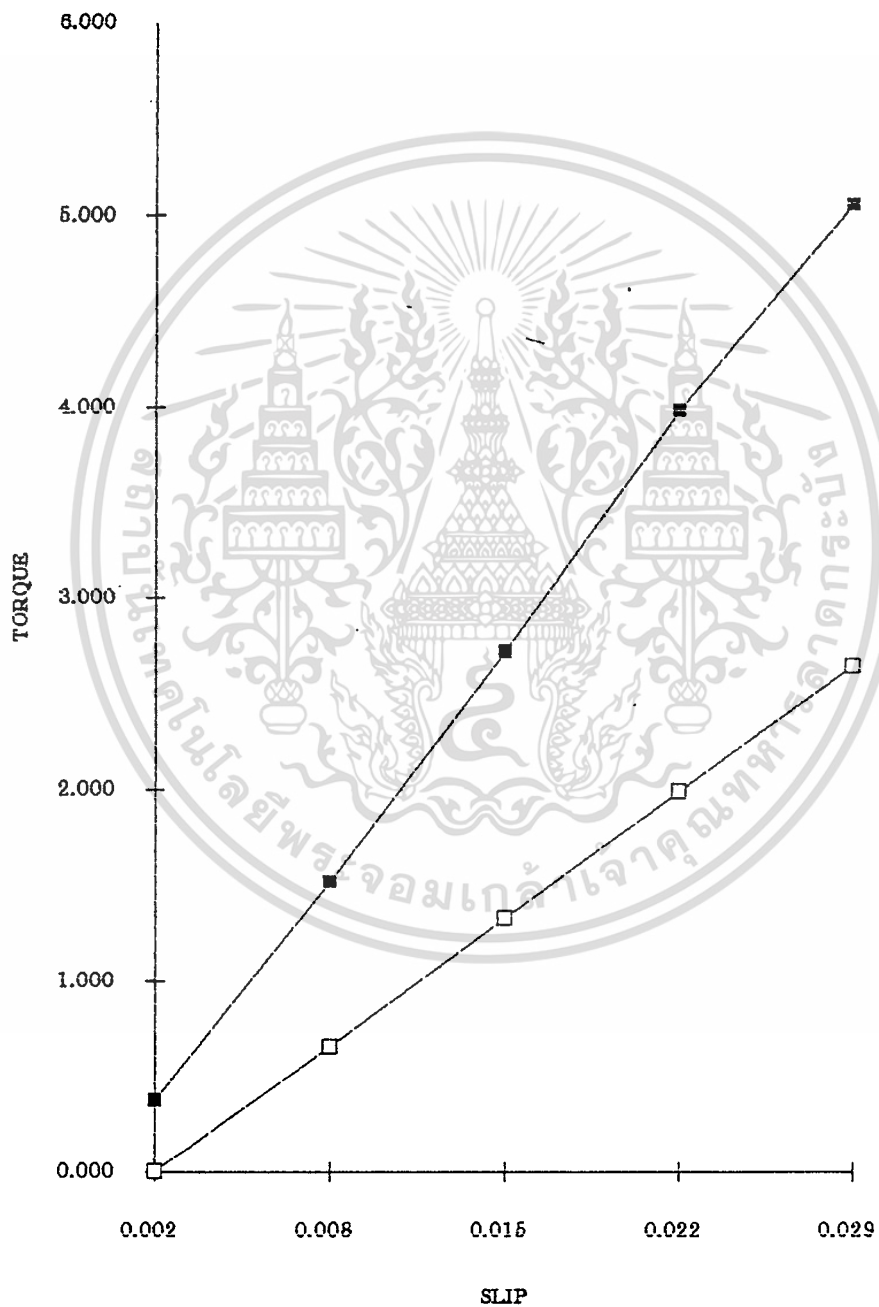
คํอแบบ STAR

$$V_A = 260 \quad V_B = 260 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1497	0.002	0.390	0.000	1.8	83	1.5	72	1.1	90	0
1488	0.008	1.516	0.660	1.8	80	1.6	68	1.1	83	38.0
1478	0.015	2.720	1.324	1.9	76	1.6	58	1.1	72	49.3
1467	0.022	3.980	1.986	1.9	72	1.7	50	1.1	68.4	58.0
1457	0.029	5.055	2.648	2.0	68	1.8	47	1.1	57.6	63.0

ตารางที่ 4.17

CHART 4.17



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

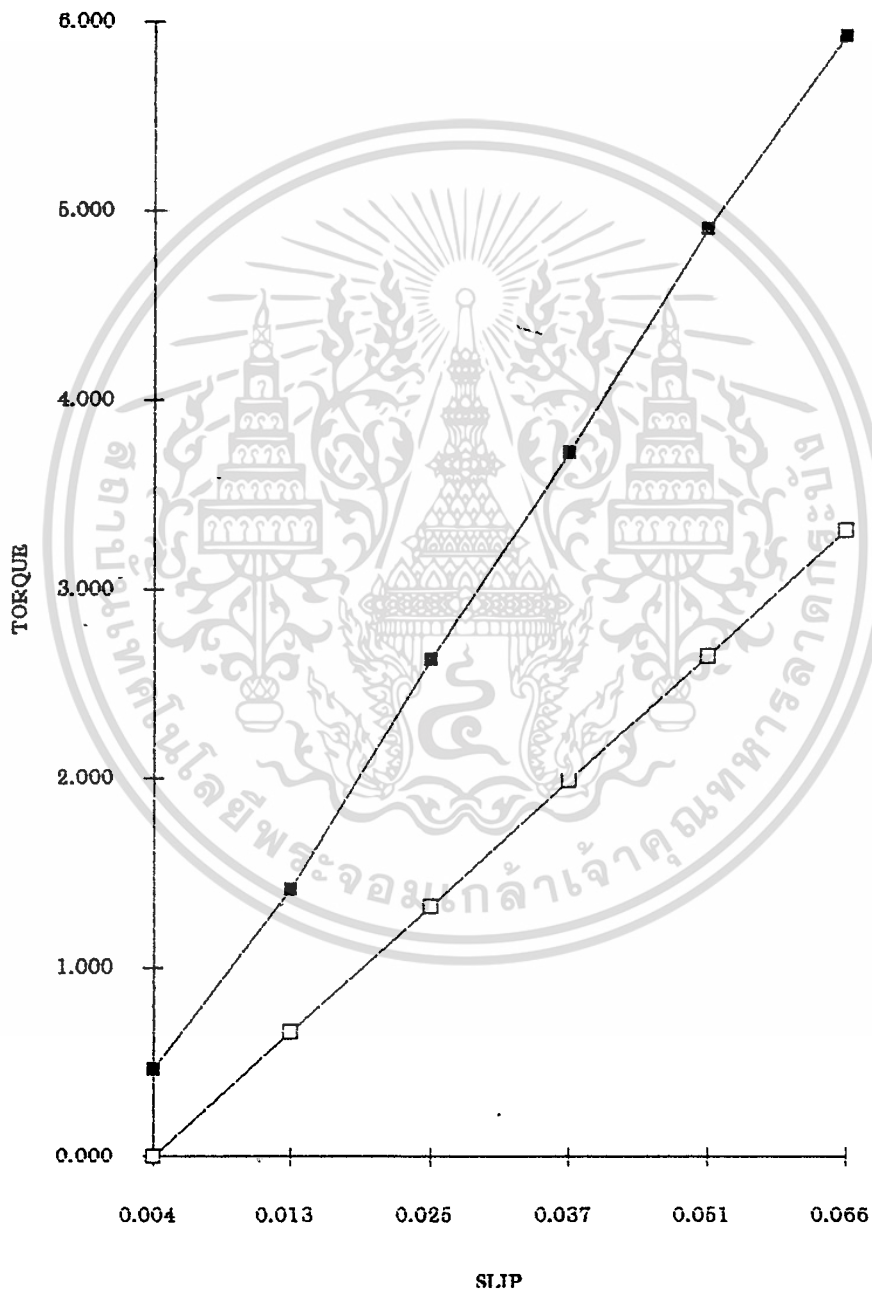
ต่อแบบ DELTA

$$V_A = 175 \quad V_B = 175 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1494	0.004	0.458	0.000	1.3	72	1.4	79	2.1	71	0
1481	0.013	1.414	0.660	1.4	69	1.4	75	2.2	55	41.3
1463	0.025	2.628	1.324	1.6	67	1.5	72	2.5	40	57.2
1445	0.037	3.724	1.986	1.9	63	1.6	69	2.8	36	69.3
1423	0.051	4.905	2.648	2.1	51	1.9	59	3.2	33	68.7
1441	0.066	5.921	3.310	2.4	39	1.9	44	3.6	33	70.6

ตารางที่ 4.18

CHART 4.18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอสบับ DELTA

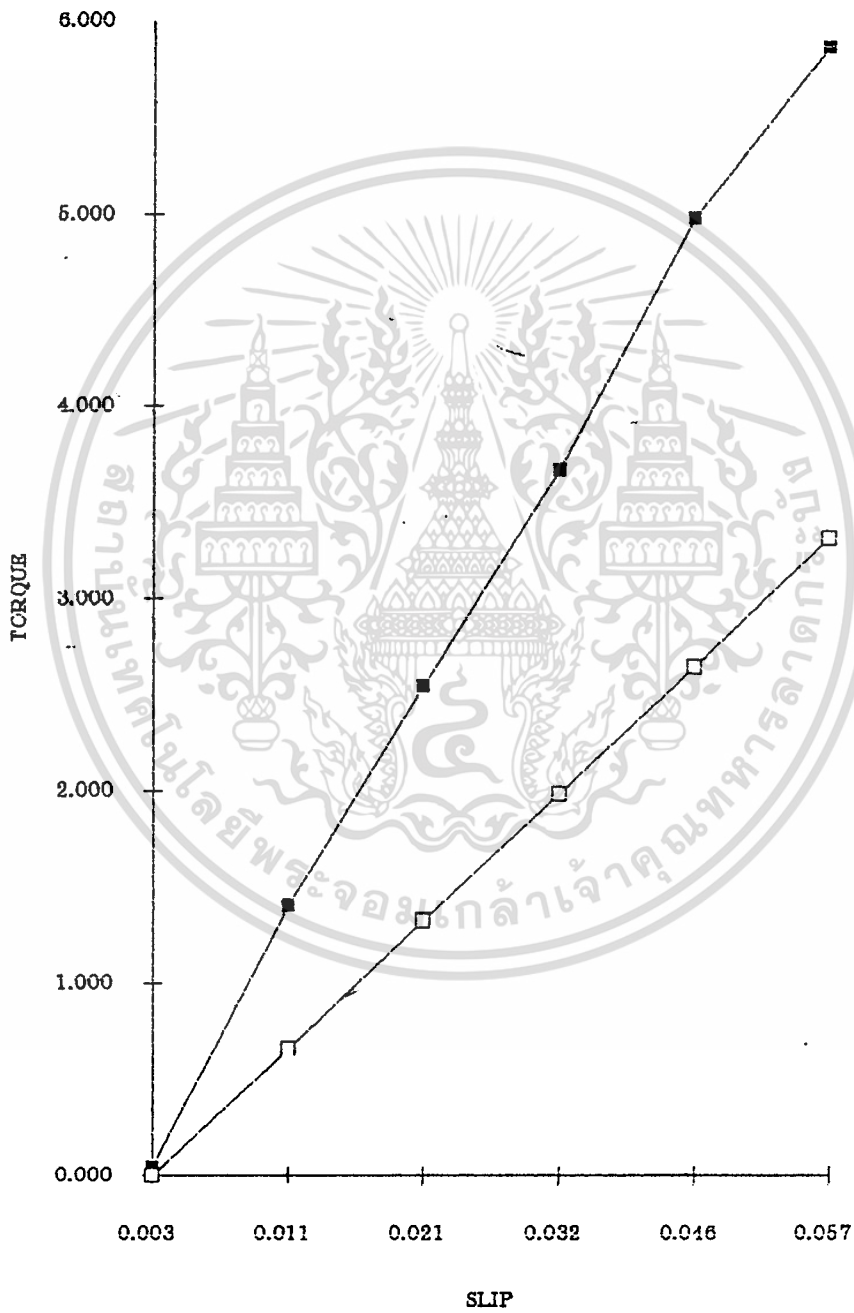
$$V_A = 190 \quad V_B = 190 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_s (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	eff (%)
1495	0.003	0.421	0.000	1.5	75	1.5	79	2.0	72	0
1483	0.011	1.403	0.660	1.5	70	1.6	75	2.2	68	49.7
1468	0.021	2.543	1.324	1.7	64	1.6	72	2.4	55	65.4
1452	0.032	3.663	1.986	1.9	50	1.8	69	2.6	40	66.0
1431	0.046	4.978	2.648	2.2	48	2.0	58	3.0	36	68.0
1413	0.057	5.862	3.310	2.5	39	2.3	54	3.5	33	66.3

ตารางที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.19



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

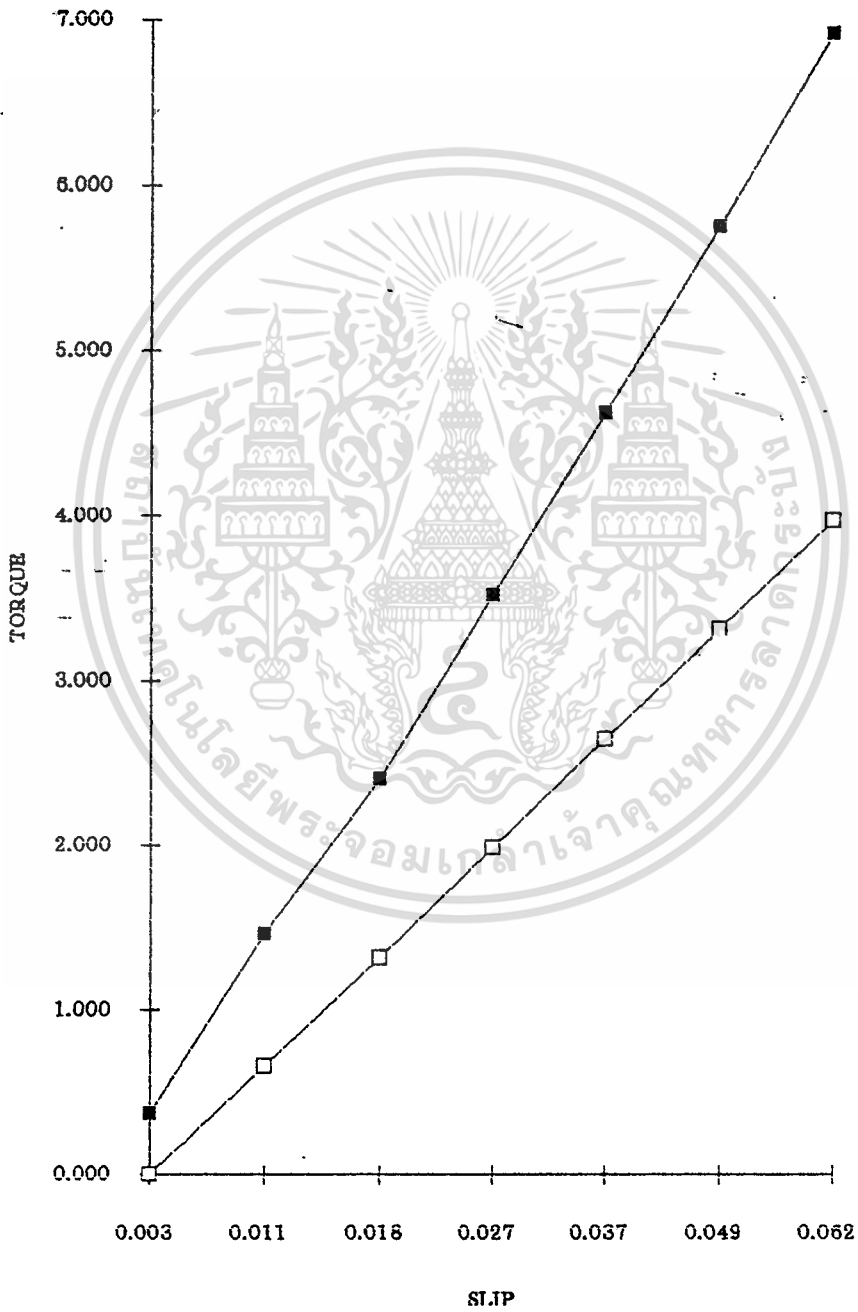
ค้อนแบบ DELTA

$$V_A = 205 \quad V_B = 205 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1496	0.003	0.375	0.000	1.7	78	1.6	79	2.0	80	0
1484	0.011	1.462	0.660	1.7	73	1.8	75	2.1	75.6	57.0
1473	0.018	2.403	1.324	1.8	68	2.2	72	2.2	72	83.0
1459	0.027	2.521	1.986	2.0	54	2.2	60	2.4	68.4	79.5
1444	0.037	4.620	2.648	2.2	50	2.2	55	2.6	54	78.3
1427	0.049	5.745	3.310	2.6	44	2.4	45	2.9	47	73.4
1407	0.062	6.915	3.970	2.9	40	2.7	42	3.5	47	73.1

ตารางที่ 4.20

CHART 20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คํอแบบ DELTA

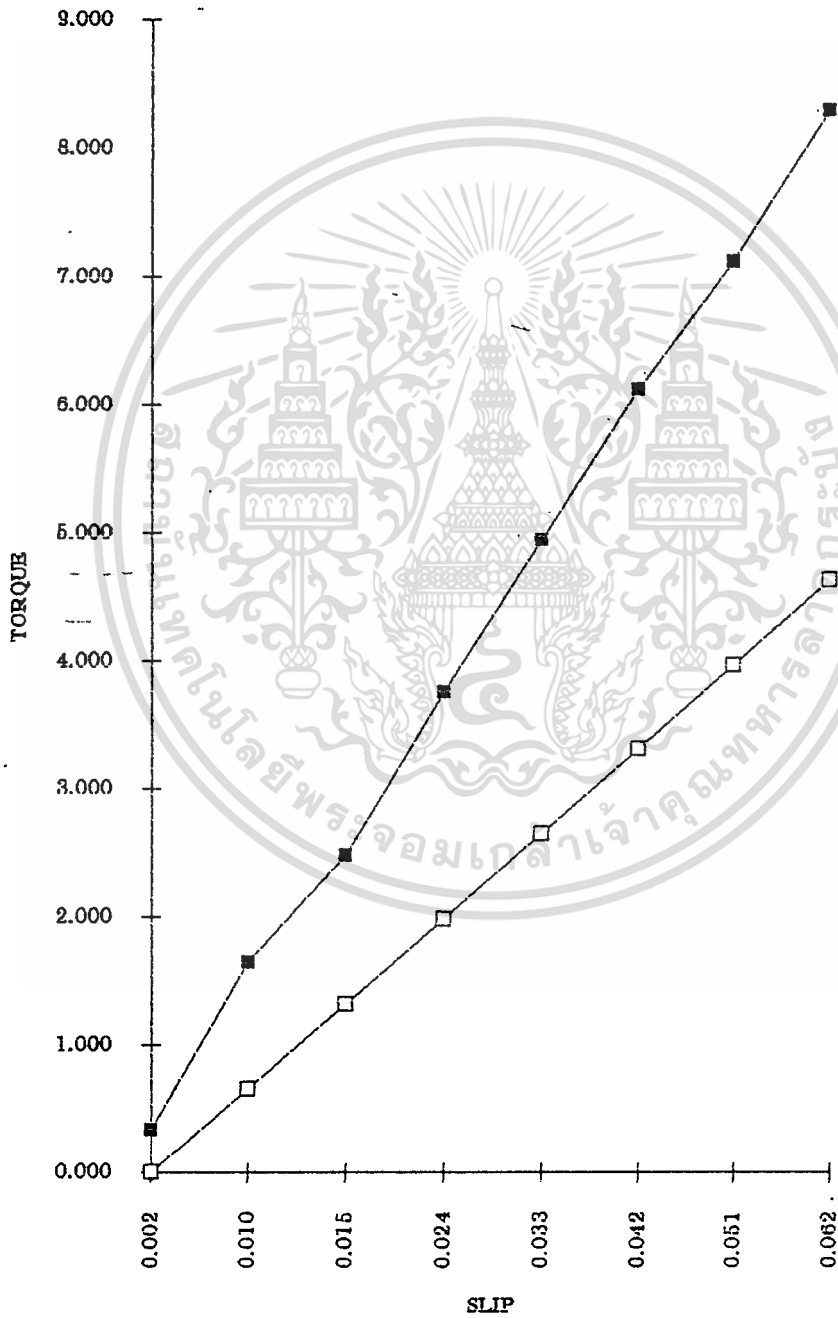
$$V_A = 235 \quad V_B = 235 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1497	0.002	0.338	0.000	2.4	90	2.2	76	1.9	90	0
1485	0.010	1.650	0.660	2.4	80	2.2	72	1.9	80	54
1477	0.015	2.481	1.324	2.5	72	2.3	68	1.9	72	53
1464	0.024	3.757	1.986	2.7	67	2.5	63	2.1	69	78
1451	0.033	4.942	2.648	2.8	55	2.6	47	2.2	65	70
1437	0.042	6.118	3.310	3.0	53	2.9	44	2.4	61	74
1424	0.051	7.118	3.970	3.2	47	3.0	40	2.6	55	68
1407	0.062	8.295	4.630	3.5	42	3.4	36	2.7	47	73

ตารางที่ 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

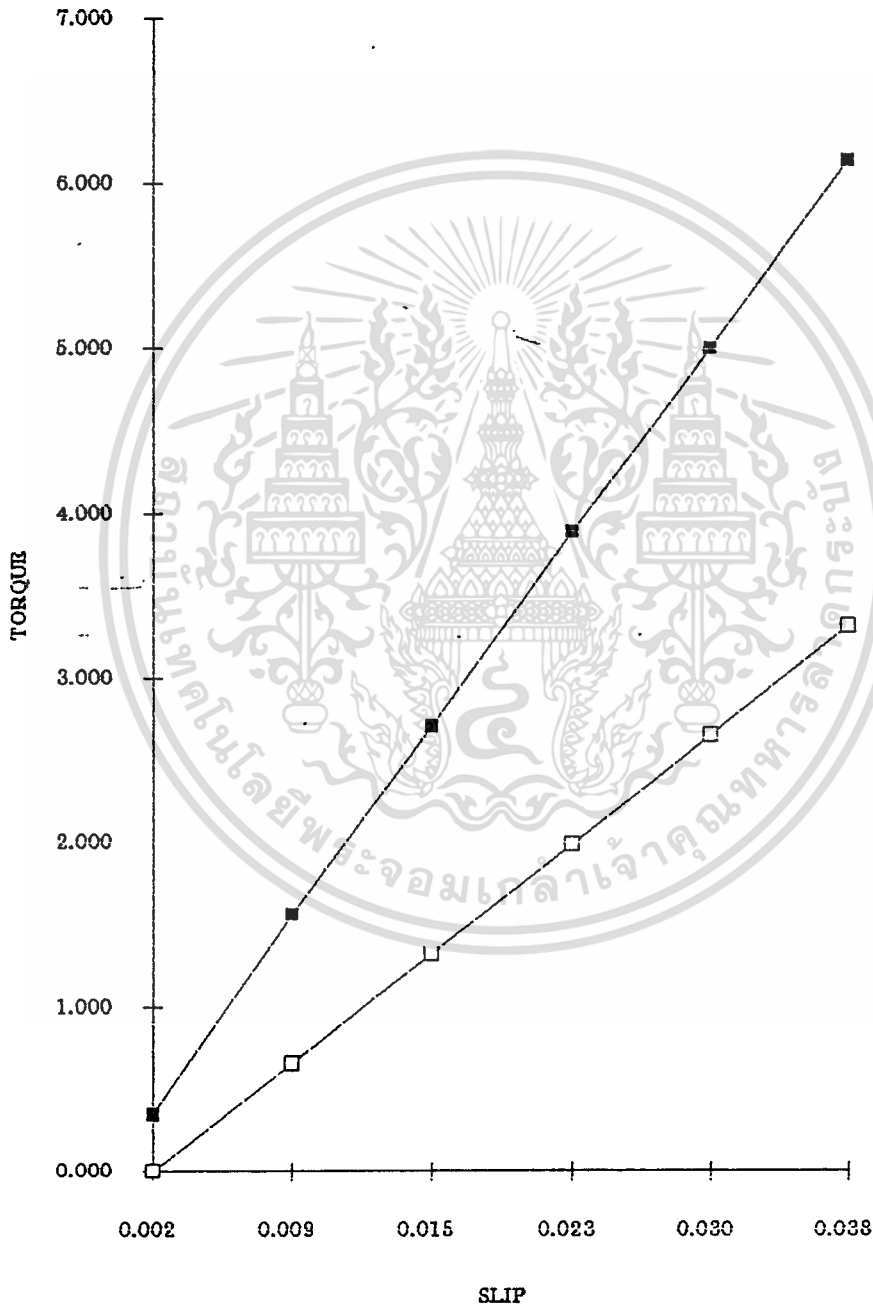
คูลแบบ DELTA

$$V_A = 250 \quad V_B = 250 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	eff (%)
1497	0.002	0.350	0.000	2.9	75	2.3	74	1.9	77	0
1487	0.009	1.560	0.660	2.9	72	2.6	72	1.9	76	34.0
1477	0.015	2.704	1.324	3.0	72	2.7	70	1.9	74	61.0
1466	0.023	3.886	1.986	3.0	67	2.9	65	2.0	72	72.0
1455	0.030	4.997	2.648	3.2	65	3.0	55	2.0	69	75.6
1443	0.038	6.128	3.310	3.5	59	3.2	49	2.2	52	69.2

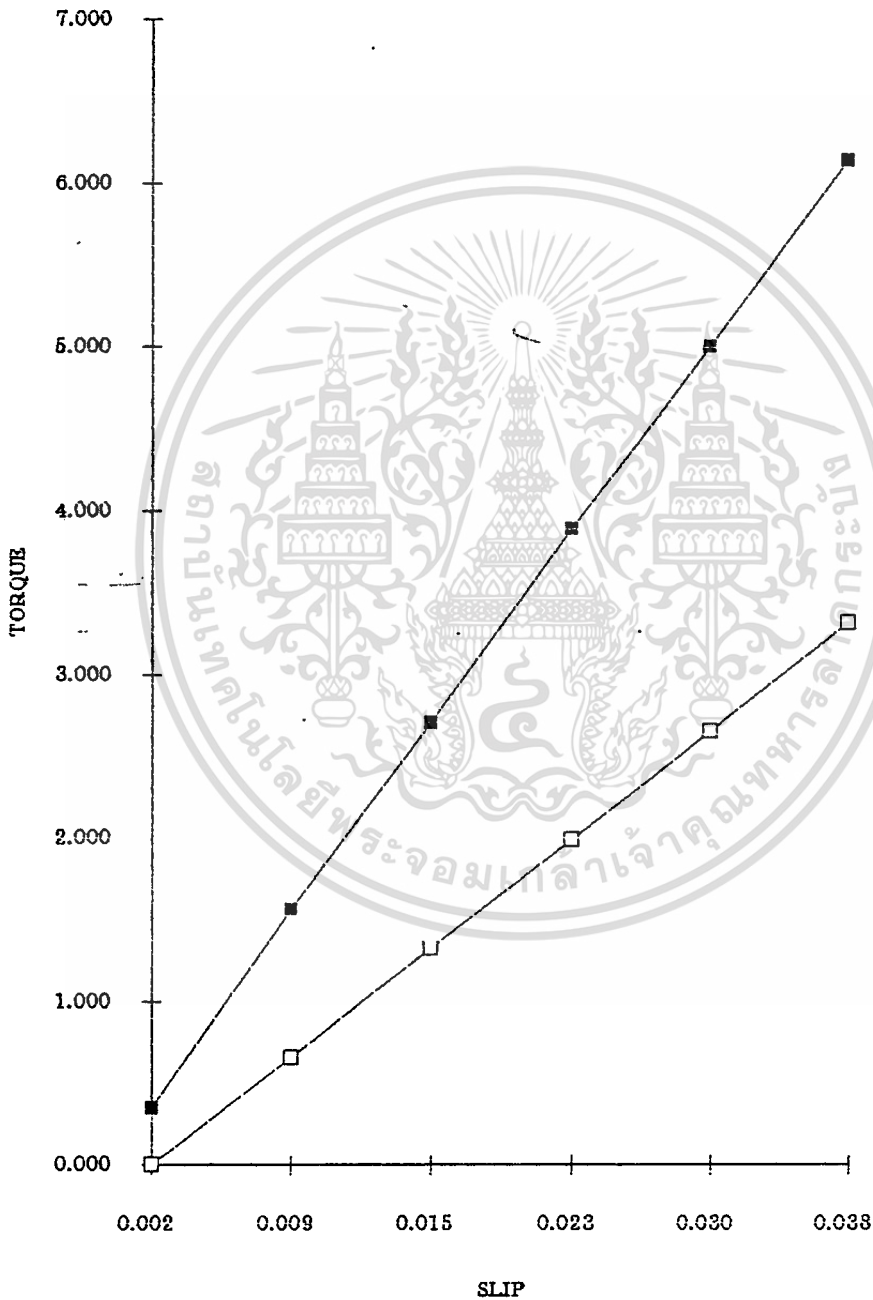
ตารางที่ 4.22

CHART 22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

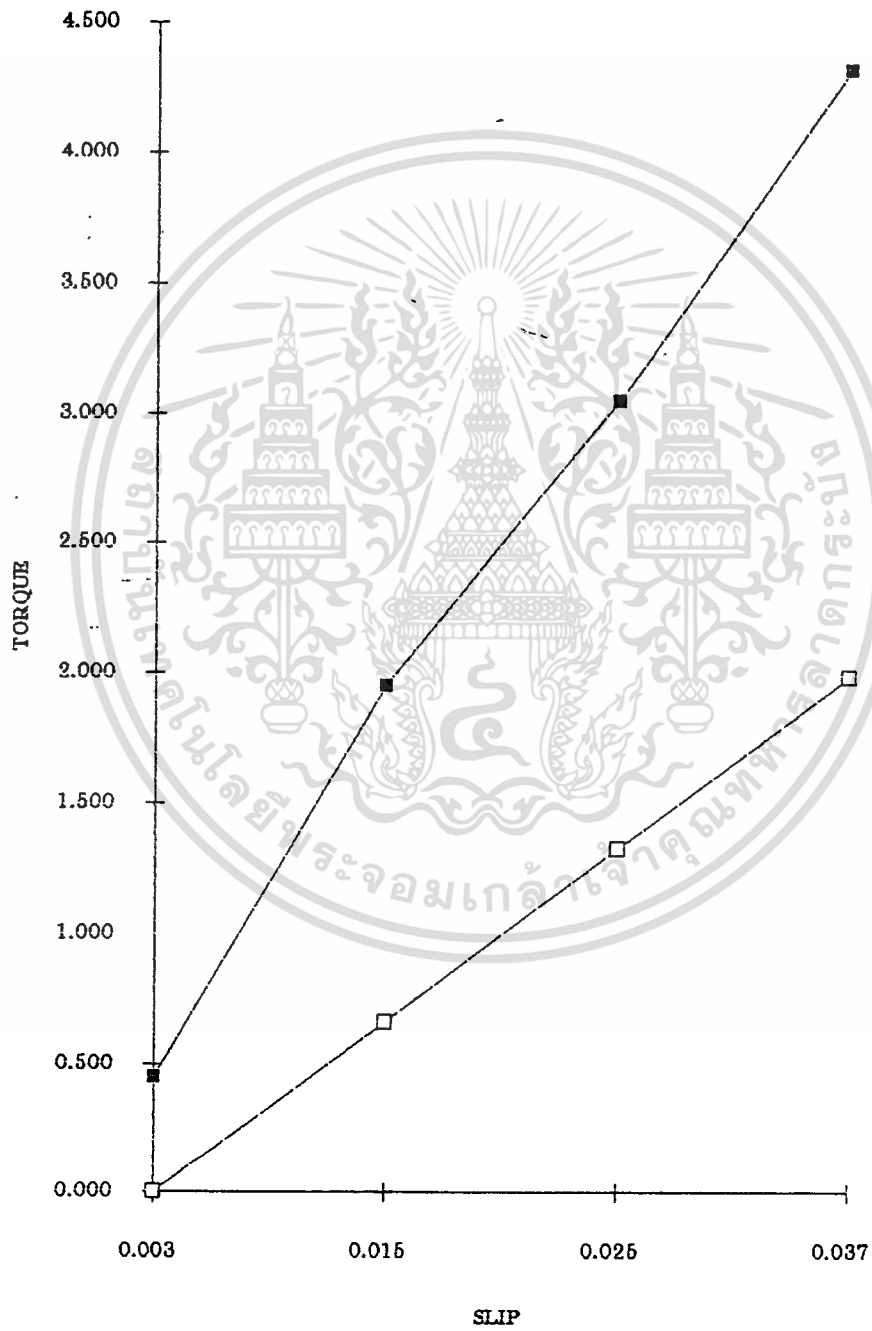
ค้อนแบบ DELTA

$$V_A = 175 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1495	0.003	0.448	0.000	0.5	115	3.2	70	2.4	0.0	0
1477	0.015	1.953	0.660	0.3	100	3.3	68	2.9	0.0	19
1463	0.025	3.049	1.324	0.1	95	3.2	62	3.2	0.0	34
1445	0.037	4.317	1.986	0.3	90	3.2	55	3.5	0.0	46

ตารางที่ 4.23

CHART 1.23



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อ DELTA

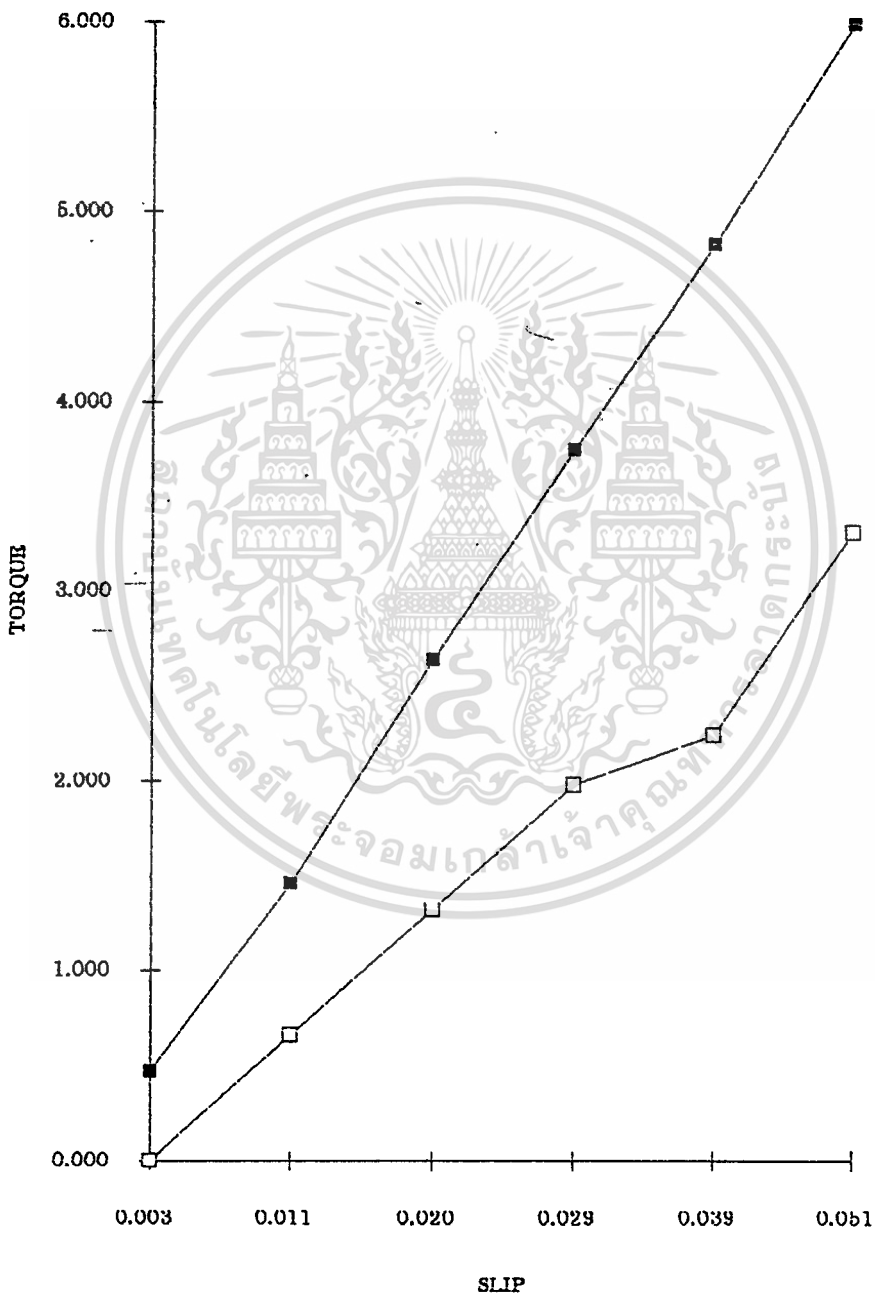
$$V_A = 190 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_m (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1495	0.003	0.468	0.000	0.8	30	2.2	75	2.1	54	0
1484	0.011	1.463	0.660	0.9	82	2.2	72	2.2	38	33.4
1470	0.020	2.644	1.324	0.9	79	2.2	68	2.6	36	51.5
1456	0.029	3.751	1.986	1.0	73	2.4	59	2.6	32	64.0
1441	0.039	4.830	2.248	1.3	72	2.9	47	3.2	30	53.0
1423	0.051	5.995	3.310	1.5	69	3.0	44	3.5	29	69.0

ตารางที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.24



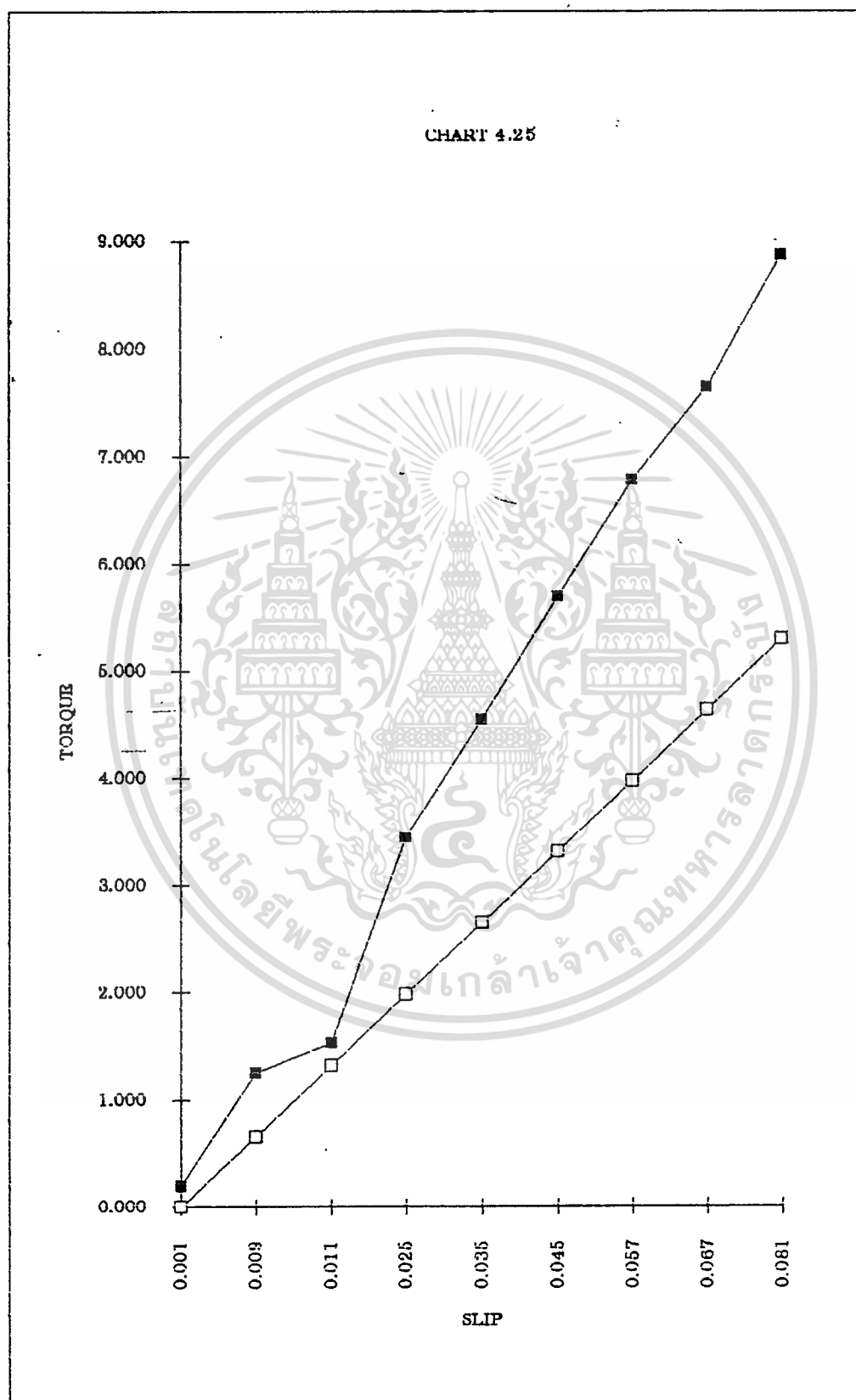
ค้อนแบบ DELTA

$V_A = 205 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$

N_r (rpm)	Slip	T_s (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1498	0.001	0.197	0.000	1.7	77	1.7	79	1.8	79	0
1487	0.009	1.255	0.66	1.7	75	2.0	72	2.0	73	50.4
1474	0.011	1.536	1.324	1.7	72	1.9	65	2.0	60	70.0
1462	0.025	3.447	1.986	1.8	72	2.1	58	2.1	52	87.0
1448	0.035	4.545	2.648	2.0	50	2.2	44	2.5	43.2	67.0
1432	0.045	5.689	2.648	2.3	44	2.5	43	2.4	39	57.0
1415	0.057	6.780	3.310	2.5	42	2.6	40	2.9	36	63.0
1400	0.067	7.637	3.970	2.5	40	3.2	38	3.0	33	67.2
1379	0.081	8.869	4.630	3.1	36	3.3	36	3.5	32	66.4

ตารางที่ 4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค้อนแบบ DELTA

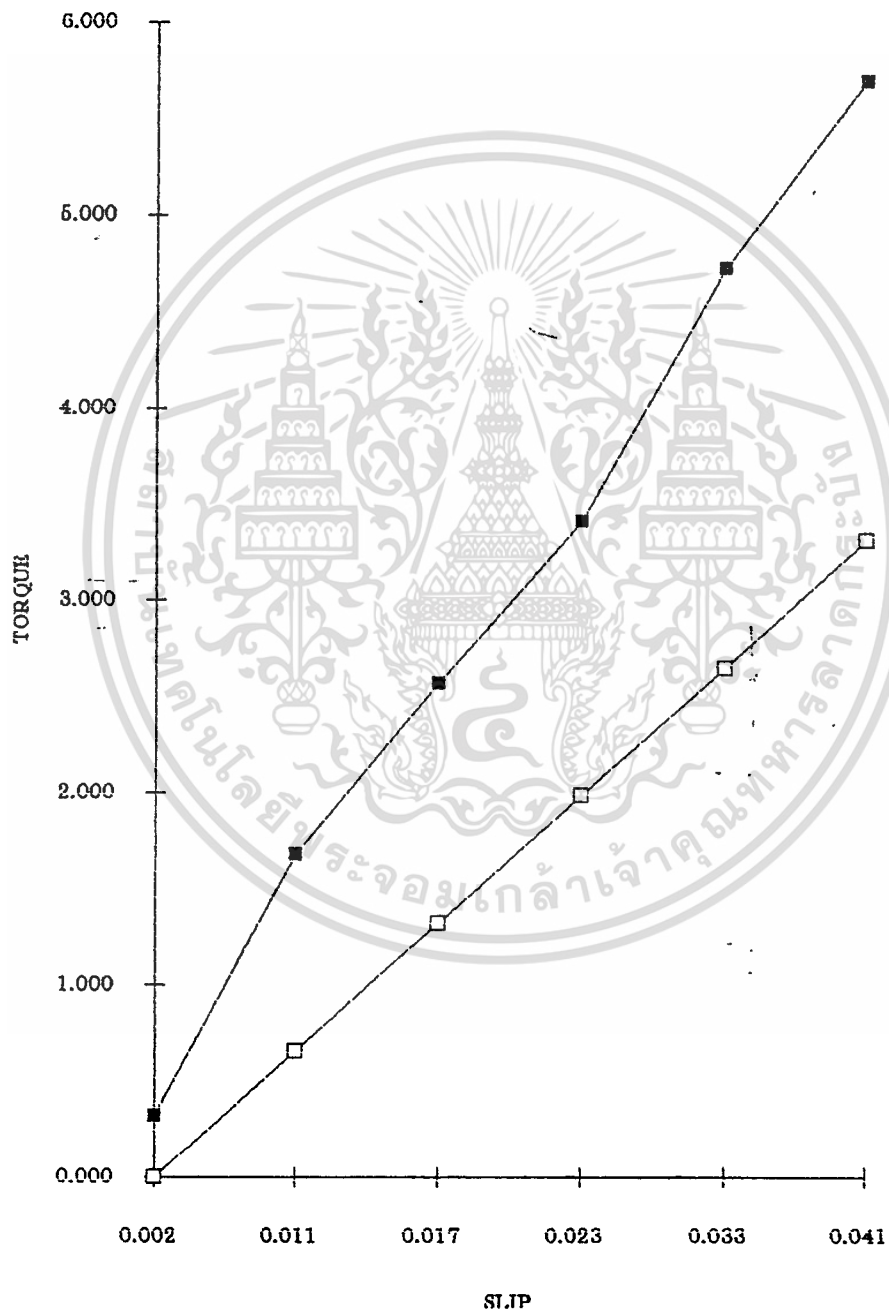
$$V_A = 235 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1497	0.002	0.323	0.000	2.6	80	1.9	82	2.1	85	0
1484	0.011	1.680	0.660	2.7	72	1.9	75	2.1	76	43.0
1475	0.017	2.568	1.324	2.9	65	1.9	72	2.2	72	71.3
1466	0.023	3.413	1.986	3.0	58	2.0	72	2.3	72	79.0
1451	0.033	4.729	2.648	3.2	50	2.2	68	2.4	68	80.8
1439	0.041	5.701	3.310	3.5	48	2.5	58	2.5	60	77.8

ตารางที่ 4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

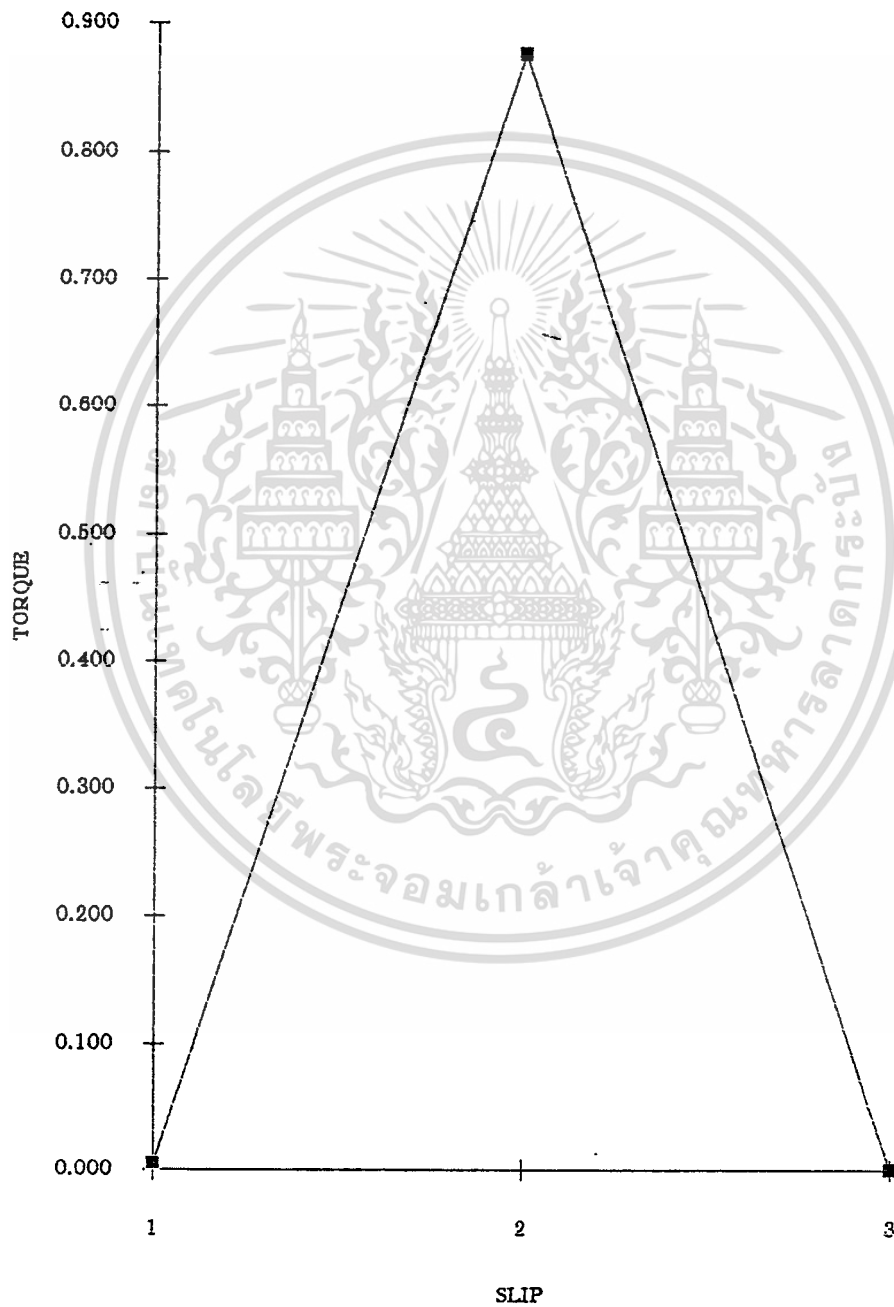
คํอแบบ DELTA

$$V_A = 250 \quad V_B = 220 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	cff (%)
1492	0.005	0.876	0.000	3.7	72	1.2	90	2.7	76	0

ตารางที่ 4.27

CHART 4.27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

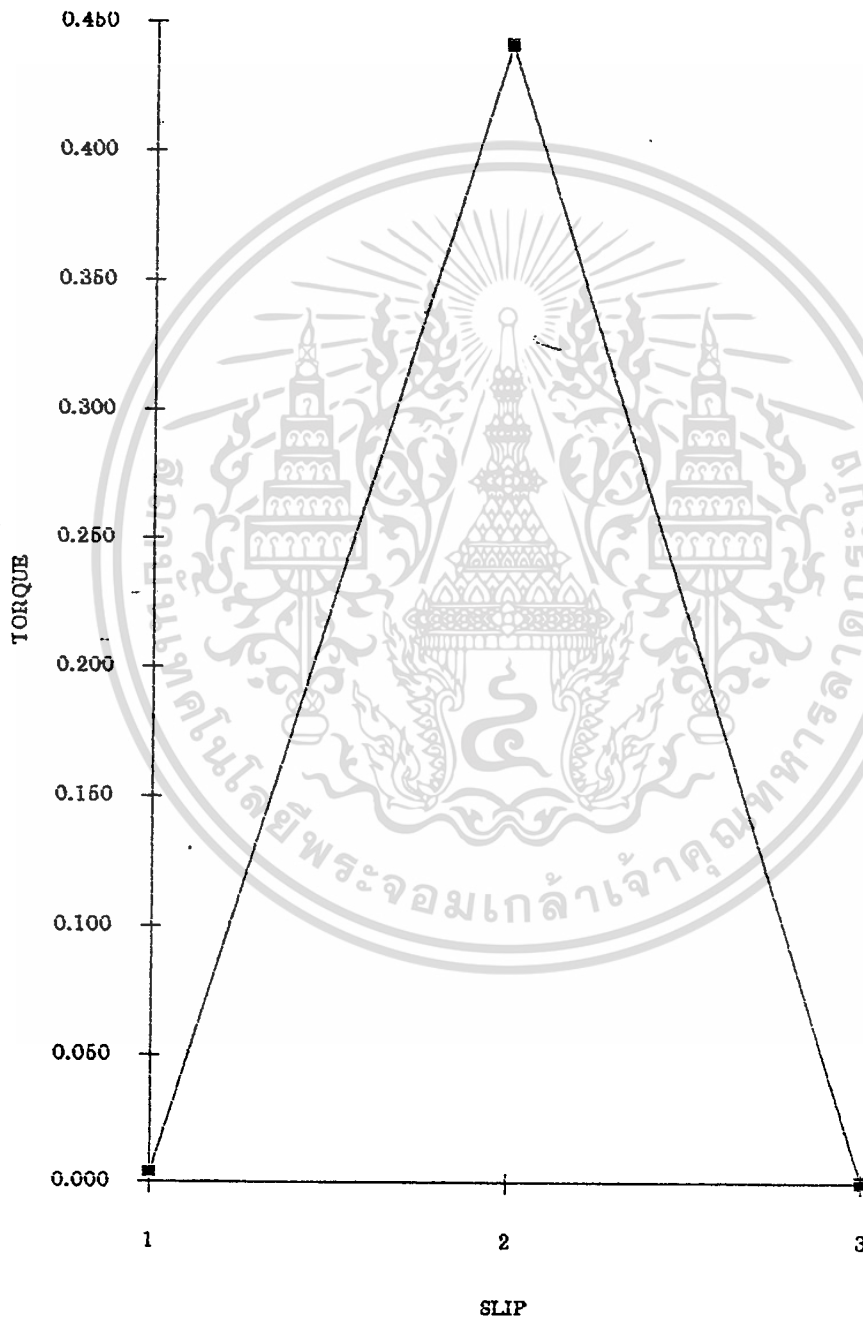
คณแบบ STAR (N-TO GROUND)

$V_A = 175$ $V_B = 175$ $V_C = 220$

Nr (rpm)	Slip	Te (N-m)	Tm (N-m)	IA (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	In (A)	cff (%)
1494.2	0.004	0.441	0.00	0.6	105	0.2	108	2	64.8	2.002	0

ตารางที่ 4.28

CHART 4.28



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

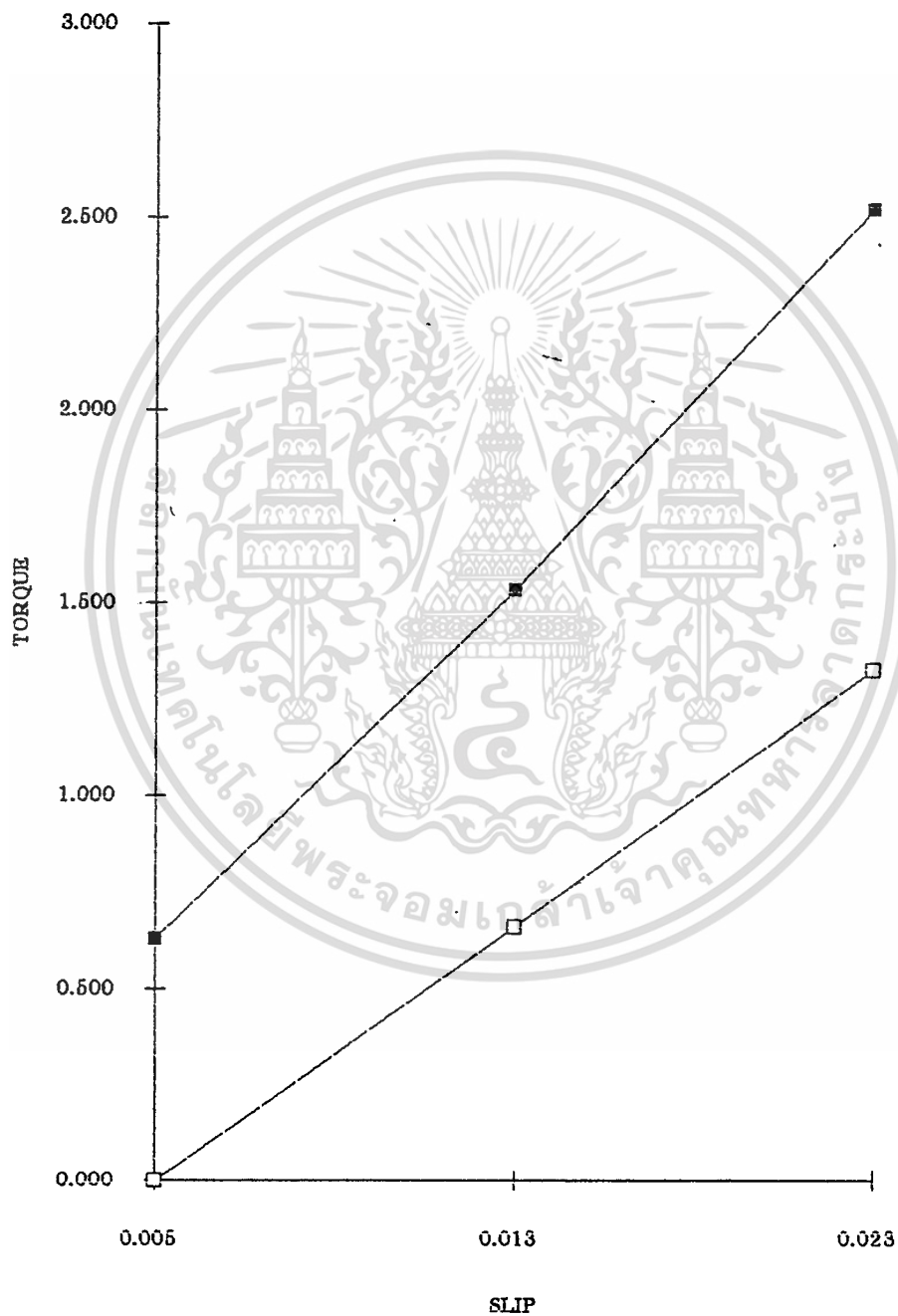
คํอแบบ STAR (N-TO GROUND)

$$V_A = 180 \quad V_B = 180 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1492.3	0.005	0.631	0.000	0.7	102	0.3	90	1.9	68.4	1.8	0
1480.4	0.013	1.535	0.660	0.6	97.2	0.4	79.2	1.9	60	1.8	49
1466.2	0.023	2.519	1.324	0.6	82.8	0.4	61.2	2.1	54	1.8	75

ตารางที่ 4.29

CHART 4.29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

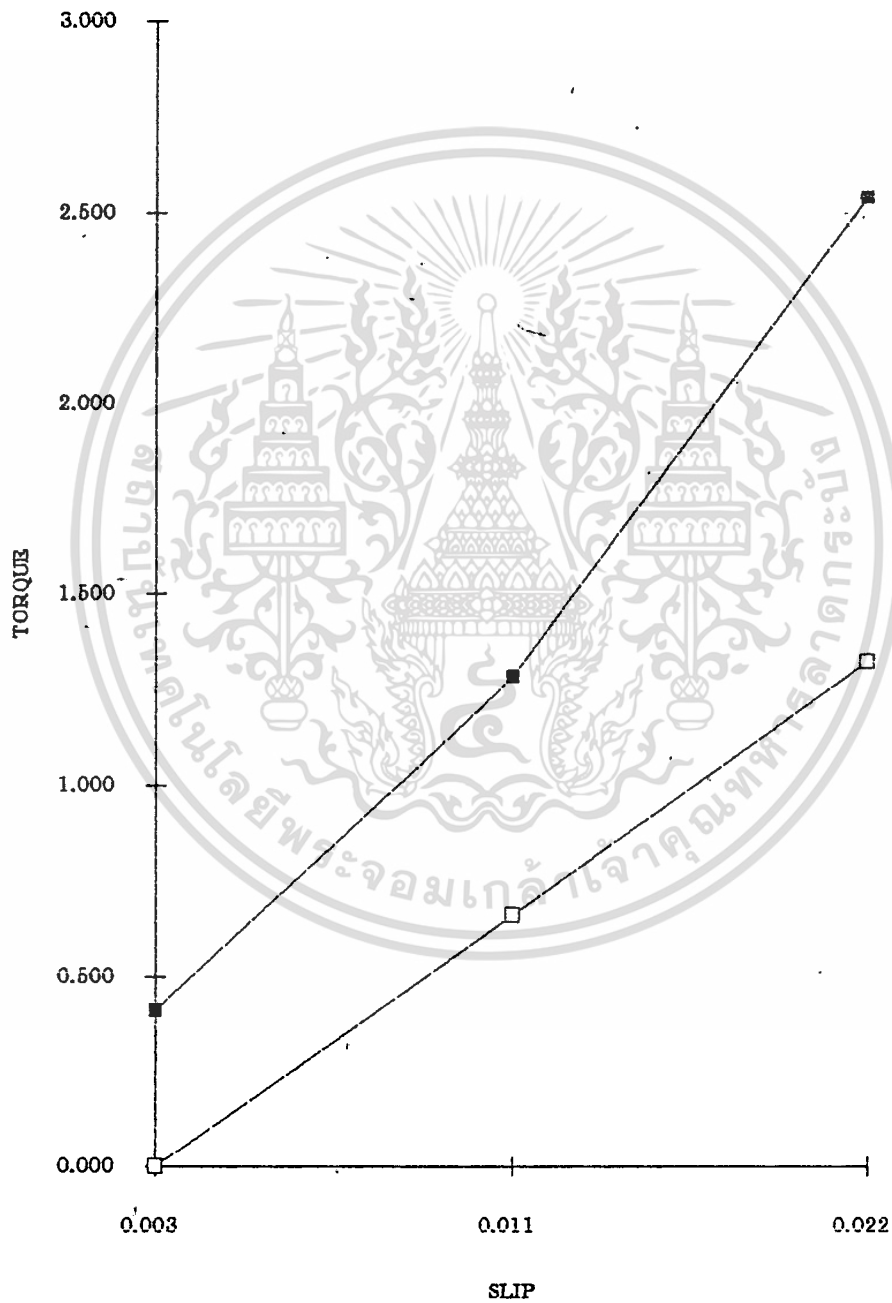
คอนแบบ STAR (N-TO GROUND)

$$V_A = 185 \quad V_B = 185 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_m (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1495.3	0.003	0.412	0.000	0.7	100.8	0.4	97.2	1.7	73	1.5	0
1483.8	0.011	1.283	0.660	0.7	93.6	0.5	84.6	1.8	67.3	1.5	44.2
1466.7	0.022	2.537	1.324	0.6	82.8	0.6	80	2.0	59.4	1.6	79.2

ตารางที่ 4.30

CHART 4.30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

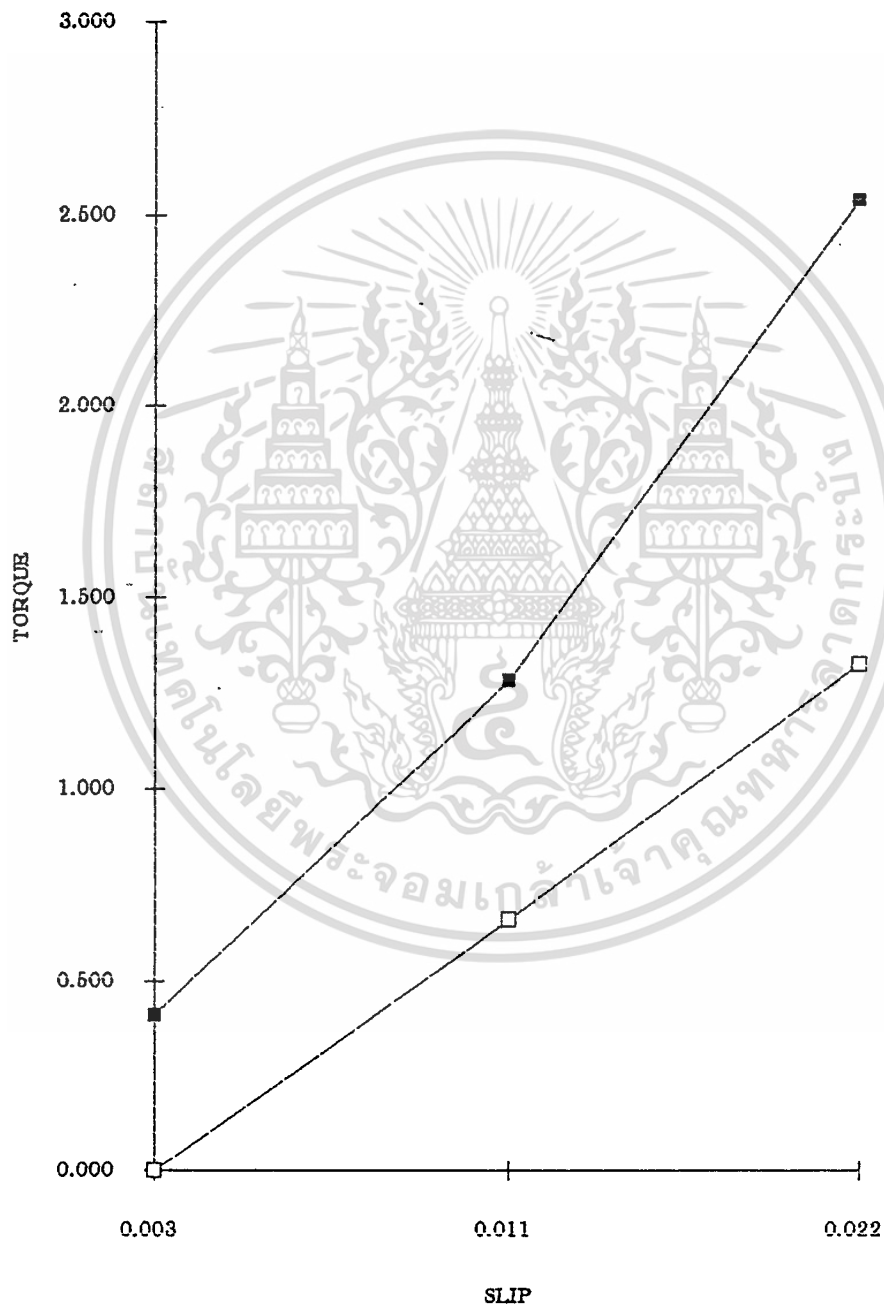
โหมด STAR (N-TO GROUND)

$$V_A = 190 \quad V_B = 190 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	eff (%)
1497.4	0.002	0.257	0.00	0.8	93.6	0.5	90	1.6	76	1.3	0
1483.6	0.011	1.320	0.66	0.7	86.4	0.6	85	1.7	68.4	1.3	66.0
1470.4	0.020	2.397	1.324	0.7	78	0.6	79	1.9	57.6	1.4	74.0
1455.6	0.030	3.461	2.986	0.7	63	0.7	63	2.1	54	1.4	77.4

ตารางที่ 4.31

CHART 4.31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

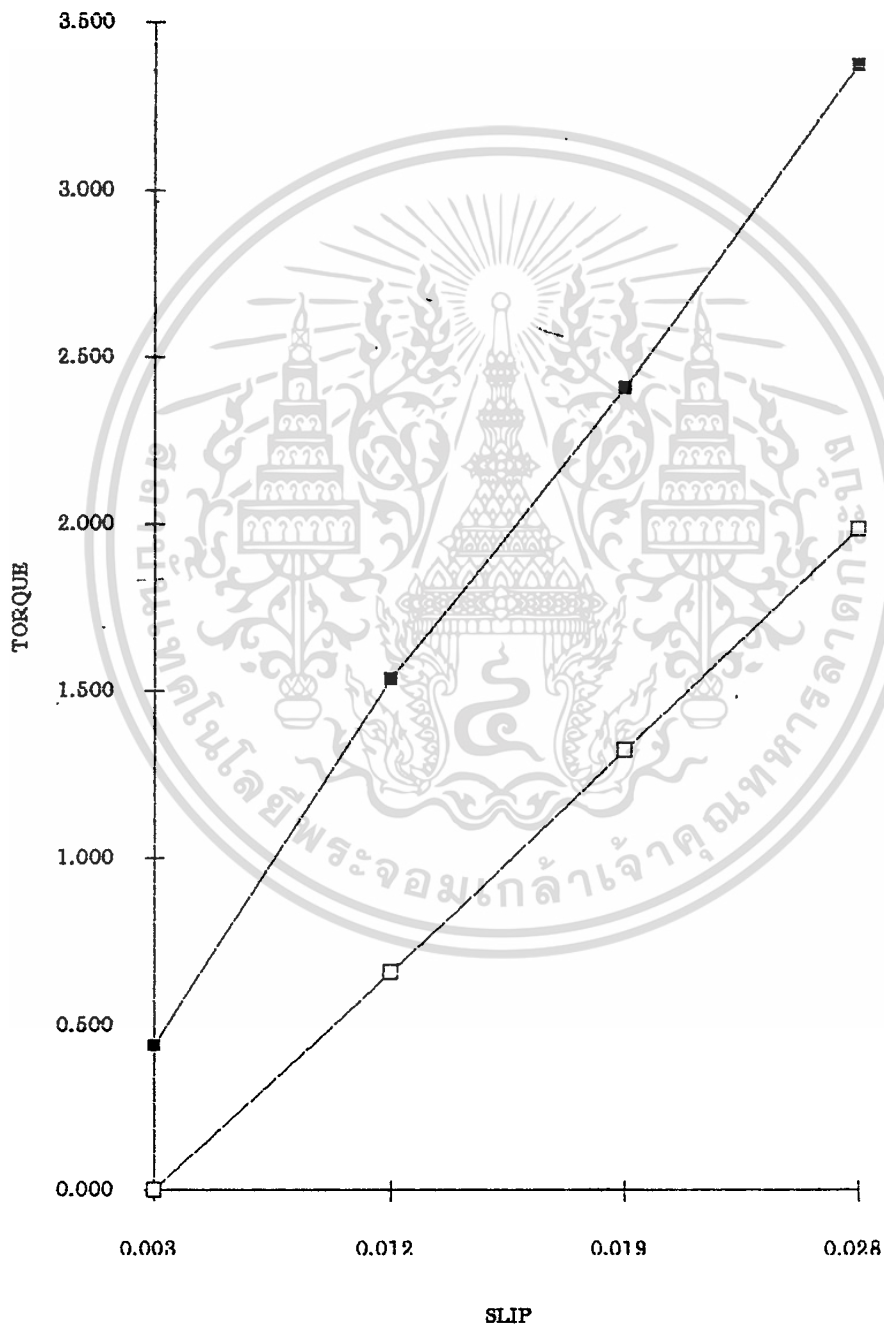
คอสบูน STAR (N-TO GROUND)

$V_A = 195$ $V_B = 195$ $V_C = 220$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1495.1	0.003	0.438	0.000	0.8	95.4	0.7	90	1.5	72.0	1.0	0
1482.7	0.012	1.536	0.660	0.8	82.8	2.0	79.2	1.6	61.2	1.0	43
1471.3	0.019	2.408	1.324	0.8	72.0	0.7	72.0	1.8	54	1.1	67
1457.7	0.028	3.372	1.986	0.8	61.2	0.8	60	2.0	64.8	1.2	65

ตารางที่ 4.32

CHART 4.32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

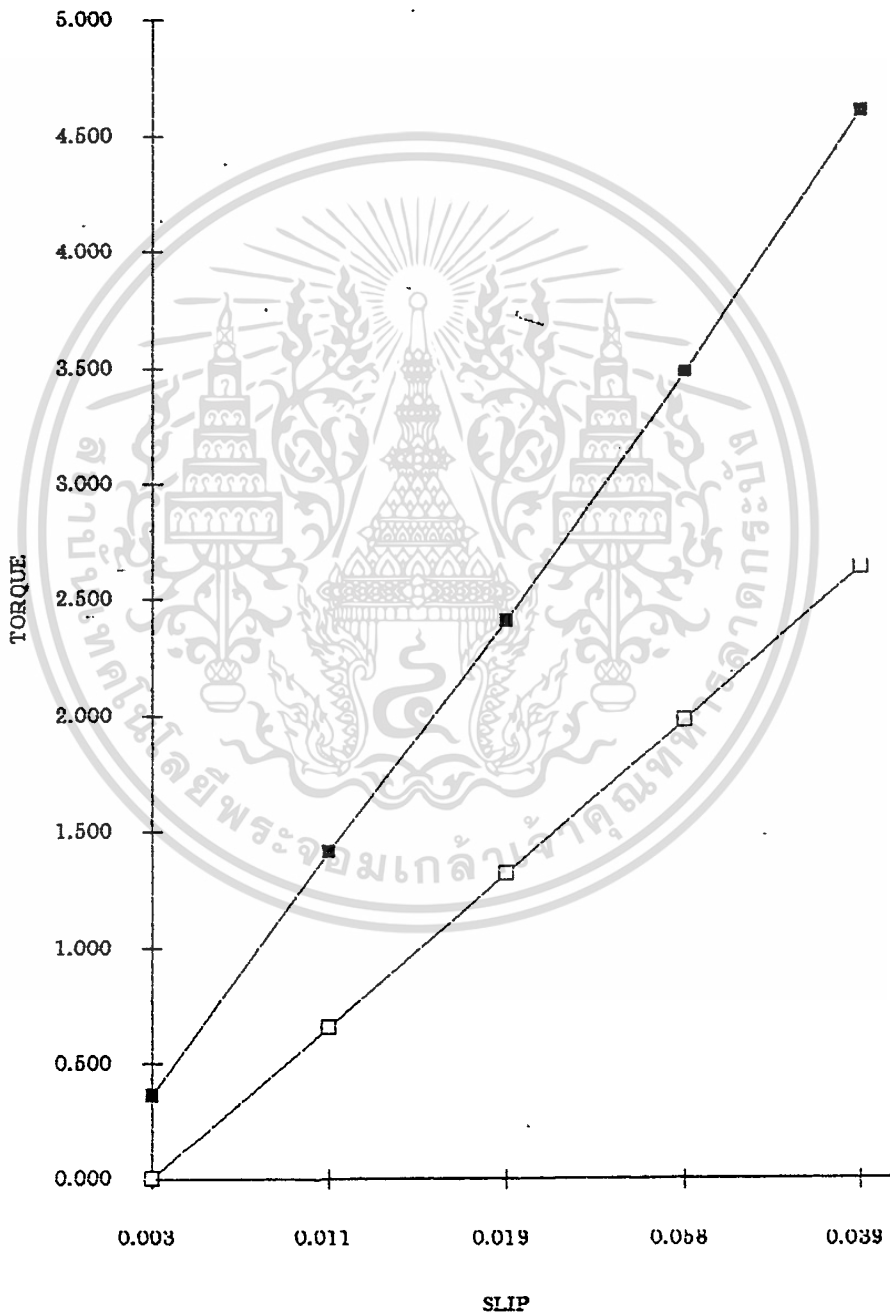
คัสแบบ STAR (N-TO GROUND)

$V_A = 200 \quad V_B = 200 \quad V_C = 220$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	eff (%)
1496.2	0.003	0.363	0.000	0.9	86.4	0.8	85	1.4	69	0.7	0
1483.7	0.011	1.417	0.660	0.8	79.2	0.8	79.2	1.5	63	0.8	49
1472.2	0.019	2.408	1.324	0.8	72	0.8	72	1.7	54	0.8	64
1458.5	0.028	3.484	1.986	0.9	60	0.9	61	1.8	48.6	0.9	69
1442.2	0.039	4.609	2.648	1.0	50.4	1.0	52	2.0	43.2	1.0	70

ตารางที่ 4.33

CHART 4.33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

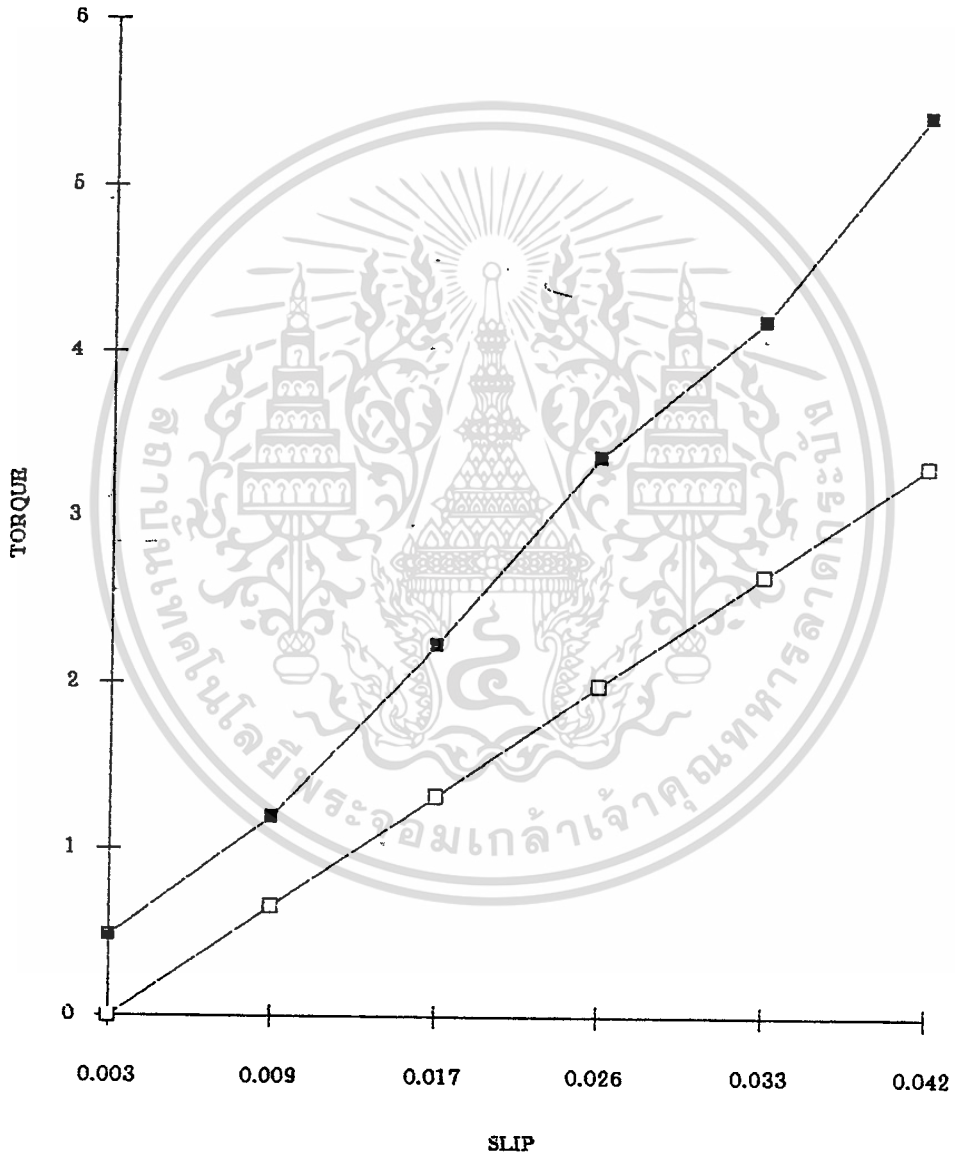
คอสบับ STAR (N-TO GROUND)

$$V_A = 205 \quad V_B = 205 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1495	0.003	0.486	0.000	0.9	86.4	0.9	86.4	1.3	72	0.5	0
1487	0.009	1.197	0.660	0.9	80	0.9	80	1.4	64	0.6	45.2
1475	0.017	2.237	1.324	0.9	69	0.9	70	1.6	51.6	0.6	59.2
1461	0.026	3.267	1.986	1.0	61.2	1.0	62	1.7	50.4	0.7	70.6
1450	0.033	4.192	2.648	1.1	52.2	1.1	54	1.8	45	0.7	73.0
1431	0.042	5.427	3.310	1.2	46.8	1.2	47	2.0	42	0.8	75.0

ตารางที่ 4.34

CHART 4.34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อแบบ STAR (N-TO GROUND)

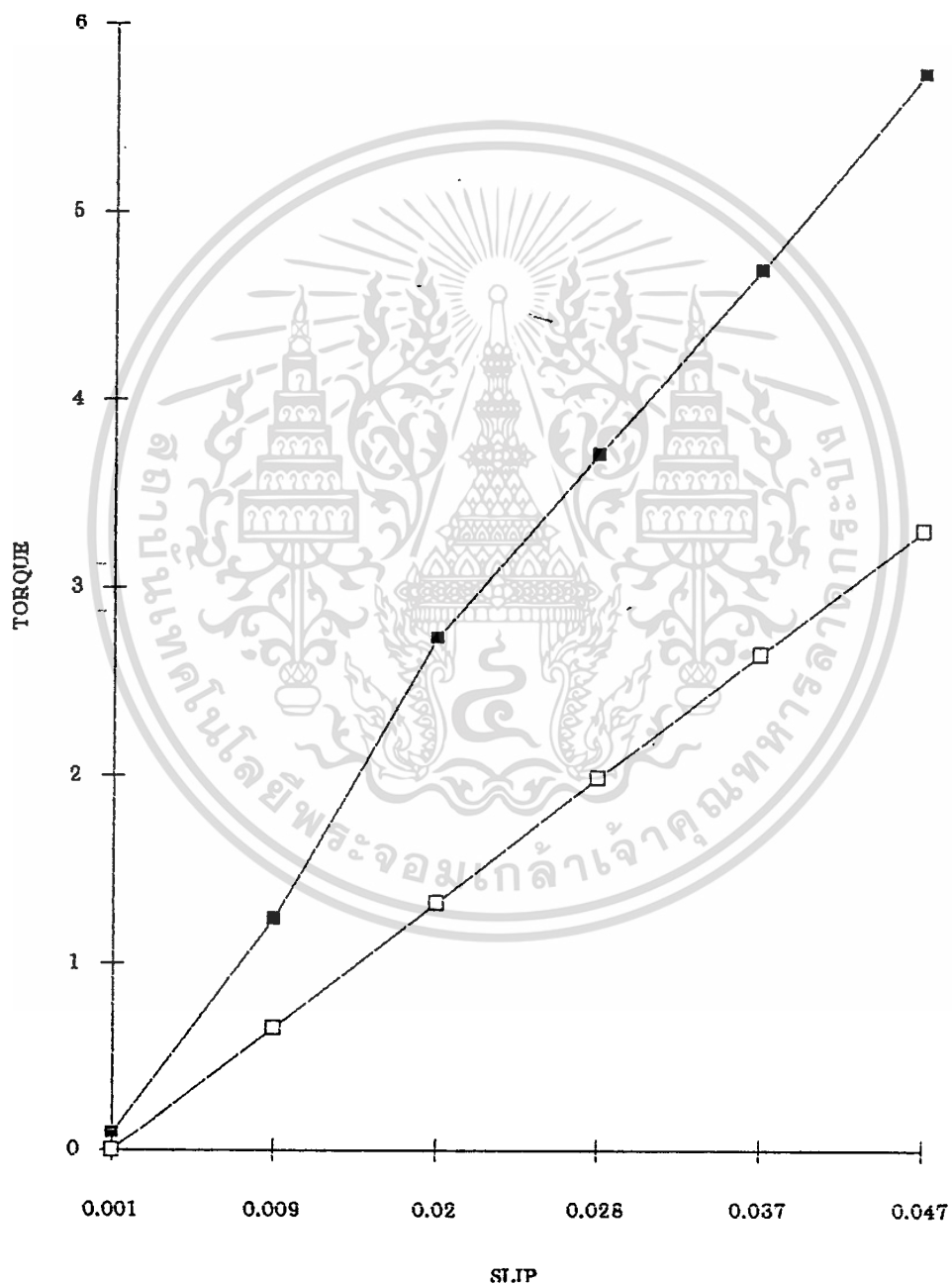
$$V_A = 210 \quad V_B = 210 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1499.3	0.001	0.036	0.000	1.0	81	1.0	81	1.3	76.6	0.4	0
1487.4	0.009	1.236	0.660	1.0	75	1.0	75	1.3	70.2	0.5	50.0
1470.3	0.020	2.735	1.324	1.0	67	1.0	68	1.4	57.6	0.5	62.0
1458	0.028	3.712	1.986	1.1	57.6	1.1	57.6	1.5	52.2	0.5	67.3
1445	0.037	4.695	2.648	1.2	44.0	1.2	44.0	1.7	46.8	0.5	81.0
1429.8	0.047	5.733	3.310	1.3	43.2	1.3	43.2	1.8	42	0.5	71.4
1410.8	0.060	6.965	3.970	1.5	40	1.5	40	2.0	38	0.6	69.5

ตารางที่ 4.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คําสอบ STAR (N-TO GROUND)

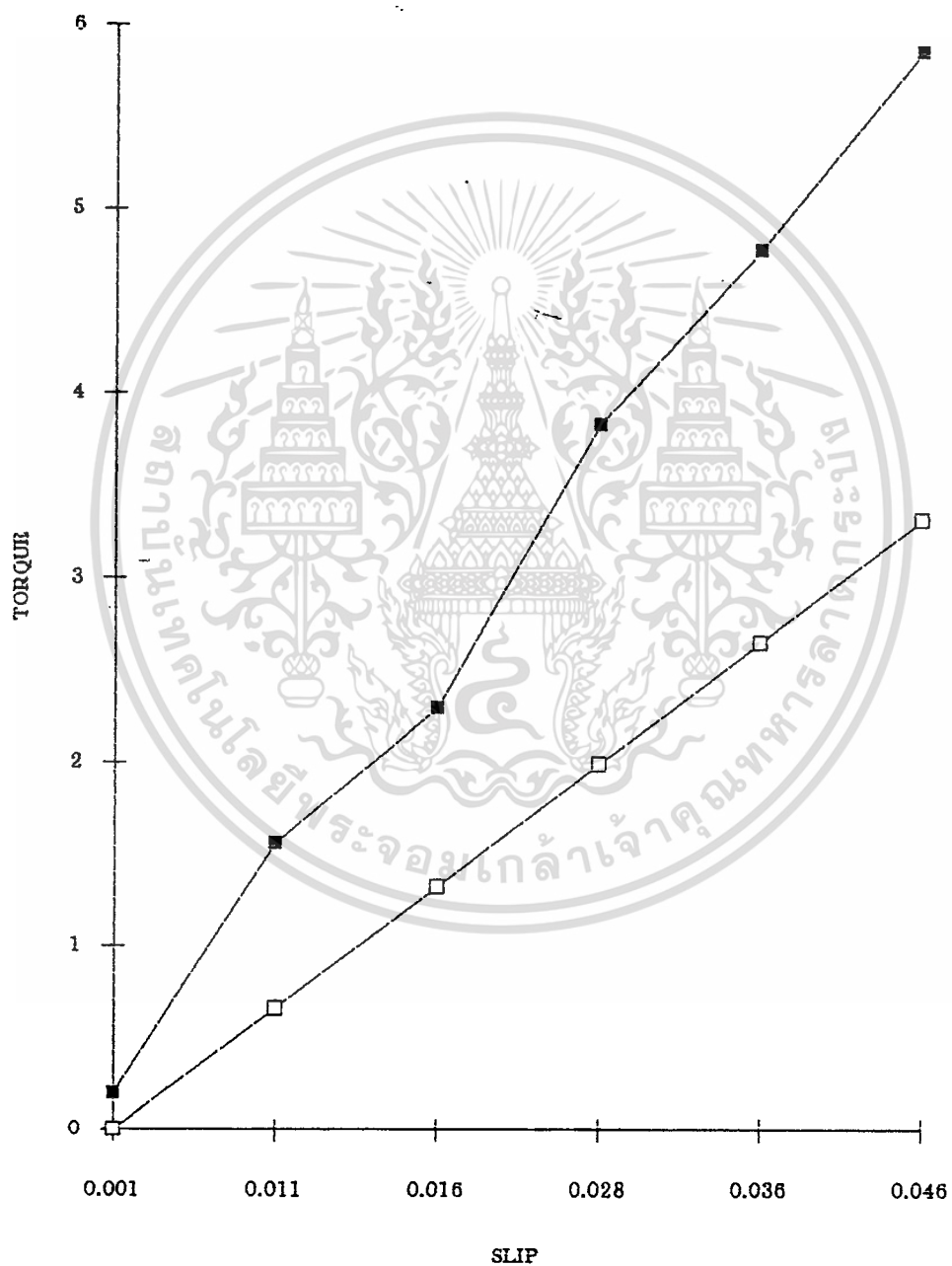
$V_A = 215 \quad V_B = 215 \quad V_C = 220$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1498.4	0.001	0.200	0.000	1.1	80	1.0	80	1.2	72	0.4	0
1484	0.011	1.559	0.660	1.1	74	1.0	74	1.3	65	0.4	40.6
1476.1	0.016	2.293	1.324	1.1	65	1.1	65	1.4	57.6	0.4	56.0
1458.5	0.028	3.830	1.986	1.2	57.6	1.2	57.6	1.5	50.4	0.4	62.3
1446	0.036	4.769	2.648	1.3	50.4	1.3	50.4	1.6	43.2	0.4	65.2
1430.9	0.046	5.847	3.310	1.4	47	1.4	47	1.7	42	0.4	93.0
1415.5	0.057	6.885	3.970	1.6	43.2	1.6	43.2	1.9	40	0.4	93.0
1396.8	0.069	7.974	4.630	1.8	40	1.7	40	2.0	34	0.4	70.0

ตารางที่ 4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 1.36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อแบบ STAR (N-TO GROUND)

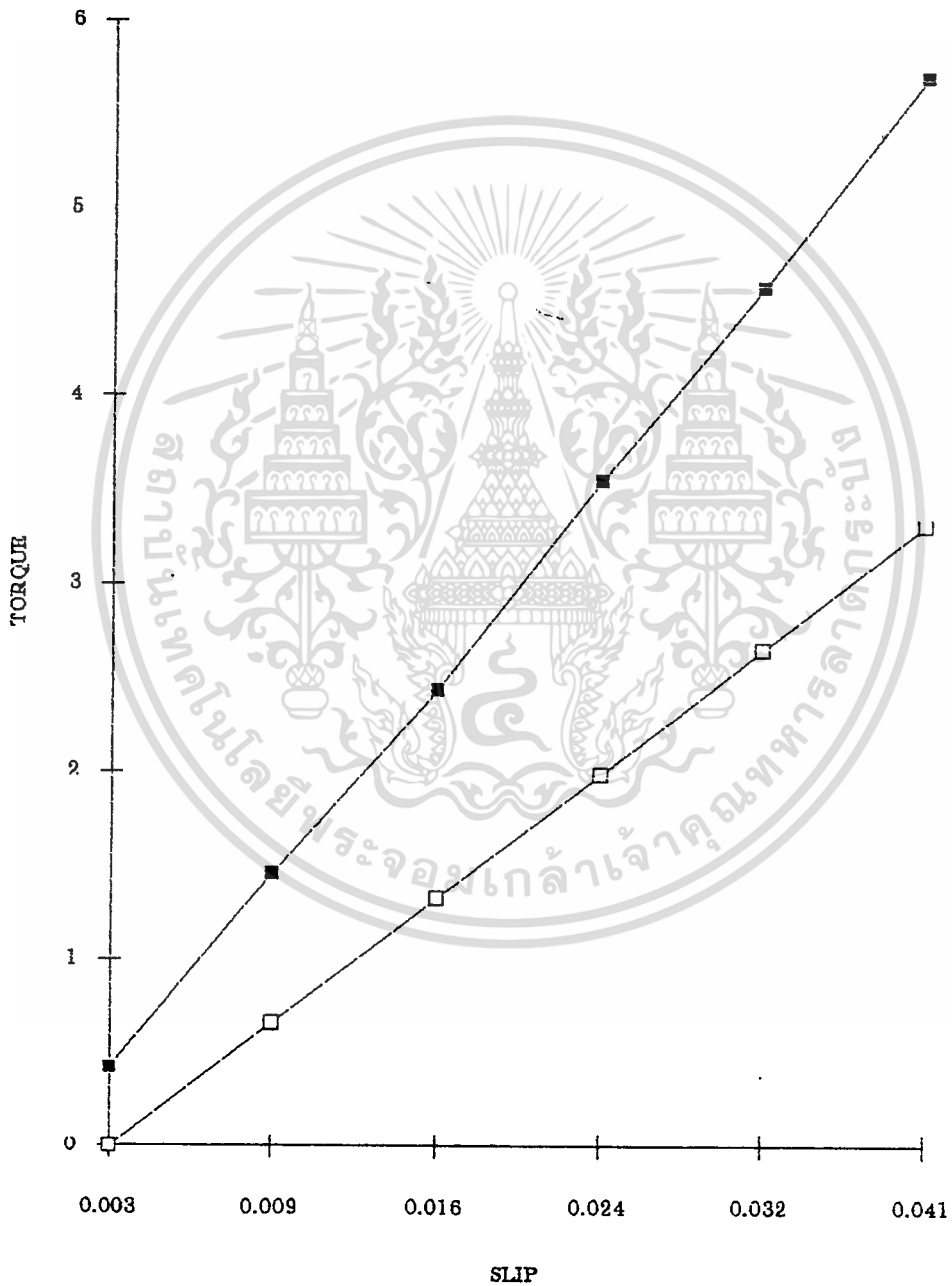
$$V_A = 225 \quad V_B = 225 \quad V_C = 22$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1496.2	0.003	0.426	0.000	1.2	79.2	1.3	82.8	1.1	80	0.5	0
1485.7	0.009	1.457	0.660	1.3	74	1.3	79.2	1.1	75.6	0.5	52
1476	0.016	2.436	1.324	1.3	67.3	1.3	71	1.2	71	0.5	70
1463.6	0.024	3.544	1.986	1.4	60	1.4	65	1.2	65	0.6	72
1452.0	0.032	4.578	2.648	1.5	54	1.5	61.2	1.2	60	0.6	82
1438.2	0.041	5.892	3.310	1.6	50.4	1.6	54	1.3	50.4	0.6	70
1423.5	0.051	6.779	3.397	1.8	46.8	1.8	61.2	1.5	47	0.6	73
1409.3	0.061	7.698	4.630	2.0	43	2.0	57.6	1.6	43.2	0.6	83

ตารางที่ 4.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ STAR (N-TO GROUND)

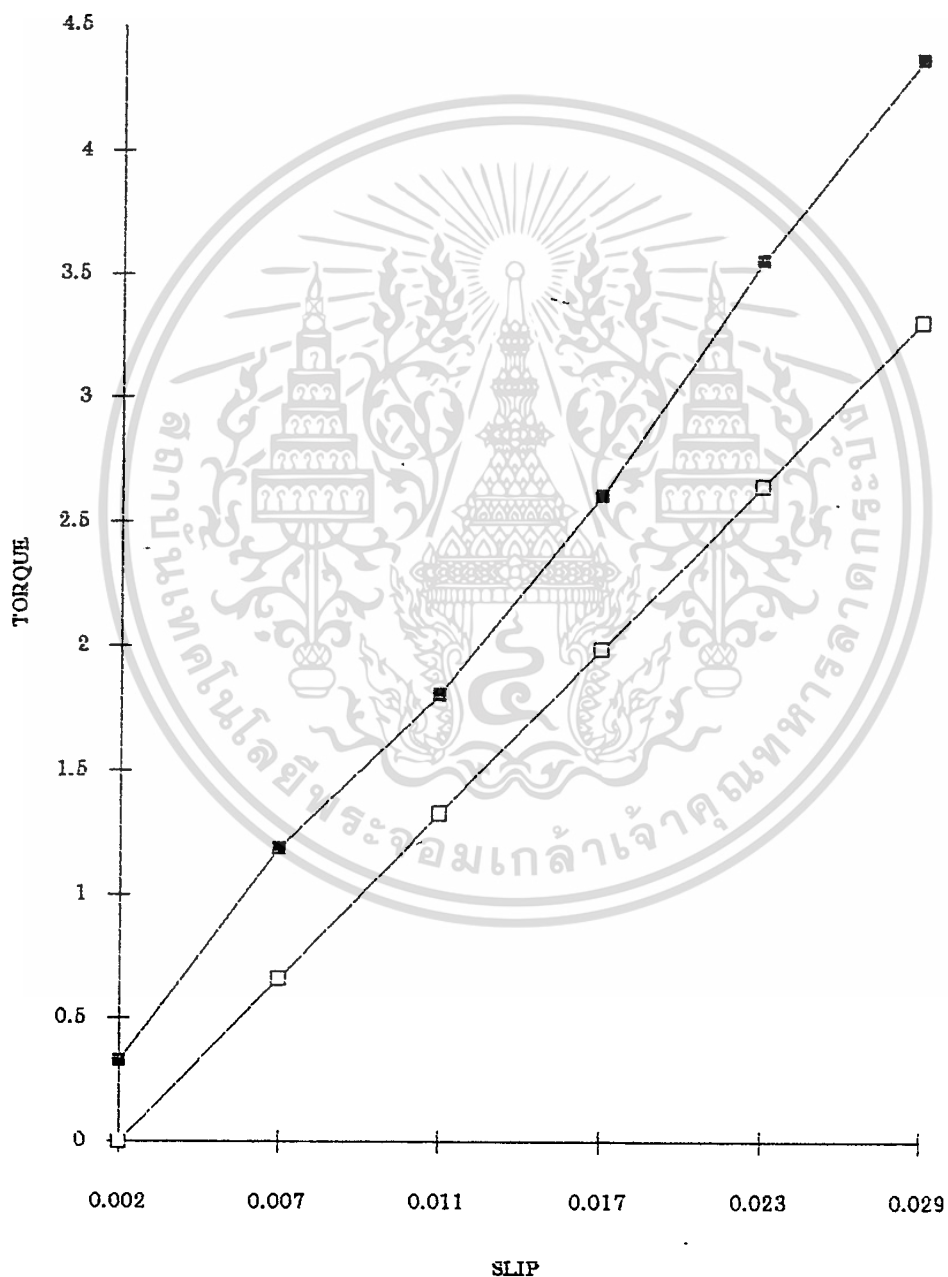
$V_A = 230$ $V_B = 230$ $V_C = 220$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1497.4	0.002	0.329	0.000	1.3	81	1.4	93.6	1.0	82.8	0.6	0
1489.1	0.007	1.187	0.660	1.3	79.2	1.4	86.4	1.0	79.2	0.6	87.61
1483.0	0.011	1.807	1.324	1.4	72	1.5	81	1.1	75.6	0.7	72.70
1475.5	0.017	2.607	1.986	1.5	64.8	1.5	79.2	1.1	72	0.7	95.39
1465.1	0.023	3.557	2.648	1.5	63	1.5	72	1.1	68.4	0.7	93.30
1456.0	0.029	4.369	3.310	1.6	57.6	1.6	69.4	1.2	61.2	0.7	98.73
1446.0	0.036	5.220	3.970	1.7	52.2	1.7	64.8	1.2	57.6	0.7	92.56
1433.9	0.045	6.249	4.630	1.8	50.4	1.8	61.2	1.3	54	0.7	97.86
1422.6	0.052	7.054	5.290	1.9	46.8	1.9	54	1.4	45	0.7	99.59
1405.0	0.063	8.183	6.033	2.1	43.2	2.0	50.4	1.6	43.2	0.7	96.68

ตารางที่ 4.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมมูน STAR (N-TO GROUND)

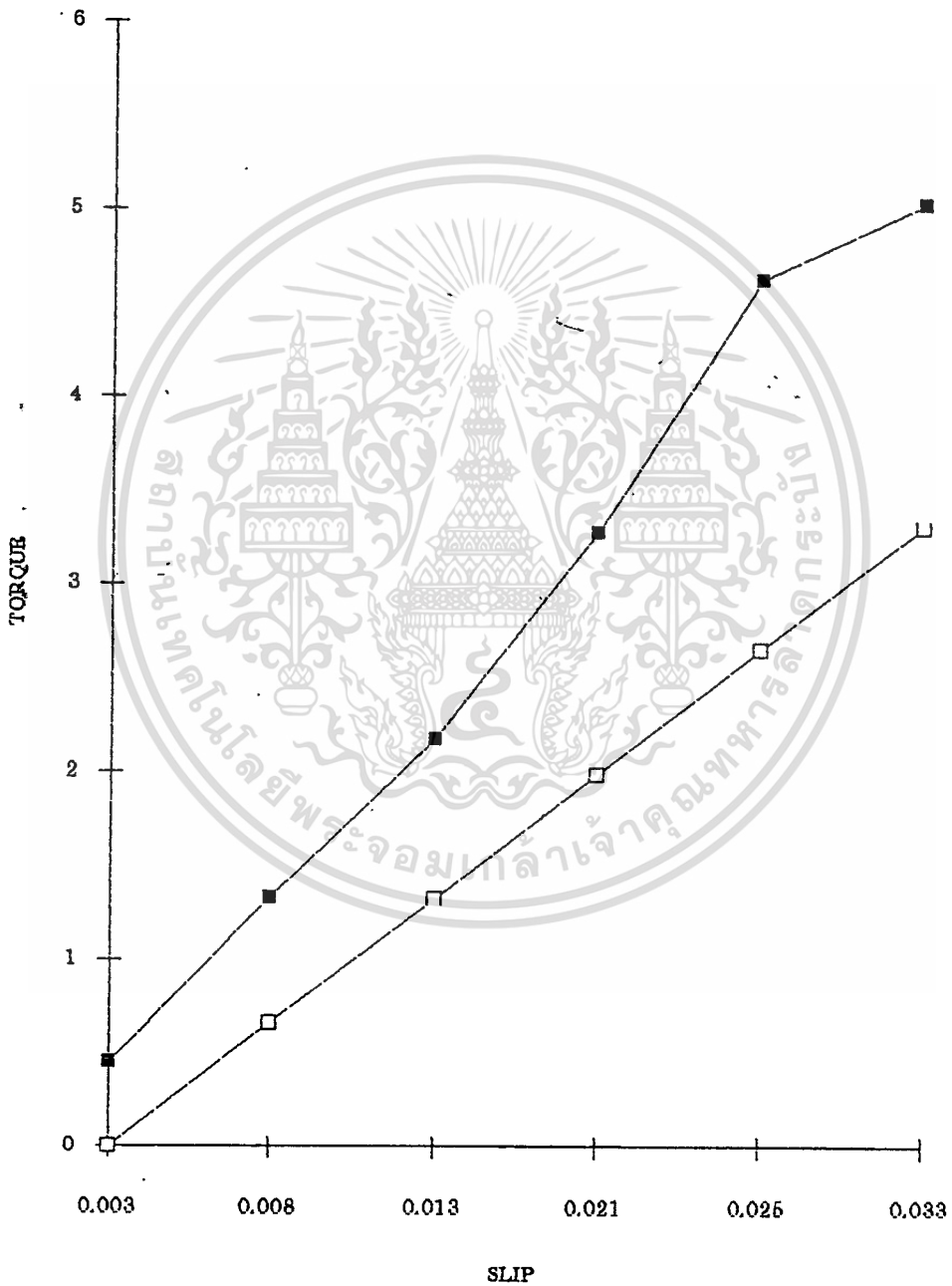
$$V_A = 235 \quad V_B = 235 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1496.1	0.003	0.450	0.000	1.4	79.2	1.5	90	1.1	96	0.9	0
1487.6	0.008	1.329	0.660	1.4	75	1.5	85	1.0	82	0.9	69.0
1479.9	0.013	2.174	1.324	1.5	72	1.6	79.2	1.0	79.2	0.9	73.0
1469.6	0.021	3.278	1.986	1.6	66.6	1.6	74	1.0	74	1.0	97.0
1462.5	0.025	4.622	2.648	1.6	61.2	1.7	72	1.1	71	1.0	97.7
1450.3	0.033	5.029	3.310	1.7	54	1.7	64.8	1.1	64.8	1.0	83.0
1441.5	0.039	5.791	3.970	1.8	50.4	1.9	61.2	1.2	61.2	1.0	98.0
1425.8	0.050	7.042	4.630	2.0	46.8	2.0	58	1.2	57	1.0	107.0

ตารางที่ 4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

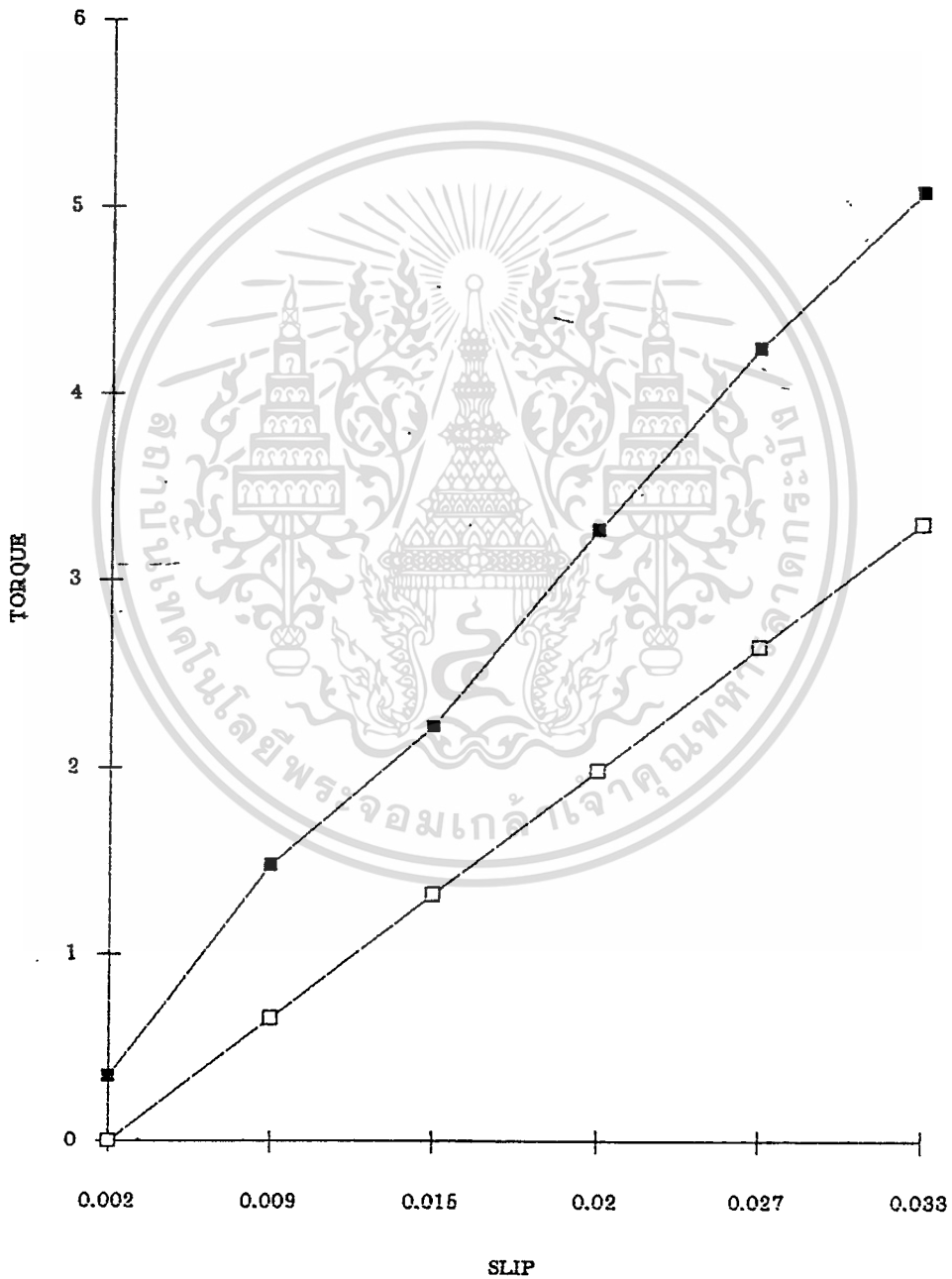
ตัวอย่าง STAR (N-TO GROUND)

$$V_A = 240 \quad V_B = 240 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_o (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1496.	0.002	0.350	0.000	1.4	79.2	1.6	88	1.0	90	1.1	0
1487.	0.009	1.481	0.660	1.5	74	1.7	84.6	1.0	86.4	1.1	70.0
1478.	0.015	2.229	1.324	1.5	72	1.7	79.2	0.9	82.8	1.2	72.0
1470.	0.020	2.273	1.986	1.6	64.8	1.7	74	0.9	79	1.2	69.0
1460.	0.027	4.252	2.648	1.7	57.6	1.8	70	1.0	74	1.2	95.0
1451.	0.033	5.087	3.310	1.8	55	1.9	64.8	1.0	69	1.2	96.0
1445.	0.037	5.618	3.970	1.9	50.4	2.0	61.2	1.0	61.2	1.2	95.6

ตารางที่ 4.40

CHART 4.40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คํานวณ STAR (N-TO GROUND)

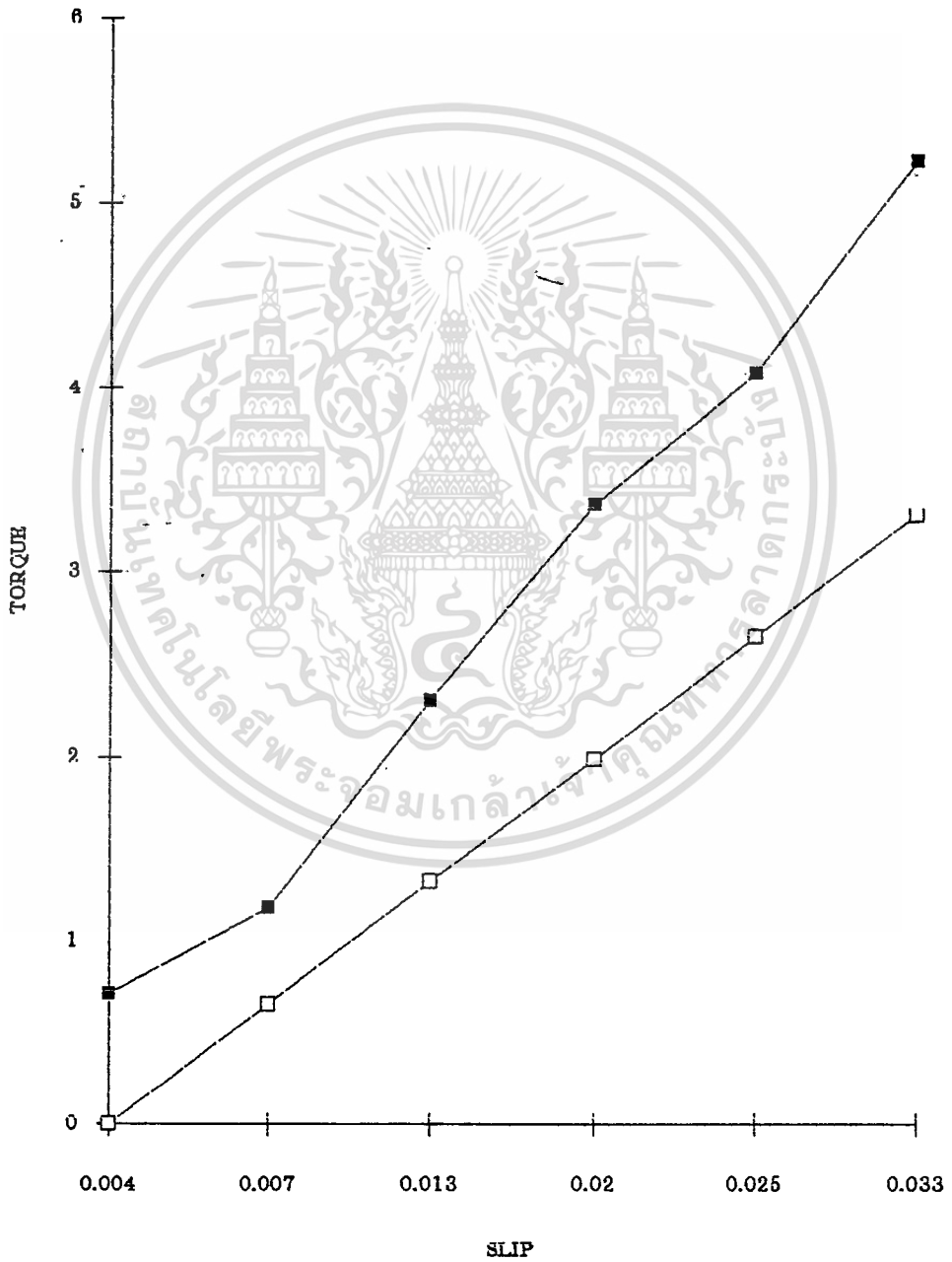
$$V_A = 245 \quad V_B = 245 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1494.	0.004	0.713	0.000	1.5	76	1.8	85	1.0	92	1.4	0
1490.	0.007	1.178	0.660	1.5	74	1.8	79.2	1.0	89	1.4	54.4
1480.	0.013	2.301	1.324	1.6	71	1.8	75	0.9	86.4	1.5	81.0
1469.	0.020	3.387	1.986	1.7	68	1.8	72	0.9	80	1.5	93.5
1462.	0.025	4.079	2.648	1.8	62	1.9	68	0.9	78	1.5	92.2
1451.	0.033	5.233	3.310	1.9	57	2.0	64.8	0.9	74	1.5	97.0

ตารางที่ 4.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHART 4.11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

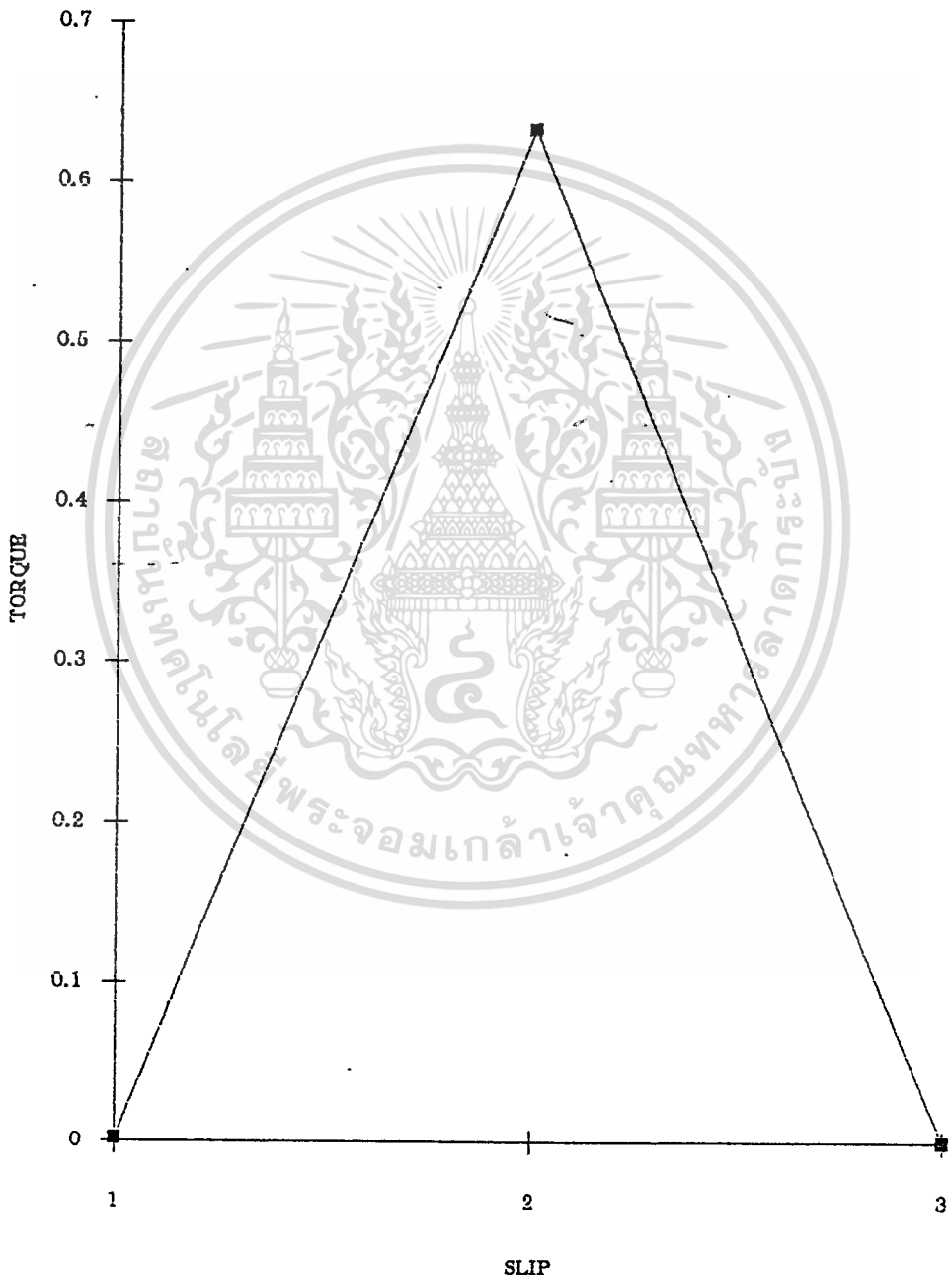
ต่อแบบ STAR (N-TO GROUND)

$$V_A = 250 \quad V_B = 250 \quad V_C = 220$$

N_r (rpm)	Slip	T_e (N-m)	T_m (N-m)	I_A (A)	ϕ_A (deg)	I_B (A)	ϕ_B (deg)	I_C (A)	ϕ_C (deg)	I_n (A)	cff (%)
1497.	0.002	0.362	0.000	1.7	76	2.0	86.4	1.0	93.6	1.4	0

ตารางที่ 4.42

CHART 4.42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สรุปการวิเคราะห์สภาวะไม่สมดุล

4.2.1 ผลกระทบต่อค่า R_c และ X_m

- ค่า R_c เปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจาก ค่า R_c ขึ้นกับอุณหภูมิจากสมการ

$$R_c = R_c(1 + \alpha T)$$

โดยที่ R_c : ความต้านทานมาตรฐาน ที่ 25°C

α : ค่าคงที่ของความต้านทาน

T : อุณหภูมิ (K)

จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิในแกนเหล็กเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จึงใช้ R_c ค่าเดียวในการคำนวณ

- X_m เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเนื่องจาก

$$X_m = 2\pi f L$$

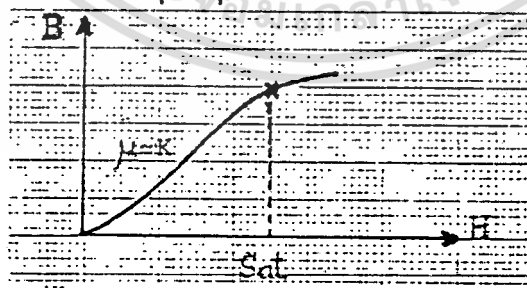
$$L = N^2 / \mathcal{R}$$

$$L = (N^2 / l) \cdot \mu A$$

μ : ค่าความซึมซาบแม่เหล็ก

$\mathcal{R}$: ค่าความต้านสนามแม่เหล็ก

จะเห็นได้ว่า μ ของสมการ คือ $\mu_o \mu_r$ จากเส้นกราฟ B - H



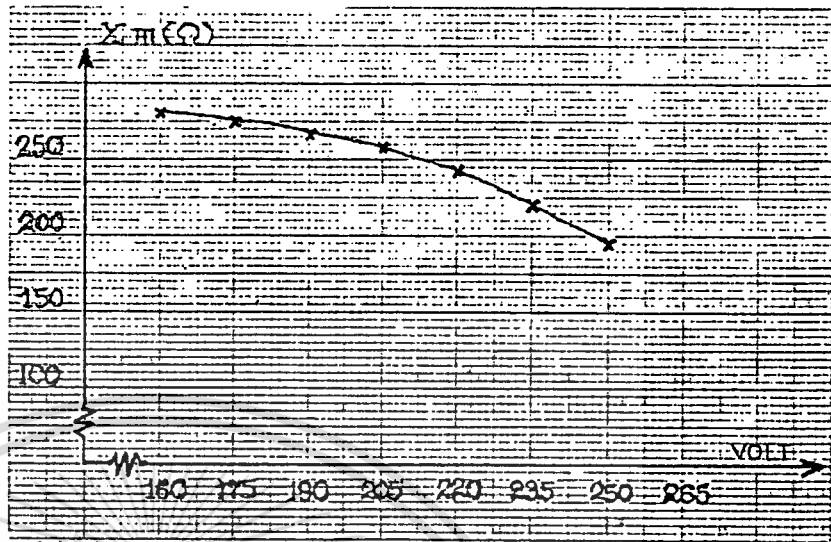
$\mu = K$ ที่ B ยังไม่ Sat

รูป 4.20 แสดงกราฟของ B-H curve

B : ความเข้มสนามแม่เหล็ก

H : สนามแม่เหล็ก

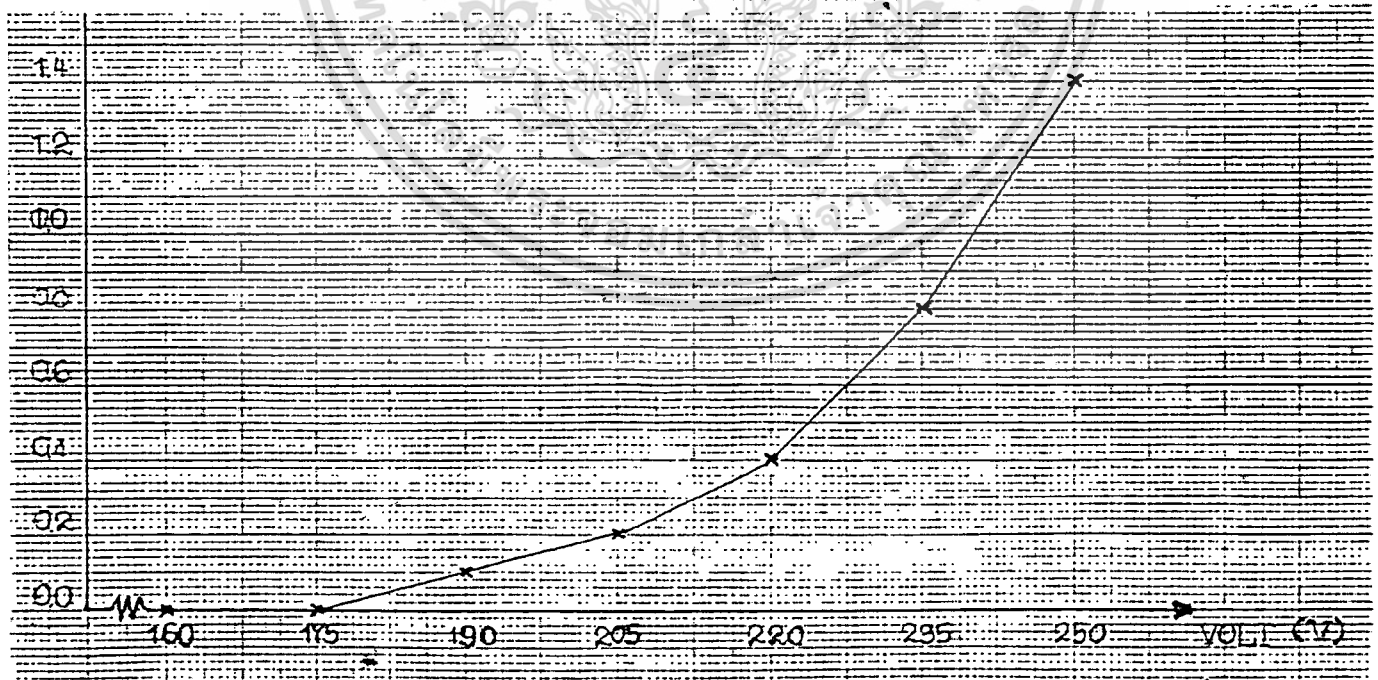
-จากกราฟการทดลองพบว่า



รูป 4.30 แสดงให้เห็น X_m ในการทดลอง

ค่า X_m มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงศักดาไฟฟ้า +20% ทำให้แรงบิด เปลี่ยนแปลงประมาณ 3% (X_m เปลี่ยนแปลงเนื่องจากค่า μ ใน B-H curve) ดังนั้นจึงใช้ค่า X_m ที่พิกัดศักดาในการคำนวณ

4.2.2 ผลของกระแสเหนี่ยวนำ ขณะศักดาไฟฟ้าสมดุล

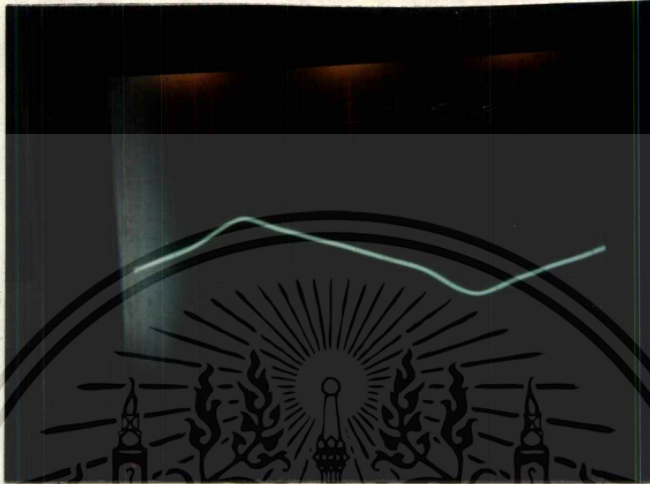


รูป 4.40 แสดงให้เห็นถึงกระแส

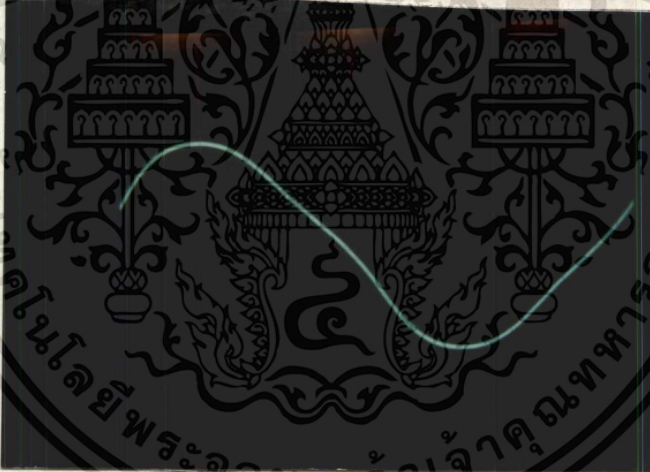
1. ขณะที่โวลต์ตก 1 เฟส อีก 2 เฟส คงที่

$$V_A = 190 \text{ โวลต์ } V_B = 220 \text{ โวลต์ } V_C = 220 \text{ โวลต์}$$

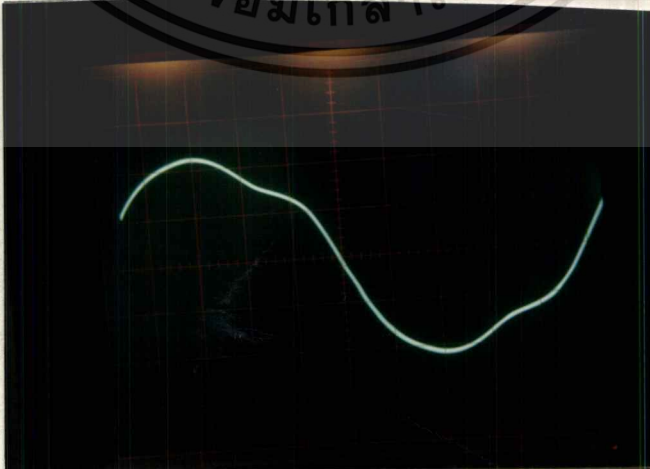
-I เฟส A



-I เฟส B



-I เฟส C



รูป 4.6 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟของกระแส นิวทรอลเราพบว่า ที่ ศักดาไฟฟ้า ต่าง ๆ จะไม่มีค่า
กระแส นิวทรอล จนกระทั่งถึงศักดาไฟฟ้า ที่ความอิ่มตัว จะทำให้เกิดกระแส นิว-
ทรอล โดยเป็น ฮาร์โมนิก ที่ 3, 5, 7 ขึ้นบนมูลฐาน



รูป 4.50 แสดงกระแส นิวทรอล

4.3 รูปภาพสัญญาณกระแสจากผลการทดลอง

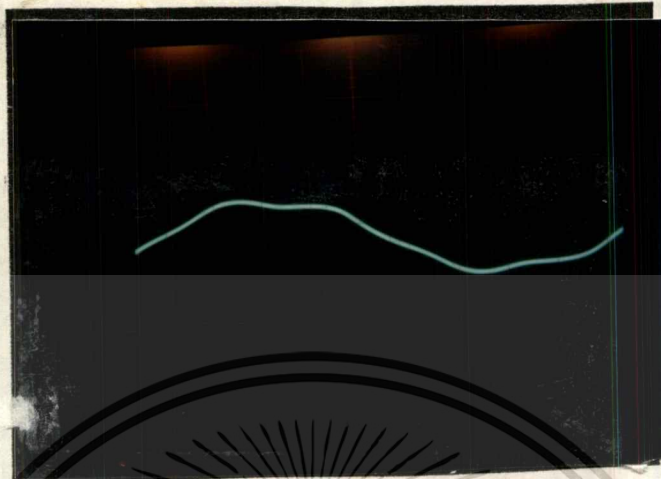
ตั้งสโคปที่ 10 mV/ช่อง สายไฟรป * 10

2 msec/ช่อง ความต้านทาน 0.1 Ω

V_A, V_B, V_C เป็นศักดาของแต่ละเฟส

I_A, I_B, I_C เป็นกระแสของแต่ละเฟส

-I เฟลด์ A



-I เฟลด์ B



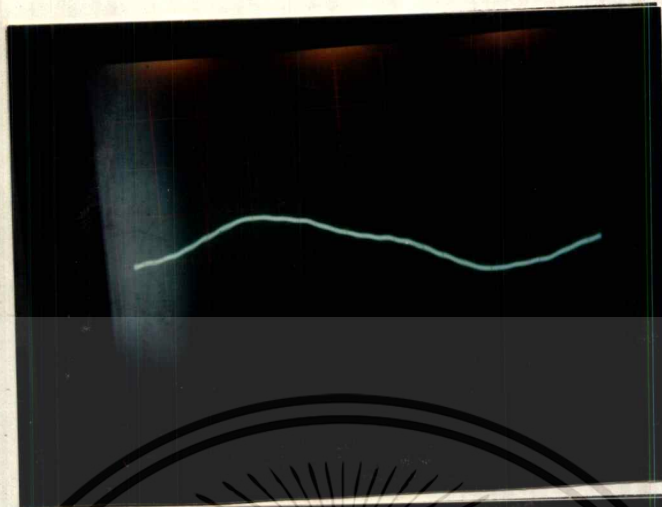
-I เฟลด์ C



รูป 4.7 ลักษณะการต่อแบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-I เฟส A



-I เฟส B



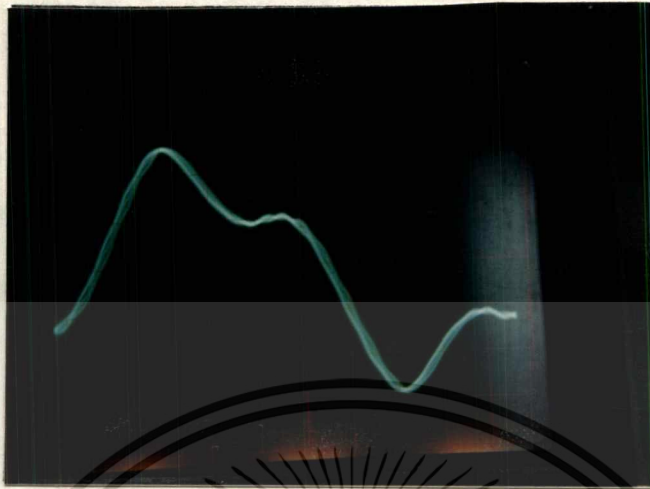
-I เฟส C



รูป 4.8 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์นิวทรอลลงกราวน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$-I_n$



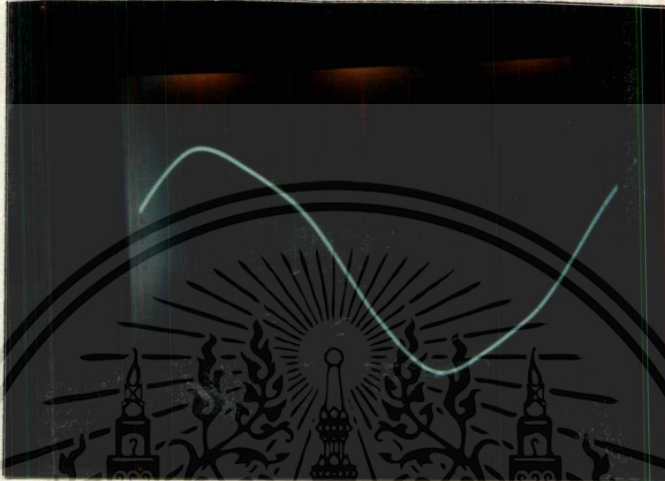
รูป 4.9 กระแสนิวทรอลของการต่อแบบสตาร์นิวทรอลลงกราวน์

$V_A = 190$ โวลท์ $V_B = 220$ โวลท์ $V_C = 220$ โวลท์

2. ขณะโวลต์เกิน 1 เฟส อีก 2 เฟส คงที่

$$V_A = 250 \text{ โวลต์ } V_B = 220 \text{ โวลต์ } V_C = 220 \text{ โวลต์}$$

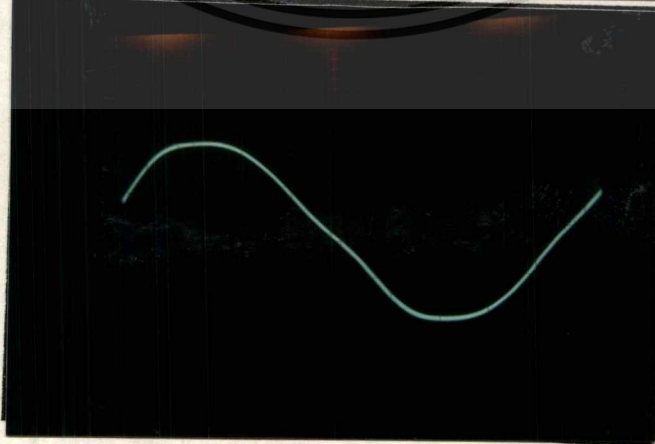
-I เฟส A



-I เฟส B



-I เฟส C



รูป 4.10 สัญญาณกระแสของการต่อแบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-I เฟส A

-I เฟส B

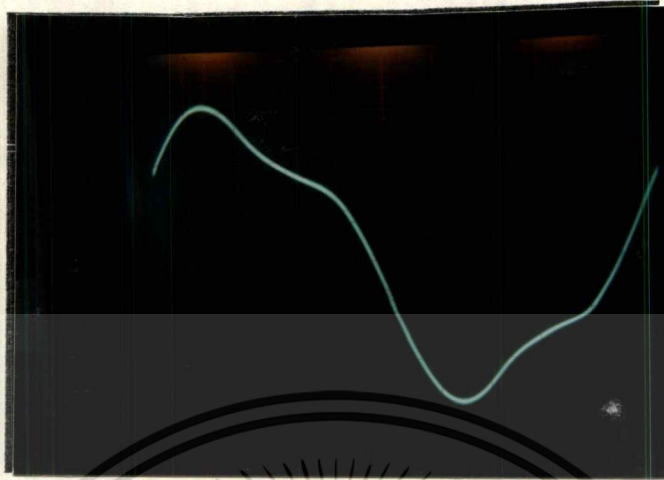
-I เฟส C



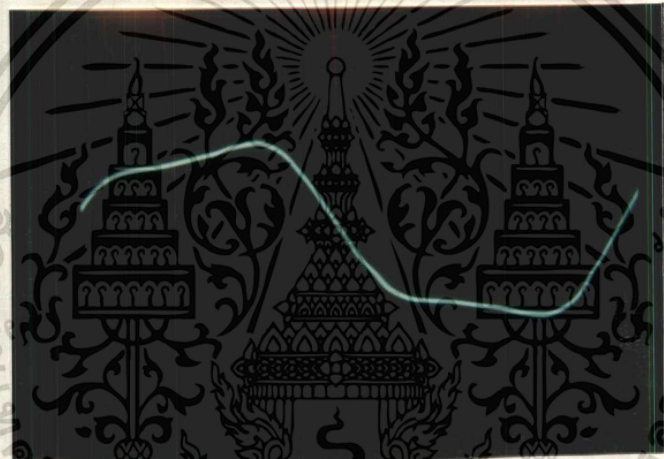
รูป 4.11 สัญลักษณ์กระแสของการต่อแบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-I เฟส A



-I เฟส B



-I เฟส C



รูป 4.12 ลักษณะกระแสของการต่อแบบลดตารีนีวทรอลลงกราวน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขณะโวลต์ตก 2 เฟส อีก 1 เฟส คงที่

$$V_A = 220 \text{ โวลต์ } V_B = 190 \text{ โวลต์ } V_C = 190 \text{ โวลต์}$$

-I เฟส A

-I เฟส B

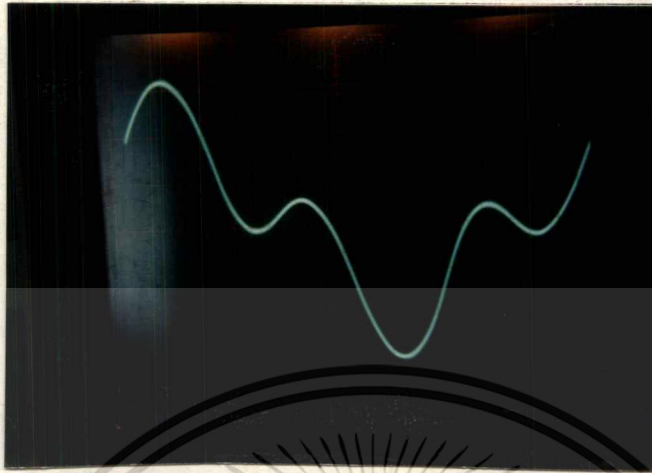
-I เฟส C



รูป 4.14 ลักษณะกระแสของการต่อแบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

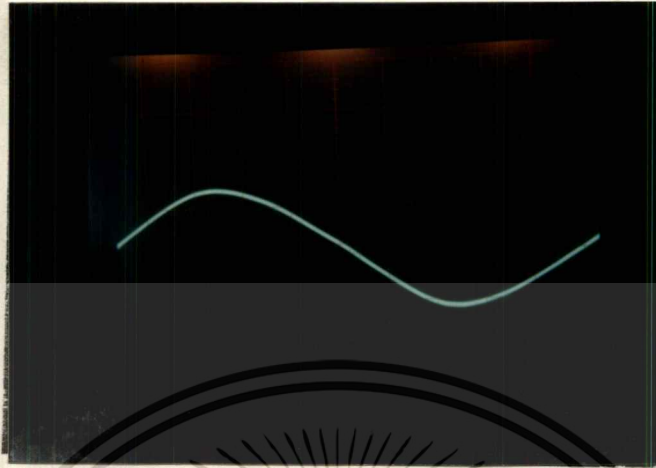
$-I_n$



รูป 4.13 กระแสนิวทรอลของการต่อแบบสตาร์นิวทรอลลงกราวด์

$$V_A = 250 \text{ โวลต์ } V_B = 220 \text{ โวลต์ } V_C = 220 \text{ โวลต์}$$

-I เฟลด์ A



-I เฟลด์ B



-I เฟลด์ C



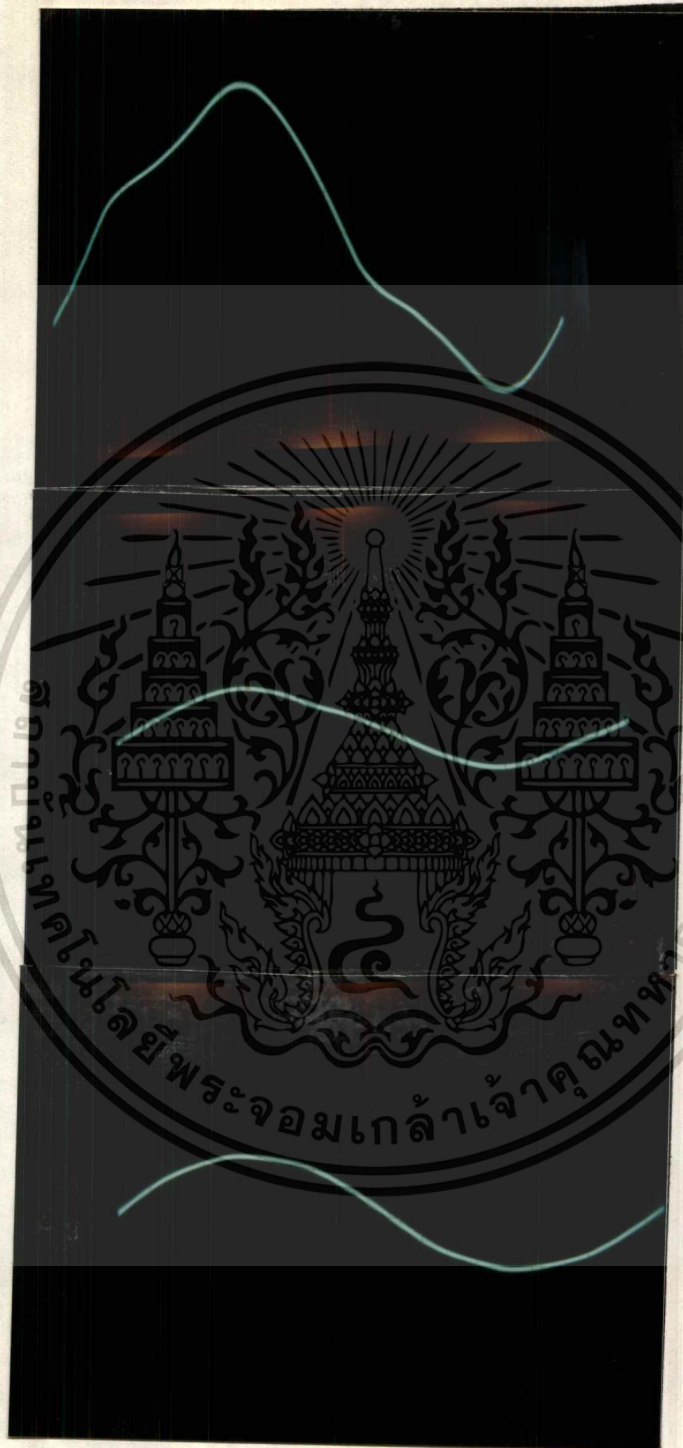
รูป 4.15 ฉายภาพกระแสน้ำของการต่อแบบเคลดต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-I เฟส A

-I เฟส B

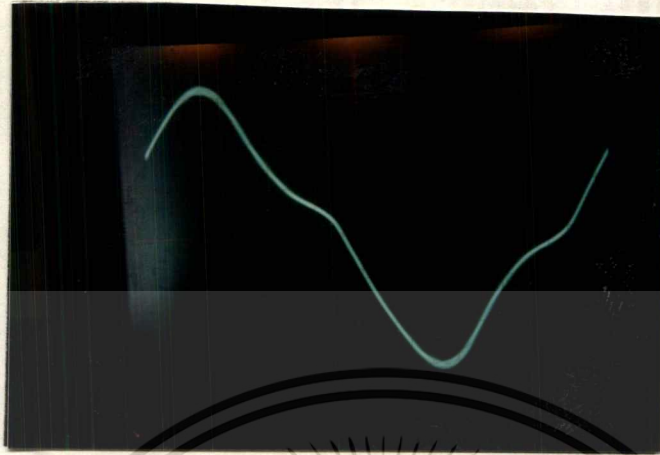
-I เฟส C



รูป 4.16 สัญญาณกระแสของการต่อแบบลดตารีนิวทรอลลงกราวน์

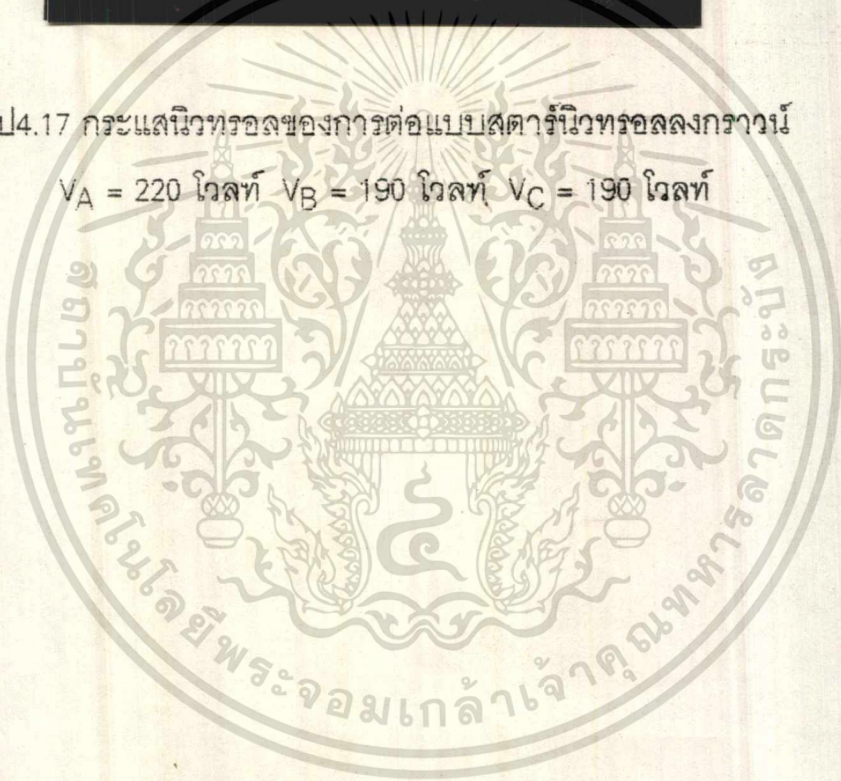
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$-I_n$



รูป 4.17 กระแสไหลทรอลของการต่อแบบสตาร์นิทรอลลงกราวด์

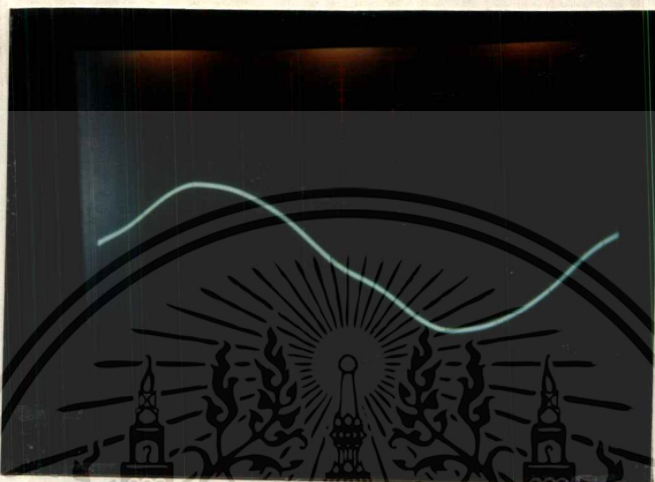
$$V_A = 220 \text{ โวลท์ } V_B = 190 \text{ โวลท์ } V_C = 190 \text{ โวลท์}$$



4. ขณะโวลต์เกิน 2 เฟส อีก 1 เฟส คงที่

$$V_A = 220 \text{ โวลต์ } V_B = 250 \text{ โวลต์ } V_C = 250 \text{ โวลต์}$$

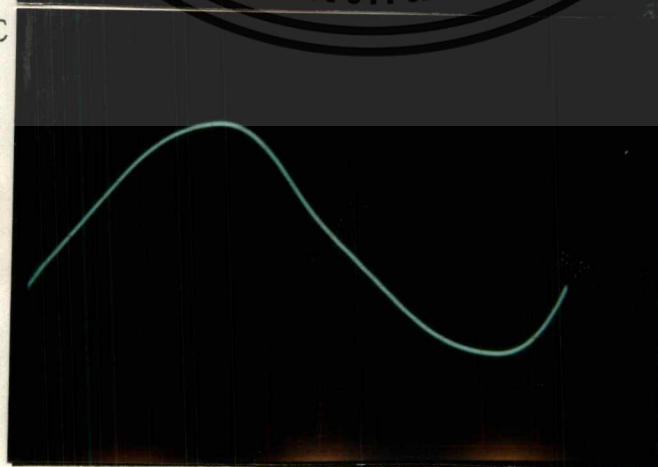
-I เฟส A



-I เฟส B



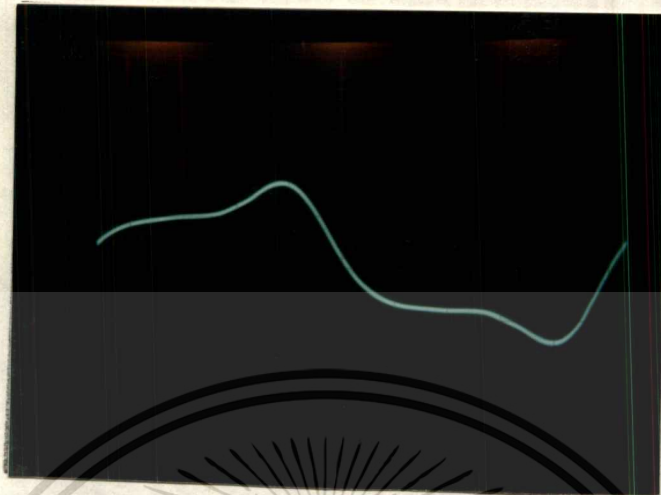
-I เฟส C



รูป 4.18 ตัวอย่างกระแสของการต่อแบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-I เฟด A



-I เฟด B



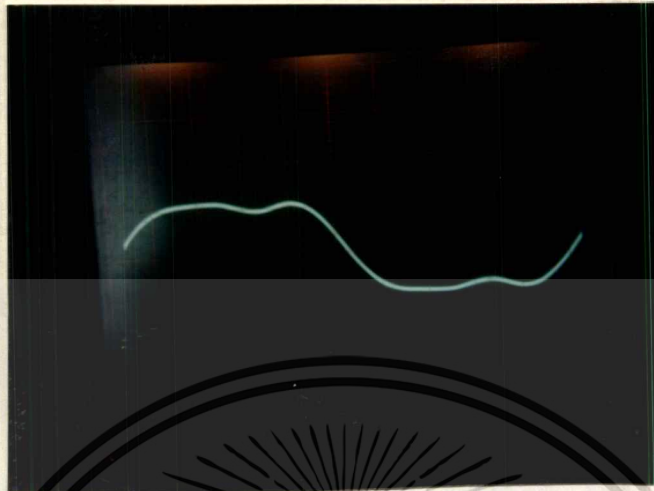
-I เฟด C



รูป 4.18 ภาพกราฟของการสอแบบ /จุดต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

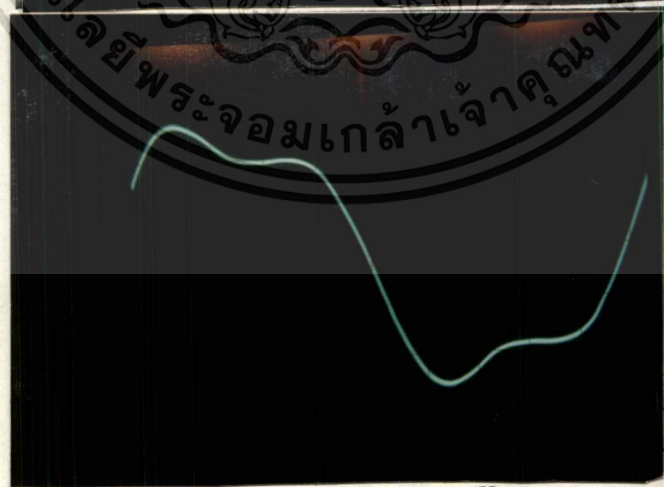
-I เฟด A



-I เฟด B



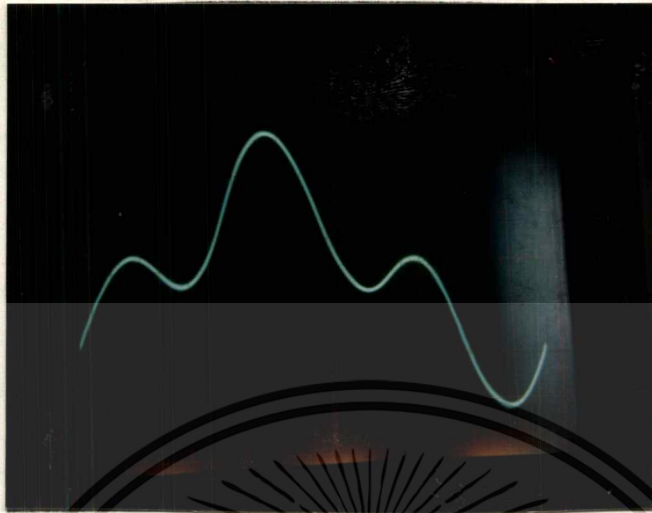
-I เฟด C



รูป 4.20 ลักษณะการติดแบบดาร์กทรอลลงกราวน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-In



รูป 4.21 กระแสไฟฟ้าของวงจรต่อแบบสตาร์ในวงจรลงกราวด์

$$V_A = 220 \text{ โวลต์ } V_B = 250 \text{ โวลต์ } V_C = 250 \text{ โวลต์}$$



บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์

บทสรุปและวิจารณ์

จากทฤษฎีและจากการทดลองเราสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. มอเตอร์จะรับโหลด ได้น้อยลงแรงบิดสูงสุดของมอเตอร์จะลดลงเมื่อมีการไม่สมดุลของคิกดาไฟฟ้า ที่สเตเตอร์ เนื่องจากกระแสเพิ่มขึ้นถึงพิกัด

2. กระแสจะไม่เป็นคลื่นชาน้อย่างแท้จริง มีการบิดเพี้ยนสูงเมื่อไม่สมดุล มากขึ้น ในกรณีการต่อแบบสตาร์นิวทรอลลงกราวน์ กระแสนิวทรอล มากขึ้น และมีการบิดเพี้ยนของกระแสมากกว่าการต่อแบบ สเตเตอร์ไม่ลงกราวน์ และการต่อแบบเดลต้า

3. การต่อแบบสตาร์นิวทรอลลงกราวน์ กระแสในวงจรกระแสจะเพิ่มขึ้นถึงพิกัดเร็วกว่า เมื่อการไม่สมดุลเพิ่มขึ้น และรับโหลดได้น้อยกว่าการต่อแบบเดลต้าและแบบสตาร์ไม่ต่อนิวทรอลลงกราวน์ ที่สภาวะ ไม่สมดุลเดียวกัน

4. ค่าตัวประกอบกำลังในเฟสที่ไฟตกจะต่ำกว่าเฟสที่ปรกติและ ในเฟสไฟเกินจะสูงกว่าเฟสปรกติ

5. ในการทดลองขณะไม่สมดุล การต่อสตาร์นิวทรอลลงกราวน์มีกระแสไหลลงกราวน์ โดยกระแสที่ไหลประกอบด้วยฮาร์โมนิกที่ 3 ซ้ำอยู่บนกระแสมูลฐาน กระแสที่เกิดขึ้นเกิดจากการอิมิตัวในแกนเหล็กซึ่งถ้าในแกนเหล็กพร้อมกันฮาร์โมนิก ที่เกิดขึ้นก็จะหักล้างกันหมดไป แต่ในความเป็นจริงขดลวดและแกนเหล็กในแต่ละเฟสไม่สามารถหักล้างกันอย่างสมบูรณ์ ฮาร์โมนิกจึงตกค้างอยู่ซึ่งปรากฏอยู่ในกระแสนิวทรอล

6. ค่าแรงบิด (T_e) จะที่ค่าสูงกว่าแรงบิด (T_m) ที่ได้จากการทดลอง เนื่องจากแรงบิดจากการคำนวณยังไม่ได้หักค่าความสูญเสียในโรเตอร์ออก

7.ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเมื่อรับภาระมากขึ้น
การต่อแบบสตาร์ที่มีนิวทรอลลงกราวด์จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ
สตาร์และแบบเดลต้า

8.เมื่อมีการไม่สมดุลมากขึ้นประสิทธิภาพของมอเตอร์เมื่อเฟสใด
เฟสหนึ่งถึงพิกัดกระแส จะตกลง แต่จะลดลงเล็กน้อยที่ค่าสลิปเดียวกัน



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ ได้สำเร็จลงไปด้วยดีตามวัตถุประสงค์เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จากบุคคลต่อไปนี้

1. อาจารย์พิชิต ล้ายอง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
2. อาจารย์อานันท์วัฒน์ คุณากร อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
3. นางสาวจินตนา ชนะกุล นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ จล.
4. นางสาวสุชีลา ศรีธวัช นักศึกษากรุงเทพมหานครการบัญชีวิทยาลัย
5. นายสุรัชย์ มั่นล วิศวกรบริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด

คณะผู้จัดทำ

บรรณานุกรม

1. พีระศักดิ์ วรสุทรโรตถ, รศ.ดร., และ ณรงค์เดช ศรีอัครอมร, ทฤษฎี
วิเคราะห์เครื่องจักรกลไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง, 2521

2. Paul C. Kruse, Analysis of Electrical Machine, Mc Graw Hill

