

บทที่ ๔

ผลการทดสอบมอเตอร์

การทดสอบคุณสมบัติของมอเตอร์ที่สร้างขึ้น ได้ทำการทดสอบในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

๑. การทดสอบเมื่อไม่มีโหลด (no load test)
๒. การทดสอบเมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ (blocked rotor test)
๓. การทดสอบเมื่อมีโหลด (load test)
๔. การวัดอุณหภูมิขณะทำงาน (temperature rise measurement)

ในการเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์นั้น เนื่องจากเป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก (๐.๕ แรงม้า) จึงสามารถใช้วิธีการเริ่มเดินเครื่องแบบ on line method ได้นั้นคือไม่จำเป็นต้องใช้สตาร์ทเตอร์ (starter) ช่วย การทดสอบในเรื่องต่าง ๆ ได้ทำในขณะที่เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพลครั้งหนึ่ง และขณะที่เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๒ โพลอีกครั้งหนึ่ง จุดประสงค์ของการทดสอบก็เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างวงจรมุมมุด และ circle diagram ของมอเตอร์ในขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล และ ๒ โพล ซึ่งจะเป็ประโยชน์ในการพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ ของมอเตอร์เมื่อโหลดมีค่าต่าง ๆ กัน อีกทั้งยังทำให้สามารถเปรียบเทียบไควาเมื่อจำนวนโพลของสนามแม่เหล็กต่างกันนั้น มอเตอร์ที่ดัดแปลงขึ้นใหม่นี้จะมีคุณสมบัติในการทำงานแตกต่างกันเช่นไรด้วย

๔.๑ คุณสมบัติของมอเตอร์ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล

๔.๑.๑ การทดสอบเมื่อไม่มีโหลด (no load test)

ผลการทดสอบเมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ดังแสดงในรูปที่ ๔.๑ และเมื่อแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (line to line voltage) เท่ากับ ๓๘๐ โวลต์ จะได้อาตาง ๆ ดังนี้

กำลังงานเข้าสเตเตอร์ทั้งหมด	=	๓๓.๕	วัตต์
กระแสเข้าสเตเตอร์ในแต่ละสาย	=	๐.๒๓	แอมแปร์
ความต้านทานของขดลวดต่อเฟสของสเตเตอร์	=	๒๑.๕๐	โอห์ม
กำลังงานสูญเสียในลวดทองแดงทั้งหมด	=	๓.๓๘๖	วัตต์
กำลังงานสูญเสียเนื่องจากความฉีกและลมต้าน	=	๖.๒๕	วัตต์
กำลังงานสูญเสียในแกนเหล็กทั้งหมด	=	๒๓.๘๕	วัตต์
ความเร็วที่เพลลาของมอเตอร์	=	๑๕๖๐	รอบ/นาที
สลิป	=	๐.๐๒๖	

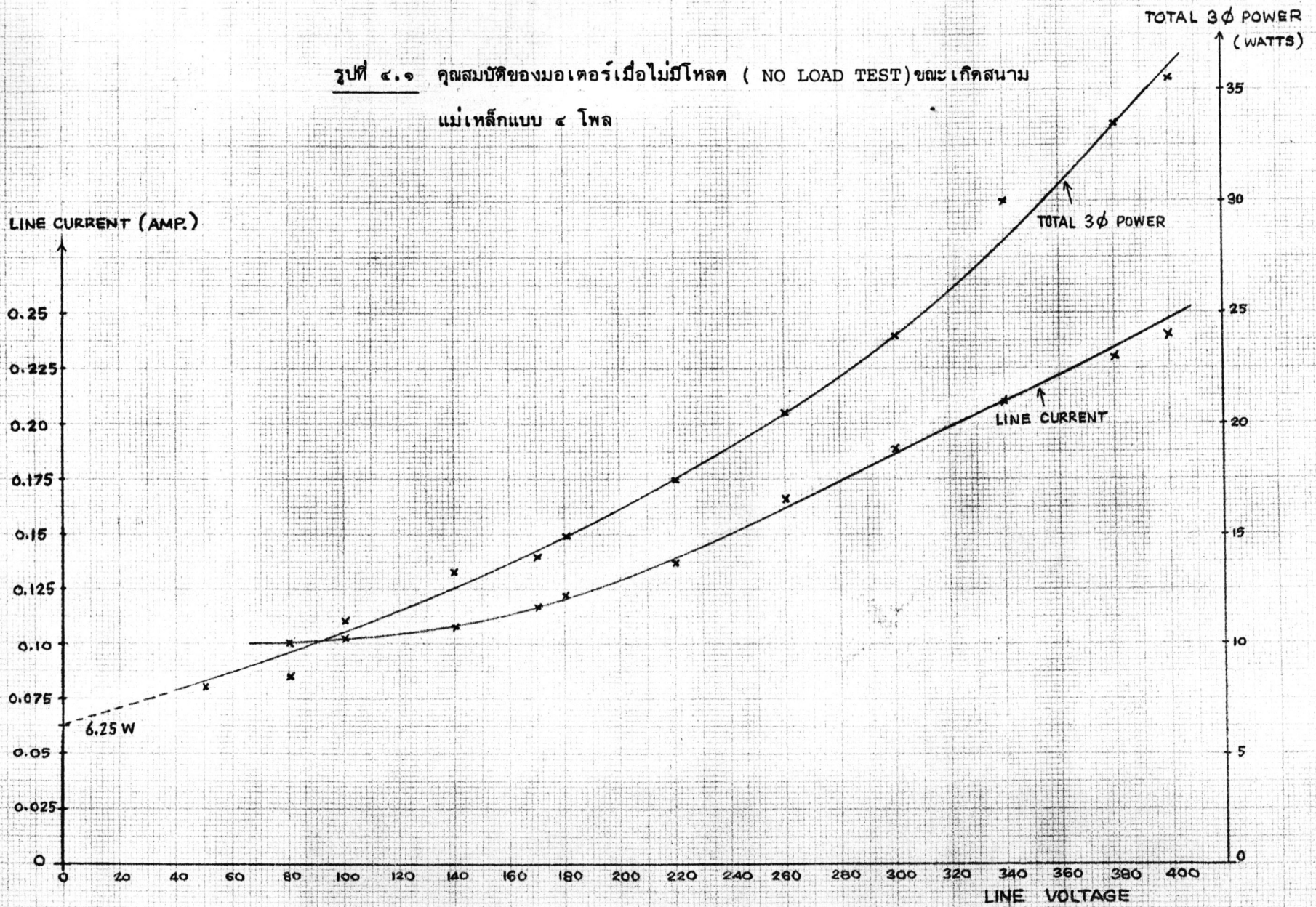
๔.๑.๒ การทดสอบเมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ (blocked rotor test)

ผลการทดสอบเมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ดังแสดงในรูปที่ ๔.๒

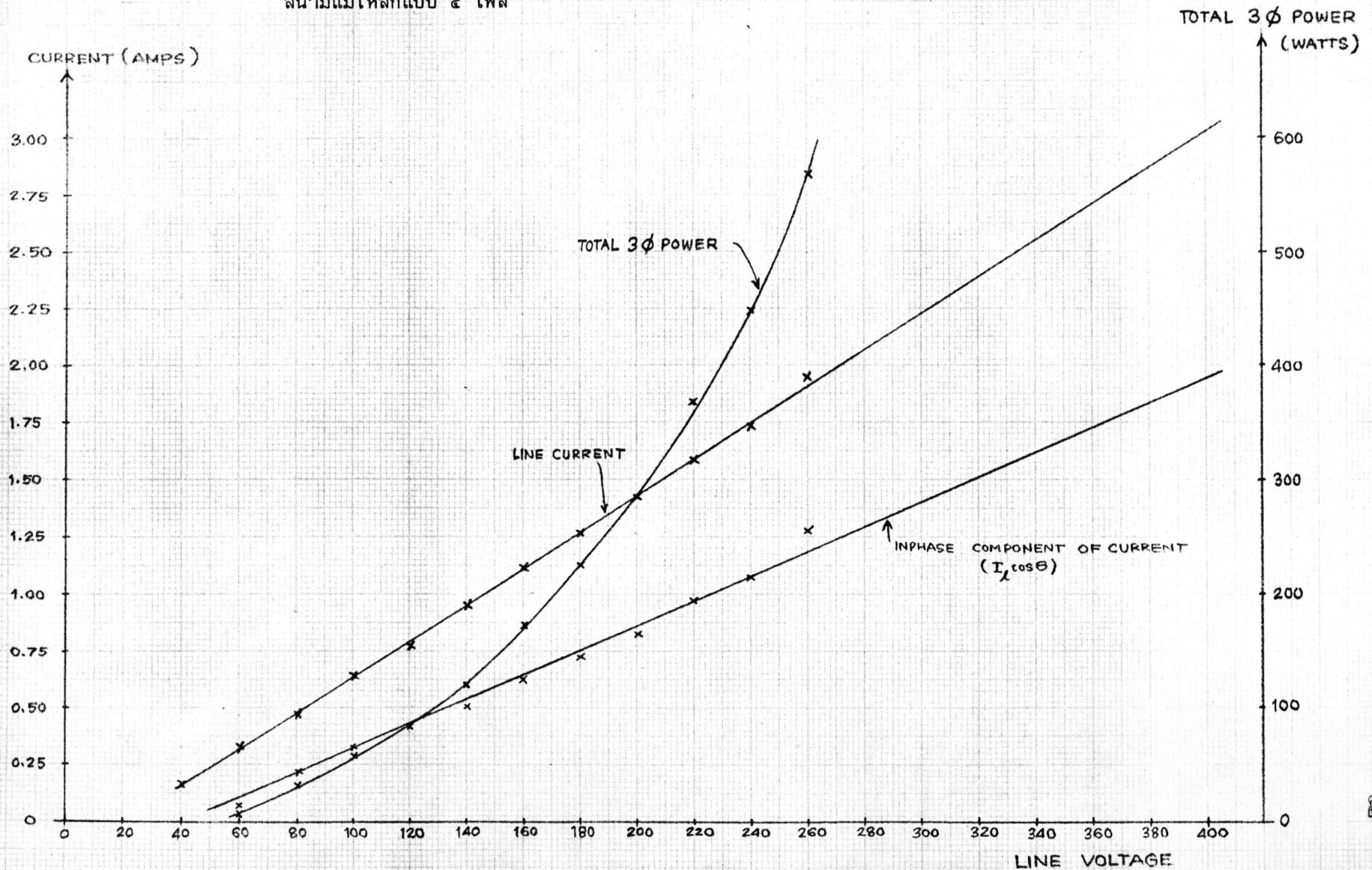
๔.๑.๓ วงจรสมมูล และ circle diagram เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล

ข้อมูลที่ได้อาจจากการทดสอบเมื่อไม่มีโหลด (no load test) และการทดสอบเมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ (blocked rotor test) ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล สามารถนำมาคำนวณหาวงจรสมมูล (equivalent circuit) (๕) และ circle diagram (๕) ของมอเตอร์ที่สร้างขึ้น ในขณะที่

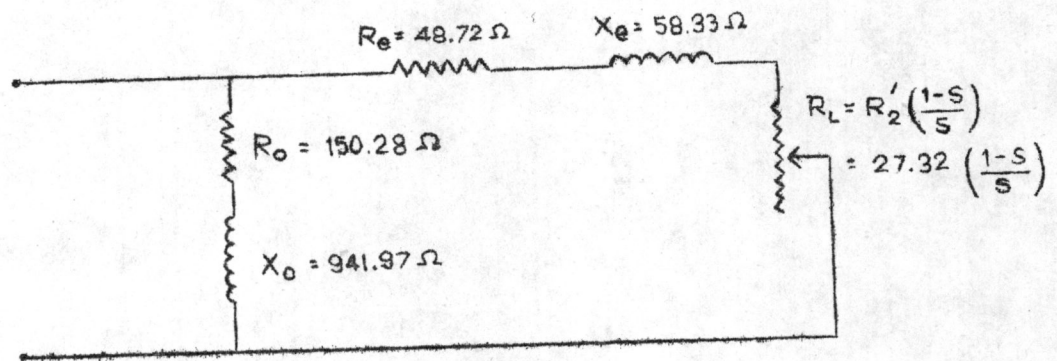
รูปที่ ๔.๑ คุณสมบัติของมอเตอร์เมื่อไม่มีโหลด (NO LOAD TEST) ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล



รูปที่ ๔.๒ คุณสมบัติของมอเตอร์เมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ (BLOCKED ROTOR TEST) ขณะที่เกิด
สนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล



ที่เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ดังแสดงไว้ในรูปที่ ๔.๓ และรูปที่ ๔.๔ ตามลำดับ



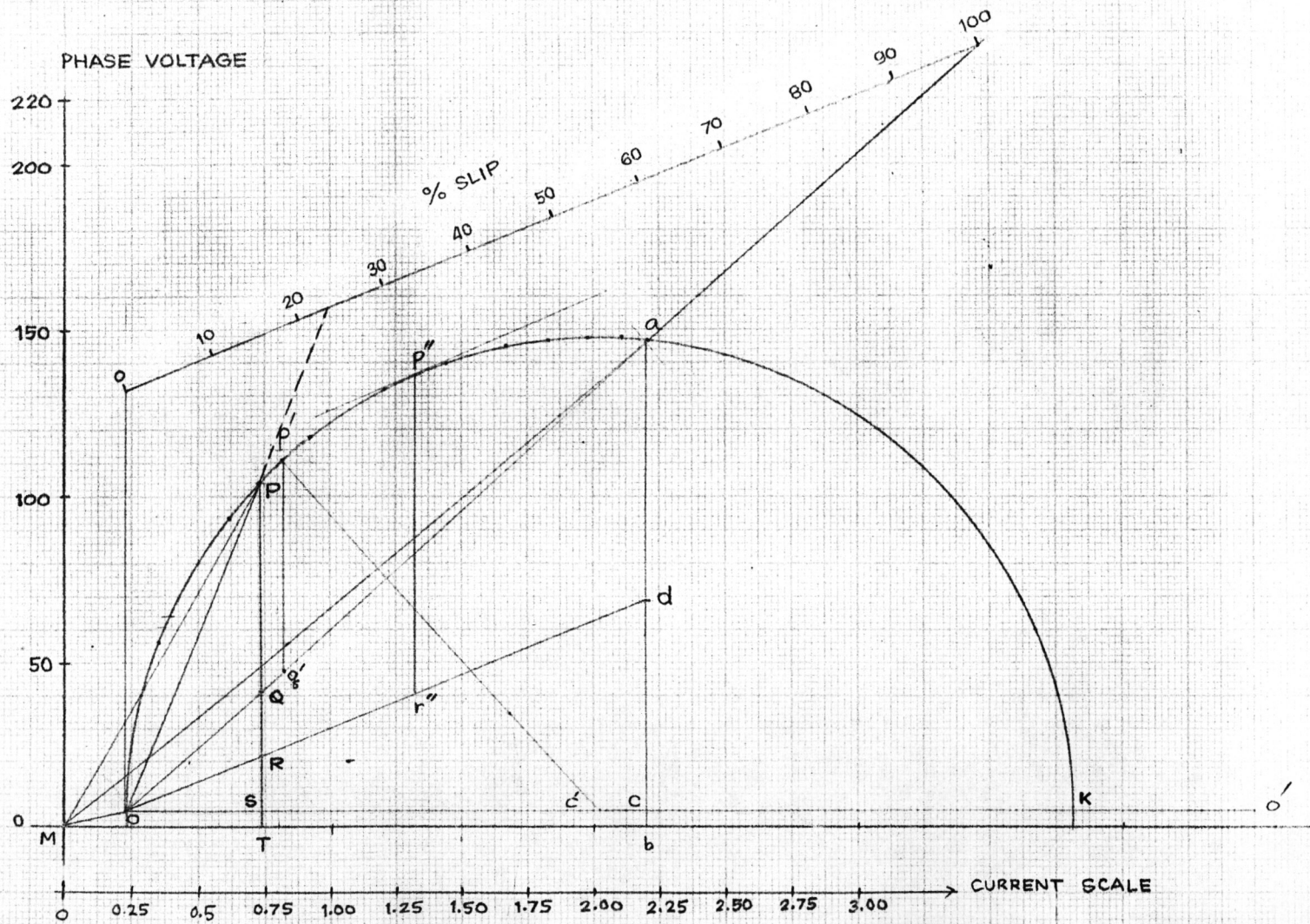
รูปที่ ๔.๓ วงจรสมมูลของมอเตอร์ที่สร้างขึ้น ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล

๔.๑.๔ การทดสอบเมื่อมีโหลด (load test)

ทำการทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (line to line voltage) เข้าสแตเตอร์ เท่ากับ ๓๕๐ โวลต์ โดยมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นโหลดของมอเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะจ่ายกำลังงานไฟฟ้าให้แก่ resistive load ที่ต่อไว้ที่ทอดหนึ่ง จากการเปลี่ยนโหลดของมอเตอร์ให้ค่าต่าง ๆ กัน เราจะได้คุณสมบัติในการทำงานของมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ ๔.๕

ในรูปที่ ๔.๕ นั้น ค่าต่าง ๆ ที่ได้เมื่อสลิมมีค่าน้อยกว่า ๐.๒๓๓ เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบโดยการโหลดมอเตอร์โดยตรง ส่วนค่าต่าง ๆ ที่ได้เมื่อสลิมมากกว่า ๐.๒๓๓ เป็นค่าที่ได้จาก circle diagram เพราะเมื่อสลิมมีค่าเท่ากับ ๐.๒๓๓ กระแสเข้ามอเตอร์ในแต่ละสายเท่ากับ ๑.๕๒ แอมแปร์ การที่จะโหลดต่อไปจะทำให้กระแสเข้าสแตเตอร์สูงขึ้น current density จะสูงมากกว่า ๓๕๐๐ แอมแปร์/ตารางนิ้ว ซึ่งจะทำความร้อนมาก ดังนั้น

รูปที่ ๔.๔ CIRCLE DIAGRAM เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล



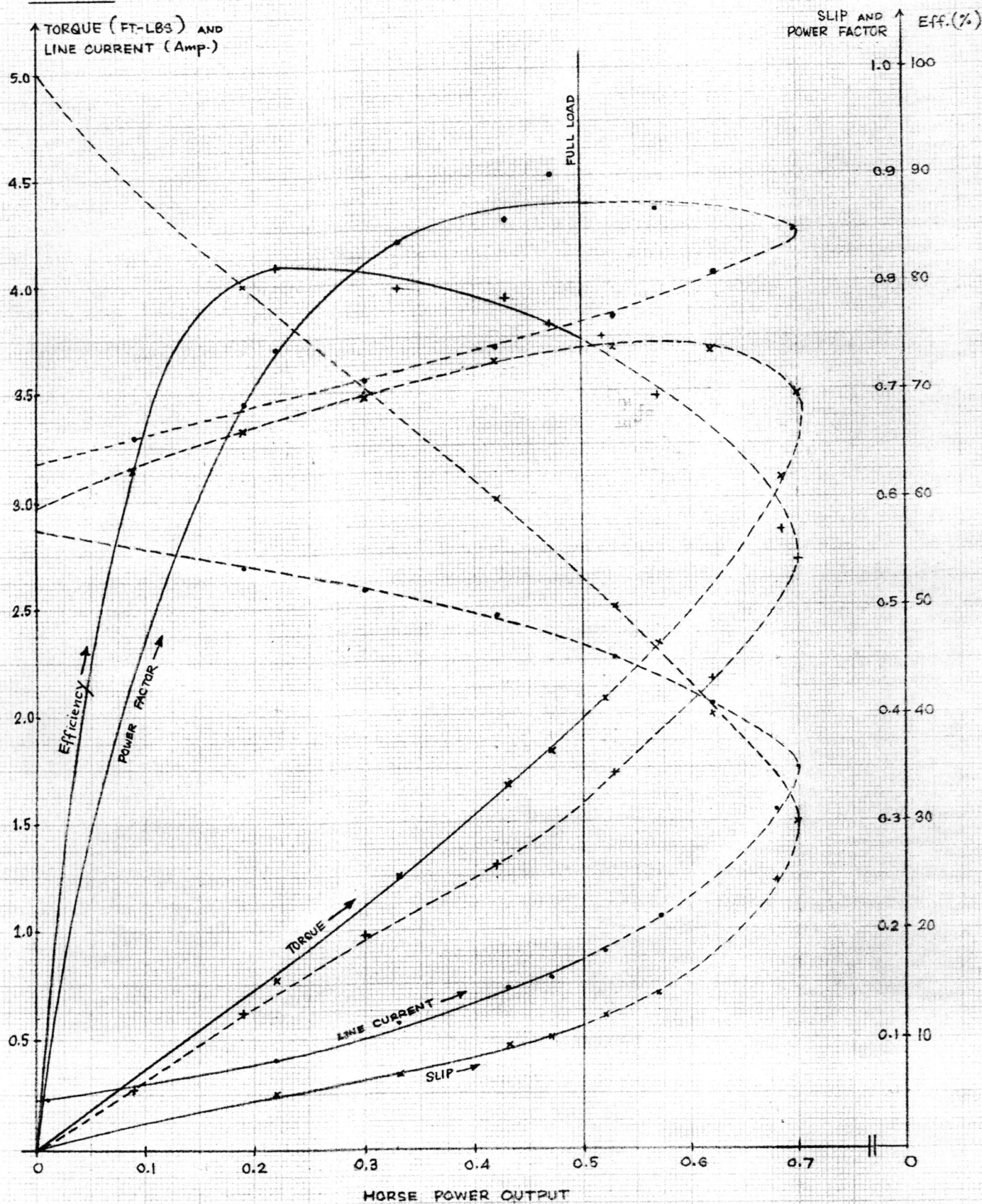
การทดสอบโดยการโหลดมอเตอร์โดยตรงจะทำให้ได้อย่างมากแค่นี้เท่านั้น ค่าต่าง ๆ ที่เกินจากจุดนี้ไปต้องการจากวงจรมมุข หรือหาจาก circle diagram ซึ่งค่าที่ได้จากวิธีทั้งสองจะใกล้เคียงกันมาก และสอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบโดยตรงด้วย

จากการทดสอบและการคำนวณ เมื่อมอเตอร์จ่ายกำลังงานออกมาที่เพลาเท่ากับ ๐.๕ แรงม้า มอเตอร์จะมีคุณสมบัติในการทำงานดังนี้	
กระแสเข้าสแตเตอร์ในแต่ละสาย	= ๐.๘๖๒๕ แอมแปร์
กำลังงานเข้าสแตเตอร์ทั้งหมด	= ๔๖.๗๒ วัตต์
กำลังงานสูญเสียเนื่องจากความฝืดและฉนวน	= ๖.๒๕ วัตต์
กำลังงานสูญเสียในแกนเหล็กทั้งหมด	= ๒๓.๘๕ วัตต์
กำลังงานสูญเสียในลวดทองแดงของสแตเตอร์ทั้งหมด	= ๔๗.๗๕ วัตต์
กำลังงานเข้าโรเตอร์	= ๔๑๘.๘๗ วัตต์
กำลังงานสูญเสียในลวดทองแดงของโรเตอร์ทั้งหมด	= ๕๕.๘๗ วัตต์
กำลังงานออกที่เพลาของมอเตอร์	= ๓๗๗ วัตต์
	= ๐.๕ แรงม้า
แรงบิด (full load torque)	= ๑.๙๓๕ ฟุต/ปอนด์
ประสิทธิภาพ	= ๗๕.๐ %
เพาเวอร์แฟคเตอร์	= ๐.๘๗๕
ความเร็วที่เพลาของมอเตอร์	= ๑๓๓๕ รอบ/นาที
สลลิป	= ๐.๑๑
ค่าสูงสุด (maxima)	

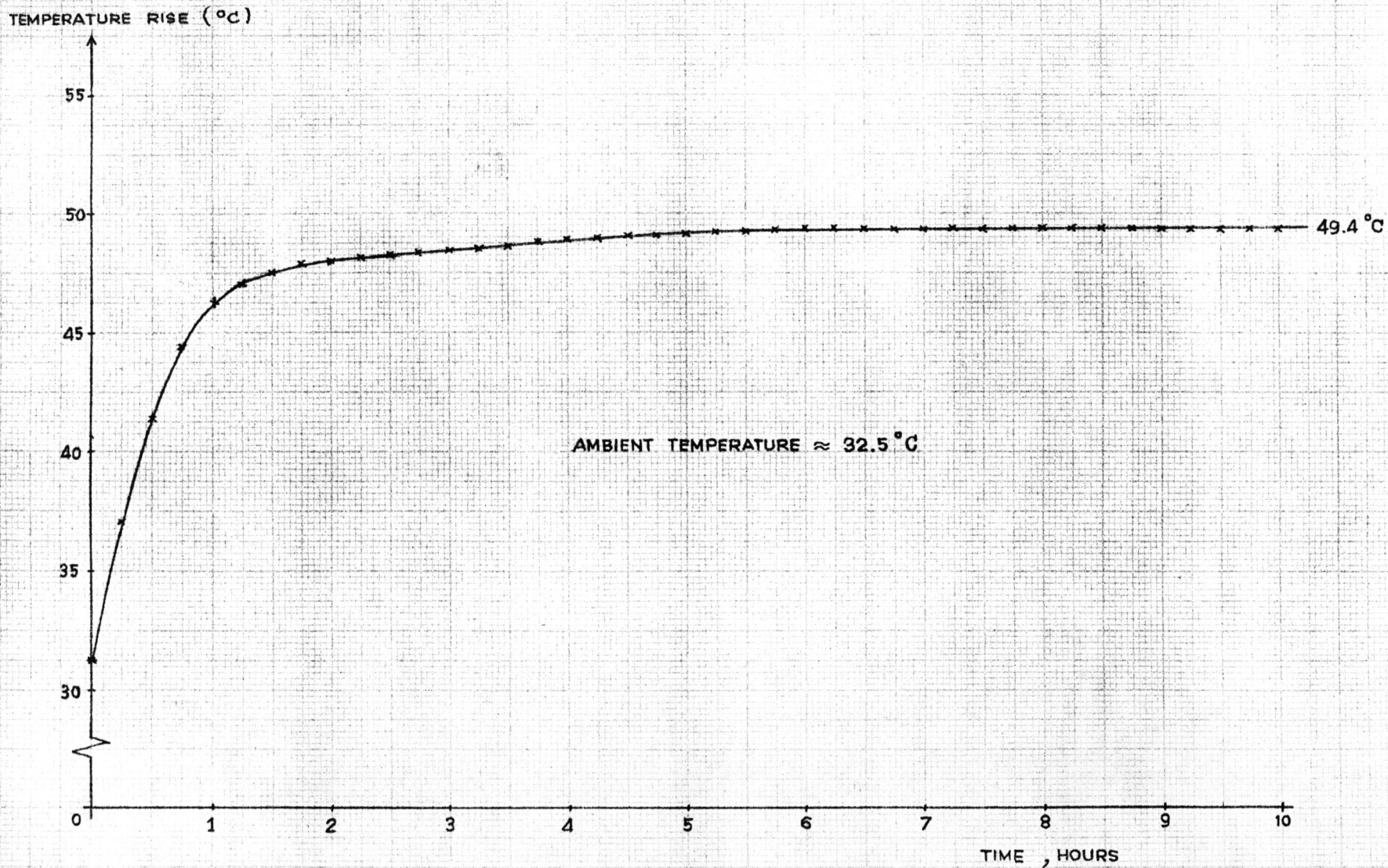
จาก circle diagram (รูปที่ ๔.๔) จะได้ค่าสูงสุดต่าง ๆ ของมอเตอร์ เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ดังนี้

กำลังงานออกที่เพลาสูงสุด	= ๕๒๘ วัตต์
	= ๐.๗ แรงม้า

รูปที่ ๔.๕ คุณสมบัติของมอเตอร์เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล



รูปที่ ๔.๖ อุณหภูมิขณะทำงานของมอเตอร์เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล ที่ ๑๑๐% FULL LOAD



แรงบิดสูงสุด (pull out torque) = ๓.๑๑๗ ฟุต/ปอนด์
อัตราส่วนของ full load torque/pull out torque = ๐.๕๓
แรงบิดขณะสตาร์ท (starting torque) = ๓.๐๘
อัตราส่วนของ starting torque/full load torque = ๑.๕๘

๔.๑.๕ การวัดอุณหภูมิขณะทำงาน (temperature rise measurement)

ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ ๔.๖ ซึ่งเป็นค่าของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะเมื่อมอเตอร์ทำงานที่ ๑๑๐ % full load โดยมีกระแสเข้าสเทเตอร์ในแต่ละสาย (line current) ประมาณ ๐.๘๕ แอมแปร์ และมีกำลังงานออกที่เพลลาเท่ากับ ๐.๕๓๕ แรงม้า

๔.๒ คุณสมบัติของมอเตอร์ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๒ โพล

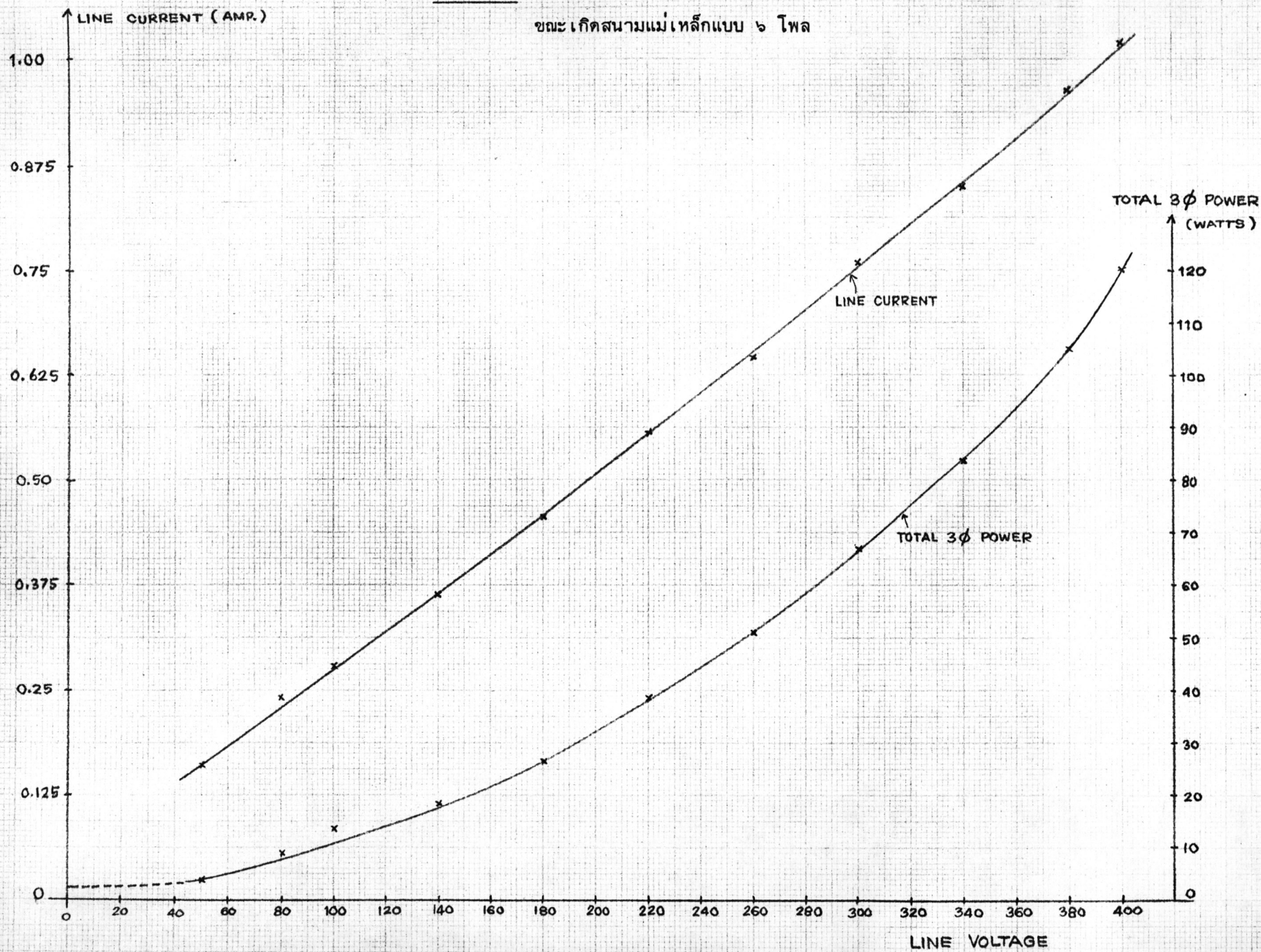
๔.๒.๑ การทดสอบเมื่อไม่มีโหลด (no load test)

ผลการทดสอบเมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๒ โพล ดังแสดงในรูปที่ ๔.๗ และเมื่อแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (line to line voltage) เท่ากับ ๓.๘๐ โวลท์ จะได้อาตาง ๆ ดังนี้

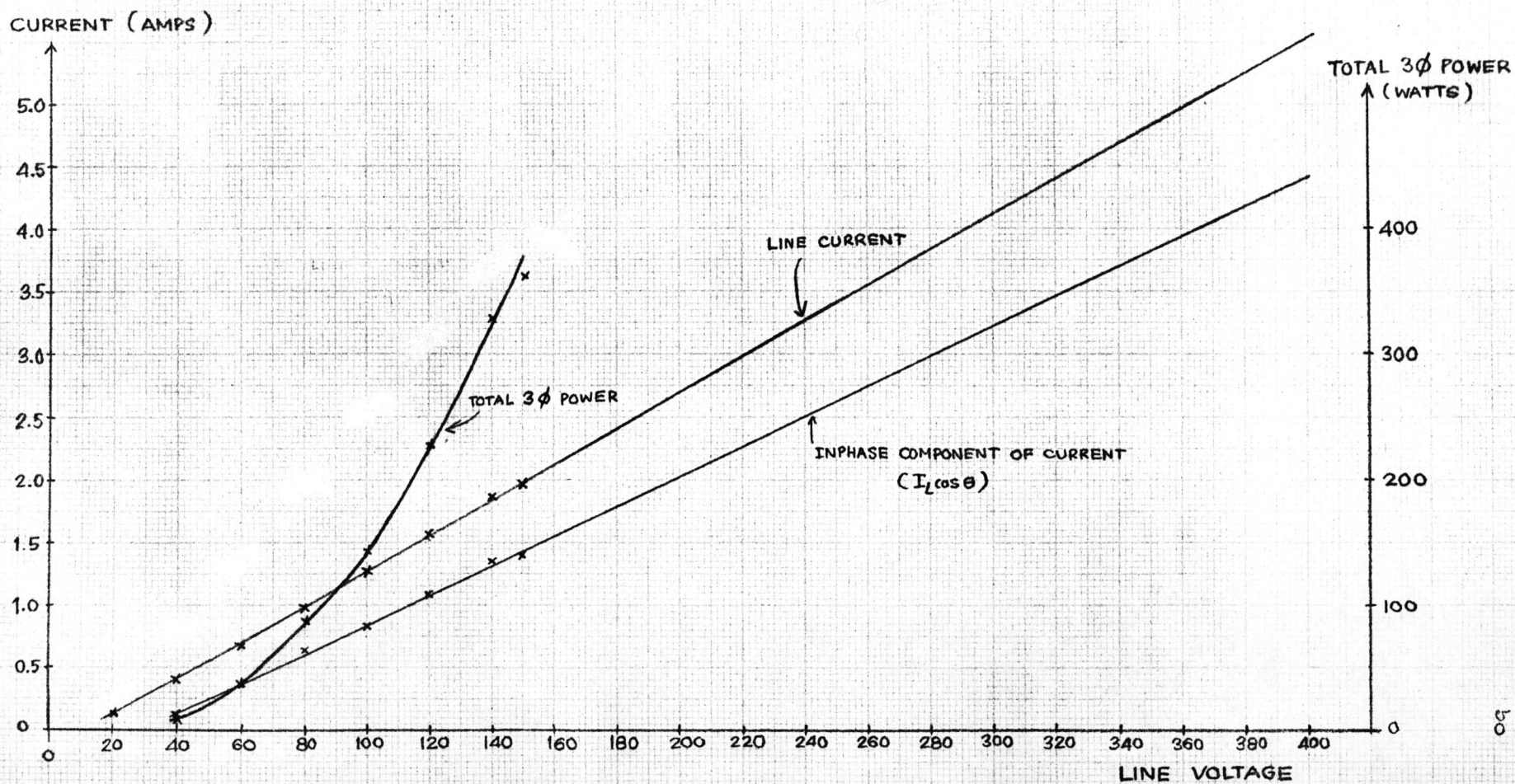
กำลังงานเข้าสเทเตอร์ทั้งหมด = ๑๐๕ วัตต์
กระแสเข้าสเทเตอร์ในแต่ละสาย = ๐.๘๖ แอมแปร์
ความต้านทานของขดลวดต่อเฟสของสเทเตอร์ = ๒๑.๘๐ โอห์ม
กำลังงานสูญเสียในลวดทองแดงทั้งหมด = ๕๕.๑๖ วัตต์
กำลังงานสูญเสียเนื่องจากความผิดและลมต้าน = ๒ วัตต์
กำลังงานสูญเสียในแกนเหล็กทั้งหมด = ๔๓.๘๓ วัตต์
ความเร็วที่เพลลาของมอเตอร์ = ๘๘๐ รอบ/นาที
สลลิป = ๐.๐๒

รูปที่ ๔.๗ คุณสมบัติของมอเตอร์เมื่อไม่มีโหลด (NO LOAD TEST)

ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล



รูปที่ ๔.๔ คุณสมบัติของมอเตอร์เมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ (BLOCKED ROTOR TEST)
 ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล

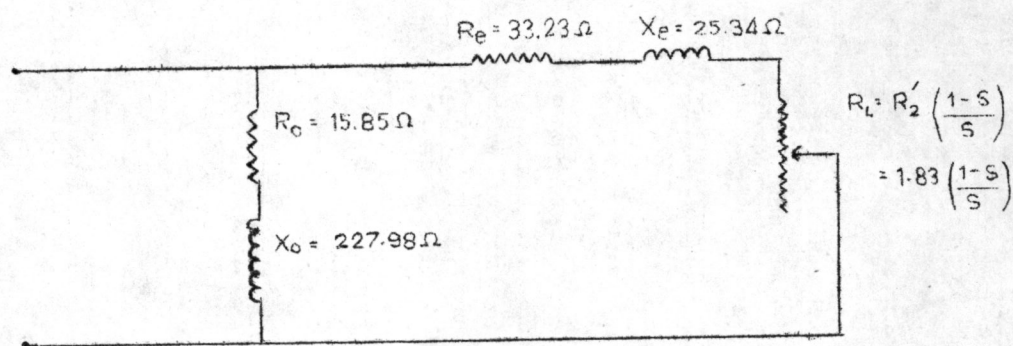


๔.๒.๒ ผลการทดสอบเมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ (blocked rotor test)

ผลการทดสอบเมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๒ โพล ดังแสดงในรูปที่ ๔.๘

๔.๒.๓ วงจรสมมูล และ circle diagram เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๒ โพล

ข้อมูลที่ได้อจากการทดสอบ เมื่อไม่มีโหลด (no load test) และการทดสอบเมื่อจับโรเตอร์ให้หยุดอยู่กับที่ (blocked rotor test) ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๒ โพล สามารถนำมาคำนวณหาวงจรมูล (equivalent circuit) และ circle diagram ของมอเตอร์ที่สร้างขึ้นในขณะที่เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๒ โพล ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ ๔.๙ และ ๔.๑๐ ตามลำดับ

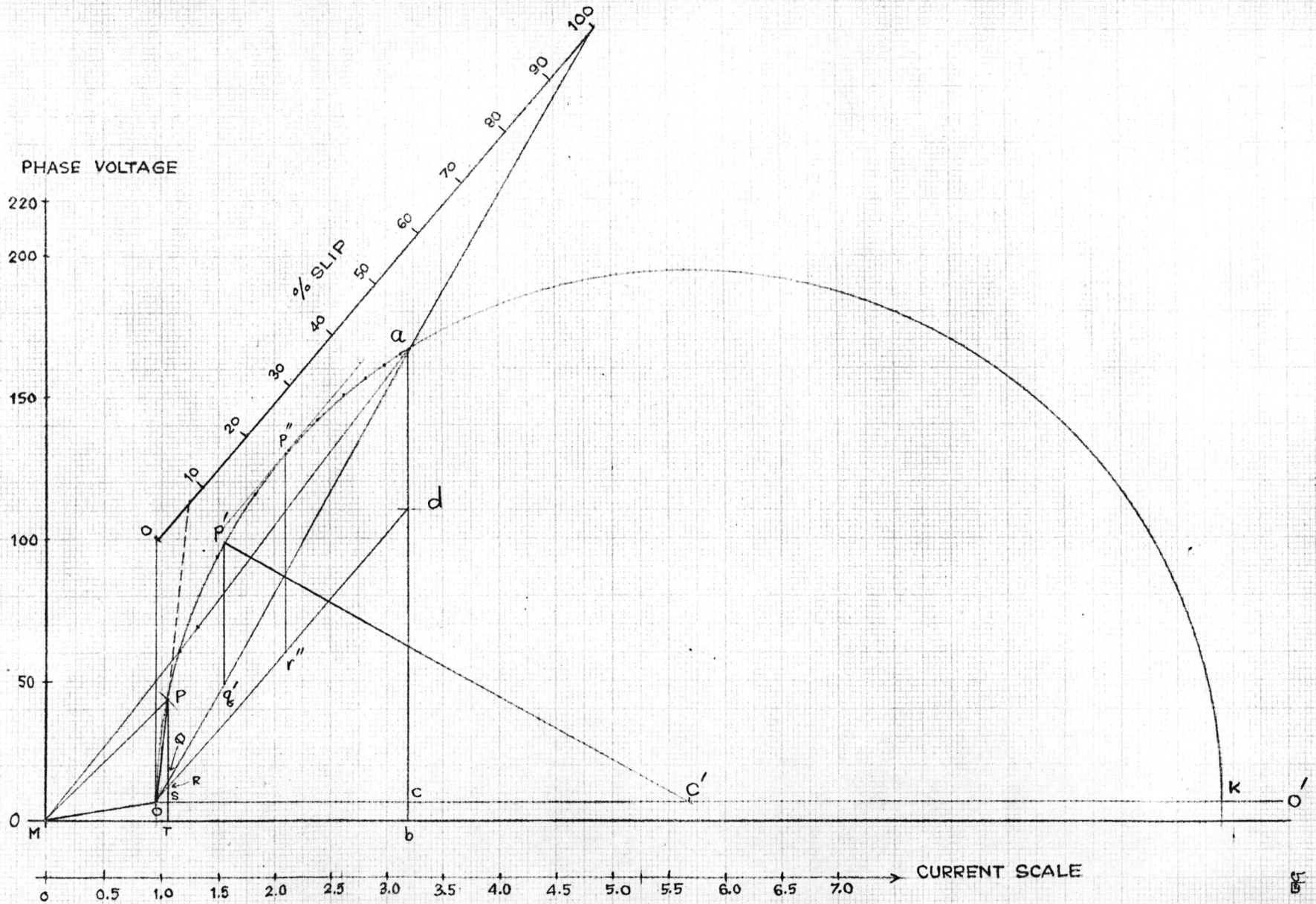


รูปที่ ๔.๙ วงจรสมมูลของมอเตอร์ที่สร้างขึ้น ขณะเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๒ โพล

๔.๒.๔ การทดสอบเมื่อมีโหลด (load test)

ทำการทดสอบเช่นเดียวกับเมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล คือ ใช้แรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (line to line voltage) เซสเตเตอร์

รูปที่ ๔.๑๐ CIRCLE DIAGRAM เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล



เท่ากับ ๓๕๐ โวลต์ และใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นโหลดของมอเตอร์
รูปที่ ๔.๑๑ แสดงคุณสมบัติในการทำงานของมอเตอร์เมื่อโหลดมีค่าต่าง ๆ กัน
เมื่อสลิปมีค่าตั้งแต่ ๐.๑ ขึ้นไป คุณสมบัติในการทำงานของมอเตอร์ที่แสดงในรูป
เป็นค่าที่หาได้จาก circle diagram เพราะไม่สามารถทำการทดสอบโดยวิธี
โหลดโดยตรงได้ ดังเหตุผลที่ได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อ ๔.๑.๔

จากการทดสอบและการคำนวณ เมื่อมอเตอร์จ่ายกำลังงานออกมาที่เพลา
เท่ากับ ๐.๕ แรงม้า มอเตอร์จะมีคุณสมบัติในการทำงานดังนี้

กระแสเข้าสแตเตอร์ในแต่ละสาย	= ๑.๒๖๗ แอมแปร์
กำลังงานเข้าสแตเตอร์ทั้งหมด	= ๕๖๗ วัตต์
กำลังงานสูญเสียเนื่องจากความฝืดและลมต้าน	= ๒ วัตต์
กำลังงานสูญเสียในแกนเหล็กทั้งหมด	= ๔๓.๘๓ วัตต์
กำลังงานสูญเสียในลวดทองแดงของสแตเตอร์ทั้งหมด	= ๑๐๓.๐๖ วัตต์
กำลังงานเข้าโรเตอร์	= ๔๑๘.๑๑ วัตต์
กำลังงานสูญเสียในลวดทองแดงของโรเตอร์ทั้งหมด	= ๔๕.๑๑ วัตต์
กำลังงานออกที่เพลลาของมอเตอร์	= ๓๗๓ วัตต์
	= ๐.๕ แรงม้า
แรงบิด (full load torque)	= ๒.๘๓ ฟุต/ปอนด์
ประสิทธิภาพ	= ๖๕.๗๘ %
เพาเวอร์แฟคเตอร์	= ๐.๖๘
ความเร็วที่เพลลาของมอเตอร์	= ๕๔๐ รอบ/นาที
สลิป	= ๐.๐๖

ค่าสูงสุด (maxima)

จาก circle diagram (รูปที่ ๔.๑๐) จะได้อาสูงสุดต่าง ๆ ของ
มอเตอร์ เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ดังนี้

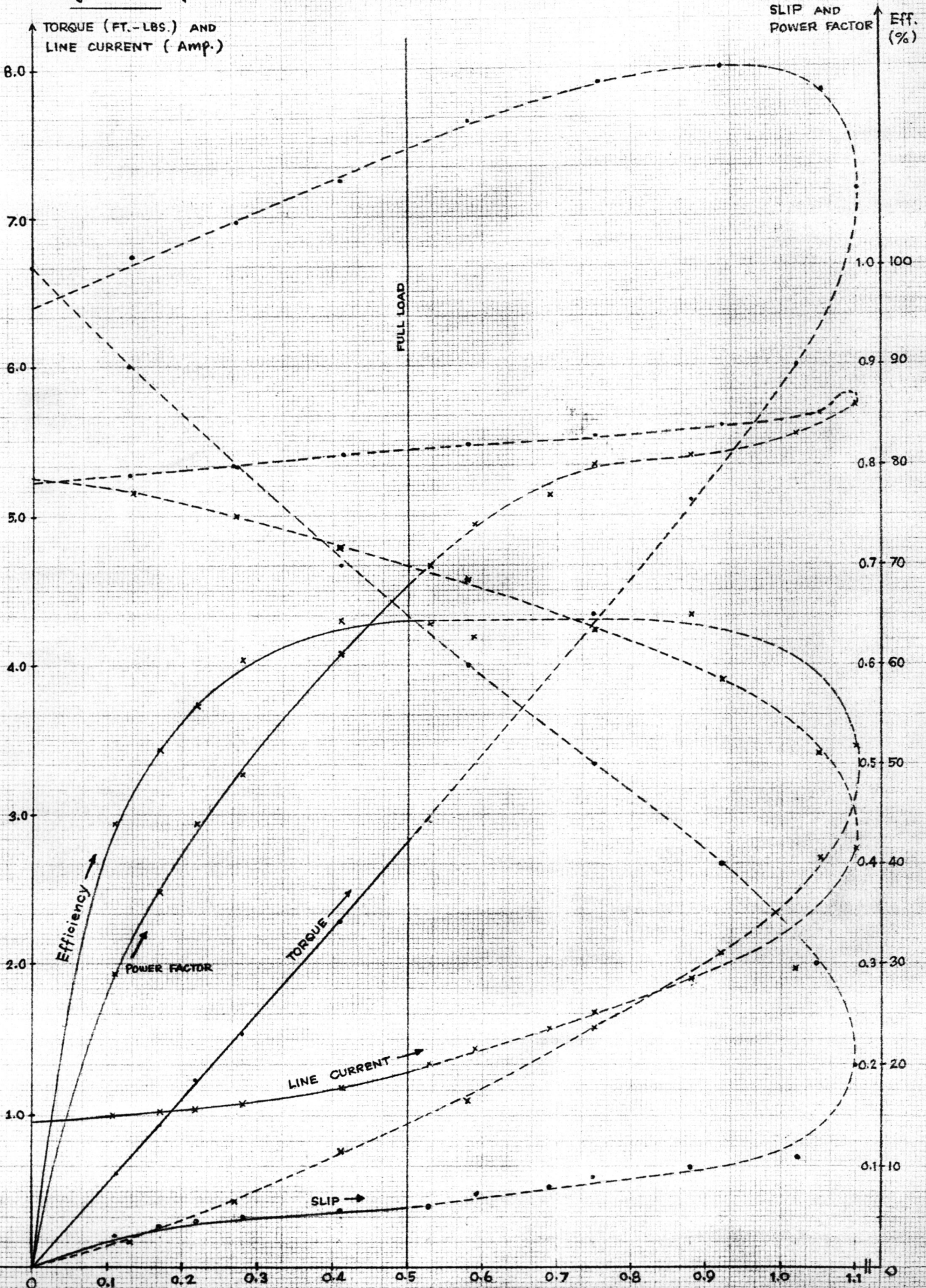
กำลังงานออกที่เพลลาสูงสุด	= ๘๒๘.๓๐ วัตต์
	= ๑.๑๑ แรงม้า

แรงบิดสูงสุด (pull out torque)	= ๘.๑๓๑๒ ฟุต/ปอนด์
อัตราส่วนของ full load torque/pull out torque	= ๐.๓๕
แรงบิดขณะสตาร์ท (starting torque)	= ๖.๕๗๕ ฟุต/ปอนด์
อัตราส่วนของ starting torque/full load torque	= ๒.๓๒๓

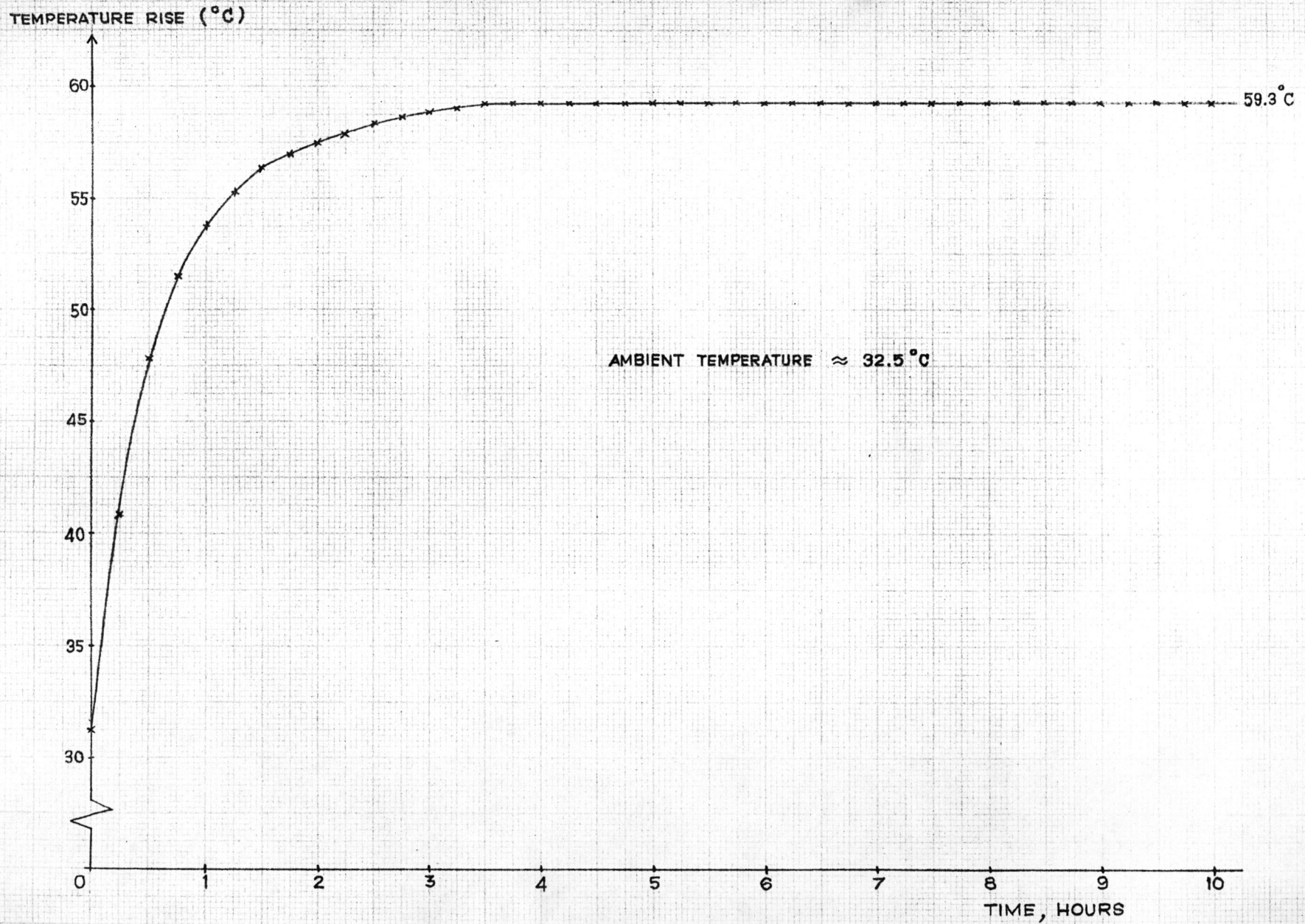
๔.๒.๕ การวัดอุณหภูมิขณะทำงาน (temperature rise measurement)

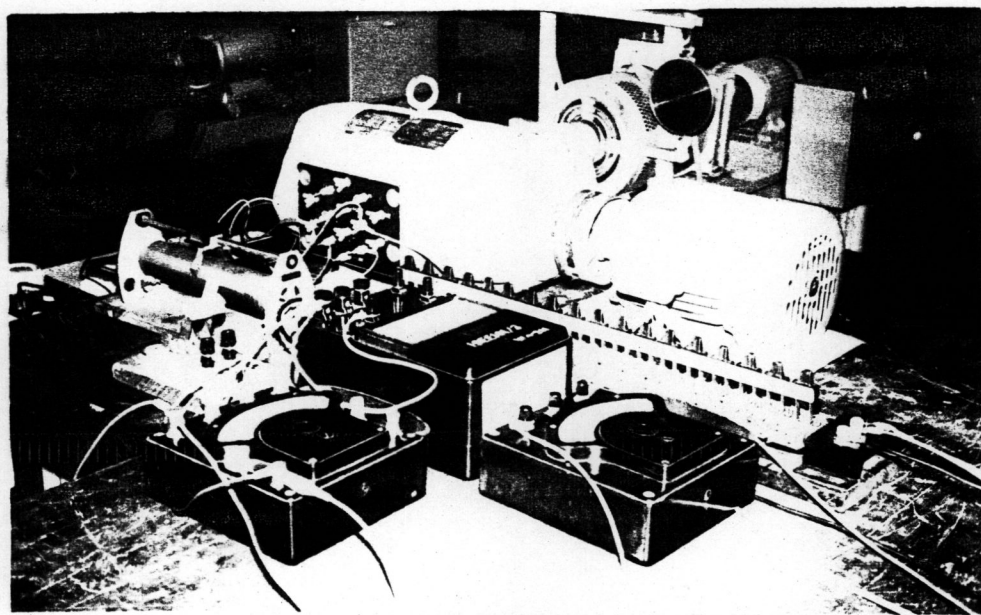
ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ ๔.๑๒ ซึ่งเป็นค่าของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะเมื่อมอเตอร์ทำงานที่ ๑๑๐% full load โดยมีกระแสเข้าสแตเตอร์ในแต่ละสาย (line current) ประมาณ ๑.๘ แอมแปร์ และมีกำลังงานออกที่เพลลาเท่ากับ ๐.๕๗๓ แรงม้า

รูปที่ ๔.๑๑ คุณสมบัติของมอเตอร์เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล

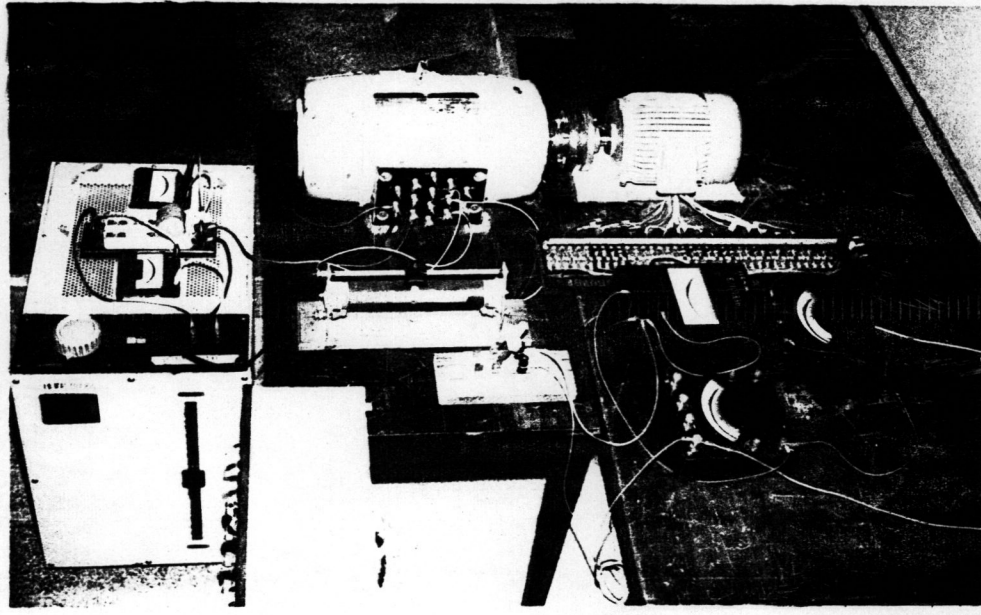


รูปที่ ๔.๑๒ อุณหภูมิขณะทำงานของมอเตอร์เมื่อเกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ที่ ๑๑๐% FULL LOAD





(A)



(B)

รูปที่ ๔.๑๓ (A,B) แสดงการทดสอบคุณสมบัติในการทำงานของมอเตอร์