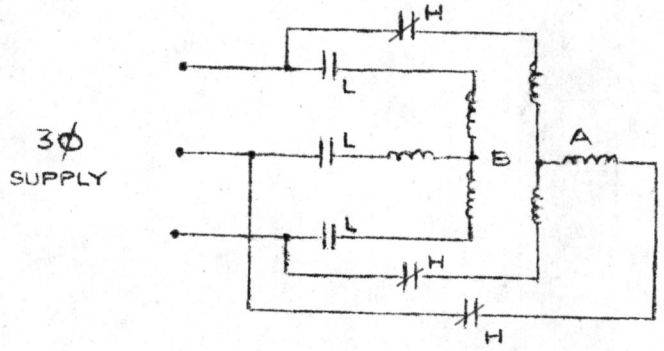
# บทที่ ๑

## บทนำ

ในวงการอุตสาหกรรมหรืองานทั่วๆ ไปที่ใช้มอเตอร์เป็นแหล่งจ่ายกำลังงานนั้น ส่วนใหญ่แล้วต้องการมอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วได้ ดังนั้นจึงต้องใช้มอเตอร์กระแสตรง หรือมอเตอร์กระแสสลับที่มีคอมมิวเตเตอร์ (commutator motor) ทั้ง ๆ ที่มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ (induction motor) มีโครงสร้างที่ง่ายกว่า มีความทนทานมากกว่า และต้องการการบำรุงรักษาน้อยกว่า อีกทั้งราคาก็ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ทั้ง ๒ ชนิดดังกล่าวข้างต้นที่มีขนาดเดียวกัน แต่เนื่องจากมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำนี้เป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วซิงโครนัส (synchronous speed) คงที่ จึงไม่สามารถที่จะนำมาใช้ได้กับงานที่ต้องการปรับค่าความเร็ว ด้วยเหตุนี้จึงได้มีผู้พยายามคิดค้นกันอย่างมากที่จะหาวิธีเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำเพื่อให้เปลี่ยนความเร็วได้หลายค่า เพราะจะทำให้นำมาใช้ในวงการอุตสาหกรรมได้อย่างแพร่หลาย และเกิดผลดีหลายประการดังที่กล่าวแล้วข้างต้น

การเปลี่ยนความเร็วที่เพลาของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำในตัวของมันเอง สามารถทำได้โดยทำให้ความเร็วซิงโครนัสของสนามแม่เหล็กภายในมอเตอร์เปลี่ยนค่าไป ความเร็วซิงโครนัสนี้จะขึ้นกับ ความถี่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามายังมอเตอร์ และขึ้นกับจำนวนโพลของสนามแม่เหล็กภายในมอเตอร์ที่ถูกออกแบบมา การเปลี่ยนแปลงเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งจะมีผลทำให้ความเร็วซิงโครนัสของมอเตอร์เปลี่ยนตามไปด้วย

ได้มีการพยายามทำการเปลี่ยนจำนวนโพลของสนามแม่เหล็กของมอเตอร์เพื่อให้ได้ความเร็วต่าง ๆ กันขณะใช้งาน โดยการออกแบบให้มีขดลวดสเตเตอร์มากกว่า ๑ ชุด และผลัดกันทำงานที่แต่ละความเร็ว[๑,๕,๘] วิธีนี้มีข้อเสียโดยที่ขดลวดชุดอื่นจะไม่ได้ใช้งานในขณะที่อีกชุดหนึ่งทำงานอยู่ และจะต้องสร้างสเตเตอร์ให้ใหญ่กว่าปกติเพื่อบรรจุขดลวดทั้งสองชุดหรือมากกว่า นอกจากนี้แล้วคุณสมบัติในการทำงานจะไม่ดีเนื่องจากต้องออกแบบให้มีร่อง (slot) สำหรับวางขดลวดลึกกว่าปกติ เพื่อให้รับจำนวนขดลวดต่าง ๆ ได้มากกว่าธรรมดา ทำให้มีค่า leakage reactance สูง ซึ่งเป็นผลให้ speed regulation ไม่ดี และ power factor ต่ำด้วย

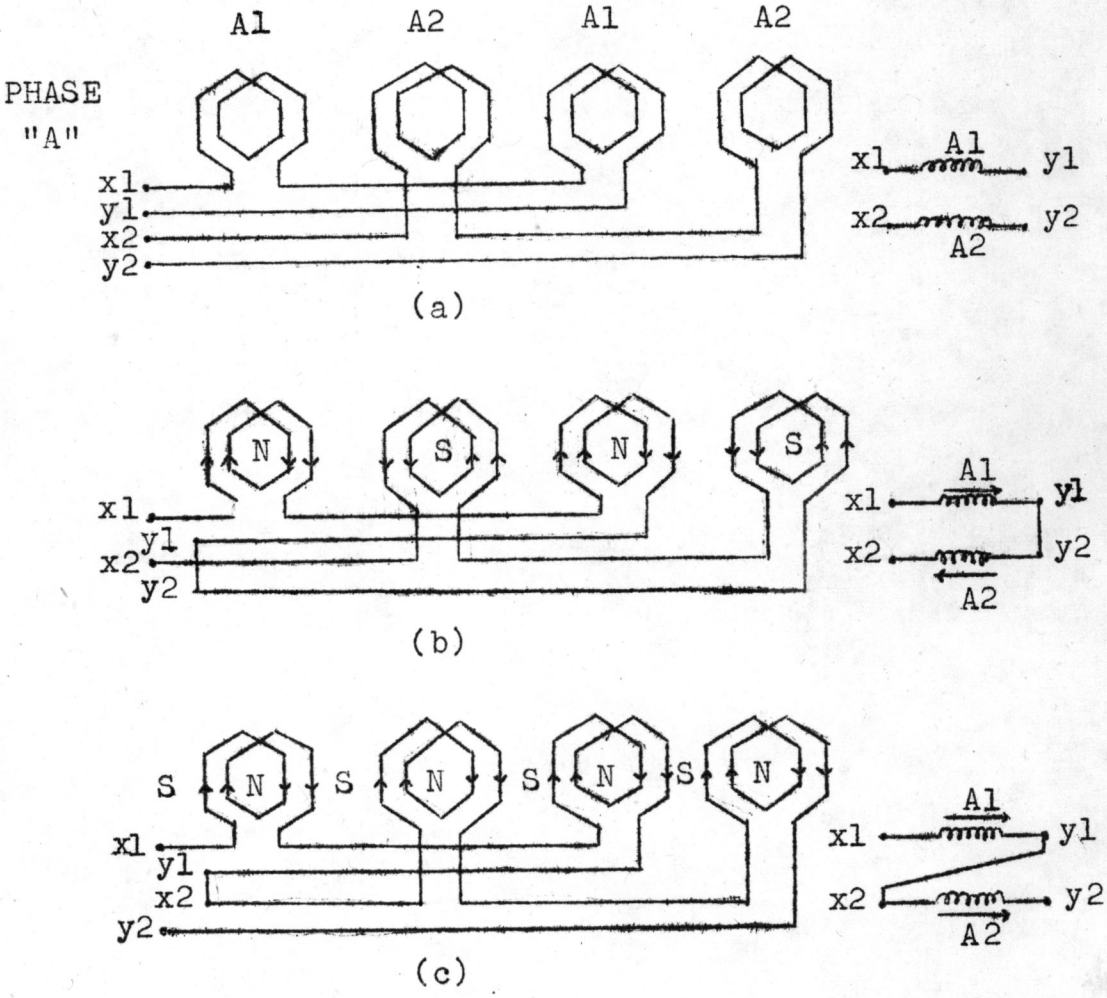



รูปที่ ๑.๑ วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบ ๓ เฟส โดยใช้ขดลวดสเตเตอร์ ๒ ชุด

## ๑.๑ การเปลี่ยนความเร็วโดยการเปลี่ยนจำนวนโพลของสนามแม่เหล็ก

ได้มีผู้พยายามที่จะเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนโพลของสนามแม่เหล็ก และใช้ขดลวดสเตเตอร์เพียงชุดเดียว เพื่อขจัดปัญหาที่เกิดขึ้นจากวิธีก่อนโดยใช้วิธี Consequent Pole Method[๖] วิธีนี้จะสามารถเปลี่ยนความเร็วได้เพียง ๒ ค่า ในอัตราส่วน ๒ : ๑ หรือ

๑ : ๒ เท่านั้น การเปลี่ยนความเร็วจะทำได้โดยใช้สวิทช์ภายนอกเข้าช่วย หลักการของวิธีนี้ก็คือ ขดลวดสเตเตอร์ที่มีเพียงชุดเดียวนั้น ในแต่ละเฟสจะถูกแบ่งออกเป็น ๒ ส่วนดังรูปที่ ๑.๒ เมื่อต่อขดลวดทั้ง ๒ ส่วนเข้าด้วยกันดังในรูปที่ ๑.๒ (b) จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล และถ้าต่อขดลวดทั้ง ๒ ส่วน เข้าด้วยกันดังรูปที่ ๑.๒(c) ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๘ โพล ซึ่งเป็นผลทำให้ความเร็วซิงโครนัสของมอเตอร์ลดลงครึ่งหนึ่งจากกรณีของ ๔ โพล




รูปที่ ๑.๒ การเปลี่ยนความเร็วโดยวิธี Consequent Pole

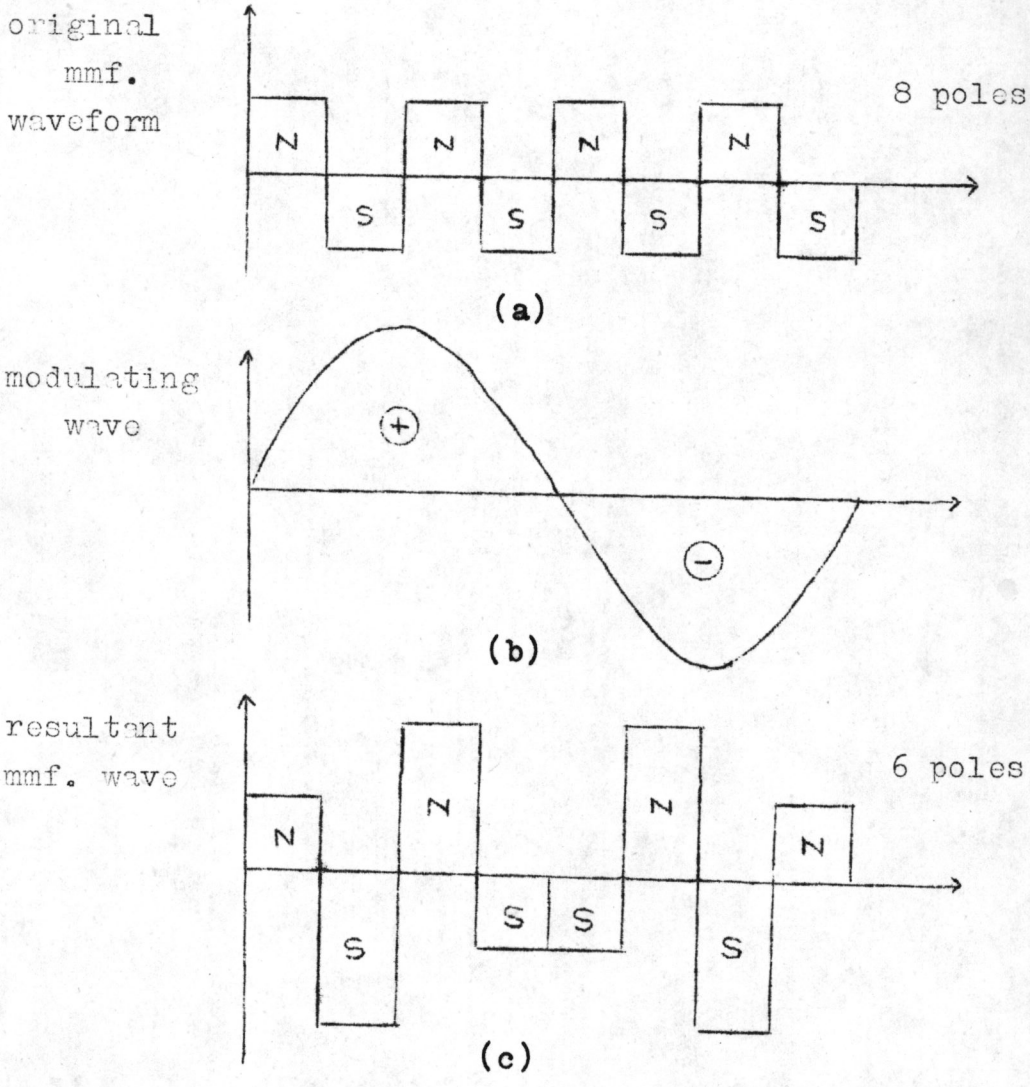
(a) ขดลวดสเตเตอร์ในแต่ละเฟสของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบ ๓ เฟส จะถูกแบ่งออกเป็น ๒ ชุด

(b) การต่อขดลวดทั้ง ๒ ชุดเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๔ โพล

(c) การต่อขดลวดทั้ง ๒ ชุดเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๘ โพล

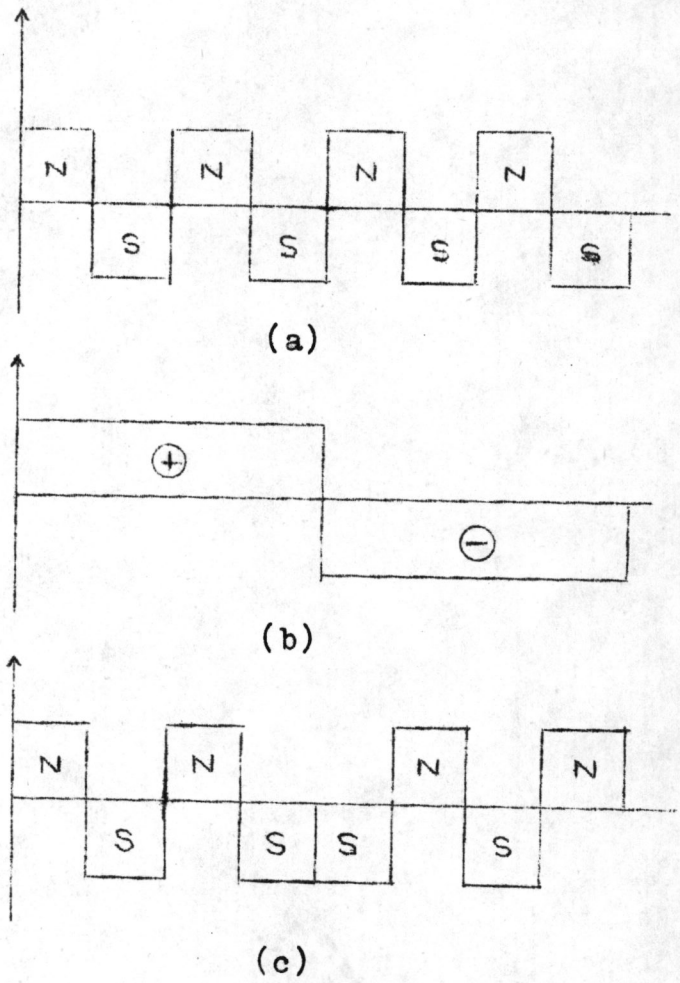
การเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบ ๓ เฟส และใช้ขดลวดสเตเตอร์เพียงชุดเดียว อีกวิธีหนึ่งมีชื่อว่าวิธี Pole Amplitude Modulation (๑๔) วิธีนี้ใช้สวิทช์ภายนอกควบคุมการต่อวงจรเช่นเดียวกับวิธี Consequent Pole Method แต่ดีกว่า เพราะสามารถเปลี่ยนความเร็วในอัตราส่วนที่แตกต่างไปจาก ๒ : ๑ หรือ ๑ : ๒ ได้ด้วย วิธีนี้มีความคิดพื้นฐานดังนี้

ถ้าสนามแม่เหล็กแบบ ๘ โพล ดังรูปที่ ๑.๓ (a) ถูก modulate ด้วย sine wave ในรูปที่ ๑.๓ (b) จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ดังรูปที่ ๑.๓ (c)



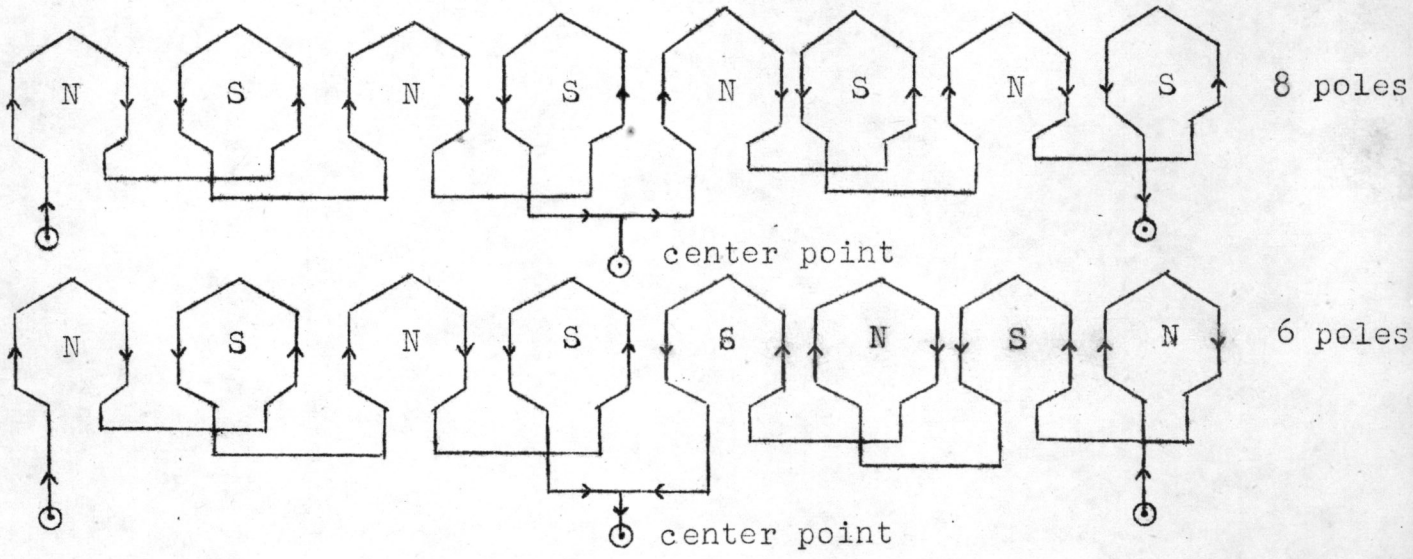

รูปที่ ๑.๓ Pole Amplitude Modulation

ในทางปฏิบัติสามารถทำได้โดยใช้ ๑ cycle ของ rectangular wave มาแทน sine wave ซึ่งจะได้ผลออกมาดังแสดงในรูป ๑.๔

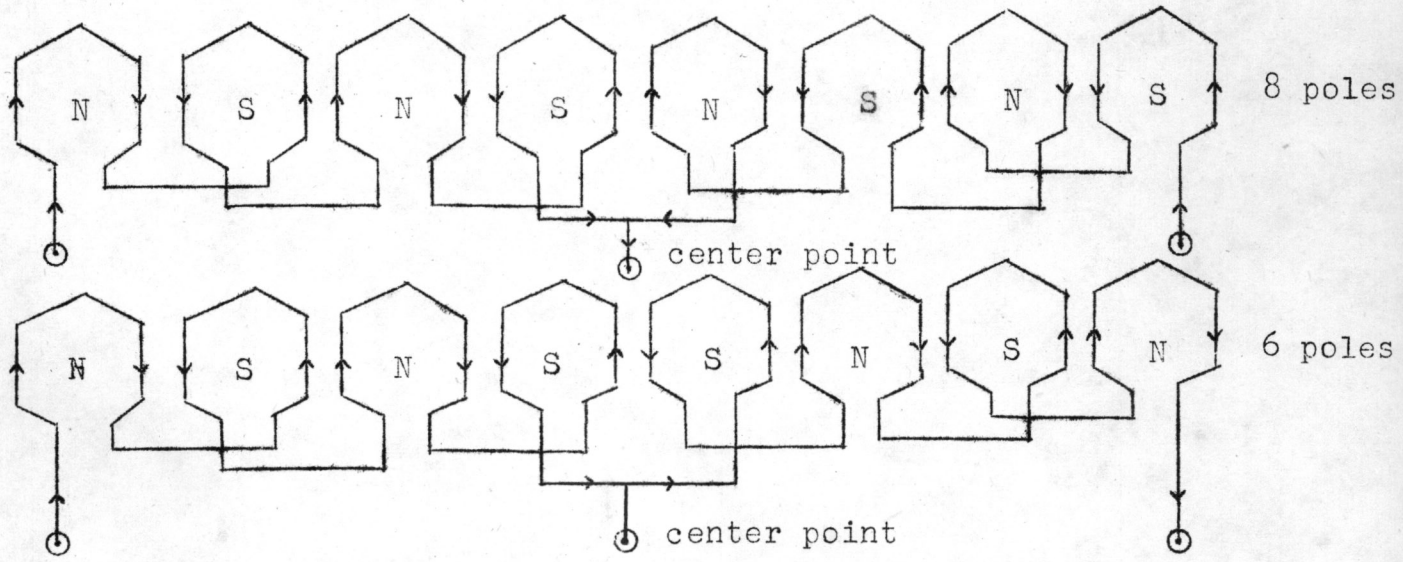



รูปที่ ๑.๔

จากรูปที่ ๑.๔ (c) จะเห็นว่าหลังจาก modulateแล้วจะได้สนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพล ก็จริง แต่ขนาดของโพลจะไม่เท่ากันทั้งหมด เปรียบเสมือนกับว่ามี harmonic เกิดขึ้น การmodulate ด้วย rectangular wave นี้ในทางปฏิบัติสามารถทำได้โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในครึ่งหลังของขดลวดในแต่ละเฟส (reversing one half of the winding with




(a)



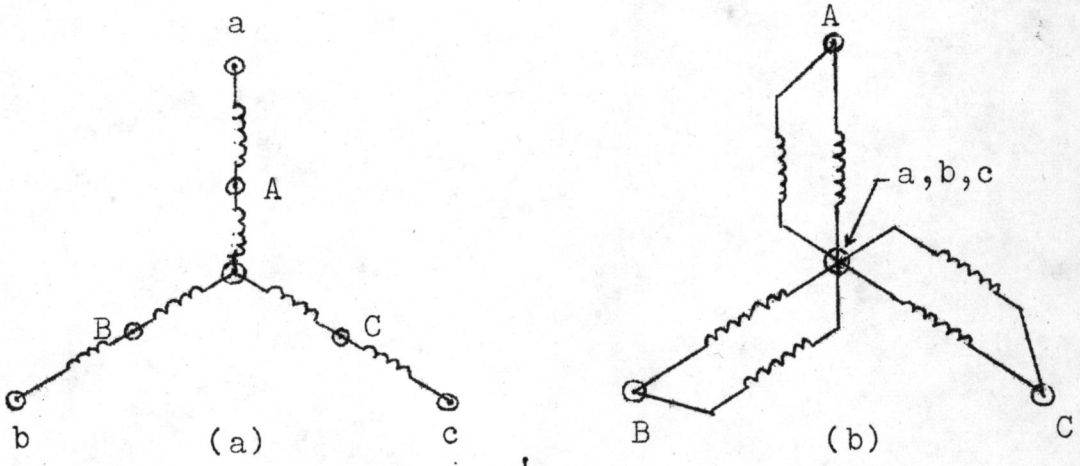

(b)

รูปที่ ๑.๕

(a) series : unmodulated
parallel : modulated
3 leads out / phase

(b) parallel : unmodulated
series : modulated
3 leads out / phase

respect to the other half) ดังตัวอย่างในรูปที่ ๑.๕ จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนจำนวนโพลของสนามแม่เหล็กโดยวิธีนี้จะทำให้สามารถต่อวงจรได้หลายแบบ ในรูปที่ ๑.๕(a) เป็นการต่อวงจรของขดลวดเพียง ๑ เฟส เท่านั้น แต่ถ้านำทั้ง ๓ เฟสมาต่อเข้าด้วยกันแล้วก็จะสามารถเปลี่ยนความเร็วได้โดยใช้สวิทช์ช่วยในการจัดวงจรให้เป็นแบบ series-star หรือ parallel-star ซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ๘ โพลและ ๖ โพลตามลำดับ ในการต่อวงจรเพื่อเปลี่ยนความเร็วแบบ series-star (8 poles) / parallel-star (6 poles) นี้จะเห็นว่าต้องการขั้วที่ต่อออกมายังสวิทช์ภายนอกเพียง ๖ ขั้วเท่านั้น คือ A,B,C และ a,b,c ดังแสดงในรูปที่ ๑.๖




รูปที่ ๑.๖

จากรูปที่ ๑.๖ (a) กระแสจากสายส่งป้อนเข้าที่จุด a,b,c ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๘ โพล

จากรูปที่ ๑.๖ (b) เพียงแต่นำขั้ว a,b,c มาต่อเข้าด้วยกันและป้อนไฟจากสายส่งเข้าที่จุด A,B,C ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กแบบ ๖ โพลตามต้องการ

นอกจากนี้แล้วการเปลี่ยนจำนวนโพลของสนามแม่เหล็กเป็น ๘ โพล และ ๖ โพล ยังสามารถทำได้อีกวิธีหนึ่งโดยใช้การต่อวงจรแบบ parallel-star (8 poles) / series-delta (6 poles) ดังแสดงในรูปที่ ๑.๕(b)

การเปลี่ยนจำนานโพลของสนามแม่เหล็กโดยวิธี P.A.M. นี้จะมี harmonic เกิดขึ้นมาก จากรูปที่ ๑.๕(a,b)เมื่อเปลี่ยนจาก ๘ โพลมาเป็น ๖ โพล พบว่าจะมี harmonicของ ๑๐ โพลเกิดขึ้นด้วย การลด harmonic สามารถทำได้หลายวิธี[๑๔] แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนความเร็วโดยวิธีนี้จะทำให้มอเตอร์มีคุณสมบัติในการทำงานที่ความเร็วทั้งสองนั้นแตกต่างกัน

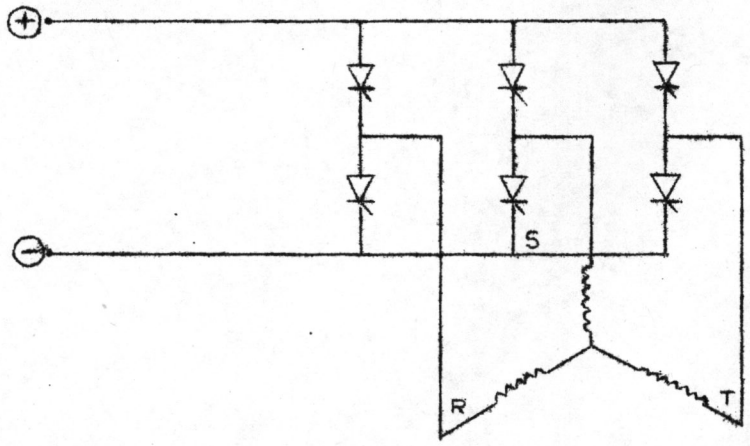
วิธี P.A.M. นี้ เมื่อใช้ในการเปลี่ยนจำนวนโพลของสนามแม่เหล็กให้เป็นทวีคูณของ ๓ เช่น ๓,๖,๙,๑๒,.... โพล นอกจากจะเกิด harmonic ใน m.m.f. wave แล้ว ยังทำให้เกิดกรณีไม่สมดุลย์ (unbalance) ระหว่าง phase อีกด้วย ได้มีผู้พยายามแก้ข้อเสีย ๒ ข้อนี้ กล่าวคือ G.H. Rawcliffe และ W. Fong[๑๕] ได้ใช้วิธีที่เรียกว่า "Asymmetrical P.A.M." ซึ่งหลักการก็คล้ายกับวิธี P.A.M. ธรรมดา เพียงแต่มีการกำจัดขดลวดบางชุดออกไปในขณะที่ modulate นอกจากนี้ยังมีวิธี "Closed-Ratio Phase Modulated Change Pole Machines with Improved Winding Balance" ของ J.F. Eastham[๑๖] ซึ่งแก้ข้อเสีย ๒ ข้อข้างต้นของวิธี P.A.M. โดยการพันขดลวดเพิ่มขึ้นในบาง coil และเรียกขดลวดที่พันเพิ่มขึ้นนี้ว่า "inter-leave winding" ในขณะที่ modulate ขดลวดที่พันเพิ่มเข้ามานี้จะถูกต่อเข้ามาในวงจรของขดลวดสเตเตอร์ด้วย ซึ่งสามารถช่วยลด harmonic และช่วยให้กระแสที่ไหลในขดลวดสเตเตอร์ทั้ง ๓ เฟส balance ได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามวิธีแก้ทั้ง ๒ แบบนี้ก็ยังไม่สามารถกำจัดข้อเสียเกี่ยวกับเรื่องของ harmonic และ unbalance ได้อย่างสมบูรณ์

วิธีการเปลี่ยนความเร็วโดยการเปลี่ยนจำนวนโพลของสนามแม่เหล็กนี้มีข้อจำกัดที่ว่า สามารถใช้ได้กับเฉพาะมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีโรเตอร์เป็นแบบ squirrel cage เท่านั้น

๑.๒ การเปลี่ยนความเร็วโดยการเปลี่ยนค่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสเตเตอร์

การเปลี่ยนความเร็วโดยวิธีนี้ต้องใช้ induction frequency converter [๕,๖] หรือ alternator ที่สามารถปรับค่า generated voltage และ output frequency เข้ามาควบคุมความเร็ว วิธีนี้มีข้อดีที่สามารถควบคุมความเร็วได้ในช่วงที่กว้างมากและควบคุมได้อย่างต่อเนื่อง (continuous) แต่มีข้อเสียในด้านความสิ้นเปลือง เพราะต้องอาศัยอุปกรณ์ควบคุมความถี่ที่สามารถปรับค่าแรงดันได้ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวนี้มีราคาค่อนข้างสูง

การเปลี่ยนความเร็วโดยการเปลี่ยนค่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเข้าสเตเตอร์ อาจทำได้อีกวิธีหนึ่งโดยใช้ thyristor [๑๒] จากรูปที่ ๑.๗ เป็นวงจร inverter วงจรนี้ใช้ thyristor ๖ ตัว ต่อแบบ bridge ซึ่ง thyristor ในแต่ละขาของวงจรจะถูกจุดชนวนให้นำกระแสเป็น sequence เพื่อที่จะทำให้แรงดันเกิดขึ้นในขดลวดของมอเตอร์มีเฟสต่างกัน ๑๒๐° รูปร่างของแรงดัน output ที่เกิดขึ้นจะเป็น step คือมี harmonic เกิดขึ้นมาก แต่ก็สามารถลดได้โดยการต่อ inverter อีกตัวหนึ่งซึ่งมี output displace ไป ๖๐° จาก output ของ inverter ตัวแรก ความถี่ของ output สามารถควบคุมได้ด้วยการจุดชนวนที่เกท (gate) ของ thyristor วิธีนี้มีข้อเสียเพราะมีกำลังงานสูญเสียมากเนื่องจาก harmonic ของ output



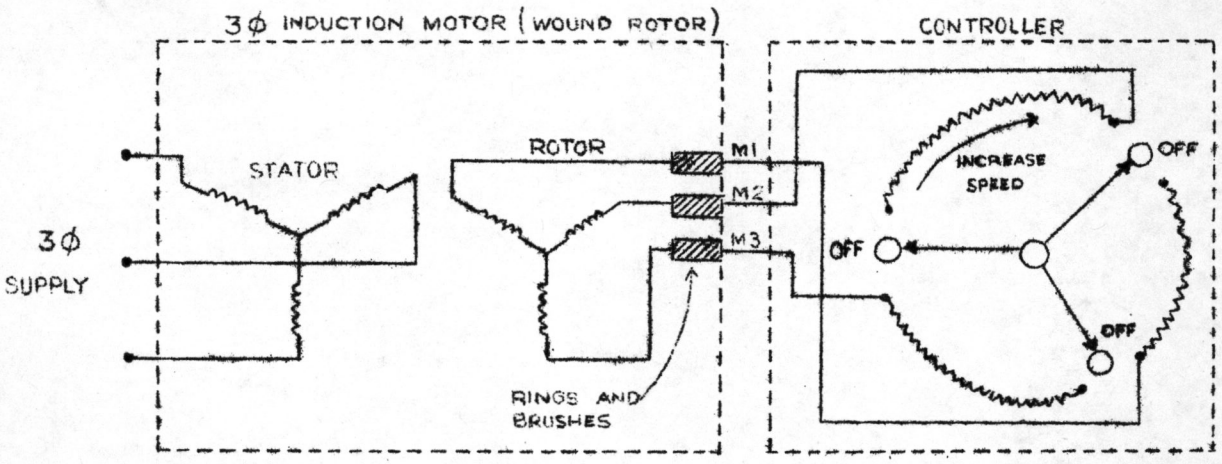

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รูปที่ ๑.๗ วงจร frequency inverter แบบเบื้องต้น

## ๑.๓ การเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์โดยการเปลี่ยนค่าสลิป

### ๑.๓.๑ Rheostatic Speed Control

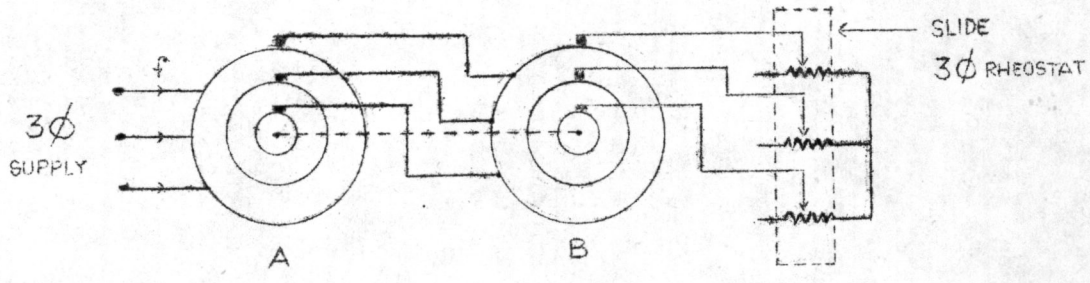
การใช้วงจรภายนอกเข้าเสริมกับมอเตอร์ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่พยายามทำกันโดยมีจุดประสงค์ที่จะควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดนี้ วิธีหนึ่งที่ใช้กันก็คือ การเปลี่ยนค่าความต้านทานในวงจรโรเตอร์ (๕) (Rheostatic Speed Control) วิธีนี้ใช้ได้กับมอเตอร์ชนิด wound rotor motor เท่านั้น โดยการต่อความต้านทานภายนอกชนิดเปลี่ยนค่าได้เข้ากับวงจรของโรเตอร์ เนื่องจากค่าสลิป (slip) ของมอเตอร์เปลี่ยนตามค่าความต้านทานในวงจรของโรเตอร์ ดังนั้นเมื่อค่าความต้านทานภายนอกที่ต่ออยู่ถูกทำให้เปลี่ยนไป ค่าสลิปของมอเตอร์ก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย เป็นผลให้ความเร็วของโรเตอร์เปลี่ยนไป




รูปที่ ๑.๘ การเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์โดยวิธีเปลี่ยนค่าความต้านทานในวงจรโรเตอร์ (Rheostatic Speed Control)

**๑.๓.๒ Concatenation Method**

นอกจากวิธี Rheostatic Speed Control แล้ว ยังมีวิธี The Concatenation or Tandem or Cascade Method (๕) ซึ่งวิธีนี้ต้องใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำถึง ๒ ตัว ตัวหนึ่งต้องเป็นแบบ wound rotor motor อีกตัวหนึ่งจะเป็นแบบ squirrel cage motor หรือ wound rotor motor ก็ได้ วิธีการก็คือจะนำมอเตอร์ทั้ง ๒ ตัวมาต่อ cascade กันดังรูปที่ ๑.๙ แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสเตเตอร์ของมอเตอร์ B ได้จากแรงดันที่เกิดขึ้นในโรเตอร์ของมอเตอร์ A แล้วส่งผ่านออกมาทาง slip rings ในการเปลี่ยนความเร็วทำได้โดยการต่อให้สนามแม่เหล็กหมุน (revolving magnetic field) ในสเตเตอร์ของมอเตอร์ทั้ง ๒ ตัวหมุนตามกันหรือหมุนสวนทางกัน ถ้าหมุนตามกันจะได้ความเร็วที่แกนประมาณ $\frac{120\ f}{P_A+P_B}$ และเมื่อหมุนสวนทางกันจะได้ความเร็วประมาณ $\frac{120\ f}{P_A-P_B}$ โดยที่ $P_A$ และ $P_B$ เป็นจำนวนโพลของสนามแม่เหล็กภายในมอเตอร์ A และมอเตอร์ B ตามลำดับ นอกจากนี้แล้วเรายังปรับความเร็วได้อีก ๒ ค่า คือให้มอเตอร์แต่ละตัวผลัดกันทำงาน ระบบนี้จึงเปลี่ยนความเร็วของเครื่องได้ ๔ ค่า ในกรณีที่ B เป็น wound rotor motor ดังแสดงในรูปที่ ๑.๙ จะทำให้สามารถนำความต้านทานที่ปรับค่าได้มาต่อเข้ากับโรเตอร์ของ B ได้อีกด้วย การทำเช่นนี้จะช่วยให้ปรับแต่งความเร็วได้ละเอียดขึ้นไปอีก



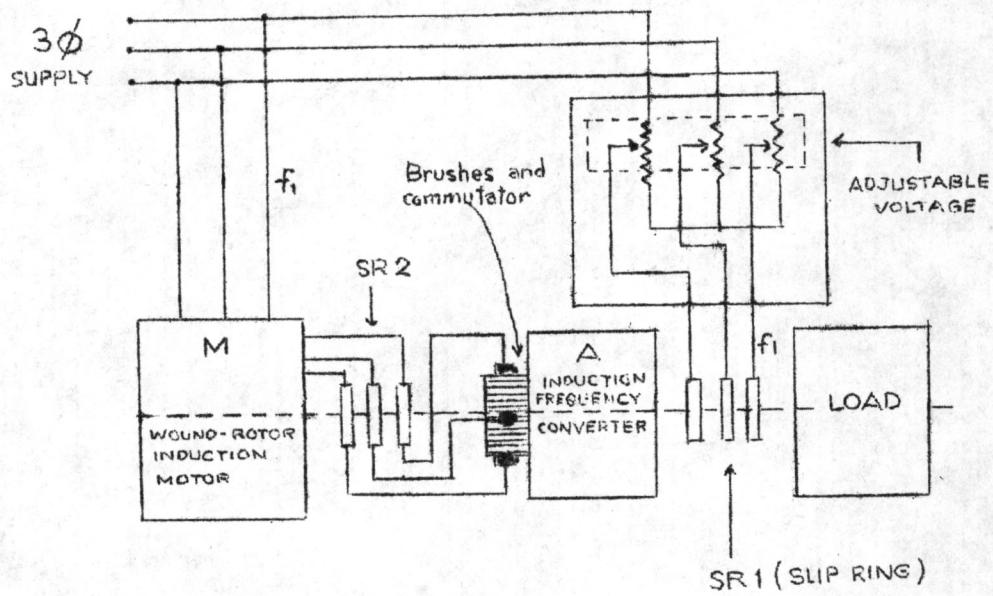

รูปที่ ๑.๙ Concatenation Connection

## ๑.๓.๓ การเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบ ๓ เฟส โดยการเปลี่ยนค่าแรงดันในวงจรของโรเตอร์

เราสามารถเปลี่ยนหรือปรับแรงดันที่เกิดจากการเหนี่ยวนำในวงจรของโรเตอร์ (rotor induced voltage) ได้โดยใช้ frequency converter หรือ variable frequency device ต่อเข้ากับวงจรของโรเตอร์เพื่อจ่ายแรงดันจากภายนอกให้แก่โรเตอร์ โดยที่แรงดันจากภายนอกนี้ต้องมีความถี่เท่ากับความถี่ของแรงดันที่เหนี่ยวนำขึ้นในโรเตอร์ (slip frequency = $sf_1$) วิธีนี้ใช้ได้กับเฉพาะมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ wound rotor motor เท่านั้น แต่มีข้อดีที่สามารถปรับค่าความเร็วของมอเตอร์ให้สูงกว่าความเร็วซิงโครนัสได้ การเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์แบบนี้ มีวิธีที่ใช้ต่าง ๆ กันดังนี้

### ๑.๓.๓.๑ The LebLanc Exciter (๕,๖)

หลักการของวิธีนี้ก็คือจะนำ M ซึ่งเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ต้องการเปลี่ยนความเร็วไป coupling กับ auxiliary regulating machine (induction frequency converter) ซึ่งมีลักษณะเป็น commutating machine ดังรูปที่ ๑.๑๐ จาก auxiliary machine A จะมี brushes ต่อไปยัง tap-changing transformer เราสามารถควบคุมขนาดของ brush voltage โดยการปรับ ratio ของ regulating transformer หรือโดยการปรับตำแหน่งของ brushes ของ frequency converter ก็ได้ brush voltage นี้จะถูกป้อนไปยังโรเตอร์ของมอเตอร์ M ที่ต้องการควบคุมความเร็วโดยผ่านทาง SR2 เมื่อทำให้ brush voltage ไปเสริมกับ induced rotor voltage ที่เกิดขึ้นเองในโรเตอร์ของมอเตอร์ M ก็จะทำให้ความเร็วของมอเตอร์ M เพิ่มขึ้น

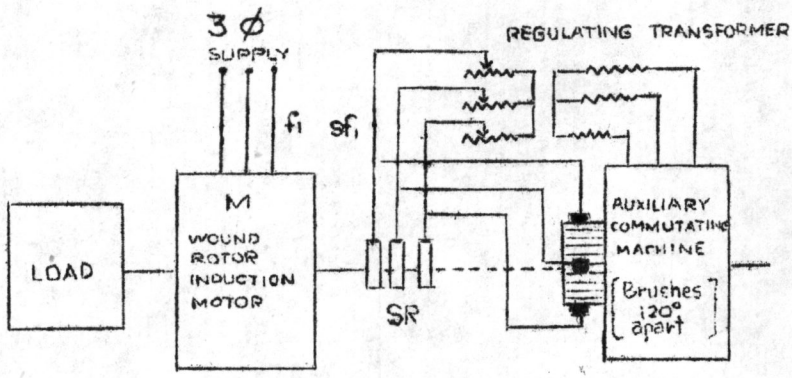



รูปที่ ๑.๑๐ วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบ wound rotor motor (๓ เฟส) โดยวิธีของ Leblanc

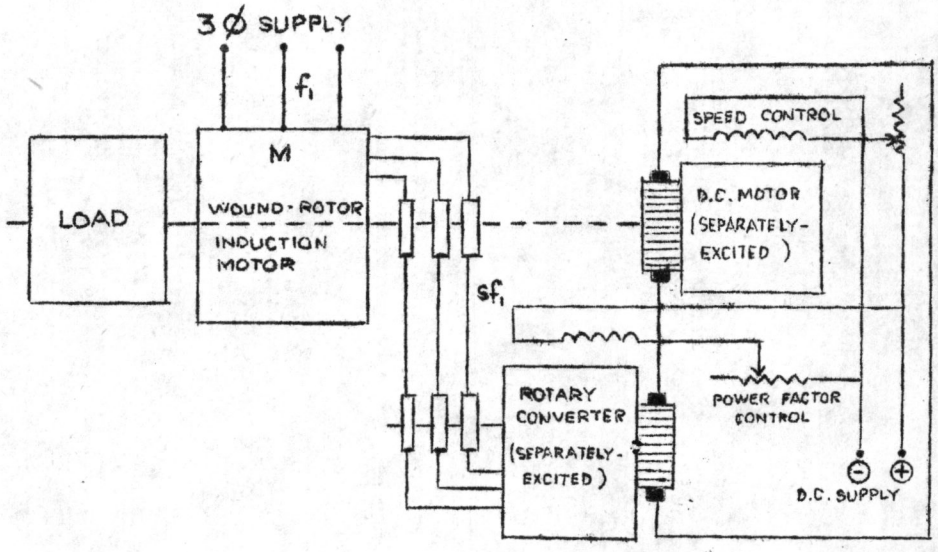
๑.๓.๓.๒ The Krämer System (๕)

วิธีนี้ใช้กับ wound rotor motor เช่นกัน โดยมี auxiliary commutating machine และ regulating transformer ช่วยในการเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ M วงจรควบคุมความเร็วโดยวิธีนี้ดังแสดงในรูปที่ ๑.๑๑ การปรับ transformation ratio ของ regulating transformer จะทำให้ขนาด (magnitude) ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าในโรเตอร์ของมอเตอร์ทั้ง ๒ เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นผลให้ความเร็วของ main motor (M) เปลี่ยนตามไปด้วย

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ wound rotor motor โดยวิธีของ Krämer อีกแบบหนึ่ง แสดงในรูป ๑.๑๒




รูปที่ ๑.๑๑ วงจรการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบวาว – โรเตอร์ (๓ เฟส) โดยวิธีของ Krämer




รูปที่ ๑.๑๒ วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบวาว – โรเตอร์ (๓ เฟส) โดยวิธี Modified Krämer System

วิธี Modified Krämer System นี้เป็นวิธีที่ดัดแปลงขึ้นเพื่อให้ได้กำลังม้าคงที่ในทุกความเร็ว D.C.excitation ของมอเตอร์กระแสตรงและของ frequency converter (rotary converter) ได้จาก exciter ตัวเล็ก ๆ ที่ต่ออยู่บน shaft เดียวกันกับมอเตอร์ M ที่ต้องการควบคุมความเร็ว การควบคุมความเร็วของ M สามารถทำได้โดยการปรับ field excitation ของ D.C. motor เมื่อลด excitation ของ D.C. motor จะทำให้ D.C. motor หมุนเร็วขึ้น และจะไปฉุดให้มอเตอร์ M หมุนเร็วขึ้นด้วย เมื่อต้องการลดความเร็วของมอเตอร์ M D.C.motor จะทำหน้าที่เป็นโหลดของมอเตอร์ M หน้าที่สำคัญของ rotary converter ก็คือเป็นตัวควบคุม power factor ของมอเตอร์ M

(๕)

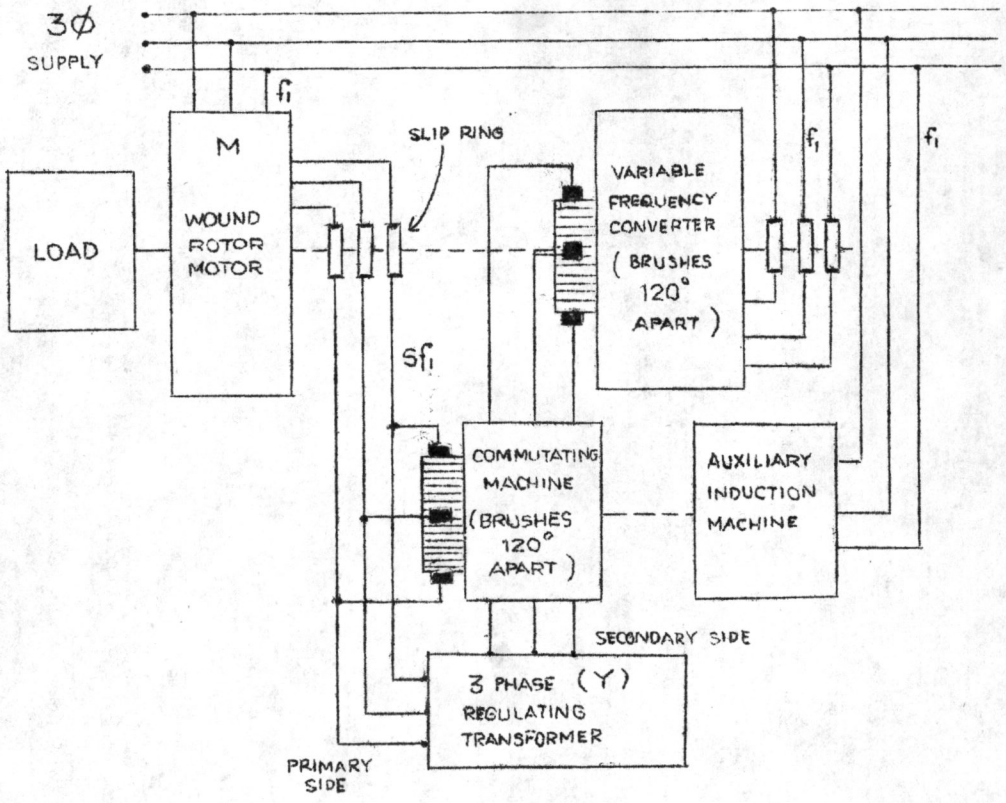
**๑.๓.๓.๓ The Scherbius System**

วิธีนี้ต่างกับวิธีของ Krämer ที่ว่า commutating machine ไม่ได้ coupling โดยตรงกับมอเตอร์ M ที่ต้องการควบคุมความเร็ว ดังแสดงในรูปที่ ๑.๑๓ ความเร็วของมอเตอร์ M จะถูกควบคุมโดย brush voltage ของ commutating machine โดยที่ขนาด (magnitude) ของ brush voltage จะเปลี่ยนแปลงไปตาม transformation ratio ของ regulating transformer เพราะการเปลี่ยน ratio ของ transformer จะทำให้ excitation ของ commutating motor เปลี่ยนไป

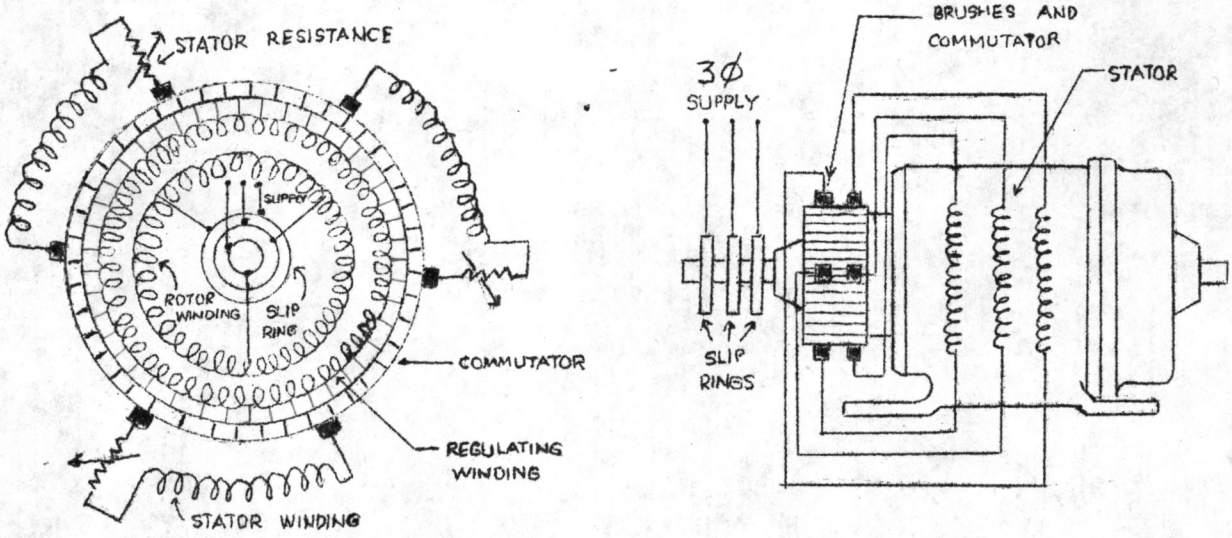
variable frequency converter จะทำหน้าที่เหมือน frequency converter ในวิธีของ Leblanc คือจะช่วยควบคุมความเร็วให้ได้ละเอียดดียิ่งขึ้น วิธีนี้จะให้ speed regulation ที่ดีมาก

004848

i 17399694




รูปที่ ๑.๑๓ วงจรการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบวาว – โรเตอร์ (๓ เฟส) โดยวิธีของ Scherbius




รูปที่ ๑.๑๔ มอเตอร์แบบ Schrage

## ๑.๓.๔ The Schrage Brush Shift Adjustable Speed Motor (๖,๗)

การเปลี่ยนความเร็วโดยวิธีนี้ไม่ต้องใช้ auxiliary device ช่วย เหมือนวิธีก่อน ๆ ที่กล่าวมาแล้ว รูปที่ ๑.๑๔ เป็น diagram แสดงโครงสร้างของมอเตอร์ชนิดนี้ โดยมี primary winding อยู่ในโรเตอร์ ซึ่งแตกต่างจากมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำทั่ว ๆ ไป primary winding นี้จะต่อเข้ากับสายส่งโดยผ่านทาง slip rings และ brushes ส่วน secondary winding จะอยู่ในสเตเตอร์ นอกเหนือจาก primary winding และ secondary winding แล้ว ยังมี winding ชุดพิเศษที่เรียกว่า regulating winding อยู่ใน slot ของโรเตอร์อีกด้วย โดยที่ขดลวดชุดนี้จะต่อเข้ากับ commutator การควบคุมความเร็วสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของ brushes ซึ่ง brushes ทั้ง ๓ คู่นั้นจะเปลี่ยนตำแหน่งไปในลักษณะเดียวกันตลอดเวลา การควบคุมความเร็วด้วยวิธีนี้เหมาะที่จะใช้กับมอเตอร์ขนาดต่ำกว่า ๕๐ แรงม้า โดยจะให้ประสิทธิภาพสูง และยังมี starting torque, breakdown torque ตลอดจน speed regulation ที่ดีด้วย

## ๑.๓.๕ The Rossman Drive (๕,๖)

วิธีนี้ใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบพิเศษ ซึ่งมีโรเตอร์เป็นแบบ squirrel cage และมีสเตเตอร์ที่สามารถหมุนได้ สเตเตอร์จะถูกหมุนโดย D.C. motor ซึ่งสามารถควบคุมความเร็วได้ เมื่อสเตเตอร์ถูกทำให้หมุนในทิศทางตรงข้ามกับ rotating magnetic field ความเร็วของโรเตอร์ที่หมุนจะช้ากว่าขณะเมื่อสเตเตอร์หยุดนิ่งอยู่กับที่ กล่าวคือปกติถ้าสเตเตอร์หยุดนิ่งอยู่กับที่ โรเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัสเล็กน้อย สมมุติหมุนที่ความเร็ว N1 รอบต่อนาที ในขณะที่ทำให้สเตเตอร์หมุนในทิศทางตรงข้ามกับ rotating magnetic field ด้วยความเร็ว N2 รอบต่อนาที จะทำ

ให้ความเร็วของโรเตอร์เปลี่ยนไปเป็น N1-N2 รอบต่อนาที ดังนั้นเมื่อสเตเตอร์ถูกทำให้หมุนในทิศทางตรงข้ามกับ rotating magnetic field ด้วยความเร็ว N1 รอบต่อนาที โรเตอร์จะหยุดหมุนทันที ในทางกลับกันถ้าทำให้สเตเตอร์หมุนในทิศทางเดียวกันกับ rotating magnetic field ด้วยความเร็ว N2 รอบต่อนาที จะทำให้โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วเท่ากับ N1+N2 รอบต่อนาที วิธีนี้สามารถควบคุมความเร็วได้ในช่วงกว้างมาก แต่เนื่องจากมอเตอร์แบบนี้มีราคาแพงและต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง จึงไม่มีผู้นิยมใช้

นอกจากวิธีต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ก็ได้มีผู้พยายามเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิด ๓ เฟส โดยใช้สายพาน และเกียร์ แต่ก็มีข้อเสียที่ว่าต้องติดตั้งระบบทางกล (mechanical system) เพื่อช่วยในการเปลี่ยนความเร็ว ซึ่งทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียในเรื่องของความฝืด ลมต้าน และอื่น ๆ เพิ่มเติมขึ้นมาด้วย

จากวิธีต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมด จะเห็นได้ว่ายังไม่มีวิธีใดเลยที่มีข้อดีทั้งแง่ความประหยัด และความสะดวกสบายในการใช้งาน ดังนั้นจุดประสงค์ของการวิจัยเรื่องนี้ก็คือพยายามหาวิธีใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้ในการเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบ ๓ เฟส ที่มีโรเตอร์แบบ squirrel cage เพื่อให้เกิดความสะดวกสบาย ประหยัด และมีคุณสมบัติในการทำงานที่ดีทั้ง ๒ ความเร็ว ส่วนรายละเอียดในการวิจัย ดังจะกล่าวในบทต่อ ๆ ไป