บทที่ 7 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
(D.C. motor characteristics)

7.1 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
(characteristics of D.C. motor)

เป็นกราฟแสดงคุณลักษณะระหว่างปริมาณต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแต่ละแบบคือ

7.1.1 แรงบิดและกระแสอาร์เมเจอร์ **(T/I_a)** คือเส้นกราฟคุณลักษณะของแรงบิดกับกระแสอาร์เมเจอร์ *(T/I_a characteristics)* หรืออาจจะเรียกว่า "คุณลักษณะทางไฟฟ้า" *(electrical characteristics)*

7.1.2 ความเร็วและกระแสอาร์เมเจอร์ **(N/I_a)** คือเส้นกราฟคุณลักษณะของความเร็วกับกระแสอาร์เมเจอร์ *(N/I_a characteristics)*

7.1.3 ความเร็วและแรงบิด **(N/T)** คือเส้นกราฟคุณลักษณะของความเร็วกับแรงบิด *(N/T characteristics)* หรืออาจเรียกว่า "คุณลักษณะทางกล" *(mechanical characteristics)*

การพิจารณาเกี่ยวกับคุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสองประการซึ่งจะต้องนำมาใช้พิจารณาอยู่ตลอดเวลาคือ

$$T \alpha \varnothing . I_a$$

$$N \alpha \frac{E_b}{\varnothing}$$

7.2 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบชั้นท์
(characteristics of shunt motor)

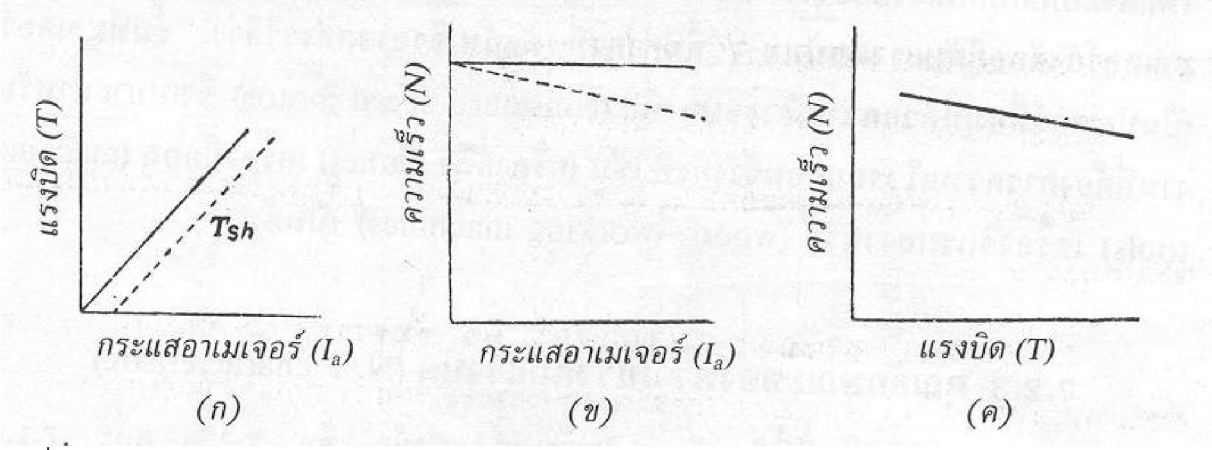
7.2.1 คุณลักษณะของแรงบิดกับกระแสอาร์เมเจอร์ *(T/I_a characteristics)* , "คุณลักษณะทางไฟฟ้า"

เนื่องจากขดลวดชั้นท์ฟิลด์ต่อขนานกับอาร์เมเจอร์ และขนานกับแรงดันที่ป้อน V_t ที่มีค่าคงที่ ด้วยเหตุดังกล่าวเส้นแรงบิด $\varnothing$ จึงมีค่าคงที่ด้วย แม้ว่ามอเตอร์ได้รับโหลดมากๆ เส้นแรงแม่เหล็ก $\varnothing$ ก็จะลดลงบ้างเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอคชั่น แต่อย่างไรก็ตามแรงบิด T ยังคงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกับกระแสอาร์เมเจอร์ I_a ดังสมการ

$T \propto \varnothing I_a$ เมื่อ $\varnothing$ คงที่จะได้ $T \propto I_a$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง T กับ I_a จะได้กราฟเป็นเส้นตรงโดยมีจุดเริ่มต้นอยู่ที่ศูนย์ดังรูปที่ 7-1 ก. เส้นกราฟ T เป็นแรงบิดทั้งหมดที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์ และเส้นกราฟ T_{sh} เป็นแรงบิดที่เพลา *(shaft torque)* ซึ่งมีค่าน้อยกว่าแรงบิด T ที่เกิดขึ้น ณ กระแสอาร์เมเจอร์ I_a ค่าเดียวกัน ทั้งนี้เพราะว่าแรงบิด

บางส่วนต้องจ่ายให้กับการสูญเสียในแกนเหล็กและความฝืดต่างๆ ภายในมอเตอร์ ซึ่งมีค่าคงที่ทุกสภาพโหลด ดังนั้นความชันของเส้นกราฟ T_{sh} จึงเท่ากับกราฟ T หากนำชั้นท์มอเตอร์ไปใช้ขับโหลดมากในขณะสตาร์ท กระแสสตาร์ทจะสูงมาก ดังนั้นจึงควรจะหลีกเลี่ยง



รูปที่ 7-1 ก) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสอาร์เมเจอร์ , $T=f(I_a)$ ข) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสอาร์เมเจอร์ , $N=f(I_a)$ ค) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิด , $N=f(T)$ ของชั้นท์มอเตอร์

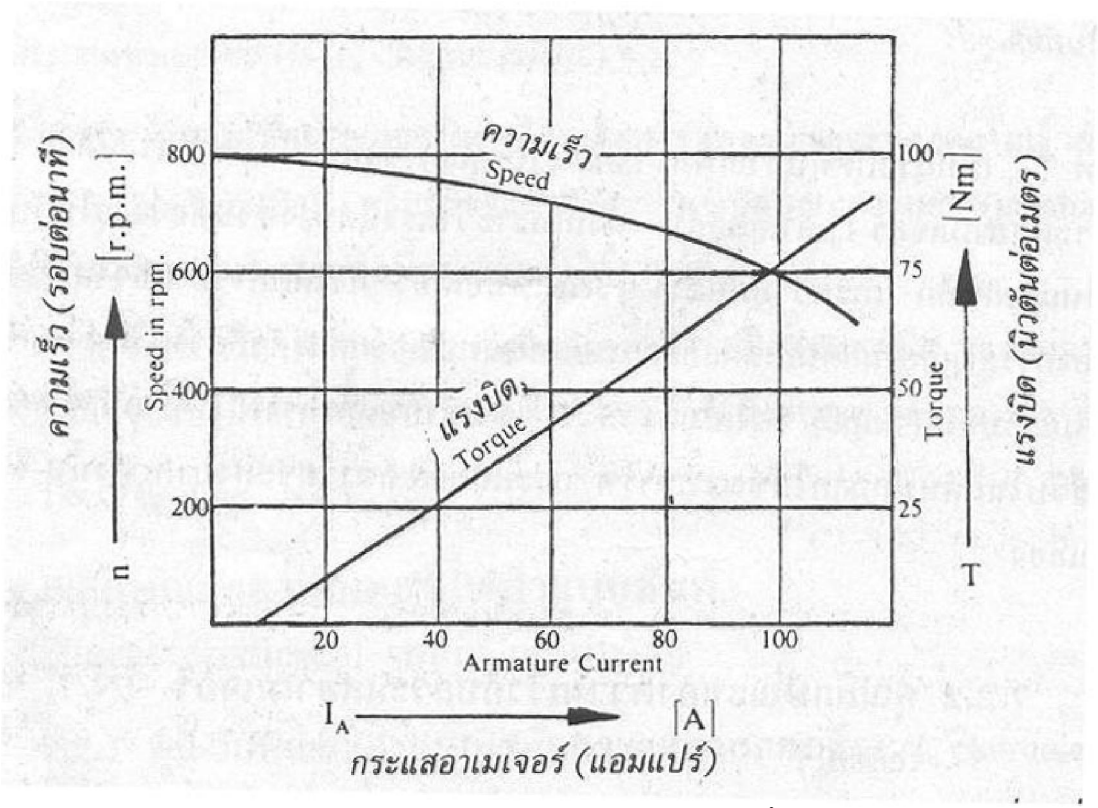
7.2.2 คุณลักษณะของความเร็วกับกระแสอาร์เมเจอร์ (N/Ia characteristics)

ในชั้นท์มอเตอร์ ถ้าแรงดันป้อน V_t คงที่ เมื่อโหลดเพิ่มขึ้นกระแสอาร์เมเจอร์ I_a จะเพิ่มขึ้น แต่กระแสฟิลด์ I_{sh} คงที่ (เนื่องด้วย R_{sh} คงที่) จากสมการของความเร็ว $N\alpha\frac{E_b}{\varnothing}$ หรือ $N\alpha\frac{V_t - I_aR_a}{\varnothing}$ เมื่อ I_{sh} คงที่ $\varnothing$ จะมีค่าคงที่ (เนื่องด้วย $\varnothing\alpha I_{sh}$) ดังนั้นจะได้ $N\ \alpha\ V_t\text{-}I_aR_a$ ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้ความเร็วของชั้นท์มอเตอร์ลดลงบ้างประมาณ 5-15% ของความเร็วเมื่อโหลดเต็มพิกัด ความเร็วของชั้นท์มอเตอร์ที่ลดลงแสดงด้วยกราฟเส้นประ ดังรูปที่ 7-1 ข.

เนื่องจากความเร็วของชั้นท์มอเตอร์ขณะไร้โหลด *(no-load speed)* กับขณะขับโหลดเต็มพิกัด *(full- load speed)* ไม่แตกต่างกันมากนัก ด้วยเหตุดังกล่าวไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบเกือบคงที่ ตราบเท่าที่มอเตอร์ยังต่ออยู่กับแรงดันป้อน V_t ที่มีค่าคงที่ ดังนั้นจึงอาจจะกล่าวได้ว่า “ชั้นท์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่” *(constant-speed motor)* จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ เช่น เครื่องกลึง *(lathes)* เครื่องมือกล *(machine tools)* เครื่องจักรกลงานไม้ *(wood-working machines)* เป็นต้น

7.2.3 คุณลักษณะของความเร็วกับแรงบิด **(N/T characteristic)**

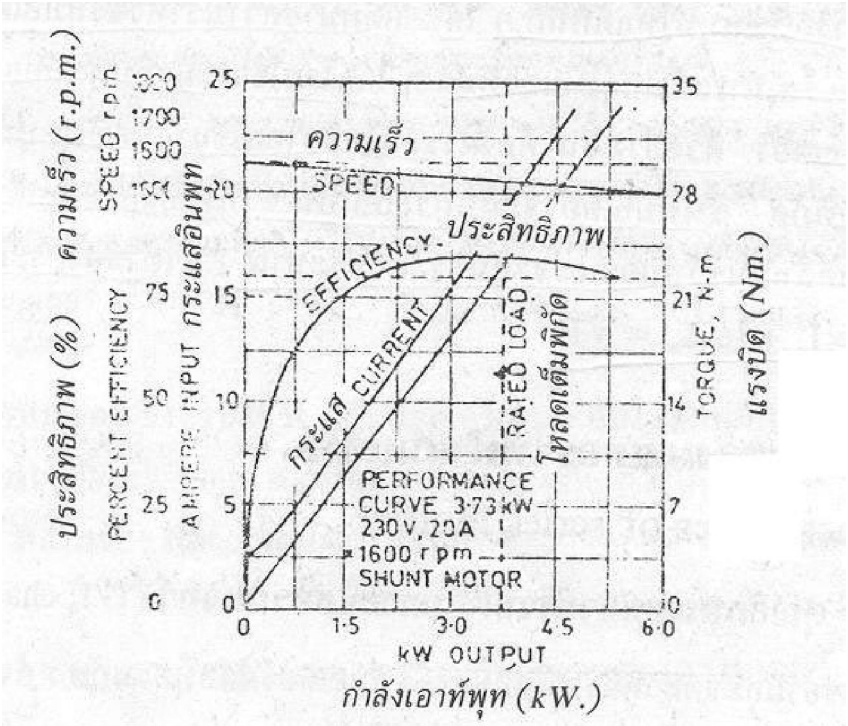
การพิจารณาในกรณีนี้ก็อาศัยคุณลักษณะทั้งสองข้อ คือ 7.1.1 และ 7.1.2 จะได้เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิดดังรูปที่ 7-1 ค.



รูปที่ 7-2 กราฟแสดงคุณลักษณะระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิดของชั้นท์มอเตอร์ ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามกระแสอาร์เมเจอร์หรือขนาดของโหลด

7.2.4 คุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์แบบชั้นท์ **(Performance curve of shunt motor)**

มีคุณลักษณะประจำตัวอยู่ 4 ประการคือ แรงบิด , กระแส , ความเร็วรอบ และ ประสิทธิภาพ ซึ่งมักจะใช้เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดังกล่าวกับพิกัดกำลังเอาท์พุทของมอเตอร์



รูปที่ 7-3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กระแส ความเร็วรอบและประสิทธิภาพ กับกำลังเอาท์พุทของชั้นท์มอเตอร์ขนาด 3.73 kW ; 230V , 20A .,16000 rpm

จากรูปที่ 7-3 จะสังเกตเห็นว่าความเร็วของชั้นท์มอเตอร์ในสภาวะไร้โหลดจะคงที่อยู่ที่ค่าๆ หนึ่ง ความเร็วรอบเมื่อไร้โหลดกับความเร็วรอบเมื่อโหลดเต็มพิกัดจะไม่แตกต่างกันมากนัก การปรับแต่งความเร็วที่โหลดใดๆ สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าของกระแสฟิลด์ด้วยรีโอสตาท

สำหรับเส้นกราฟประสิทธิภาพของมอเตอร์แบบชั้นท์นั้น จะมีรูปร่างเหมือนกับเส้นกราฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รูปร่างของเส้นกราฟและจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งอยู่ในดุลยพินิจของผู้ออกแบบ ช่วงที่ได้เปรียบคือช่วงที่เส้นกราฟมีลักษณะแบนราบโดยประสิทธิภาพจะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยระหว่างมีโหลดถึงมีโหลดเกินพิกัด *(over load)* 25% และจุดที่มีมอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ จุดซึ่งอยู่ใกล้กับมอเตอร์มีโหลดเต็มพิกัดนั่นเอง

ถ้าพิจารณาเส้นกราฟของกระแส จะพบว่าในสภาวะไร้โหลด (กำลังเอาท์พุทเป็นศูนย์) มอเตอร์จะใช้กระแสจำนวนหนึ่งเพื่อทำให้เกิดกำลังอินพุทในสภาวะไร้โหลดเอาชนะการสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในมอเตอร์

ถ้าเปรียบเทียบชั้นท์มอเตอร์กับมอเตอร์แบบอื่น จะพบว่าชั้นท์มอเตอร์มีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำ ซึ่งหมายความว่าทั้งซีรีย์และคอมเปานด์มอเตอร์สามารถเริ่มหมุนที่โหลดหนักๆ ได้ดีกว่าโดยใช้กระแสอินพุทที่น้อยกว่ากระแสปกติของชั้นท์มอเตอร์

7.3 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบซีรีย์ **(characteristics of series motor)**

7.3.1 คุณลักษณะของแรงบิดกับกระแสอาร์เมเจอร์ **(T/I_a characteristics)**

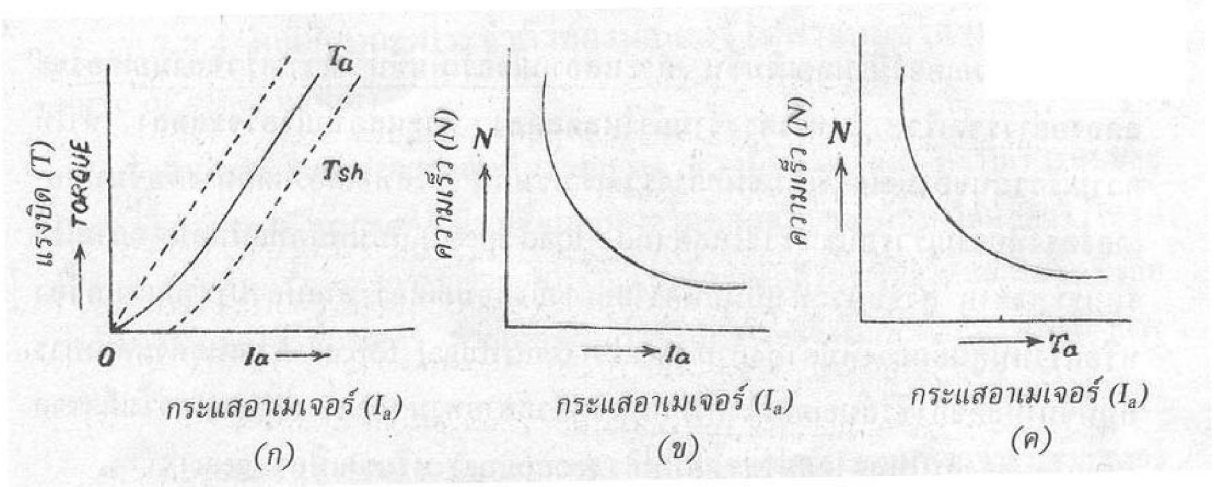
เนื่องจากอาร์เมเจอร์และขดลวดสนามแม่เหล็กของซีรีย์มอเตอร์ต่ออนุกรมกัน ดังนั้นกระแสอาร์เมเจอร์ I_a จึงเป็นค่าเดียวกับกระแสกระตุ้นฟิลด์ จากสมการแรงบิดคือ

$T\alpha\varnothing.I_a$ แต่ $\varnothing\alpha I_a$ (ก่อนที่แกนเหล็กถึงจุดอิ่มตัว)

$\therefore T\alpha I_a^2$ หลังจากที่แกนเหล็กเริ่มอิ่มตัวจะได้ $T\alpha I_a$ ($\varnothing$ เริ่มคงที่)

ขณะที่มอเตอร์มีโหลดน้อย ทั้งกระแส I_a และ $\varnothing$ จะมีค่าน้อยด้วย แต่เมื่อโหลดเพิ่มขึ้น แรงบิดของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังสองของกระแส $(T\alpha I_a^2)$ จะได้เส้นกราฟของแรงบิด $T=f(I_a)$ เป็นรูปพาราโบลาดังรูปที่ 7-4 ก. แต่เมื่อโหลดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งแกนเหล็กถึงจุดอิ่มตัว ($\varnothing$ เริ่มคงที่) จะพบว่าแรงบิดของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ $(T\alpha I_a)$ ดังนั้น จึงได้เส้นกราฟของ $T=f(I_a)$ เป็นเส้นตรง ส่วนแรงบิดที่ปลายเพลา (T_{sh}) จะมีค่าน้อยกว่าแรงบิดอาร์เมเจอร์ (T) เนื่องจากการสูญเสียในแกนเหล็กและความฝืด เส้นกราฟของแรงบิดที่ปลายเพลาแสดงไว้ด้วยเส้นประ ดังรูปที่ 7-4 ก.

จากเส้นกราฟคุณลักษณะของแรงบิดกับกระแสอาร์เมเจอร์ จึงสรุปได้ว่า ซีรีย์มอเตอร์เหมาะกับโหลดหนักๆ ซึ่งต้องใช้แรงบิดเริ่มหมุนสูงมาก *(very high starting torque)* เช่น กว้าน , รถไฟฟ้า , หัวรถจักร เป็นต้น



รูปที่ 7-4 ก) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแสอาร์เมเจอร์ , $T=f(I_a)$ ข) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสอาร์เมเจอร์ , $N=f(I_a)$ ค) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิด , $N=f(T)$ ของซีรีย์มอเตอร์

7.3.2 คุณลักษณะของความเร็วกับกระแสอาร์เมเจอร์ (N/I_a characteristics)

จากสมการความเร็ว $N\alpha\frac{E_b}{\varnothing}$ หรือ $N\alpha\frac{V_t - I_a(R_a + R_{se})}{\varnothing}$

เนื่องจากความต้านทานของอาร์เมเจอร์ R_a และขดลวดซีรีย์ฟิลด์ R_{se} มีค่าน้อยมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า $I_a(R_a+R_{se})$ มีค่าน้อยมากด้วย จึงอาจจะละทิ้งได้ ถ้าไม่คำนึงถึงค่าของ $I_a(R_a+R_{se})$ จะได้สมการของความเร็ว $N\alpha\frac{V_t}{\varnothing}$

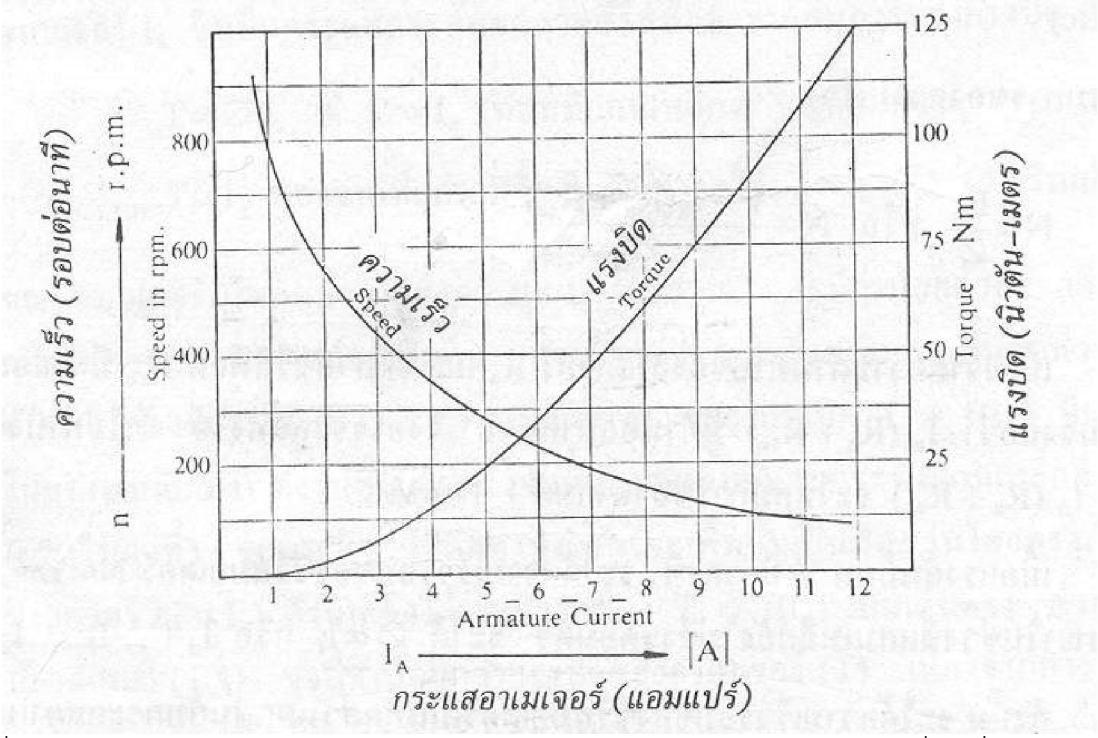
เมื่อแรงดันป้อน V_t มีค่าคงที่ จะได้ความเร็วรอบของซีรีย์มอเตอร์เป็น $N\alpha\frac{1}{\varnothing}$ ถ้าพิจารณาในช่วงที่แกนเหล็กยังไม่ถึงจุดอิ่มตัว จะได้ $\varnothing\alpha I_f$ หรือ I_a (I_f=I_a)

ดังนั้น จะได้ความเร็วรอบของซีรีย์มอเตอร์เป็นสัดส่วนผกผันกับกระแสอาร์เมเจอร์ดังสมการ $N\alpha\frac{1}{I_a}$ เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $N=f(I_a)$ ดังรูปที่ 7-4 ข.

เมื่อมอเตอร์มีโหลดเพิ่มขึ้น กระแสอาร์เมเจอร์เพิ่มขึ้น ความเร็วของมอเตอร์จะลดลงอย่างรวดเร็ว ในทางตรงกันข้ามถ้าโหลดลดลง กระแสอาร์เมเจอร์จะลดลงทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน ซีรีย์มอเตอร์ต่างกับชั้นท์มอเตอร์ตรงที่ความเร็วรอบขณะไม่มีโหลดไม่มีพิกัดที่แน่นอน ความเร็วรอบจะสูงมาก สูงจนกระทั่งเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อมอเตอร์ อันเนื่องมาจากแรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลางที่มีค่าสูงมาก ด้วยเหตุดังกล่าวการหมุนขับโหลดของซีรีย์มอเตอร์จึงห้ามหมุนขับด้วยสายพานอย่างเด็ดขาดให้ต่อโดยตรงกับโหลดผ่านชุดคัปปลิ้งหรือชุดเฟือง

7.3.3 คุณลักษณะของความเร็วกับแรงบิด (N/T characteristic)

การพิจารณาความสัมพันธ์ในกรณีนี้ก็อาศัยคุณลักษณะทั้งสองคือข้อ 7.3.1 และ 7.3.2 จะได้เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิด ดังรูปที่ 7-4 ค. จะสังเกตเห็นว่าแรงบิดของซีรีย์มอเตอร์จะเป็นสัดส่วนผกผันกับความเร็วรอบ กล่าวคือ แรงบิดจะมีค่ามากที่สุดก็ต่อเมื่อความเร็วน้อยที่สุด ดังนั้นขณะที่ซีรีย์มอเตอร์หมุนขับโหลดหนักๆ ความเร็วรอบจะลดลง ทำให้ทั้งกระแสอาร์เมเจอร์ I_a และ $\varnothing$ จะเพิ่มขึ้น มีผลทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างมาก $(T\alpha I_a)$



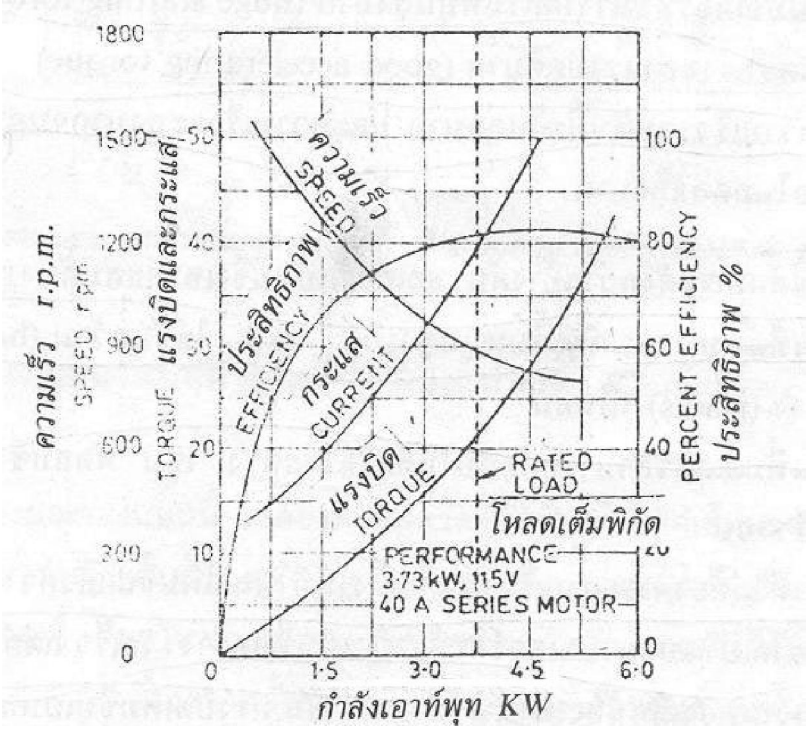
รูปที่ 7-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิดของซีรีย์มอเตอร์ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามกระแสอาร์เมเจอร์หรือขนาดของโหลด

7.3.4 คุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์แบบซีรี่ย์ **(Performance curve of series motor)**

เส้นกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงบิด กระแส ความเร็วรอบและประสิทธิภาพของซีรีย์มอเตอร์ ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามพิกัดกำลังเอาท์พุท ได้แสดงไว้ในรูปที่ 7-6 จากเส้นกราฟของความเร็วจะพบว่าความเร็วลดลงมากเมื่อโหลดเพิ่มขึ้นซึ่งถือว่าเป็นจุดเด่นของซีรีย์มอเตอร์ ด้วยเหตุดังกล่าวซีรีย์มอเตอร์จึงไม่เหมาะกับงานที่ต้องการความเร็วรอบคงที่

ที่กระแสอินพุทค่าเดียวกัน ซีรีย์มอเตอร์จะให้แรงบิดเริ่มหมุนสูงกว่าชั้นท์มอเตอร์ ดังนั้นซีรีย์มอเตอร์จึงนิยมใช้กับงานที่ต้องการแรงบิดเริ่มหมุนสูงๆ งานฉุดลาก เช่น รถราง ปั้นจั่น กว้าน และรถไฟฟ้า เป็นต้น การที่ซีรีย์มอเตอร์มีแรงบิดเริ่มหมุนสูงมาก ถือว่าเป็นคุณลักษณะดีเด่นของมอเตอร์แบบนี้

ถ้าเปรียบเทียบมอเตอร์สองตัวระหว่างซีรีย์มอเตอร์กับชั้นท์มอเตอร์ที่มีพิกัดกำลังเอาท์พุทเท่ากัน ถ้าเพิ่มโหลดให้แก่มอเตอร์ทั้งสองตัวเท่าๆ กัน ซีรีย์มอเตอร์จะใช้กระแสน้อยกว่า และให้กำลังเอาท์พุทสำหรับหมุนขับโหลดน้อยกว่าชั้นท์มอเตอร์ ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อเพิ่มโหลดความเร็วรอบของซีรีย์มอเตอร์จะลดลงมากในขณะที่ชั้นท์มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบเกือบคงที่



รูปที่ 7-6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด กระแส ความเร็วรอบและประสิทธิภาพกับกำลังเอาท์พุทของซีรีย์มอเตอร์ขนาดพิกดักำลัง *3.73kW., 115V, 40A*

7.4 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของมอเตอร์แบบชั้นท์และแบบซีรีย์ **(Comparison of shunt and series motor)**

7.4.1 มอเตอร์แบบชั้นท์ **(Shunt Motor)**

คุณลักษณะต่างๆ ของมอเตอร์แบบชั้นท์สรุปได้ดังนี้

ก. เป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วรอบเกือบคงที่

ข. เมื่อใช้กระแสอินพุทเท่ากัน จะให้แรงบิดเริ่มหมุนต่ำกว่าซีรีย์มอเตอร์

นิยมใช้มอเตอร์แบบชั้นท์กับงานดังนี้

1. งานที่ต้องการความเร็วรอบคงที่จากสภาวะไร้โหลดถึงมีโหลดเต็มพิกัด
2. งานขับโหลดที่ความเร็วรอบต่างๆ กัน โดยแต่ละความเร็วจะคงที่กับงานหนึ่งๆ เป็นเวลานาน เช่น ใช้ขับเครื่องกลึง ซึ่งต้องการใช้ความเร็วรอบในการกลึงโลหะแต่ละชนิดแตกต่างกัน สามารถควบคุมความเร็วได้ง่ายและประหยัด

7.4.2 มอเตอร์แบบซีรีย์ (Series Motor)

คุณลักษณะต่างๆ ของมอเตอร์แบบซีรีย์สรุปได้ดังนี้

ก. เป็นมอเตอร์ที่มีแรงบิดเริ่มหมุนสูงมาก

ข. มีอัตราเร่งของแรงบิดดีมาก

ค. มีความเร็วรอบต่ำเมื่อโหลดมาก และความเร็วจะสูงมากจนอาจเป็นอันตรายกับมอเตอร์เมื่อโหลดลดลงมาก

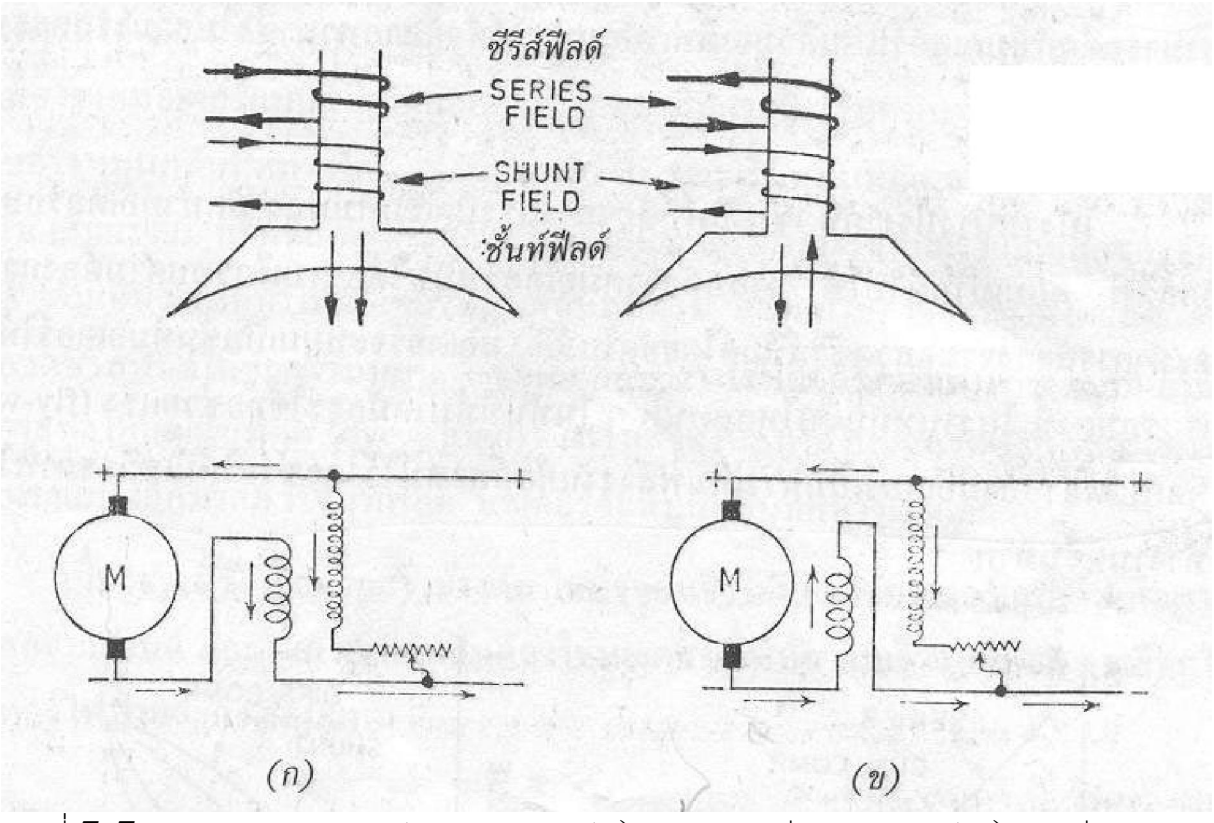
นิยมใช้มอเตอร์แบบซีรีย์กับงานดังนี้

1. งานที่ต้องการแรงบิดเริ่มหมุนสูงมาก เช่น กว้าน , ปั้นจั่น , รถราง เป็นต้น
2. งานที่มอเตอร์สามารถต่อกับโหลดได้โดยตรง เช่น พัดลมแรงบิดจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบ
3. งานที่ไม่ต้องการความเร็วรอบคงที่ งานที่โหลดเพิ่มขึ้นแล้วความเร็วรอบลดลง ซึ่งว่าเป็นข้อได้เปรียบของมอเตอร์แบบซีรีย์คือแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่กำลังอินพุทของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น
4. ไม่ควรนำไปใช้กับงานที่โหลดมีโอกาสลดลงจนกระทั่งเหลือค่าน้อยมาก เช่น งานขับปั๊มหนีศูนย์กลาง และงานขับโหลดด้วยสายพาน เป็นต้น

7.5 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบคอมเปานด์ (Characteristics of compound motor)

เป็นมอเตอร์ที่อาศัยการทำงานร่วมกันของขดลวดซีรีย์ฟีลด์ (ให้แรงบิดเริ่มหมุนสูง) และขดลวดชั้นท์ฟีลด์ (ให้ความเร็วรอบคงที่) ในอัตราสวนที่เหมาะสม มอเตอร์แบบคอมเปานด์แบ่งออกได้ 2 แบบคือ

- แบบคิวมูเลตีฟ คอมเปานด์ *(Cumulative compound)* ขดซีรีย์ฟีลด์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมหรือมีทิศทางเดียวกันกับขดชั้นท์ฟีลด์
- แบบดีฟเฟอเรนเซียล คอมเปานด์ *(Differential compound)* ขดซีรีย์ฟีลด์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กต่อต้านหรือสวนทางกับขดชั้นท์ฟีลด์



รูปที่ 7-7 แสดงวงจรของมอเตอร์แบบคอมเปานด์ ก) แบบคิวมูเลตีฟ คอมเปานด์ ข) แบบดีฟเฟอเรนเชียล คอมเปานด์

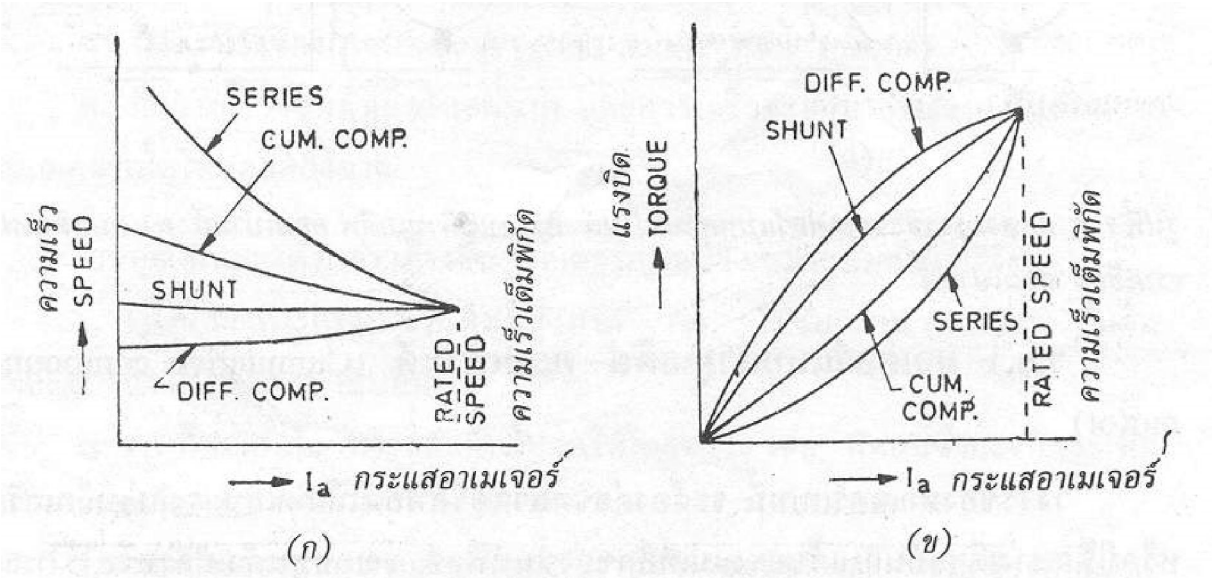
7.5.1 มอเตอร์แบบคิวมูเลตีฟ คอมเปานด์ **(Cumulative compound)**

วงจรของมอเตอร์แบบนี้ จะต้องต่อขดลวดซีรีย์ฟิลด์ให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กเสริมหรือมีทิศทางเดียวกันกับเส้นแรงแม่เหล็กของชั้นท์ฟิลด์ ขณะหมุนตัวเปล่าหรือไร้โหลดจะมีกระแสจำนวนเล็กน้อยไหลในขดลวดซีรีย์ฟิลด์ ดังนั้นมอเตอร์จึงหมุนโดยอาศัยเส้นแรงแม่เหล็กส่วนมากที่เกิดจากชั้นท์ฟิลด์ ด้วยความเร็วรอบคงที่เช่นเดียวกับชั้นท์มอเตอร์

เมื่อโหลดเพิ่มขึ้น เส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดซีรีย์ฟิลด์จะเพิ่มขึ้นเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กของชั้นท์ฟิลด์ ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้วเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดแรงบิดขับโหลดสูงกว่าชั้นท์มอเตอร์ $(T\alpha\varnothing I_a)$ ในเวลาเดียวกันความเร็วรอบของมอเตอร์จะลดลงอย่างรวดเร็วและลดลงมากกว่าชั้นท์มอเตอร์ $\left(N\alpha\frac{E_b}{\varnothing}\right)$ และด้วยขนาดของแรงบิดที่เท่ากัน มอเตอร์แบบคิวมูเลตีฟ คอมเปานด์จะกินกระแสน้อยกว่าชั้นท์มอเตอร์

ในงานบางประเภท เช่น ลิฟต์ต้องการแรงบิดเริ่มหมุนสูง มักนำมอเตอร์แบบคิวมูเลตีฟ คอมเปานด์ไปใช้ ภายหลังจากมอเตอร์หมุนได้ด้วยความเร็วรอบตามต้องการแล้วทำการลัดวงจรขดลวดซีรีย์ฟิลด์โดยอัตโนมัติ มอเตอร์จะหมุนเป็นชั้นท์มอเตอร์ให้ความเร็วรอบคงที่ ในงานหมุนขับโหลดหนักๆ ใน

ทันทีทันใดมักจะใช้ล้อช่วยแรงต่อกับเพลาของมอเตอร์เป็นการเพิ่มพลังงานศักย์สะสมไว้ จะช่วยให้มีเสถียรภาพในการทำงานดีขึ้นมาก



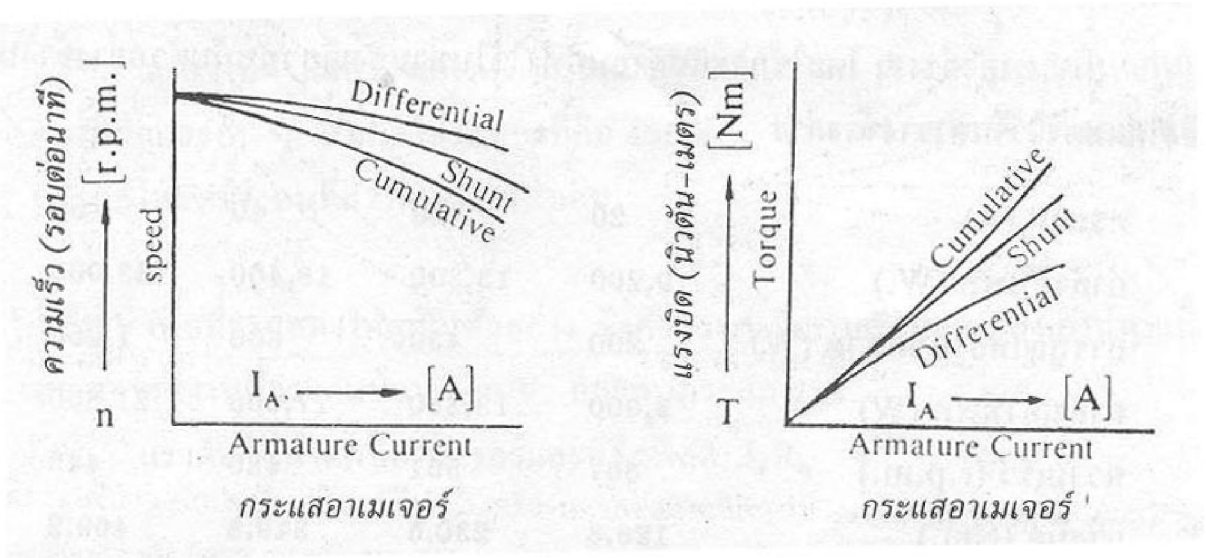
รูปที่ 7-8 คุณลักษณะของคอมเปานด์มอเตอร์ทั้งสองแบบเมื่อเปรียบเทียบกับชั้นท์และซีรีย์มอเตอร์ ก) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสอาร์เมเจอร์ $N=f(I_a)$ ข) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกระแส อาร์เมเจอร์ $T=f(I_a)$

7.5.2 มอเตอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียล คอมเปานด์ (Differential compound motor)

วงจรของมอเตอร์แบบนี้จะต้องต่อขดลวดซีรีย์ฟิลด์ให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กต่อต้านหรือสวนทางกับเส้นแรงแม่เหล็กของชั้นท์ฟิลด์ ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้วลดลงเมื่อมอเตอร์ได้รับโหลดเพิ่มขึ้น ความเร็วรอบของมอเตอร์จะคงที่อยู่ชั่วขณะหนึ่ง แล้วจึงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของโหลดดังรูปที่ 7-8 ก. ($N\alpha\frac{E_b}{\varnothing}$)

ในงานบางประเภท ต้องการความเร็วรอบคงที่ตลอดเวลาไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตามนั้น แม้จะเลือกใช้ชั้นท์มอเตอร์ ก็ไม่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้ ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้มอเตอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียล คอมเปานด์ แต่เนื่องจากมอเตอร์แบบนี้มีข้อเสียอย่างมากตรงที่มีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำ และในขณะเริ่มหมุนอาจหมุนกลับทิศทางได้ ทั้งนี้เพราะว่าในขณะเริ่มหมุนมอเตอร์จะกินกระแสมาก ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดซีรีย์ฟิลด์จะมีค่ามากกว่าเส้นแรงแม่เหล็กของชั้นท์ฟิลด์ อันเป็นสาเหตุทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทาง การแก้ปัญหาอาจจะทำได้โดยลัดวงจรขดลวดซีรีย์ฟิลด์ในขณะเริ่มหมุน ข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือถ้าเพิ่มโหลดมากเกินไปจนกระทั่งโหลดเกินพิกัด กระแสไหลมากในขดลวดซีรีย์ฟิลด์ ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กมากกว่าชั้นท์ฟิลด์ มอเตอร์จะหมุนกลับทิศทางเช่นเดียวกัน

เนื่องจากมีข้อเสียดังกล่าวข้างต้น ในปัจจุบันจึงไม่นิยมใช้มอเตอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียล คอมเปานด์ และในกรณีที่จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ทีให้ความเร็วรอบคงที่ จะเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแทน



รูปที่ 7-9 คุณลักษณะระหว่างความเร็วและแรงบิดกับกระแสอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์แบบคอมเปานด์ เมื่อเปรียบเทียบกับชั้นท์มอเตอร์