

การควบคุมและการประยุกต์ใช้งาน เอซีไดรฟ์

ศิวะ หงษ์นภา

การควบคุมและการประยุกต์ใช้งาน

เอสไตรพ์

โดย ศิวะ หงษ์นภา

การควบคุมและการประยุกต์ใช้งาน

เอซีไดรฟ์

โดย ศิวะ หงษ์นภา

สงวนลิขสิทธิ์ โดย ศิวะ หงษ์นภา

ห้ามลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ

นอกจากจะได้รับอนุญาตจากผู้เขียนเป็นลายลักษณ์อักษร

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ศิวะ หงษ์นภา

การควบคุมและการประยุกต์ใช้งานเอซีไดรฟ์. - - กรุงเทพฯ : บริษัท กู๊ดวิลล์-
ไดเร็คชั่น จำกัด, 2547.

153 หน้า

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง. 2. เครื่องจักรกลไฟฟ้า - - กระแสตรง. I. ชื่อเรื่อง.
621.462

ISBN 974-92652-5-4

พิมพ์ที่ บริษัท กู๊ดวิลล์ไดเร็คชั่น จำกัด

63 ซอยอินทราธรรมะ 8 ถนนสุทธิสาร พญาไท กทม. 10400

โทร. 0-2279-6737 แฟกซ์. 0-2279-9753

คำนำ

หลังจากที่ผู้เขียนได้เขียนหนังสือเรื่องระบบขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับ: วงจรภาคกำลังเสร็จ ก็มีความตั้งใจว่าจะต้องเขียนเล่มที่สองให้มีเนื้อหาเกี่ยวกับวงจรภาคควบคุมขึ้นมาอีกเล่มหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อให้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจบลงโดยสมบูรณ์ แต่เนื่องจากการเขียนหนังสือเป็นเล่มนั้น ต้องใช้เวลาอย่างมาก การที่จะรอเขียนให้เสร็จในครั้งเดียวนั้นคงไม่ทันกับความต้องการของผู้ที่จะนำความรู้ทางด้านนี้ไปใช้ประโยชน์ ประกอบกับในขณะที่ผู้เขียนทำงานด้านการฝึกอบรมในหัวข้อระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ (dc and ac drives application) ให้กับหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน รวมถึงการเข้าไปช่วยเหลือหน่วยงานต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนก็ได้รับคำถามต่างๆ ที่น่าสนใจเข้ามามากมาย ในขณะเดียวกันก็ได้มองเห็นปัญหาของผู้ใช้งานในด้านความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลักการทำงานของระบบ เพื่อแก้ปัญหาในระหว่างนั้น ผู้เขียนจึงใช้วิธีเขียนเป็นบทความลงในวารสารรายเดือนทางวิศวกรรมหลายเล่ม ซึ่งก็ได้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์บ้างพอสมควร กล่าวคือ ทำให้ผู้ใช้งานหลายท่านมีความเข้าใจในหลักการพื้นฐานมากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์กับผู้เขียนในการนำไปใช้เป็นเอกสารประกอบการฝึกอบรม ซึ่งผู้เขียนก็ใช้วิธีดังกล่าวนี้มาเรื่อยๆ มารู้ตัวอีกทีก็พบว่าบทความที่ลงนั้นมีจำนวนมากพอสมควร และเนื้อหาของทุกบทความรวมกันก็ค่อนข้างครอบคลุมเนื้อหาที่ผู้เขียนเคยตั้งใจที่จะเขียนไว้แต่แรก ประกอบกับการลงตีพิมพ์ในวารสารนั้น บางครั้งจะมีจุดที่พิมพ์ผิดบ้าง รูปภาพไม่ชัดเจนบ้าง หรือผู้อ่านเกิดความสงสัยเขียนจดหมายมาถามผู้เขียนบ้าง ผู้เขียนจึงเกิดแนวความคิดที่จะรวมเล่มบทความต่างๆ ของผู้เขียนขึ้น แล้วเรียบเรียงเนื้อหาจากบทความที่ลงในต่างเล่มต่างเวลากันเสียใหม่ให้มีเนื้อหาสอดคล้องกัน และใช้โอกาสนี้ในการแก้คำผิดที่เคยเกิดขึ้นเมื่อครั้งลงตีพิมพ์ในวารสาร รวมถึงปรับปรุงเนื้อหาให้อ่านง่ายขึ้น มีความสมบูรณ์มากขึ้น ทั้งในด้านเนื้อหาและรูปภาพประกอบคำบรรยาย เพื่อให้หนังสือเล่มนี้เป็นหนังสือที่ทำให้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีความสมบูรณ์ตามที่ได้ตั้งใจไว้

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาถึงแนวทางการพัฒนาเอซีไทรฟ์ เราจะพบว่า การพัฒนาเกือบทั้งหมด ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์หลักของการพัฒนา อยู่กับการพยายามให้เอซีไทรฟ์เลียนแบบการทำงานของดีซีไทรฟ์ให้ได้ใกล้เคียงที่สุด ดังนั้นการอธิบายหลักการหลายๆ อย่างที่เกี่ยวกับเอซีไทรฟ์ มักจะต้องอ้างอิงไปถึง หลักการของดีซีไทรฟ์อยู่เสมอ ทำให้หลายท่านที่เข้าใจผิดคิดว่าการจะศึกษาเอซีไทรฟ์ ไม่จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานดีซีไทรฟ์ก็ได้มักจะประสบปัญหาอยู่เสมอ ซึ่งผู้เขียนเอง ก็พบกับปัญหานี้บ่อยๆ ในการทำงานฝึกอบรม และพบว่าในที่สุด ผู้เขียนก็มักจะต้อง ย้อนกลับไปบรรยายหลักการดีซีไทรฟ์ก่อน จึงจะสามารถบรรยายต่อในหลักการของ เอซีไทรฟ์ได้ ดังนั้นเพื่อให้ผู้อ่านสามารถอ่านหนังสือเล่มนี้ได้อย่างสนุก ผู้เขียนจึงขอ แนะนำให้ผู้อ่านทบทวนในหลักการของดีซีไทรฟ์ให้แม่นยำเสียก่อน

ในการจัดทำหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนได้รับความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายจนทำให้ หนังสือเล่มนี้ออกมาสู่สายตาผู้อ่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้สนับสนุนทุกท่านที่อยู่ท้ายเล่ม ของหนังสือเล่มนี้ นอกจากนี้ผู้เขียนต้องขอขอบคุณ คุณตรีเพชร สังข์เจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือจัดหาผลการทดลองมาประกอบคำบรรยายให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ขอขอบคุณผู้มีพระคุณหลายท่านที่ทำงานอยู่ในภาคอุตสาหกรรมที่เอื้อเพื่อข้อมูลจาก การใช้งานจริง ขอขอบคุณผู้ที่เคยเข้ารับการอบรมจากผู้เขียนทุกท่านที่ทำให้ผู้เขียน เห็นปัญหาของผู้ใช้งานจริง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะทำให้ผู้เขียนได้รู้ว่ามีอะไรที่ ผู้อ่านและผู้ใช้งานจริงอยากรู้ และอะไรที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานและนักศึกษาที่กำลังศึกษาอยู่ที่จะต้องออกมาเผชิญกับลักษณะการใช้งานจริงในอนาคต ขอขอบคุณ ทีมงานจัดทำอาร์ตเวิร์กที่ช่วยกันทำหนังสือที่มีรูปเล่มที่สวยงามน่าอ่าน และสุดท้าย ขอขอบคุณ แม่, ครอบครัว และผู้ที่ใกล้ชิดทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจในการจัดทำหนังสือ เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตามประณิธานที่ผู้เขียนตั้งไว้

ศิวะ หงษ์นภา

สารบัญ

ภาคที่ 1

หลักการภาคควบคุม

1	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับกับการควบคุมแบบเวกเตอร์	3
2	ข้อแตกต่างระหว่าง V/f กับ Vector Control.....	12
3	อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายกระแส	23
4	การควบคุมอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายกระแสด้วยเวกเตอร์คอนโทรล	31
5	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน	42
6	คาสเคดไดรฟ์	53

ภาคที่ 2

การประยุกต์ใช้งาน

1	ฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นจากการทำงานของระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์.....	63
2	Output Filter	69
3	วงจรคอนเวอร์เตอร์ในฐานะของ noise receiver	80
4	ความร้อนและผลต่อพิกัดกำลังของอุปกรณ์	83
5	การเลือกค่าความต้านทานสำหรับการเบรกของเอชไอไดรฟ์	92
6	Switch Mode Converter.....	106
7	ประหยัดพลังงาน โดยใช้อินเวอร์เตอร์ขับโหลดประเภทพัดลมและปั๊ม	113
8	Soft Starter : ประโยชน์ที่แท้จริงและข้อจำกัดในการใช้	122

ภาคที่ 3

เกร็ดความรู้

1	กลศาสตร์-ไฟฟ้า ความเหมือนในความแตกต่าง	141
2	มอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์ (Commutator Motor)	146

ภาคที่ 1

หลักการภาคควบคุม

1

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ กับการควบคุมแบบเวกเตอร์

หายสงสัยกับคำว่า การควบคุมแบบเวกเตอร์คืออะไร ทำงานอย่างไร และแตกต่างจาก v/f อย่างไร หรือบางคนบอกว่า เวกเตอร์ดีกว่า v/f แต่ทำไมถึงดีกว่า หรือว่า ดีกว่าจริงหรือไม่

จากประสบการณ์ที่ผู้เขียนได้เข้าไปคลุกคลีกับโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่ง รวมถึงที่ได้จากการสอบถามและพูดคุยกับผู้ที่เข้ามารับการฝึกอบรมจากผู้เขียน ทำให้ทราบว่าผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับระบบควบคุมความเร็วรอบอีกเป็นจำนวนมาก ยังไม่ทราบอย่างแท้จริงว่าการควบคุมแบบเวกเตอร์คืออะไร ทำงานอย่างไร และแตกต่างจาก V/f อย่างไรกันแน่ ส่วนใหญ่จะได้รับข้อมูลจากผู้ขายแต่เพียงว่า “เวกเตอร์ดีกว่า V/f ” แต่ทำไมถึงดีกว่าหรือแม้แต่ว่า “ดีกว่าจริงหรือไม่” ก็ยังมีผู้ที่สงสัยจำนวนมาก ส่วนที่ผู้ที่ทราบทฤษฎีก็อาจจะยังไม่เคยเห็นหน้าตาจริงของเวกเตอร์ว่าเป็นอย่างไร ครั้นจะหาผู้ที่สามารถชี้แจงให้กระจ่างได้ก็มีจำกัด เอกสารที่มีเผยแพร่ส่วนใหญ่ก็จะมาจากสถานศึกษา ซึ่งมักจะมาพร้อมกับสมการคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยาก ความสนใจที่จะศึกษาในศักยภาพของการควบคุมแบบเวกเตอร์จึงลดน้อยลง และยังไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร ทำให้ความเชื่อมั่นในศักยภาพของการควบคุมแบบเวกเตอร์ลดน้อยลงไปด้วย ในฐานะที่ผู้เขียนอยู่ในแวดวงที่ได้คลุกคลีกับการควบคุมแบบเวกเตอร์พอสมควร ผู้เขียนจึงมีความตั้งใจที่จะเขียนบทความนี้เพื่อประโยชน์ต่อผู้อ่านที่ทำงานเกี่ยวข้องกับระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ ให้เข้าใจแนวคิดของการควบคุมแบบเวกเตอร์อย่างง่าย ๆ โดยไม่ต้องใช้สมการคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากมาอธิบาย

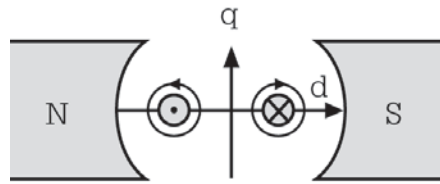
การควบคุมแบบเวกเตอร์คืออะไร

หากจะกล่าวให้มองเห็นภาพอย่างง่าย ๆ ก็คงจะกล่าวได้ว่าการควบคุมแบบเวกเตอร์ คือ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับให้เลียนแบบการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้มาอยู่ในรูปเทียบเคียงกับไฟฟ้ากระแสตรงดังจะกล่าวในรายละเอียดดังนี้

ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เราจะควบคุมองค์ประกอบของกระแสที่นำไปสร้างสนามแม่เหล็กในสองส่วน คือ

1. I_f หรือกระแสที่นำไปสร้างสนามแม่เหล็กหลัก องค์ประกอบของสนามแม่เหล็กนี้เกิดขึ้นจากขดลวดบนสเตเตอร์ที่ใช้สร้างสนามแม่เหล็กหลัก มีทิศชี้จากเหนือไปใต้ เราเรียกว่าแนวแกนของสนามแม่เหล็กนี้ว่าแกน d หรือ direct axis

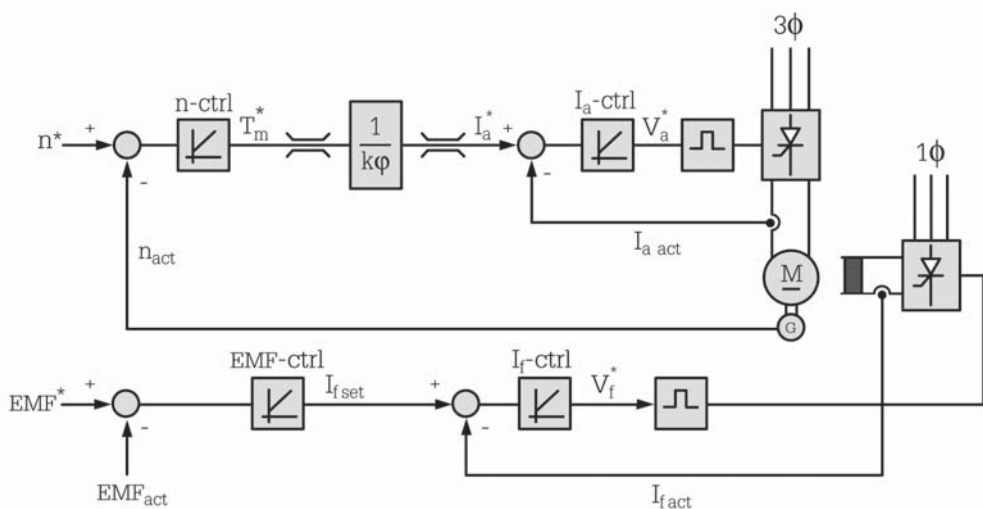
2. I_q หรือกระแสที่นำไปสร้างสนามแม่เหล็กรอบอาร์เมเจอร์ องค์ประกอบของสนามแม่เหล็กนี้จึงเกิดรอบขดลวดบนโรเตอร์ โดยมีทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กหลัก จึงเรียกแนวแกนของสนามแม่เหล็กนี้ว่าแกน q หรือ quadrature axis



รูปที่ 1 แนวแกนสนามแม่เหล็ก d และ q

ลักษณะและทิศทางเวกเตอร์ของสนามแม่เหล็กทั้งสองสนามแสดงไว้ในรูปที่ 1

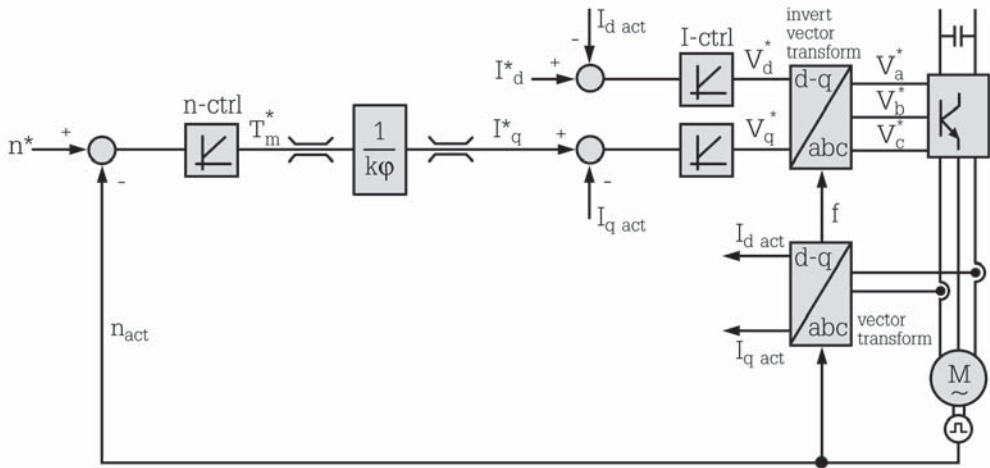
ในการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงนั้น โดยปกติเราจะให้องค์ประกอบในแกน d คงที่ แล้วเปลี่ยนแปลงเฉพาะองค์ประกอบในแกน q กล่าวคือ โดยปกติจะให้ I_f มีค่าคงที่ และเมื่อต้องการเปลี่ยนความเร็วรอบหรือเปลี่ยนแปลงแรงบิด ก็จะมาควบคุม I_a เป็นหลัก ต่อเมื่อต้องการควบคุมให้ความเร็วเกินพิกัด จึงจะทำการลด I_f ลง การควบคุมมอเตอร์ดีซีจึงแยกออกเป็นสองทาง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

ในสภาวะปกติ I_f จะถูกตรึงไว้ให้คงที่ที่พิกัดของมอเตอร์ ส่วน I_a จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการเร่งของมอเตอร์และแรงบิดต้านของโหลด (T_L) ซึ่งจะสะท้อนเข้ามาในรูปของ I_{a_act} การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงในสภาวะปกติ จึงควบคุมเพียงแค่ I_a ตัวเดียวเท่านั้นโดยไม่ต้องไปยุ่งเกี่ยวกับ I_f

การควบคุมแบบเวกเตอร์ได้เปลี่ยนแบบแนวความคิดนี้อย่างตรงไปตรงมา กล่าวคือ จะแบ่งองค์ประกอบของกระแสที่จะควบคุมออกเป็นสองส่วน คือ



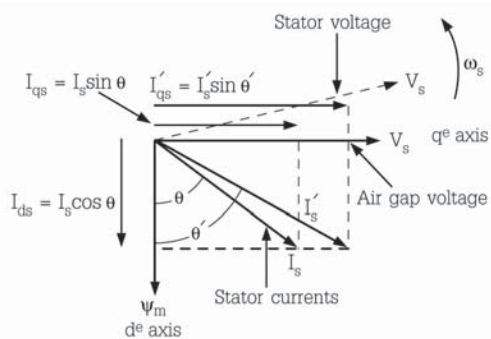
รูปที่ 3 การควบคุมแบบเวกเตอร์

1. ส่วนที่เป็นองค์ประกอบในแกน d เรียกว่า I_d ทำหน้าที่เหมือนกับ I_f กล่าวคือ I_d จะเป็นตัวควบคุมความเข้มสนามแม่เหล็กในแกน d โดยในสภาวะปกติจะมีความถี่ที่ ยกเว้นกรณีมอเตอร์หมุนที่ความเร็วรอบมากกว่าปกติ

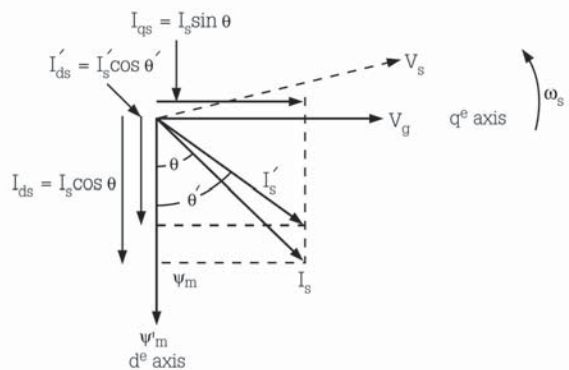
2. ส่วนที่เป็นองค์ประกอบในแกน q เรียกว่า I_q ทำหน้าที่เหมือนกับ I_u ของมอเตอร์กระแสตรง โดย I_q จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการเร่งและแรงบิดต้านของโหลด ดังนั้นเมื่อต้องการเปลี่ยนความเร็ว (มีความเร่ง) และเพิ่มหรือลดโหลดทางกล ก็จะไปปรับที่ I_q โดยตรง

จากที่กล่าวมาข้างต้น รูปแบบวงจรควบคุมแบบเวกเตอร์จึงเหมือนกับวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง
เกือบทุกประการ ดังแสดงในรูปที่ 3

หัวใจของวงจรนี้อยู่ที่การแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่วัดมาได้ให้อยู่ในรูป I_d และ I_q ซึ่งวิธีปกติที่ใช้กันทั่วไป คือ วิธีที่แสดงดังรูปที่ 4



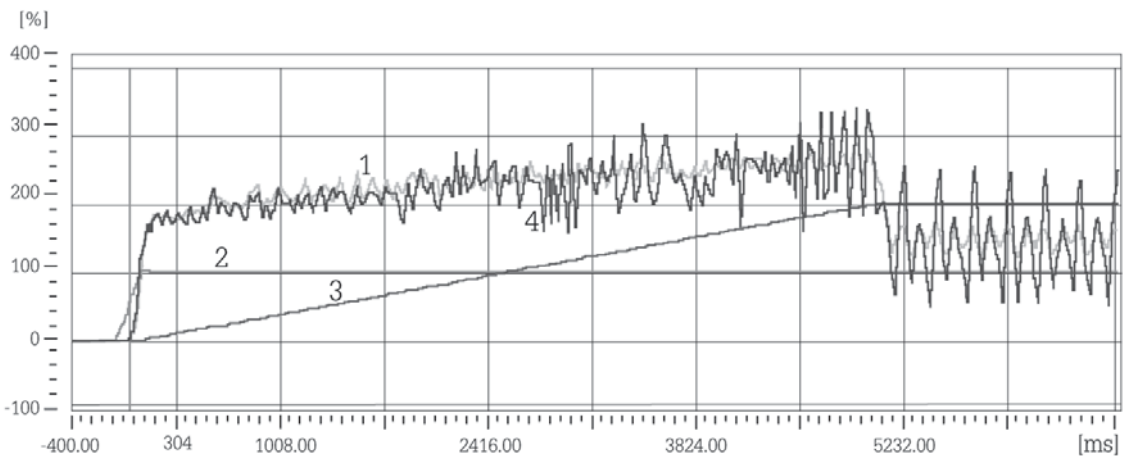
ก) กรณีแรงบิดเพิ่มขึ้น หรือ output ของ controller มากขึ้น



ข) กรณีสนามแม่เหล็กลดลง

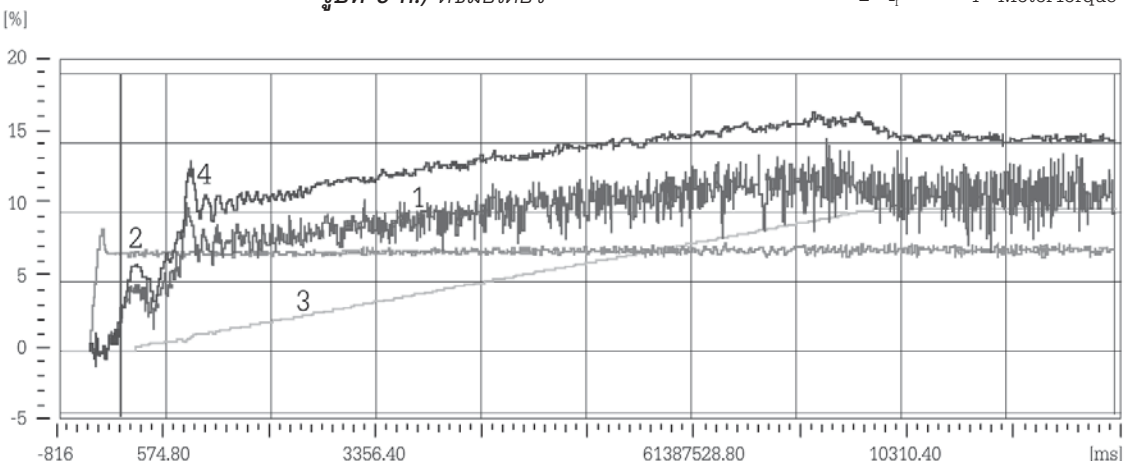
รูปที่ 4 ไดอะแกรมของ direct vector control

จากรูปกระแส I_s จะถูกแปลงให้มาอยู่บนแกน d และ q ถ้าพิจารณา ณ ความเร็วต่ำกว่าพิกัด ระบบควบคุมจะพยายามรักษาค่าประกอบในแกน d ให้คงที่ ส่วนองค์ประกอบในแกน q นั้นจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความต้องการของโหลดหรือความต้องการของชุดควบคุมโดย speed controller ดังแสดงในรูป 4 ก. แต่ถ้าทำงานในย่านความเร็วรอบที่สูงกว่าความเร็วพิกัดระบบจะลดค่า I_d ลงเพื่อทำ field weakening ให้กับมอเตอร์ ดังแสดงในรูป 4 ข. ซึ่งเมื่อสามารถควบคุมได้ดังนี้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่เรา กำลังควบคุมอยู่ ก็จะมีคุณสมบัติเทียบเคียงเสมือนได้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างน่าทึ่ง และถ้าจะดูแล้ว น่าจะดีกว่าหลายอย่างด้วยซ้ำ เพราะการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบกรงกระรอกทำได้ง่ายกว่ามอเตอร์กระแสตรงเป็นอย่างมาก รูปที่ 5 แสดงผลการทดลองการทำงานเปรียบเทียบระหว่างดีซีมอเตอร์ และมอเตอร์กระแสสลับที่ควบคุมแบบเวกเตอร์ ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่า I_d ของเวกเตอร์คอนโทรล จะมีพฤติกรรมเหมือนกับ I_f ของดีซีมอเตอร์ ในขณะที่ I_q จะเหมือนกับ I_a



รูปที่ 5 ก.) ดีซีมอเตอร์

1 I_a 3 Speed
2 I_f 4 Motor Torque



รูปที่ 5 ข.) เวกเตอร์คอนโทรล

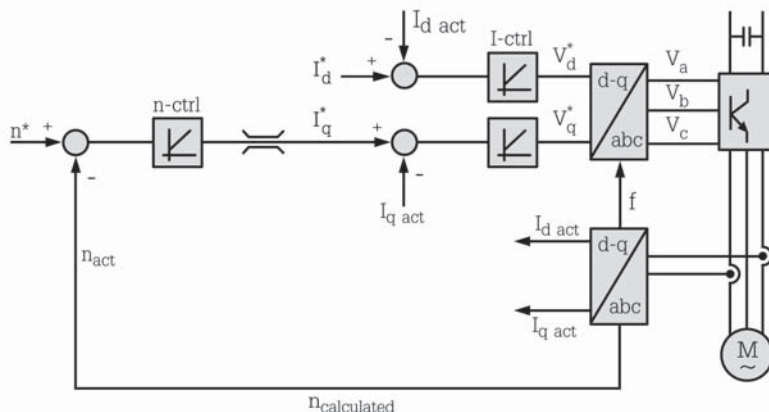
1 I_{sq} 3 Speed
2 I_{sd} 4 Motor Torque

รูปที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการทำงานของดีซีมอเตอร์กับเวกเตอร์คอนโทรล

ในวงจรควบคุมจริง ขั้นตอนการแปลงกระแสสลับให้อยู่ในรูป I_d และ I_q จะถูกกระทำโดยฟังก์ชันบล็อก vector transformation โดยหน่วยประมวลผลในฟังก์ชันบล็อกดังกล่าว จะทำหน้าที่แปลง I_a , I_b และ I_c ที่วัดได้จากกระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์ ให้มาอยู่ในรูป I_d และ I_q^1 จากนั้นก็ส่งค่า I_d และ I_q ไปเทียบกับ I_d^* และ I_q^* ค่าความผิดพลาดที่ได้ (error) จะถูกแก้ไขโดยตัวควบคุมกระแส (I-controller) ซึ่งเป็น PI controller โดยที่เอาท์พุทของตัวควบคุมกระแส คือ V_d^* และ V_q^* ตามลำดับ หลังจากนั้นค่าของ V_d^* และ V_q^* จะถูกแปลงเป็น V_a^* , V_b^* และ V_c^* เพื่อไปผลักให้กระแส I_a , I_b และ I_c มีค่าที่ทำให้เมื่อถูกแปลงกลับเป็น I_d และ I_q แล้วจะมีค่าเท่ากับ I_d^* และ I_q^* ตามต้องการ ยกตัวอย่างเช่น ถ้า $I_{q \text{ act}}$ น้อยกว่า I_q^* , V_q^* จะมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้ V_a , V_b และ V_c มีค่าสูงขึ้นในขนาดและเฟสที่จะทำให้กระแส I_a , I_b และ I_c มีค่าเปลี่ยนแปลงแล้วทำให้กระแส $I_{q \text{ act}}$ ที่แปลงจาก I_a , I_b และ I_c มีค่าเท่ากับ I_q^* พอดี เมื่อเป็นเช่นนี้ เราก็จะสามารถคุมค่า I_d และ I_q ให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ตลอดเวลา

อย่างไรก็ตาม หากสังเกตดูในรูปที่ 3 พบว่ามีความไม่สะดวกอยู่อย่างหนึ่งในทางปฏิบัติ คือ การที่ต้องมีอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วรอบ ซึ่งอาจจะเป็น tachometer หรือ pulse encoder ก็ได้ แน่นอนว่าในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง อย่างไรก็ตามเสียก็จะต้องใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วรอบมาเป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุม แต่ถ้าเป็นงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำมากนัก การมีอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วรอบนอกจากจะทำให้เปลืองค่าใช้จ่ายมากขึ้นแล้วยังอาจทำให้เกิดความยุ่งยากในการควบคุม เนื่องจากปัญหาสัญญาณรบกวนและเกิดความยุ่งยากในระบบทางกลที่จะต้องติดตั้งอุปกรณ์เหล่านี้เข้าไปอีกด้วย

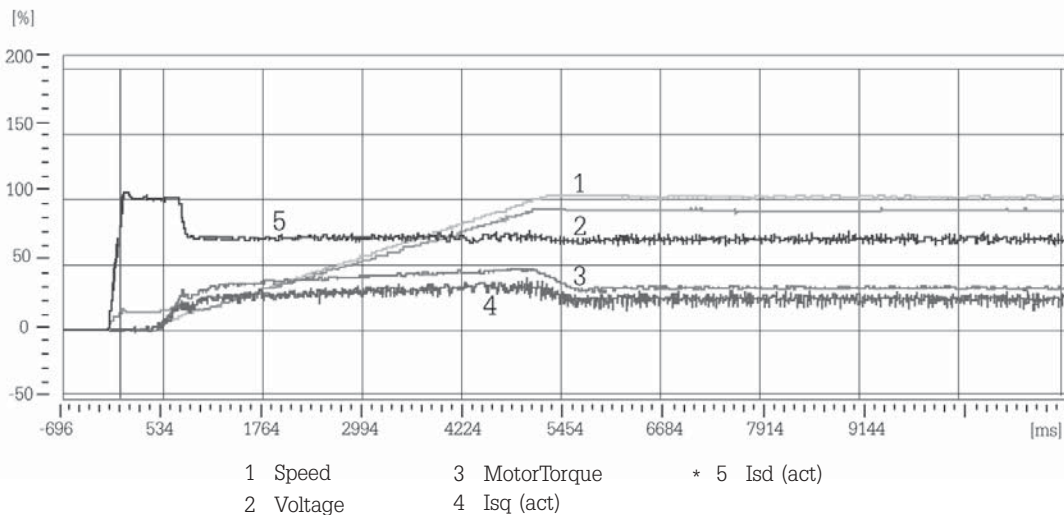
เพื่อให้การใช้งานสะดวกสบายขึ้น ผู้ผลิตเกือบทุกยี่ห้อจึงได้ทำระบบควบคุมแบบเวกเตอร์ที่ไม่ต้องใช้ตัวตรวจวัดความเร็วรอบหรือเซ็นเซอร์ (sensorless vector control) ขึ้นมา โดยมีรูปร่างหน้าตาของระบบควบคุมดังรูปที่ 6 จะเห็นว่าวงจรควบคุมจะเหมือนกับรูปที่ 3 ทุกประการ ต่างกันก็ตรงที่ความเร็วรอบมอเตอร์ตามรูปที่ 3 ได้มาจากของจริง แต่รูปที่ 6 ได้มาจากการคำนวณของหน่วยคำนวณภายในเครื่อง ซึ่งความแม่นยำของจริงไม่ได้ แต่ก็สามารถใช้ได้ในงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำนัก



รูปที่ 6 sensorless vector control

¹หาอ่านรายละเอียดวิธีการแปลงได้ในหนังสือ “การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ: วงจรภาคกำลัง” ของ ศิวะ หงษ์นภา

ผู้อ่านหลายท่านอาจตั้งคำถามว่า เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วจะต้องไปใช้แบบมีเซ็นเซอร์ทำไม คำตอบคือ ถ้าต้องการความแม่นยำก็ต้องใช้ครับ เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนมากขึ้น ผู้เขียนขอนำรูปที่แสดงผลการทดลองการทำงานของเวกเตอร์คอนโทรลแบบไม่มีเซ็นเซอร์มาให้พิจารณาเปรียบเทียบกับกรณีมีเซ็นเซอร์ โดยในรูปที่ 7 เป็นการทำงานของเวกเตอร์คอนโทรลกรณีไม่มีโหลด ส่วนรูปที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบการตอบสนองของตัวแปรสำคัญต่างๆ ระหว่างกรณีที่มีเซ็นเซอร์และไม่มีเซ็นเซอร์ ขณะมีการเปลี่ยนแปลงของโหลดทางกล



รูปที่ 7 กราฟแสดงการทำงานของเวกเตอร์คอนโทรล กรณีไม่มีตัวตรวจจับความเร็วรอบ

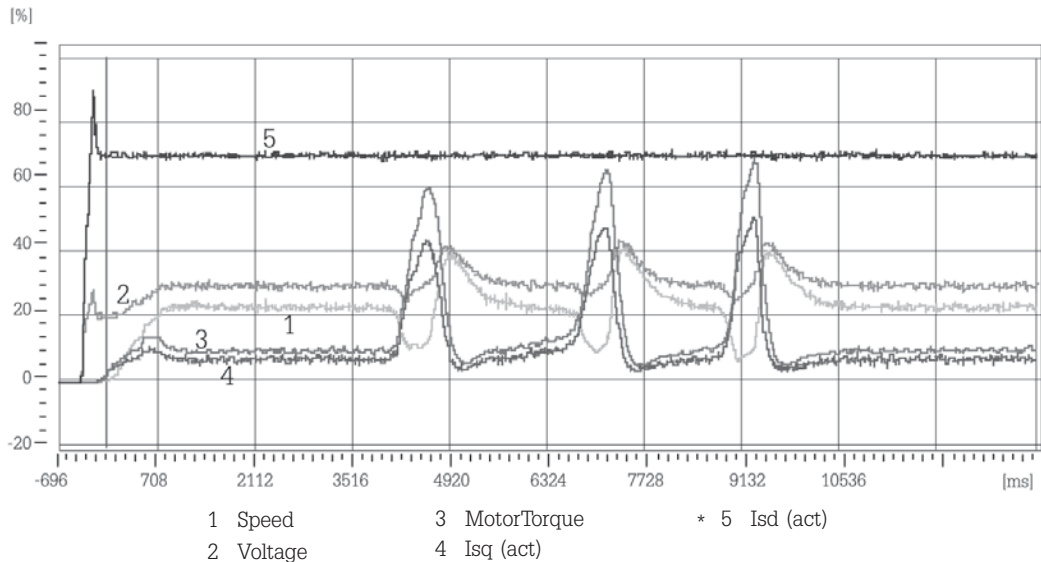
จากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าสิ่งที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ รูปร่างของกระแส I_d ในกรณีของการควบคุมแบบมีเซ็นเซอร์นั้น I_d จะนิ่งตลอด ไม่ว่าโหลดทางกลจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรก็ตาม ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำของการคำนวณ ที่เมื่อเทียบกับกรณีของการควบคุมแบบไม่มีเซ็นเซอร์ จะเห็นได้ชัดว่า I_d จะผันผวนไปตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดทางกลด้วย ลักษณะการผันผวนของ I_d เมื่อมีโหลดเข้ามานี้ จะทำให้คุณสมบัติของความแม่นยำของมอเตอร์และความแม่นยำของการควบคุมลดน้อยลง เพราะกลายเป็นว่า แรงบิดไม่ได้แปรตามตัวแปร I_d เพียงตัวเดียวแล้ว แต่จะแปรตามทั้ง I_d และ I_q นอกจากนี้ถ้ากลับไปพิจารณาในรูปที่ 7 จะเห็นว่าในช่วงเริ่มทำงาน เครื่องจะดัน I_d ขึ้นไปสูงสุดก่อน เพราะขณะนั้นเครื่องยังไม่สามารถหาขนาด I_d ที่เหมาะสมได้ เมื่อผ่านจุดเริ่มออกตัวไปแล้ว I_d จึงถูกปรับมายังค่าที่เหมาะสม ทำให้ไม่สามารถใช้งานในย่านความเร็วต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (แม้ไม่ต้องการความแม่นยำสูงมากก็ตาม)

อาจมีผู้ถามว่า แล้วอย่างนี้จะมีประโยชน์อะไร ก็ไปใช้ V/f เสียเลยไม่ดีกว่าหรือ คำตอบก็คือ ถึงแม้การควบคุมแบบนี้จะไม่แม่นยำเหมือนกับแบบมีตัวตรวจจับความเร็วจริง ๆ แต่ที่ยังเหนือกว่า V/f ก็คือสามารถควบคุมแรงบิดได้โดยตรง (แม้จะไม่แม่นยำมากนัก) ซึ่งความสามารถนี้จะไม่พบใน V/f

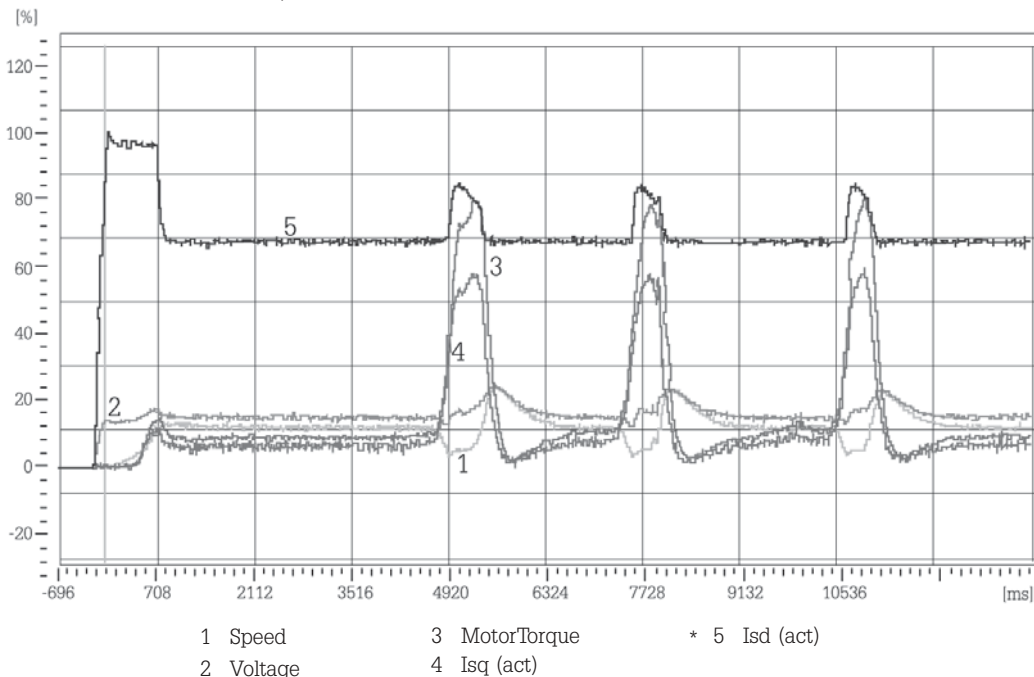
เนื่องจากประโยชน์และความสะดวกในการใช้งานตามที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ในปัจจุบันผู้ผลิตเกือบจะทั้งหมด ได้หันมาพัฒนาโครงฟิชของตนให้เป็นการควบคุมแบบเวกเตอร์เสียเป็นส่วนใหญ่แล้ว

ส่วนคำถามที่ว่า เมื่อมีการควบคุมแบบเวกเตอร์แล้ว การควบคุมแบบ V/f ก็หมดความหมายใช่หรือไม่ ตรงนี้คงต้องตอบว่าไม่ใช่ เพราะงานบางอย่างการควบคุม V/f ก็ให้ประโยชน์มากกว่าการควบคุมแบบ

เวกเตอร์ เช่น การควบคุมความเร็วรอบของพัดลม, ปั๊ม หรือโหลดที่มีแรงบิดแปรผันตรงกับความเร็วรอบ และแปรผันตามความเร็วรอบกำลังสอง ซึ่งถ้าใช้การควบคุมแบบเวกเตอร์จากการทดลองพบว่า เมื่อทำงานที่รอบต่ำ กระแสจะไหลค้างอยู่ในมอเตอร์มากกว่าเมื่อมีการควบคุมแบบ V/f ทำให้การสูญเสียมีมากกว่า โดยที่ไม่มีควมจำเป็นต้องควบคุมความเร็วรอบหรือแรงบิดให้แม่นยำมากนัก



ก.) เวกเตอร์คอนโทรลแบบมีตัวตรวจจับความเร็วรอบ



ข.) เวกเตอร์คอนโทรลแบบไม่มีตัวตรวจจับความเร็วรอบ

รูปที่ 8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรของเวกเตอร์คอนโทรล แบบมีตัวตรวจจับความเร็วรอบ และ ไม่มีตัวตรวจจับความเร็วรอบ ขณะมีการเปลี่ยนแปลงของโหลดทางกล