

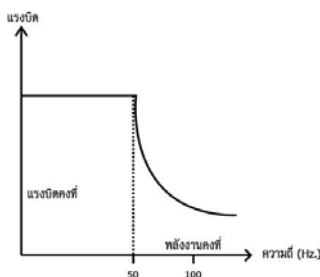
อินเวอร์เตอร์...มอเตอร์ เลือกอย่างไรไม่ให้เกิดปัญหา

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันนี้ จะมีการประยุกต์ใช้อินเวอร์เตอร์กันอย่างแพร่หลาย แต่ก็ยังมีความเข้าใจผิดกันอยู่มาก เกี่ยวกับการเลือกอินเวอร์เตอร์ มอเตอร์ และเครื่องจักรที่มอเตอร์ขับเคลื่อน ซึ่งมีตัวอย่างให้เห็นมากมาย เช่น ซื้ออินเวอร์เตอร์มาปรับรอบมอเตอร์ ปรากฏว่ามอเตอร์ขับโหลดไม่ออก ต้องไปซื้อเกียร์มาใส่เพิ่ม หรืออีกตัวอย่างหนึ่งมีปั๊มอยู่ 1 ตัว มีมอเตอร์ 1 แรงม้า รอบสูงอยู่ 1 ตัว ก็เลยไปซื้ออินเวอร์เตอร์ 1 แรงม้ามาใช้ พอปรับรอบลดลงตามความต้องการของปั๊ม ปรากฏว่า อินเวอร์เตอร์ "ทริป" แล้วแสดงผลว่า "โอเวอร์ เฟอร์เรนต์ (กระแสเกิน)" เป็นต้น ต่อไปนี้จะขอแนะนำ และยกตัวอย่างการเลือกใช้งานอินเวอร์เตอร์อย่างถูกต้องดังนี้

การเลือกอินเวอร์เตอร์

ข้อแรก ก็ต้องดูว่า ขนาดอินเวอร์เตอร์กับขนาดของมอเตอร์นั้นเหมาะสมกันหรือไม่ ซึ่งส่วนใหญ่จะบอกเป็นหน่วยกิโลวัตต์ (kW.) หรือแรงม้า (HP) นี่เป็นเพียงการดูคร่าวๆ เท่านั้น ไม่สามารถรับประกันได้ว่าเมื่อนำไปขับโหลดจริงแล้วจะไม่มีปัญหาจากนั้นจะต้องดูพิกัดที่แท้จริงของอุปกรณ์ โดยดูจากแรงดันไฟฟ้าเข้า (Input voltage) ย่านของระดับแรงดันขาออก (Range of output voltage) และกระแสขาออก (Output current) ส่วนใหญ่ย่านของระดับแรงดันขาออกจะอยู่ระหว่าง 0-500 V.AC. ส่วนย่านของความถี่อยู่ประมาณ 0-50 Hz. หรือ 0-60 Hz.

ถึงแม้ว่า อินเวอร์เตอร์จะสามารถปรับความถี่ไปที่ 70 Hz., 80 Hz. หรือ 400 Hz. ได้ก็ตาม แต่ในช่วงการทำงานจาก 0-50 Hz. อินเวอร์เตอร์จะทำงานในลักษณะของการรักษา "อัตราส่วนระหว่างแรงดันต่อความถี่ให้คงที่" หรือ "Constant voltage/Frequency ratio (V/F)" โดยจะไม่เกิดการอิมตัวของมอเตอร์ (ฟลักซ์ของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราส่วน V/F)



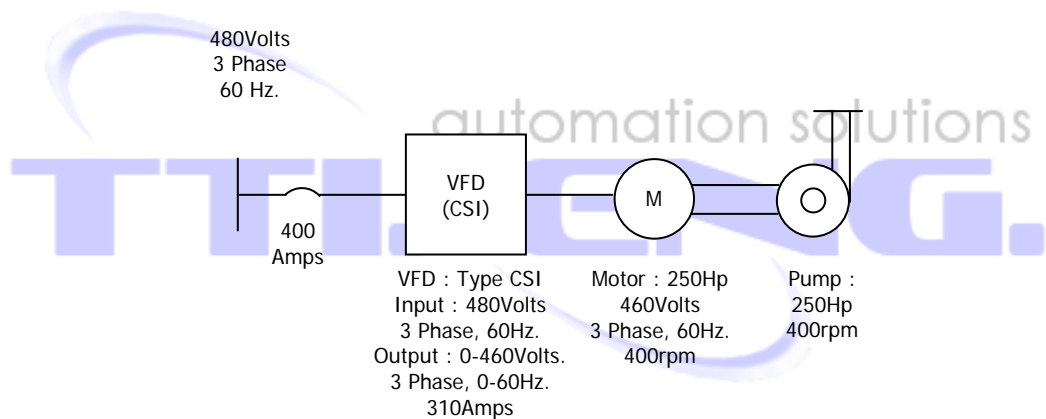
รูปที่ 1 กราฟแรงบิดกับความถี่

จากรูปที่ 1 การทำงานในย่านนี้ เป็นการทำงานแบบ "แรงบิดคงที่ (Constant torque)" ส่วนย่านการทำงานที่อยู่เลยจากช่วงนี้ไป จะเป็นช่วงที่แรงดันไฟฟ้าขาออกคงที่ (Constant output voltage) ในขณะที่ความถี่สูงขึ้น (มากกว่า 50 Hz. เป็นต้นไป) ซึ่งเราเรียกช่วงการทำงานตรงนี้ว่า "ช่วงการทำงานด้วยพลังงานคงที่ของมอเตอร์ (Constant power region)" เช่นแรงบิดของมอเตอร์ลดลงในขณะที่ความเร็วรอบของมอเตอร์สูงขึ้น

ดังนั้นกฎข้อแรกคือ "ที่พิกัดกำลังงานสูงสุดของแรงดันขาออก (Output voltage) และความถี่ขาออก (Output frequency) ของอินเวอร์เตอร์จะต้องเท่ากับแรงดันไฟและความถี่ที่พิกัดของตัวมอเตอร์" นี่คือนิยามที่ทุกคนต้องทราบ และปฏิบัติตามไม่เช่นนั้นจะเกิดปัญหาในการใช้งานแน่นอน ดังเช่นตัวอย่าง ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 : รู้เท่าไม่ถึงการณ์

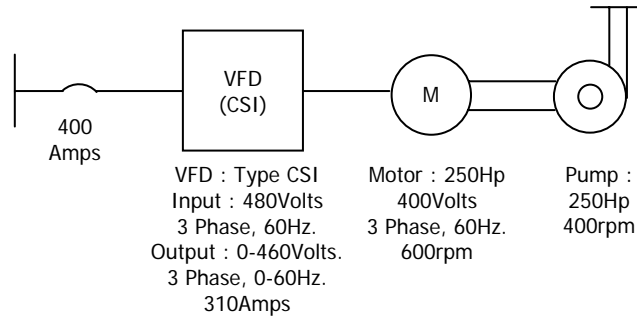
วิศวกรโรงงาน ต้องการระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ปั๊มน้ำชุดหนึ่ง ผู้ออกแบบได้กำหนดให้ใช้ปั๊มแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal pump) ความเร็วรอบที่พิกัดเป็น 400 rpm มีขนาดแรงม้า 250 Hp กำลังไฟฟ้าขาเข้าของอินเวอร์เตอร์ประมาณ 250 k.VA., 310 Amp. เพาเวอร์แฟกเตอร์ 85% แรงดันไฟ 460 V. โดยระบบไฟที่จ่ายเข้ามา ก็ออกแบบตามนี้ คือใช้เบรกเกอร์เมน ขนาด 400 Amp. ดังรูป 1A



รูปที่ 1A Specified System

จากนั้น ผู้รับเหมารายหนึ่งประมูลได้งานนี้ไป โดยเสนอเป็นมอเตอร์ขนาด 400Hp 400 V. ความเร็วรอบ 600 rpm อินเวอร์เตอร์ถูกเลือกมาใช้เพื่อปรับรอบมอเตอร์ตัวนี้จาก 600 rpm ให้เป็น 400 rpm ดังรูป 1B ตามข้อกำหนดของปั๊ม เมื่อผู้รับเหมารายนี้ ยื่นข้อเสนอให้กับวิศวกรโรงงานที่เป็นเจ้าของงาน วิศวกรเจ้าของงานก็ตอบตกลง

480Volts
3 Phase
60 Hz.



รูปที่ 1B Installed System

ถึงแม้ว่า ข้อเสนอของผู้รับเหมาจะไม่ได้ตามข้อกำหนดที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ แต่เห็นว่าได้มอเตอร์ขนาดใหญ่กว่า อินเวอร์เตอร์ขนาดใหญ่กว่า การทำงานไม่น่าจะมีปัญหาอะไร แต่มีปัญหาเกิดขึ้น คือเมื่อเริ่มทดสอบมอเตอร์เดินที่ Full load 400 rpm ปรากฏว่าอินเวอร์เตอร์ใช้ไฟประมาณ 496 k.VA., กระแส 597 Amp. และเพาเวอร์แฟกเตอร์ 55% ซึ่งต่างจากการคำนวณครั้งแรกที่คำนวณไว้เป็น 250 k.VA., กระแส 310Amp. และเพาเวอร์แฟกเตอร์ 85% จึงเป็นเหตุให้เบรกเกอร์เมนขนาด 400 Amp. ในตู้ไฟตัดวงจร สายไฟเกิดโอเวอร์โหลด หม้อแปลงโอเวอร์โหลด งานนี้ผู้รับเหมา และคนขายอินเวอร์เตอร์ไม่รับผิดชอบใด ๆ ทั้งสิ้น เขาให้เหตุผลว่า "ระบบสามารถทำงานได้ตามสเปค โดยที่มอเตอร์หมุนที่ 400 rpm และอินเวอร์เตอร์สามารถจ่ายพลังงานให้มอเตอร์ได้ตามที่มอเตอร์ต้องการ" ปัญหาเกิดจากการปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ของโรงงาน ไม่ใช่เกิดจากการติดตั้งผิด

สาเหตุปัญหา

ถ้าเรามองให้ลึกลงไปถึงสาเหตุของปัญหา ก็สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้ มอเตอร์ขนาด 400 Hp กระแสเมื่อขับโหลดเต็มที่ประมาณ 620 Amp. เพาเวอร์แฟกเตอร์ 78% ที่ 400 V. กระแสที่ใช้สร้างสนามแม่เหล็ก (Magnetizing current) จะอยู่ประมาณ 388 Amp. กระแสที่ใช้สร้างแรงบิด (Active current) เมื่อมอเตอร์ทำงานเต็มกำลัง จะอยู่ประมาณ $(484 = (620)^2 - (388)^2)$

เมื่อมอเตอร์ทำงานที่ 40 Hz ความเร็วมอเตอร์จะลดลงมาอยู่ที่ 400 rpm โดยที่อินเวอร์เตอร์ยังคงรักษาอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าต่อความถี่ (V/F) ให้คงที่ตลอดเวลา แรงดันไฟขาออกจะอยู่ที่ 266 V. ความถี่ 40 Hz หรือประมาณ 2 ใน 3 ของแรงดันที่พิกัด 400 V. กระแสสร้างสนามแม่เหล็ก (Magnetizing current) ยังคงเท่าเดิม คือ 388 Amp. เพราะฟลักซ์

แม่เหล็กจะมีค่าเท่ากับสถานะที่มอเตอร์ทำงานเต็มกำลัง เมื่อปั๊มยังคงต้องการพลังงานจากมอเตอร์เพื่อขับปั๊ม 250 Hp เท่าเดิม ที่ความเร็วรอบ 400 rpm

ดังนั้น ที่แรงดัน 266 V. กระแสที่ใช้สร้างแรงบิดมอเตอร์จึงเป็น 454 Amp. ($454 = 484 \times (400 \text{ V.} / 266 \text{ V.}) \times (250 \text{ Hp} / 400 \text{ Hp})$) ดังนั้น กระแสขาเข้าอินเวอร์เตอร์ทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ 597 Amp. ($597 = (388)^2 + (454)^2$) สรุปว่า อินเวอร์เตอร์จะให้แรงดันขาออกไปที่มอเตอร์เป็น 266 V., 3 ph, 40 Hz, 597 Amp.

การแก้ไข

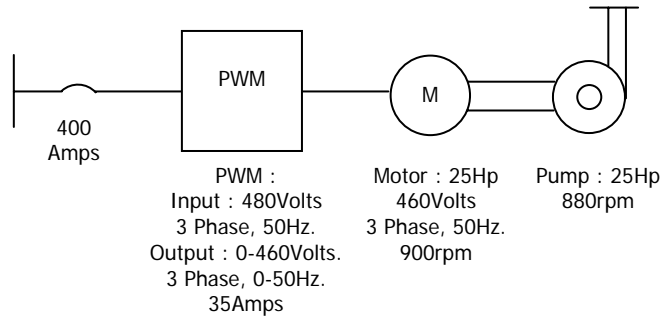
ในกรณีนี้ ตัวอินเวอร์เตอร์เป็นแบบ "Current Source Inverter (CSI)" ซึ่งประกอบด้วยภาคแปลงไฟสลับเป็นไฟตรง (Thyristor Bridge Converter) และภาคแปลงไฟตรงเป็นสลับ (Thyristor Bridge Inverter) ทั้งสองภาคจะเชื่อมต่อกันด้วยตัวเหนี่ยวนำ (DC-Link Inductor) แรงดันขาออกถูกทำให้ลดลงได้โดยใช้วิธีเลื่อนเฟส

การนำกระแสของตัว Thyristor ในภาคแปลงไฟสลับเป็นไฟตรง (Converter หรือ Rectifier) เพื่อให้แรงดันที่ถูกลดลงนี้ไปปรากฏทางด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ป้อนเข้าตัวมอเตอร์ เมื่อแรงดันขาเข้าอินเวอร์เตอร์เป็น 480 V. ภาคแปลงไฟสลับเป็นไฟตรง (Converter หรือ Rectifier) จะทำการเลื่อนเฟสของแรงดันนี้ไป 56 องศา เพื่อให้แรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์ลดลงเหลือ 266 V. เพาเวอร์แฟกเตอร์ของกระแสขาเข้าอินเวอร์เตอร์จึงเป็น 55% เมื่อเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำ จึงทำให้อินเวอร์เตอร์ต้องการกระแสจากระบบมากกว่าปกติ เบรกเกอร์จึงทริปนี้คือตัวอย่างของการเลือกอินเวอร์เตอร์และมอเตอร์ที่ไม่เหมาะสม

ตัวอย่างที่ 2 : อยากรลดต้นทุน

วิศวกรผู้หนึ่งได้ออกแบบระบบขับเคลื่อนปั๊มในระบบบำบัดน้ำเสีย ดังรูป 2A ปั๊มตัวนี้ต้องการกำลังในการขับเคลื่อนจากมอเตอร์ขนาด 25 Hp ที่ความเร็วรอบ 880 rpm ดังนั้น ระบบนี้ต้องการมอเตอร์ขนาด 25 Hp ไฟ 460 V., 3 Ph, 50 Hz., ความเร็วรอบ 900 rpm อินเวอร์เตอร์ที่ใช้เป็นแบบ PWM (Pulse Width Modulation) แรงดันขาออก 0-460 V. ความถี่ 0-50 Hz. และกินไฟ 35 Amp.

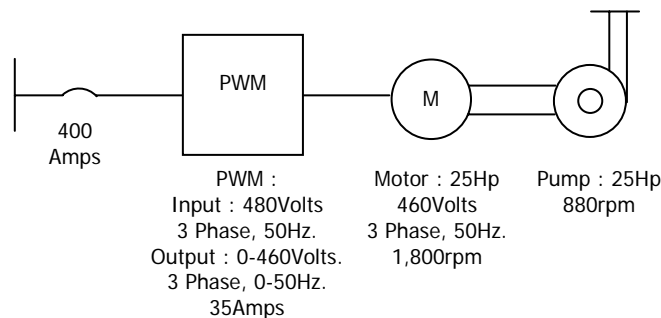
480Volts
3 Phase
50 Hz.



รูปที่ 2A Specified System

เมื่อออกแบบเสร็จแล้วจึงเริ่มทำการติดตั้ง โดยทางเจ้าของงานสั่งซื้ออินเวอร์เตอร์ถูกต้องตามแบบ จะต่างกันเพียงแต่มอเตอร์เท่านั้น ที่เขาเลือกเป็นมอเตอร์ขนาด 25 Hp ความเร็วรอบ 1,800 rpm แรงดันไฟ 460 V. เนื่องจากเขามีมอเตอร์ตัวนี้เก็บอยู่ใน Store อยู่แล้ว เขามีความเชื่อว่าการใช้มอเตอร์ตัวนี้แทนมอเตอร์ 25 Hp 880 rpm น่าจะทำงานได้ ไม่มีปัญหาอะไรความเร็วรอบที่เป็น 1,800 rpm ก็สามารถใช้อินเวอร์เตอร์ปรับรอบมาเป็น 880 rpm ได้ เมื่อติดตั้งเสร็จ เริ่มทำการเดินเครื่อง ปรากฏว่ามอเตอร์ไม่สามารถเดินจนถึงความเร็ว 880 rpm ได้เนื่องจากอินเวอร์เตอร์ "ทริป" ที่ความเร็วประมาณ 400 rpm และหน้าจอแสดงผล "กระแสวิก"

480Volts
3 Phase
50 Hz.



รูปที่ 2B Installed System

อันดับแรกเจ้าของงานคนนี้เชื่อว่ามีเศษตะกอนอุดตันในระบบท่อจึงทำให้มอเตอร์ทำงานหนักจนเป็นเหตุให้มอเตอร์กินกระแสสูง อินเวอร์เตอร์จึงตัดวงจรแบบ "กระแสวิก" เขาได้ใช้เวลาหลายวันในการตรวจสอบการอุดตันของท่อทั้งทางดูดและทางอัดของปั๊มแต่ก็ไม่พบการอุดตันของท่อ

เกิดอะไรขึ้น กับมอเตอร์ตัวนี้

เนื่องจากปกติมอเตอร์ตัวนี้ถูกออกแบบมาให้ใช้กับไฟ 460 V. ความถี่ 50 Hz. ความเร็ว 1,800 rpm เมื่อเราลดความเร็วรอบลง 50% (880 rpm) ทำให้ความถี่ขาออกของ อินเวอร์เตอร์ที่จ่ายให้มอเตอร์เท่ากับ 230 V. (ตามอัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่คงที่) ที่แรงดัน 230 V. มอเตอร์จะกินไฟประมาณ 60 Amp.เพื่อใช้ในการสร้างกำลัง 25 Hp ในการขับปั๊ม ซึ่งอินเวอร์เตอร์ไม่สามารถจ่ายกระแสสูงขนาดนี้ได้ จึงสั่งตัดวงจรก่อนถึงความเร็วที่ปั๊มต้องการ

ปัญหานี้แก้ไขได้อย่างไร

มี 2 วิธีด้วยกัน วิธีแรกติดตั้งชุดพูลเลย์ (Pulley) พร้อมสายพานหรือติดตั้งชุดเกียร์ทดรอบก็ได้ ระหว่างมอเตอร์ 1,800 rpm กับปั๊ม 900 rpm วิธีที่ 2 เปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ โดยนำมอเตอร์ความเร็วรอบ 900 rpm มาติดตั้งแทนมอเตอร์ 1,800 rpm ก็จะสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้

สรุปว่าหากจะไม่ให้เกิดปัญหาในการใช้งานอินเวอร์เตอร์ร่วมกับมอเตอร์จะต้องปฏิบัติตามกฎดังนี้ "เมื่อเครื่องจักรที่มอเตอร์ขับอยู่ทำงานเต็มกำลัง แรงดันขาออก และความถี่ขาออกของอินเวอร์เตอร์จะต้องมีค่าเท่ากับค่าแรงดันไฟและความถี่ที่ปรากฏอยู่ที่เนมเพลทของมอเตอร์" จากตัวอย่างข้างต้นคงจะเห็นแล้วว่า เทคโนโลยีอย่างเดียวยังไม่สามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้ นอกเสียจากเราจะเข้าใจพื้นฐานของการเลือกใช้อุปกรณ์เป็นอย่างดี