

มอเตอร์อีวีในฝัน



เทศกาลปีใหม่แล้ว วิทยาการใหม่เกิดขึ้นทุกวัน ลองมาฝันถึงสิ่งใหม่ที่ยังไม่เกิด แต่ถ้าเกิดมันน่าจะดี นั่นคือ “มอเตอร์อีวีในฝัน” Build Your Dream หรือ BYD เตรียมสร้างฝันให้เป็นจริง โดยจะสร้างมอเตอร์ในฝันชนิดปรับสนามแม่เหล็กได้และจลลิตธิบัติรกันทำคนอื่นไว้เรียบร้อย

ส่วนที่สเปน ยังคงสร้างฝันกันอยู่สำหรับมอเตอร์อีวี แต่ฝันดังกล่าวสร้างอย่างเป็นระบบมาก เพราะรวบรวมไว้ทุกอย่าง แถมยังใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยออกแบบเปรียบเทียบไว้เสร็จสรรพ เพียงแต่มันยังเป็นเพียงโมเดลทาง software ในคอมพิวเตอร์ ยังไม่ได้สร้างจริง รวบรวมเข้ามาโดยห้าผู้เชี่ยวชาญ คือ Beñat Arribas, Gaizka Almandoz, Aritz Egea, Patxi Madina และ Ion Iturbe แห่งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย Mondragon ประเทศสเปน ซึ่งได้รับทุนจากรัฐบาล ให้ทำการรวบรวม รวบรวม วิเคราะห์ วิจัย จากเอกสารทางวิชาการทั่วโลกจำนวน 82 ฉบับ ออกมาเป็นบทความทางวิชาการที่รวบรวมพัฒนาการของมอเตอร์เอามาว่าดฝันมอเตอร์ในอุดมคติ แล้วตีพิมพ์เผยแพร่โดยสถาบัน MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) ในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2024 เมื่อปีที่แล้วมานี้เอง

บทความดังกล่าวใช้ชื่อว่า “Adoption of Multiphase and Variable Flux Motors in Automotive Applications” หรือ “การนำมอเตอร์หลายเฟสแบบปรับความเข้มสนามแม่เหล็กได้มาใช้กับยานยนต์”

จากชื่อเรื่องก็บอกชัดว่า เป็นการรวมเอาสองเทคโนโลยีมาไว้ด้วยกัน คือ Multiphase (MP) และ Variable Flux (VF) โดย MP จะช่วยลดการกระเพื่อมของแรงบิด และเพิ่มประสิทธิภาพ ส่วน VF จะช่วยปรับสนามแม่เหล็กตลอดเวลาให้เหมาะกับสภาพเครื่องตลอดช่วงการทำงาน (มีกัลยาณมิตรท่านหนึ่งช่วยเปรียบเทียบให้เห็นภาพว่า VF ก็เหมือนกับการปรับเกียร์ทดรอบในระบบเกียร์ของเครื่องสันดาปภายใน โดยเกียร์หนึ่งต้องการแรงบิด และเมื่อรถออกตัวไปแล้วก็ต้องการเพิ่มความเร็วยก)

เมื่อความต้องการที่อยากจะรวมข้อดีของทั้งสองเข้ามาไว้ด้วยกัน แต่เมื่อยังไม่มีการผลิตขึ้นมาใช้ในโลกแห่งความเป็นจริง จึงใช้วิธีการของคอมพิวเตอร์สร้างโมเดลมอเตอร์ทาง software ขึ้นมา โดยใช้วิธีที่เรียกว่า Finite Element Method (FEM) และการที่จะเปรียบเทียบเทคโนโลยีใหม่สองตัว คือ MP กับ VF กับเทคโนโลยีเก่าคือ 3-phase ก็จำเป็นต้องสร้างโมเดลมอเตอร์ขึ้นมาสี่ชนิดเพื่อการเปรียบเทียบ คือ สามเฟสแบบดั้งเดิม (3-phase), แบบหลายเฟส (MP), สามเฟสแบบปรับสนามแม่เหล็กได้ (VF) และหลายเฟสแบบปรับสนามแม่เหล็กได้ (MD-VF)

บทความนี้ ได้เกริ่นนำด้วยการแจกแจงพัฒนาการของมอเตอร์มาตั้งแต่ยุคแรกๆ ที่มีข่าวการเริ่มเข้ามาของรถอีวี เช่นค่ายโตโยต้าก็ออกรถ Prius ที่เน้นความเร็วรอบมอเตอร์ให้สูงขึ้น เพราะมอเตอร์รอบจัดจะใช้แรงบิดน้อยเพื่อให้กำลังที่เท่ากัน ทำให้ลดขนาดของมอเตอร์ลงได้ ซึ่งความเร็วรอบนี้เพิ่มได้โดยการเพิ่มความถี่ด้วย inverter ภายในรถอีวี แต่ตลาดรถอีวีส่วนใหญ่ก็ยังคงใช้มอเตอร์แม่เหล็กถาวรธรรมดา อย่างไรก็ตาม มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ

(induction) ก็ยังมีใช้ เช่น Tesla Model S หรือมอเตอร์ที่สร้างสนามแม่เหล็กด้วยไฟฟ้าก็มี เช่น Renault ZOE ไม่นานมานี้ มอเตอร์แบบหลายเฟส (MP) ที่ใช้แม่เหล็กถาวร เริ่มได้รับความสนใจ เพราะมีข้อดีมากกว่ามอเตอร์สามเฟสแบบเดิมมากมายหลายประการ เช่นการให้แรงบิดที่สูงกว่า และการกระเพื่อมของแรงบิดต่ำ (lower torque ripple) รวมทั้งประสิทธิภาพก็ดีกว่า power density ก็สูง มอเตอร์แบบ MP จึงเริ่มคืบคลานเข้ามาในตลาดรถอีวี แต่ก็ไม่มากนักเพราะราคาไม่ใช่ถูกๆ เมื่อเทียบกับตลาดที่แข็งแกร่งของมอเตอร์สามเฟสแบบทั่วไป อย่างเช่น DANA TM4 ก็ใช้มอเตอร์ 6 เฟส และ 9 เฟส ซึ่งใช้ในรถบรรทุก EMOSS ส่วน BMW iX M60 ใช้มอเตอร์ 6 เฟส แต่สนามแม่เหล็กที่แกน rotor สร้างด้วยไฟฟ้า และ Mercedes ก็เผยว่ากำลังวิจัยมอเตอร์หลายเฟสอยู่เช่นกัน

ดังนั้น ถึงแม้ปัจจุบัน มอเตอร์สามเฟสยังครองตลาดรถอีวีอยู่ แต่มอเตอร์หลายเฟส (MP) ที่มีศักยภาพสูง ก็กำลังเป็นที่จับตามอง ด้านมอเตอร์แบบปรับสนามแม่เหล็กได้ หรือ Variable flux (VF) ก็เป็นที่รู้จักกันแล้วว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีในเรื่อง แรงบิด-ความเร็วรอบ ทว่า ถึงแม้จะเป็นที่สนใจศึกษากัน แต่ยังไม่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์ออกมาเลย ที่ผ่านมาก็มีเพียงแค่การรีวิวให้เห็นว่า มีเทคโนโลยีต่างๆ ให้เห็น แต่ยังไม่มีการเปรียบเทียบกันโดยตรง ไม่เห็นการเปรียบเทียบในเชิงปริมาณว่า เทคโนโลยีที่ว่าดีทั้งสองนั้น ดีกว่าเป็นตัวเลขเท่าใด อีกทั้งการรวมข้อดีของทั้งสองเทคโนโลยีก็ยังไม่มีการสนใจสักเท่าไร ดังนั้นจึงเกิดความคิดที่จะรีวิวมอเตอร์ทั้งสองเทคโนโลยี คือ ทั้ง มอเตอร์หลายเฟส (MP) และมอเตอร์ปรับสนามแม่เหล็ก (VF) เปรียบเทียบกับมอเตอร์สามเฟส ที่ใช้เป็นตัวเทียบ (reference) แล้วยกการรวมเทคโนโลยีทั้งสอง (MP-VF) เามาเปรียบเทียบกับ โดยดูในแง่ของ แรงบิด (torque) กำลัง (power capability) ประสิทธิภาพ (efficiency) แรงการกระเพื่อมของแรงบิด (torque ripple)

สำหรับมอเตอร์หลายเฟส (MP) สิ่งที่มีผลกระทบต่อราคามากที่สุดคือ inverter ซึ่งถ้าเป็นแบบหลายเฟสจะแพงมาก แล้วยังมีตัวเลือกอย่างมากหลายทั้งแรงดันและกำลังด้วย ทางออกที่เหมาะสมคือใช้สามเฟสคู่ เามาต่อเป็น หกเฟส เรียกว่า dual three-phase (DTP) เรียกว่าได้มอเตอร์หลายเฟสในราคาถูก เพราะใช้ inverter สามเฟสธรรมดาสองตัวต่อขนานกัน ปี 2010 โตโยต้า Prius ได้เปลี่ยนมอเตอร์จากสามเฟส เป็น DTP ได้แรงบิดเพิ่มขึ้น 2.45% การที่จะเปรียบเทียบว่าอะไรดีกว่าอะไร จะมีการมองหลายด้าน ไม่ใช่เพียงแค่ประสิทธิภาพอย่างเดียวแล้วจบ เพราะอาจจะต้องเทียบเคียงตัวแปรหลายตัว อย่างที่หลายคนรู้จักในชื่อว่า แผนภูมิใยแมงมุม แผนภูมิใยแมงมุม (Spider Chart) หรือที่เรียกว่า เรดาร์ชาร์ต (Radar Chart) คือ แผนภูมิที่ใช้แสดงข้อมูลหลายตัวแปรพร้อมกัน โดยแต่ละตัวแปรจะแผ่ออกมาจากจุดศูนย์กลางเป็นแกนคล้ายใยแมงมุม ลักษณะของแผนภูมิใยแมงมุม จะมีจุดศูนย์กลาง และแกนหลายแกน แผ่ออกไปรอบๆ แต่ละแกนแทนตัวแปรหนึ่งค่า เช่น คุณสมบัติ ประสิทธิภาพ ฯลฯ ค่าของข้อมูลจะถูกเชื่อมต่อกันเป็นรูปหลายเหลี่ยม แผนภูมิแบบนี้ใช้เปรียบเทียบ จุดเด่น-จุดด้อย ของสิ่งต่างๆ สามารถเปรียบเทียบข้อมูลหลายชุดได้ในกราฟเดียว เหมาะกับข้อมูลที่เป็นตัวเลข ใช้ประเมินประสิทธิภาพของสินค้า หรือวิเคราะห์สมรรถนะเทียบเคียง มีข้อดีตรงที่เห็นภาพรวมของข้อมูลได้ชัดเจน เปรียบเทียบหลายด้านพร้อมกันได้ แต่มีข้อจำกัดเหมือนกันเพราะถ้ามีตัวแปรมากเกินไปจะดูยากและไม่เหมาะกับข้อมูลที่ต้องการความแม่นยำสูง ในส่วนของบทความทางวิชาการฉบับนี้ มีการเปรียบเทียบคุณสมบัติ 5 ประการของมอเตอร์สี่ประเภท

มอเตอร์สี่ประเภทเหมือนคนสี่คน คือ

หนึ่ง - มอเตอร์สามเฟส (3-phase) ธรรมดา อย่างที่ใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน

สอง - มอเตอร์หลายเฟส ในที่นี้ใช้มอเตอร์หกเฟส (สามเฟสสองชุด) หรือ Dual Three Phase (DTP)

สาม - มอเตอร์สามเฟส ที่ปรับสนามแม่เหล็กได้ คือเป็นแบบ Variable Flux (3-phase VF)

สี่ - มอเตอร์หลายเฟส ที่ปรับสนามแม่เหล็กได้ คือ มอเตอร์ Dual Three Phase - Variable Flux (DTP-VF)

ถ้าเอาคนสี่คนนี้ มาเรียงทางแกนทางขา เป็นดาว 5 แฉก คือ หัว-แขนซ้าย-แขนขวา-ขาซ้าย-ขาขวา ดูว่า ใครจะหัวสูงกว่าใคร แขนใครสั้น ขาใครยาว เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติมอเตอร์ 5 ประการ คือ

1-แรงบิดสูงสุด หรือ Maximum torque (Newton meter, Nm)

2-กำลังคงที่ หรือ Constant power (kilowatt, kW)

3-การกระเพื่อมของแรงบิด หรือ Torque ripple (%)

4-Loss เมื่อแรงบิดสูงที่รอบต่ำ (kilowatt, kW)

5-Loss เมื่อแรงบิดสูงที่รอบสูง (kilowatt, kW)

สองข้อแรก (1 และ 2) ยิ่งมากยิ่งดี ส่วนสามข้อหลัง (3, 4 และ 5) ยิ่งน้อยยิ่งดี

ผลของการเปรียบเทียบ ปรากฏว่า ...

หนึ่ง - มอเตอร์สามเฟส (3-phase) เหมือนเป็นคนตัวเตี้ย แขนสั้น ขาสั้น กว่าใคร แยกไปหมดทุกอย่าง

สอง - มอเตอร์หลายเฟส (DTP) เหมือนคนตัวสูง แขนสั้น ขายาว คือมีแรงบิดเพิ่มขึ้น (353.6 → 368.8 Nm) การกระเพื่อมของแรงบิดก็ดี เพราะลดลงเยอะ (16.1 → 5.2%) และที่แรงบิดสูงที่รอบต่ำก็ดีขึ้นเช่นกัน เพราะ Loss ลดลง (4.7 → 4.4 kW)

สาม - มอเตอร์สามเฟสปรับสนามแม่เหล็กได้ (3-phase VF) เหมือนคนตัวเตี้ย แขนยาว ขาสั้น คือมีกำลังเพิ่มขึ้น (226.1 → 245.5 kW) จุดเดินเครื่องเมื่อแรงบิดสูงที่รอบสูงก็ดีขึ้น เพราะ Loss ลดลง (7.6 → 5.8 kW)

สี่ - มอเตอร์หลายเฟสปรับสนามแม่เหล็กได้ (DTP-VF) เหมือนคนตัวสูง แขนยาว ดีไปหมดทุกอย่าง

มอเตอร์ที่วาดฝันสรุปออกมา จึงเป็นการรวมข้อดีของทั้งมอเตอร์หลายเฟสและมอเตอร์ที่ปรับสนามแม่เหล็กได้ไว้ในตัวเดียวกัน กลายเป็นมอเตอร์หลายเฟสที่ปรับสนามแม่เหล็กได้ หรือมอเตอร์ Dual Three Phase - Variable Flux (DTP-VF) นั่นเอง นี่แหละ คือมอเตอร์อีวีในฝัน

วัชร นุ่มหัตต์

2026-01-04

