

องค์ความรู้ทางวิศวกรรมไฟฟ้า

กับ TRIZ (Substance-Field Analysis)

พศ.ไตรสิทธิ์ เบนชญณฺษสิทธิ์
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ใโอกาสที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นจะเปิดสาขาใหม่ คือ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าในปีการศึกษา 2556 นี้ ผู้เขียนเห็นว่าเป็นโอกาสที่จะมามองทบทวนว่า TRIZ เกี่ยวข้องอย่างไรกับองค์ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์โดยเฉพาะองค์ความรู้ทางวิศวกรรมไฟฟ้าซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของเทคโนโลยีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จึงได้ค้นคว้าเรียบเรียงมาให้ท่านกัน

ฉบับที่แล้ว เราได้เรียนรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ว่า จะต้องพยายามเอาชนะความขัดแย้งให้ถึงที่สุด ไม่ใช่ประนีประนอมแบบยอมได้อย่างเสียอย่างที่เราเรียกว่า Trade-off อัลท์ชุลเลอร์ (Alshuller) ผู้คิดค้นเรื่อง TRIZ ได้รวบรวมแนวคิดที่ใช้ในการเอาชนะความขัดแย้งและพัฒนาขึ้นมาเป็นหลักการในการแก้ปัญหาความขัดแย้ง ซึ่งแบ่งได้เป็นความขัดแย้งเชิงเทคนิค (Technical Contradiction) และความขัดแย้งเชิงกายภาพ (Physical Contradiction) ตามที่ได้ยกตัวอย่างให้อ่านกันก่อน

อัลท์ชุลเลอร์ได้ค้นพบอีกว่าปัญหาบางอย่างไม่สามารถแสดงด้วยวิธีการของความขัดแย้งเชิงเทคนิค หรือความขัดแย้งเชิงกายภาพได้ ปัญหาดังกล่าวมักจะอยู่ในรูปของระบบที่มีการทำหน้าที่ไม่สมบูรณ์ หรือระบบก่อให้เกิดผลเชิงลบที่เป็นอันตรายขึ้น ตัวอย่างเช่น ต้องการใช้ค้อนทุบหินให้แตก แต่หินแข็งมาก จึงทำไม่ได้ไม่สำเร็จตามฟังก์ชันที่ต้องการหรือหินแตกตามฟังก์ชันที่ต้องการ แต่เกิดเศษหินปลิวกระจาย เกิดผลเชิงลบที่เป็นอันตรายขึ้น ปัญหาในลักษณะเช่นนี้เป็นสภาวะปัญหาที่ไม่สามารถเขียนแสดงในรูปของความขัดแย้งได้

ดังนั้น อัลท์ชุลเลอร์จึงได้เสนอแบบจำลองของสสาร-สนาม ขึ้นเพื่อใช้เขียนและวิเคราะห์หาแนวทางแก้ปัญหาแบบที่มีการทำหน้าที่ไม่สมบูรณ์ หรือระบบที่ก่อให้เกิดผลเชิงลบที่เป็นอันตรายขึ้น เรียกว่า Substance-Field Model และได้เตรียมคำตอบสำหรับแก้ไขปรับปรุงแบบ

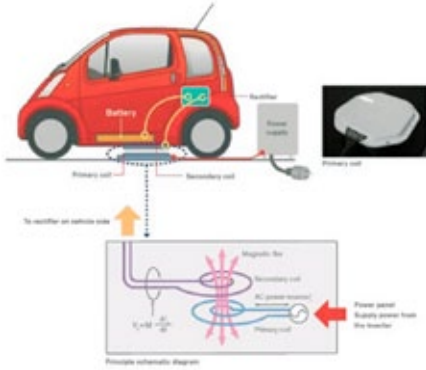
จำลองที่สร้างขึ้นนี้เพื่อให้ปัญหาหมดไปซึ่งมีทั้งหมด 76 ข้อ เรียกว่า 76 คำตอบมาตรฐาน (76 standard solutions) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ปัญหาระบบชาร์จไฟไร้สัมผัสสำหรับรถไฟฟ้า (Contactless Charging System for Electric Vehicle) รถไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า EV ซึ่งใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปจ่ายให้มอเตอร์เพื่อการขับเคลื่อนรถยนต์แทนการใช้น้ำมันนั้น กำลังเป็นที่นิยมในหลายๆ ประเทศ เพราะเป็นยานพาหนะที่ช่วยรักษาสภาพแวดล้อมและลดการใช้ น้ำมันที่กำลังจะหมดไป ปัญหาอย่างหนึ่งของรถไฟฟ้า คือ จะต้องมีการชาร์จแบตเตอรี่บ่อยครั้ง ซึ่งระบบชาร์จไฟที่มีข้ออยู่เป็นระบบที่ต้องต่อปลั๊กจากตัวรถเข้ากับหัวจ่าย ทำให้เกิดความยุ่งยากเสียเวลา ระบบชาร์จไฟแบบไร้สัมผัสจึงได้รับความนิยมวิจัยและพัฒนา



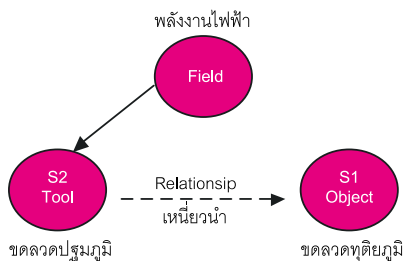
วิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จะใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านขดลวด 2 ชุดตามกฎของฟาราเดย์โดยขดลวดชุดหนึ่งที่หนึ่งจะวางกับพื้นขดลวดชุดที่สองจะติดตั้งไว้ใต้รถ ในการชาร์จไฟจะเคลื่อนรถให้ขดลวดชุดที่สองอยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับขดลวดชุดที่หนึ่ง แล้วจึงเริ่มทำการจ่ายไฟกระแสสลับให้กับขดลวดชุดที่หนึ่ง (ขดลวดปฐมภูมิ) ซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่แกนกลางของขดลวดชุดที่หนึ่ง สนามแม่เหล็กนี้จะเปลี่ยน-

แปลงตามเวลาเช่นเดียวกับกระแสที่ป้อนเข้ามา เมื่อขดลวดชุดที่สอง อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับขดลวดชุดที่หนึ่ง สนามแม่เหล็กจากขดลวดชุดที่หนึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในขดลวดชุดที่สอง (ขดลวดทุติยภูมิ) แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะเป็นกระแสสลับเช่นเดียวกับกระแสที่ป้อนเข้ามาขดลวดชุดที่หนึ่ง ในการชาร์จแบตเตอรี่จะเอาแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสสลับที่ได้นี้ไปผ่านชุดเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อเปลี่ยนให้เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงก่อนที่จะนำไปชาร์จแบตเตอรี่



ปัญหาของระบบชาร์จไฟไร้สัมผัส คือ การเหนี่ยวนำจากขดลวดชุดที่หนึ่งไปยังขดลวดชุดที่สองยังไม่เพียงพอ จะต้องปรับปรุงให้แรงกว่านี้ ซึ่งเราสามารถสร้างแบบจำลองของสสาร-สนามเพื่อการวิเคราะห์หาแนวทางแก้ปัญหาได้ โดยแบบจำลองของจุดที่เกิดปัญหาจะประกอบด้วยองค์ประกอบอย่างน้อย 3 อย่างคือ วัตถุ หรือสสารที่เป็นตัวถูกกระทำ (S1, Object) วัตถุ หรือสสารที่เป็นตัวกระทำ (S2, Tool) ภายใต้แรงหรือสนามพลังที่เรียกว่า Field ความสัมพันธ์ระหว่าง S1 และ S2 เขียนโดยด้วยลูกศร ถ้าระบบทำงานสมบูรณ์ตามฟังก์ชันที่ต้องการจะเขียนด้วยเส้นทึบ ถ้าไม่สมบูรณ์จะเขียนด้วยเส้นปะ ถ้ามีอันตรายจะเขียนด้วยเส้นหยัก เมื่อเราลองสร้างแบบจำลองของสสาร-สนามของระบบชาร์จไฟไร้สัมผัส จะได้ว่าขดลวดปฐมภูมิ (S2) กระทำต่อขดลวดทุติยภูมิ (S1) โดยมีพลังงานไฟฟ้า (Field) จ่ายให้กับขดลวดปฐมภูมิ ความสัมพันธ์ระหว่างขดลวดปฐมภูมิ (S2) และขดลวดทุติยภูมิ (S1) เป็นการเหนี่ยวนำ แต่ยังไม่เพียงพอ จึงเขียนด้วยเส้นปะตามรูป

เราจะต้องหาทางปรับปรุงแบบจำลองนี้ให้เป็นแบบจำลองใหม่ ที่การเหนี่ยวนำแรงขึ้นตามที่คาดหวังไว้ เมื่อปัญหาหมดไป เราจะเขียนความสัมพันธ์ในระบบใหม่ด้วยเส้นทึบ



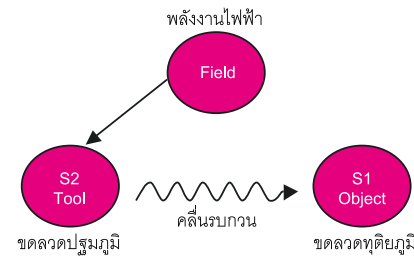
เมื่อไปดูคำตอบมาตรฐาน 76 ข้อที่อัลทูลเลอร์ได้แนะนำไว้ จะพบว่าในกลุ่มของคำตอบที่ใช้สำหรับปรับปรุงฟังก์ชันที่เป็นประโยชน์ (Improve Useful Function) มีอยู่หลายข้อที่สามารถนำมาใช้สร้างสรรค์ไอเดียเพื่อใช้แก้ปัญหาในกรณีนี้ได้ เช่น

ข้อ 2.2.2 แยกวัตถุที่เป็นตัวกระทำ (S2, Tool) ออกเป็นส่วนย่อยๆ จะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น เราอาจได้ไอเดียแยกขดลวดปฐมภูมิออกเป็นขดลวดหลายๆ ชุด เพื่อให้สนามแม่เหล็กทั่วไหลน้อยที่สุด ซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำให้สูงขึ้นได้ดังรูป



นอกจากนี้ เราอาจใช้กฎเกณฑ์ปรับ (modify) เปลี่ยน (replace) และเพิ่ม (add) กับองค์ประกอบต่างๆ ของแบบจำลองเพื่อนำมาใช้สร้างสรรค์ไอเดียในการแก้ปัญหาได้ เช่น ปรับความถี่ของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้สูงขึ้น เพิ่มตัวเก็บประจุ (Capacitor) เข้าไปในขดลวดเพื่อให้เกิดเรโซแนนซ์ (Resonance) เป็นต้น

สำหรับปัญหาที่ระบบก่อให้เกิดผลเชิงลบที่เป็นอันตรายขึ้นนั้น เราสามารถเขียนด้วยเส้นหยัก ดังรูป ปัญหาของระบบชาร์จไฟไร้สัมผัสที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตได้คือคลื่นความถี่สูงที่แพร่กระจายออกมา



อัลทูลเลอร์ได้แนะนำแนวทางแก้ปัญหาไว้ในกลุ่มของคำตอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับกำจัดฟังก์ชันที่เป็นอันตราย (Eliminate Harmful Function) ไว้หลายข้อที่สามารถนำมาใช้สร้างสรรค์ไอเดียเพื่อใช้แก้ปัญหาในกรณีนี้ได้ เช่น

ข้อ 1.2.4 ใช้สนามพลังอีกตัวหนึ่งมาลดทอนผลกระทบที่เป็นอันตรายให้น้อยลง เราอาจได้ไอเดียใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอีกชุดหนึ่งที่มีความถี่เดียวกันแต่กลับเฟสกันกับคลื่นรบกวนที่เป็นปัญหา จะช่วยทำให้คลื่นเกิดการหักล้างกันขึ้น คลื่นรบกวนจะถูกลดทอนให้น้อยลง

ฉบับหน้า จะพูดถึงเครื่องมือช่วยของ TRIZ ที่มีบทบาทสำคัญคือ Resources และ Effects ว่ามีความเกี่ยวข้องกับองค์ความรู้ทางวิศวกรรมไฟฟ้าอย่างไร



ข้อมูลอ้างอิง

1. Wireless charging system for EV, <http://www.whatsonxiamen.com/tech1168.html>
2. TRIZ, Substance-Field Analysis, <http://trizthailand.com/>