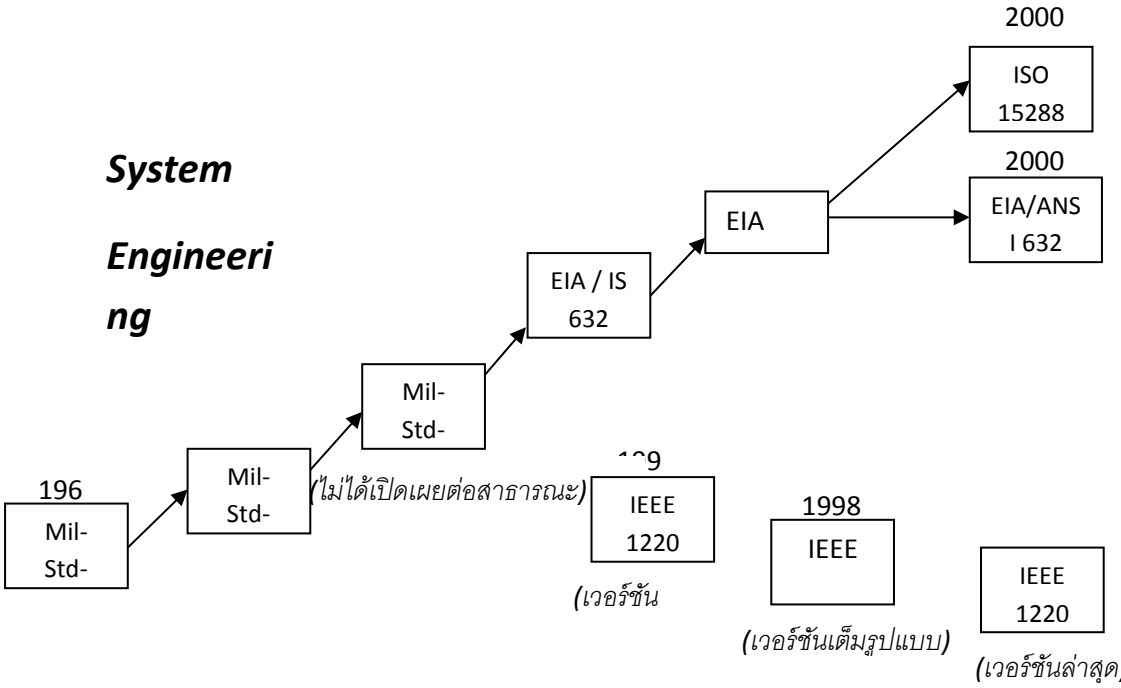
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1) ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกลไกประตูกั้นปลอดภัยของชานชาลา
2) ออกแบบภาพรวมการทำงานกลไกประตูโดยใช้หลักวิศวกรรรมเชิงระบบ
3) ออกแบบกลไกประตูกั้นปลอดภัยของชานชาลาโดยใช้หลักวิศวกรรรมการผลิต
4) วิเคราะห์กลไกการเปิดปิดประตูกั้นปลอดภัยของชานชาลาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเม้นต์
5) วิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุของประตูกั้นปลอดภัยของชานชาลา
6) สอบราคาอุปกรณ์และวัสดุ
7) จัดซื้อชิ้นส่วนและสั่งทำอุปกรณ์ที่จะทำประตูกั้นปลอดภัยของชานชาลารถไฟฟ้า
8) ดำเนินการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์
9) ทำการทดลองและทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน
10) สรุปผลการดำเนินงาน
11) จัดทำคู่มือการออกแบบและผลิตกลไกเปิดปิดประตู
12) เผยแพร่งานวิจัย

3.2 ภาพรวมของมาตรฐานงานออกแบบวิศวกรรมเชิงระบบ

มาตรฐานการออกแบบงานวิศวกรรมเชิงระบบนั้นเริ่มต้นขึ้นจาก สถาบันทางทหารของสหรัฐอเมริกาที่ต้องการมี กระบวนการ วิธีการ และเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานในการกำหนด ข้อกำหนดเพื่อการออกแบบอุปกรณ์ทางการทหารต่างๆ โดยได้เริ่มกำหนดมาตรฐานขึ้นในปี 1969 และได้มีการพัฒนามาจนถึงปัจจุบัน รูปที่ 11 แสดงวิวัฒนาการของมาตรฐานการออกแบบงานวิศวกรรมเชิงระบบ ซึ่งปัจจุบันจะนิยมใช้ 3 มาตรฐานหลัก คือ มาตรฐาน IEEE 1220 มาตรฐาน EIA/ANSI 632 และมาตรฐาน ISO/IEC 15288



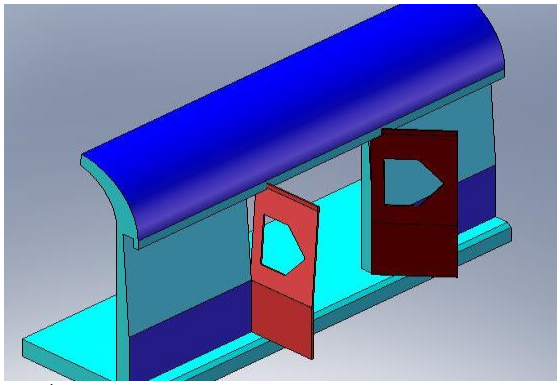
รูปที่ 3-1 แสดงวิวัฒนาการของมาตรฐานการออกแบบงานวิศวกรรมเชิงระบบ [14]

3.3 สมมติฐานการวิจัย

การออกแบบกลไกการเปิดปิดประตูกั้นปลอดภัยของชานชาลาจำเป็นต้องเลือกประตูที่จะใช้ก่อนโดยทั่วไปมีลักษณะอยู่ 3 รูปแบบดังนี้

3.3.1 แบบ Double door

แบบนี้เป็นการทำงานแบบสวิงคล้ายการเปิด-ปิดประตูรถโดยสาร การออกแบบลักษณะนี้จะต้องสร้างจุดหมุนลักษณะคล้ายบานพับ แล้วต่อด้วยกลไกเป็นต้นกำลังในการเปิด-ปิดประตูดังแสดงในรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 แสดงประตูแบบ Double door

ข้อดี

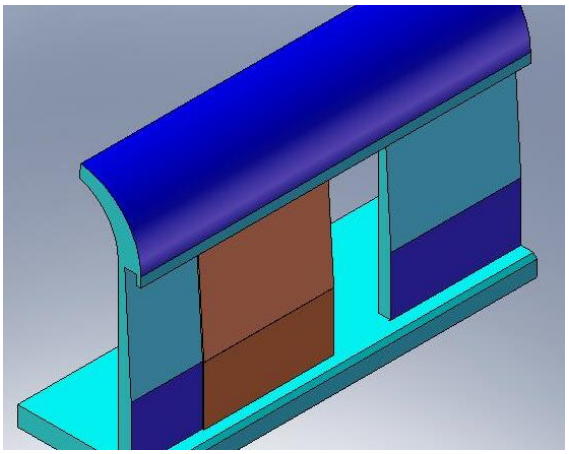
- การบำรุงรักษาง่าย
- การทำงานไม่ซับซ้อน

ข้อเสีย

- จำเป็นต้องมีระยะสำหรับเปิด-ปิด
- มีโอกาสเกิดอันตรายแก่ผู้โดยสารสูง

3.3.2. แบบ Pocket door รูปแบบบานเดียวเลื่อนสไลด์

แบบนี้ตัวบานประตูจะมีขนาดใหญ่เพียงบานเดียวระบบขับเคลื่อนประตูใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นพลังงานขับเคลื่อนในการเปิด-ปิดประตูดังแสดงในรูปที่ 3-3



ข้อดี

- การบำรุงรักษาง่าย เพราะชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ได้น้อย

ข้อเสีย

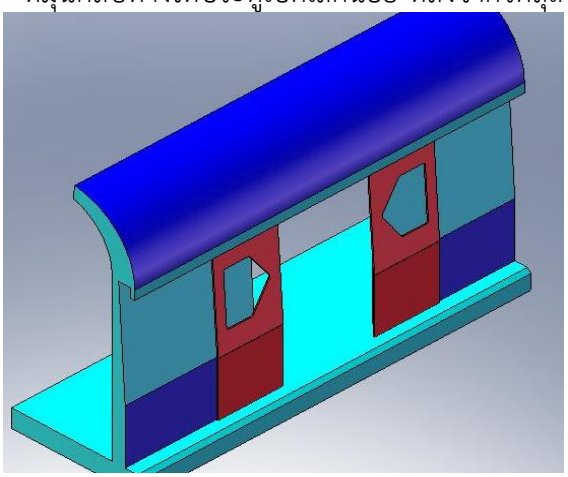
- เสียเวลาในการเปิด-ปิดมาก เพราะขนาดของบาน ซึ่งมีขนาดใหญ่
- น้ำหนักมากทำให้การใช้พลังงานมากในการเปิดปิดประตู

รูปที่ 3-3 ประตูแบบ Pocket door

3.3.3 แบบ Double Pocket รูปแบบบานคู่เลื่อนสไลด์

แบบนี้จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนประตูใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นพลังงานขับเคลื่อนในการเปิด-ปิดประตู ผ่านเพลาสกรูเป็นตัวส่งให้เกิดการเคลื่อนที่ เพลาสกรูจะประกอบด้วยชนิดเกลียวซ้ายข้างหนึ่งและขวาข้างหนึ่ง ที่ขอบของบานประตูทั้งสองข้างจะมีเซ็นเซอร์ป้องกันการหนีบผู้โดยสาร โดยการทำงานเมื่อ

เกิดการหนีบวัตถุในช่วงที่ประตูเคลื่อนที่ปิด เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณหยุดการทำงานของมอเตอร์ขับ และสั่งให้หมุนกลับทางให้ประตูเปิดเล็กน้อย หลังจากวัตถุเคลื่อนที่ผ่านไปประตูก็จะทำการปิดเข้าดังแสดงในรูปที่ 3.5



ข้อดี

- ใช้เวลาในการปิด-เปิดน้อย
- มีความปลอดภัยมากกว่าเมื่อเทียบกับแบบ Double เพราะเป็นการเคลื่อนที่ในแนวด้านขนานกับตัวรถ

ข้อเสีย

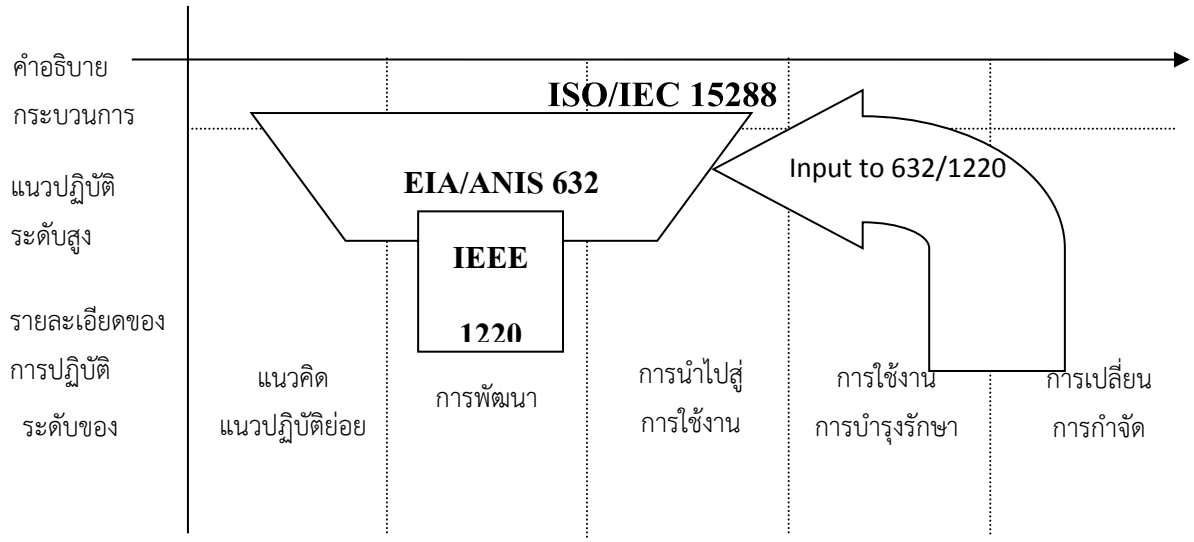
- ชิ้นส่วนมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแบบแรก ดังนั้นการบำรุงรักษาก็จะมากตามไปด้วย

รูปที่ 3-4 ประตูแบบ Double Pocket

เมื่อพิจารณารูปแบบประตูทั้ง 3 รูปแบบ พบว่ารูปแบบที่ 3 จะสอดคล้องกับประตูรถไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันดังรูปที่ 3.5 ดังนั้นการออกแบบกลไกการเปิดปิดประตูกั้นปลอดภัยของชานชาลาจะพิจารณาตามรูปแบบ Double Pocket เป็นหลัก

รูปที่ 3-5 แสดงลักษณะของประตูรถไฟฟ้าขณะที่ปิดและเปิดอยู่ของบริษัท BTS

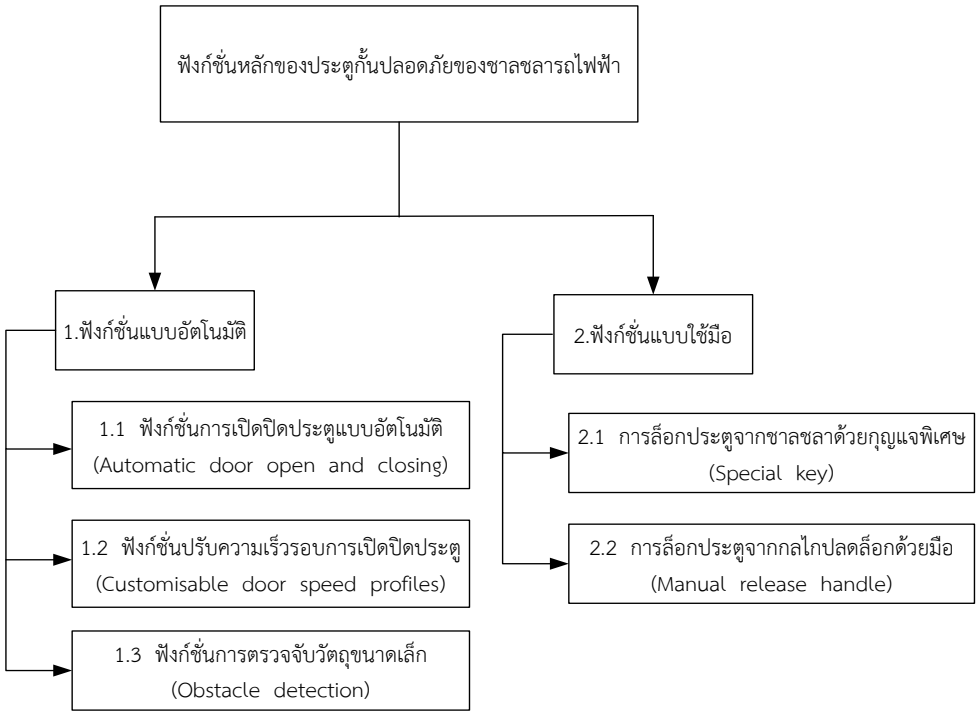
รูปที่ 12 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานทั้ง 3 อย่างพร้อมกัน โดยที่มาตรฐาน IEEE 1220 จะเน้นให้ข้อมูลเชิงลึกในเรื่องการบริหารจัดการที่เกี่ยวกับการพัฒนาระบบ มาตรฐาน EIA/ANSI 632 จะเน้นอธิบายหลักการคิดสำคัญในการสร้างระบบที่ซับซ้อนขึ้นมา ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือหลักสำหรับนักพัฒนางานวิศวกรรมระบบ ส่วนมาตรฐานสุดท้ายเป็นมาตรฐาน ISO/IEC 15288 ซึ่งจะครอบคลุมทุกช่วงของอายุการใช้งานของระบบไม่ว่าจะเป็นช่วง แนวคิดการออกแบบ การพัฒนา การนำไปสู่ตลาด การใช้งาน การเปลี่ยนหรือกำจัด



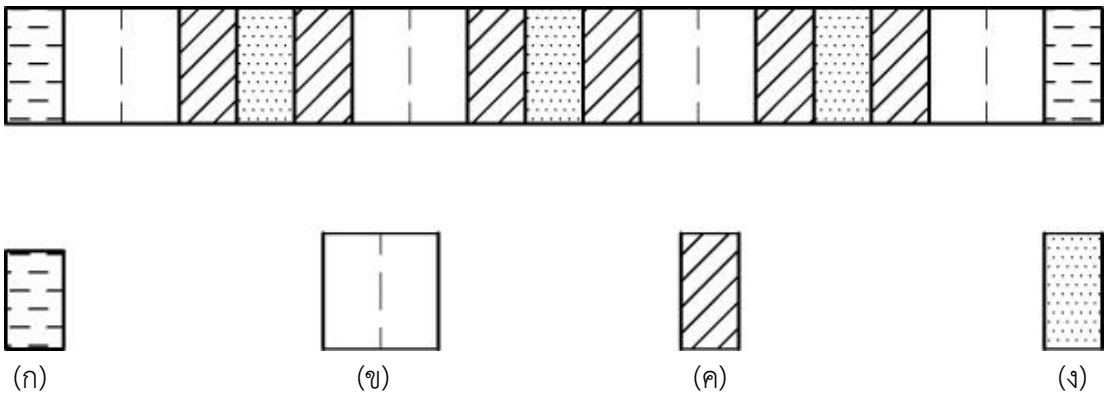
รูปที่ 3-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานทั้ง 3 อย่าง ตลอดช่วงอายุการทำงานของระบบ [14]

3.4 แนวทางการออกแบบกลไกการล็อคประตู

แนวทางการออกแบบฟังก์ชั่นหลักของประตูกั้นปลอดภัยของชานชาลารถไฟฟ้าในการออกแบบกลไกประตูกั้นปลอดภัยของชานชาลารถไฟฟ้าจะมีฟังก์ชันหลักดังแสดงในรูปที่ 3.6 สำหรับรูปที่ 3.7 แสดงรูปแบบต่างของประตูที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งแบ่งออกเป็น 4 แบบคือ (ก) ประตูหัวและท้ายชานชาลาแบบติดบานพับ (ข) ประตูเลื่อนเปิดปิด (ค) ประตูปิดสนิท และ (ง) ประตูฉุกเฉินแบบติดบานพับ



รูปที่ 3-7 ฟังก์ชั่นหลักของประตูกั้นปลอดภัยของชาลชาลารถไฟฟ้า



รูปที่ 3-8 ประตูกั้นปลอดภัยของชานชาลารถไฟฟ้าแบบต่างๆ

3.5 องค์ประกอบที่จำเป็นในการล็อค

3.5.1 หลักการสำคัญ

อุปกรณ์ล็อคที่ใช้ในประตู HHPSD นั้นทำงานด้วยหลักการการป้องกันการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (Principle of preventing translation) ของตัวประตูการล็อคของอุปกรณ์จะเกิดขึ้นผ่านชิ้นส่วนที่มีลักษณะเป็นตะขอ เราเรียกชิ้นส่วนนี้ว่า hook ซึ่งเมื่อบานประตูกำลังเลื่อนปิด hook จะเริ่มหมุน และเมื่อประตูอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม hook จะกระตุ้นการทำงานของชิ้นส่วนที่เป็นตัวล็อคให้ทำงานและอยู่ในตำแหน่งล็อกบนบานประตู เมื่อบานประตูได้เคลื่อนที่มา ณ ตำแหน่งประตูปิดบานล็อคนั้นจะถูกทำให้หมุนโดยการหมุนของตัวล็อคซึ่งได้รับผลมาจากแรงดันของชิ้นส่วนหนึ่งที่ส่งผ่านตัวล็อคในระหว่าง การปิดแบบอัตโนมัติหรือปิดแบบแมนนวลระบบการล็อคนี้ได้รับความน่าเชื่อถือสูงในการติดตั้งส่วนประกอบและทำงานร่วมกับประตูกั้นชานชาลาตำแหน่งของชิ้นส่วนต่างๆอย่างรวบรัดได้แสดงใน

อุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่งปิดของประตู (“Door Closed” Position Checking Device)อุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่งตัวนี้ประกอบด้วย สวิทช์ 1 ตัว ที่ตรวจจับและส่งสัญญาณว่า บานประตู ได้อยู่ในตำแหน่งปิดเรียบร้อยแล้ว และแจ้งด้วยไฟสัญญานว่า ประตูปิดสนิทแล้วสวิทช์จะถูกกระตุ้นให้ทำงานโดยแผ่นตรวจจับการหมุน (Rotative Detection Plate) ซึ่งแผ่นนี้จะตรวจจับการเคลื่อนที่แบบหมุนของ ชิ้นส่วนหนึ่งที่เราเรียกว่า finger ที่อยู่ภายใน locking hookสวิทช์บานประตูปิด (Leaf Closed Switch, LCS)

ฟังก์ชันการปลดล็อคอัตโนมัติ (Automatic Unlocking Function)ตัวปลดล็อกอัตโนมัติจะเริ่มทำงานผ่านการกระตุ้นโดยตรงจากคานล็อคโดย electromagnet คานล็อคตัวนี้จะล็อคติดกับ hook หมุน และหลังจากนั้นจะปล่อย finger ออกมายึดกับบานประตู โดยที่ประตูถูกขับโดย DC motor

อุปกรณ์ปลดล็อคมือ (Manual Release Device)ตัวปลดล็อกด้วยมือนี้จะทำงานผ่านคานปลดล็อค (Unlocking lever) ซึ่งคานปลดล็อคจะปลดคานล็อค(Locking lever) และปล่อย hook ออกคานปลดล็อคจะถูกกระตุ้นให้ทำงานโดยสลัก (Pin) ที่เคลื่อนที่ไปมาข้างในบานประตู สลักตัวนี้ถูกเชื่อมต่อด้วยสายเคเบิลไปยังตัวควบคุมปลดล็อคมือ (Manual Unlocking Handle) ที่ติดตั้งอยู่ภายในบานประตูคานปลดล็อคและสลักจะถูกดันไปด้านหลัง หลังจากปล่อยตัวควบคุมมือ โดยสปริงที่อยู่ภายใน และกลับไปยังตำแหน่งเดิมอุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่งปลดล็อคมือ(“Door manually unlocked” position checking device)เมื่อตัวควบคุมปลดล็อคมือบนประตูจากฝั่งรางรถไฟฟ้าถูกใช้งาน สลักจะกระตุ้นสวิทช์ผ่านคานปลดล็อค ซึ่งผู้ใช้จะสามารถใช้ควบคุมเปิดประตูได้