บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชนิดของประตูกั้นชานชาลา

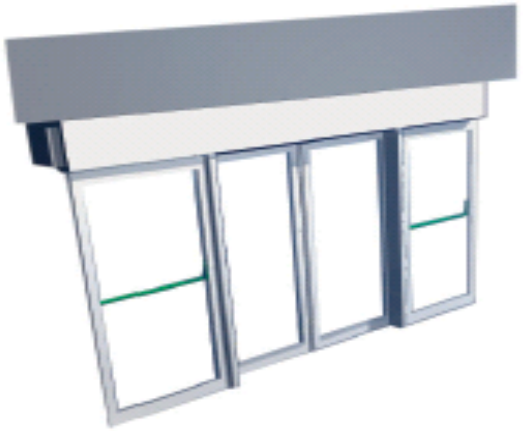
2.1.1 แผงกั้นชานชาลา (Fixed barrier)

เป็นรูปแบบแผงกั้นติดตั้งที่ขอบชานชาลาโดยไม่มีประตู แต่ได้เว้นช่องว่างไว้ให้ตรงกับระยะที่ประตูรถไฟเปิดปิดเมื่อรถไฟจอดเทียบที่ชานชาลา รูปแบบนี้จึงให้ความปลอดภัยได้เพียงระดับหนึ่งแต่ไม่สามารถป้องกันการพลัดตกจากชานชาลาได้โดยสิ้นเชิง ข้อดีของแผงกั้นชานชาลา คือ เป็นรูปแบบที่ธรรมดาติดตั้งง่ายไม่มีชิ้นส่วนกลไกหรือไฟฟ้ามาเกี่ยวข้องจึงไม่ต้องการการบำรุงรักษา ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาจึงน้อยกว่ารูปแบบอื่นๆมาก

รูปที่ 2-1 แผงกั้นชานชาลา [1]

2.1.2 ประตูกั้นชานชาลารถแบบความสูงเต็มระดับ (Platform Screen Doors : PSD)

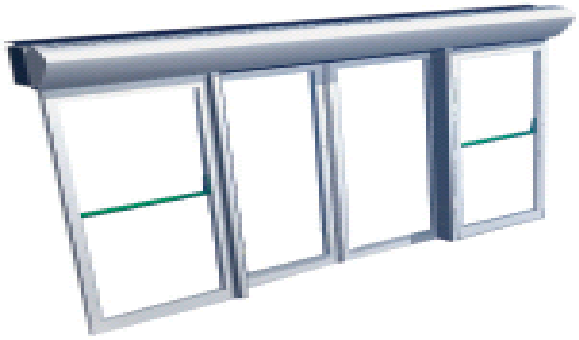
ประตูกั้นชานชาลาชนิดนี้จะมีระดับความสูงติดกับเพดานของสถานี นอกจากนี้ยังช่วยลดการสูญเสียพลังงานจากเครื่องปรับอากาศ และลดความดังของเสียงจากรถไฟที่วิ่งผ่านสถานีได้แสดงไว้ดังรูปที่2-2



รูปที่ 2-2 ประตูกั้นชานชาลารถแบบความสูงเต็มระดับ [2]

2.1.3 ประตูกั้นชานชาลาแบบความสูงไม่เต็มระดับ (Platform Edge Doors : PED)

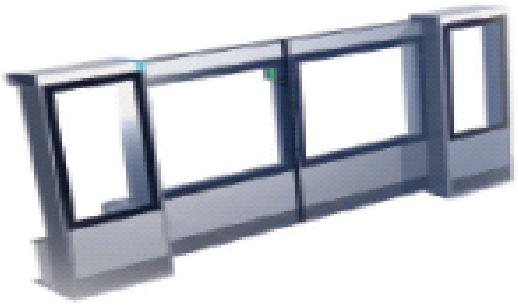
ประตูกั้นชานชาลาชนิดนี้จะมีความสูงประมาณ 2.3 เมตร ถึง 2.5 เมตร และมีช่องไว้สำหรับระบายอากาศ ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 ประตูกั้นชานชาลาแบบความสูงไม่เต็มระดับ [2]

2.1.4 ประตูกั้นปลอดภัยหรือประตูกั้นชานชาลาแบบความสูงครึ่งหนึ่ง (Platform Safety Gate / Half High Platform Screen Doors : PSG/HHPSD)

ประตูกั้นชานชาลาชนิดนี้มีความสูงประมาณ 1.2 เมตร ถึง 1.5 เมตร เป็นประตูกั้นชานชาลาที่ติดตั้งได้ง่าย เนื่องจากมีขนาดเล็กกว่า PSD และ PED ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 ประตูกั้นปลอดภัยหรือประตูกั้นชานชาลาแบบความสูงครึ่งหนึ่ง [2]

2.1.5ส่วนประกอบประตูกั้นชานชาลา

2.1.5.1 ระบบทางกายภาพและโครงสร้าง (Physical and structural system)

ระบบทางกายภาพของระบบประตูกั้นชานชาลาโดยทั่วไปจะประกอบด้วย

1) ส่วนโครงสร้าง (Structure)
2) แผ่นผนัง (Façade)
3) แผงติดตั้งส่วนขับเคลื่อน (Fixed driving panel)
4) ประตูเลื่อน (Sliding door)
5) ประตูสำหรับพนักงานขับรถ (Driver access door)
6) ประตูฉุกเฉิน (Emergency escape door)
7) ระบบควบคุมการทำงาน (Control system)

2.1.5.2 ส่วนโครงสร้าง (Structure)

โครงสร้างทางกายภาพของระบบประตูกั้นชานชาลามีลักษณะเป็นแบบโครง (frame structure) โลหะที่มีแกนหลักอยู่ในแนวดิ่งเชื่อมยึดติดกับฐานด้านล่างเพื่อถ่ายแรงสู่พื้นชานชาลา(กรณีของ HHPSD) โครงสร้างของแผงกั้นจะต้องติดตั้งอยู่ด้านซ้ายและขวาของประตูเลื่อนทุกบานเพื่อรองรับการถ่ายแรงจากประตูเลื่อน โครงสร้างจึงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อรองรับน้ำหนักจากแผ่นผนังและบานประตู วัสดุ อุปกรณ์ยึดเหนี่ยว และการเคลือบผิว ที่ใช้ผลิตเป็นโครงสร้างจะต้องเป็นวัสดุที่สามารถรองรับแรงที่กำหนดไว้ตามการออกแบบ มีอายุการใช้งานภายใต้สภาวะตามที่กำหนดไว้ และจะต้องไม่เป็นวัสดุเชื้อเพลิง

รูปที่ 2-5 ส่วนโครงสร้าง (Structure) ของระบบประตูกั้นชานชาลา [3]

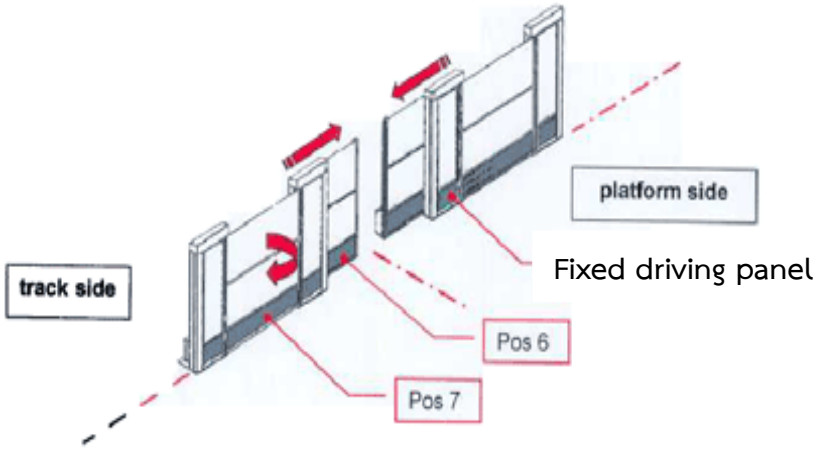
2.1.5.3 แผ่นผนัง (Façade)

แผ่นผนังคือแผ่นวัสดุพื้นผิวที่ปูยึดติดกับโครงสร้าง แผ่นผนังทำหน้าที่ปิดกั้นผู้โดยสารไม่ให้ออกจากขอบชานชาลาจึงต้องมีความแข็งแรงรองรับแรงดันแรงกระแทกจากผู้โดยสารที่หนาแน่นได้ รวมทั้งสามารถรองรับแรงจากลมประทะจากลมที่พัดภายนอกสถานีและลมที่เกิดจากขบวนรถไฟวิ่งผ่านสถานีด้วยความเร็วสูงสุด และในกรณีที่เป็นระบบแบบปิดก็ทำหน้าที่ปิดกั้นอากาศในพื้นที่ชานชาลาเพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและการไหลเวียนอากาศภายในพื้นที่ชานชาลาได้ การออกแบบสามารถให้แผ่นผนังเป็นแผ่นประกอบติดกับโครงสร้างทำให้สามารถถอดเปลี่ยนได้ในกรณีที่แผ่นผนังเกิดความเสียหาย นอกจากนี้แล้วแผ่นผนังยังนับว่าเป็นส่วนที่มีผลต่อความสวยงามของพื้นที่ชานชาลา จึงมีการออกแบบตกแต่งด้วยวัสดุต่างๆเช่น กระจก จอมอนิเตอร์ที่ใช้ประชาสัมพันธ์สื่อสารข้อมูลให้กับผู้โดยสาร เช่นเดียวกับโครงสร้าง วัสดุ อุปกรณ์ยึดเหนี่ยว และการเคลือบผิว ที่ใช้ผลิตเป็นแผ่นผนังจะต้องเป็นวัสดุที่สามารถรองรับแรงที่กำหนดไว้ตามการออกแบบ มีอายุการใช้งานภายใต้สภาวะตามที่กำหนดไว้ และจะต้องไม่เป็นวัสดุเชื้อเพลิงในระดับที่มีนัย

รูปที่ 2-6 ส่วนแผ่นผนัง (Façade) ของระบบประตูกั้นชานชาลา [4]

2.1.5.4 แผงติดตั้งส่วนขับเคลื่อน (Fixed driving panel)

แผงติดตั้งส่วนขับเคลื่อนเป็นส่วนโครงสร้างและแผ่นผนังชุดที่มีกลไกขับเคลื่อนบานประตูเลื่อนติดตั้งเอาไว้เพื่อใช้เป็นต้นกำลังในการเลื่อนประตูให้เปิดและปิดตามที่สั่งการโดยระบบควบคุม แผงติดตั้งส่วนขับเคลื่อนนี้จึงมีตำแหน่งอยู่ติดกับบานประตูเลื่อน ความกว้างของแผงชนิดนี้จะมีขนาดจำกัดเพียงให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ขับเคลื่อนได้ และเนื่องจากมีอุปกรณ์ติดตั้งซ่อนเอาไว้อีกด้านของแผ่นผนังซึ่งต้องสามารถเปิดตรวจสอบการทำงานและซ่อมบำรุงได้ทำให้แผงชนิดนี้จะต้องสามารถถอดหรือเปิดแผ่นผนังออกได้อย่างสะดวกจากด้านชานชาลาผู้โดยสารเพื่อให้ช่างเทคนิคสามารถเข้าถึงส่วนอุปกรณ์ที่ติดตั้งเอาไว้โดยจะมีตัวล็อคเพื่อป้องกันการเปิดออกโดยไม่ได้รับอนุญาต



รูปที่ 2-7 แผงติดตั้งส่วนขับเคลื่อน (Fixed driving panel) ของระบบประตูกั้นชานชาลา [5]

2.1.5.5 ประตูเลื่อน (Sliding door)

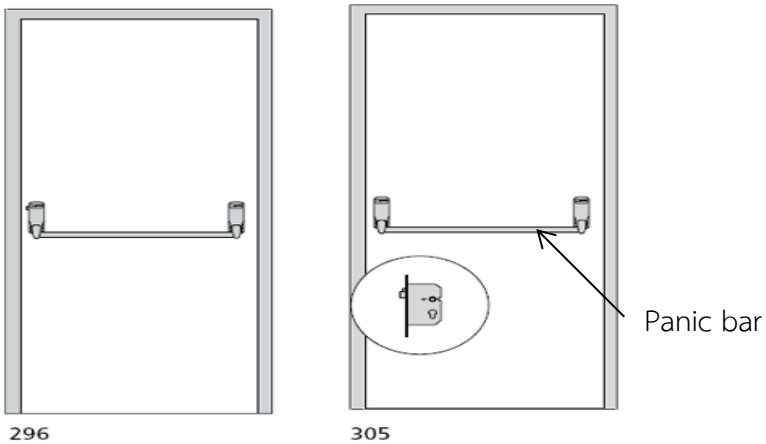
ประตูเลื่อนมีโครงโลหะและปิดด้วยแผ่นผนังยึดติดเข้ากับโครง ประตูเลื่อนถูกติดตั้งบนรางซึ่งมักจะอยู่ด้านหลังของแผงติดตั้งส่วนขับเคลื่อน (Fixed driving panel) ทำให้ประตูถูกเลื่อนเปิดปิดได้ เมื่อบานประตูเลื่อนเปิดออกเต็มที่ขอบของบานประตูควรจะอยู่เสมอกับขอบของแผงติดตั้งส่วนขับเคลื่อนเพื่อให้

บานประตูสามารถเปิดออกได้ความกว้างมากที่สุดนั่นเอง ประตูเลื่อนโดยทั่วไปเป็นชนิด 2 บาน (Bi-parting door set)เมื่อเปิดบานทั้งสองจะเลื่อนห่างออกจากกันและเมื่อปิดบานทั้งสองจะเลื่อนเข้าหากัน ที่บานประตูเลื่อนด้านทางรถไฟ (track side) จะติดตั้งกระเดื่องเปิดประตูฉุกเฉิน (Emergency release mechanism) เพื่อให้ผู้โดยสารในขบวนรถสามารถบังคับให้เปิดประตูเลื่อนบนชานชาลาได้เมื่อเกิดกรณีที่ขบวนรถเข้าจอดและประตูรถเปิดออกแต่บานประตูกั้นชานชาลาเกิดขัดข้องไม่เปิดออกเอง โดยเมื่อกระเดื่องเปิดประตูฉุกเฉินถูกกดให้ทำงานกลไกจะปลดล็อคประตูเลื่อนและตัดไฟฟ้าไม่ให้จ่ายไปส่วนขับเคลื่อนประตูเลื่อน

รูปที่ 2-8 ประตูเลื่อน (Sliding door) ของระบบประตูกั้นชานชาลา [4]

2.1.5.6 ประตูสำหรับพนักงานขับรถ (Driver access door)

ประตูสำหรับพนักงานขับรถนี้ใช้รูปแบบการประกอบตัวบานแบบเดียวกับประตูเลื่อน ส่วนตำแหน่งของประตูจะติดตั้งให้ตรงกับตำแหน่งของประตูห้องพนักงานขับบนขบวนรถ ดังนั้นจึงมีประเด็นที่ต้องจัดการในตำแหน่งการจอดของขบวนรถเมื่อขบวนรถมีจำนวนรถโดยสารที่พ่วงในขบวนแตกต่างกันก็ยังต้องจอดให้ประตูห้องพนักงานขับตรงกับประตูสำหรับพนักงานขับรถบนชานชาลา ส่วนการเปิดประตูสำหรับพนักงานขับรถนี้ใช้แบบผลักเปิด(panic exit device รูปแบบเหมือนประตูหนีไฟ)ติดตั้งที่บานประตูด้านทางรถไฟเพื่อให้พนักงานขับรถผลักเปิดออกได้จากด้านห้องพนักงานขับ และยังสามารถเปิดประตูนี้ได้จากทางด้านชานชาลาด้วยการใช้กุญแจปลดล็อค



รูปที่ 2-9 ประตูสำหรับพนักงานขับรถ (Driver access door) ของระบบประตูกั้นชานชาลา [6]

2.1.5.7 ประตูฉุกเฉิน (Emergency escape door)

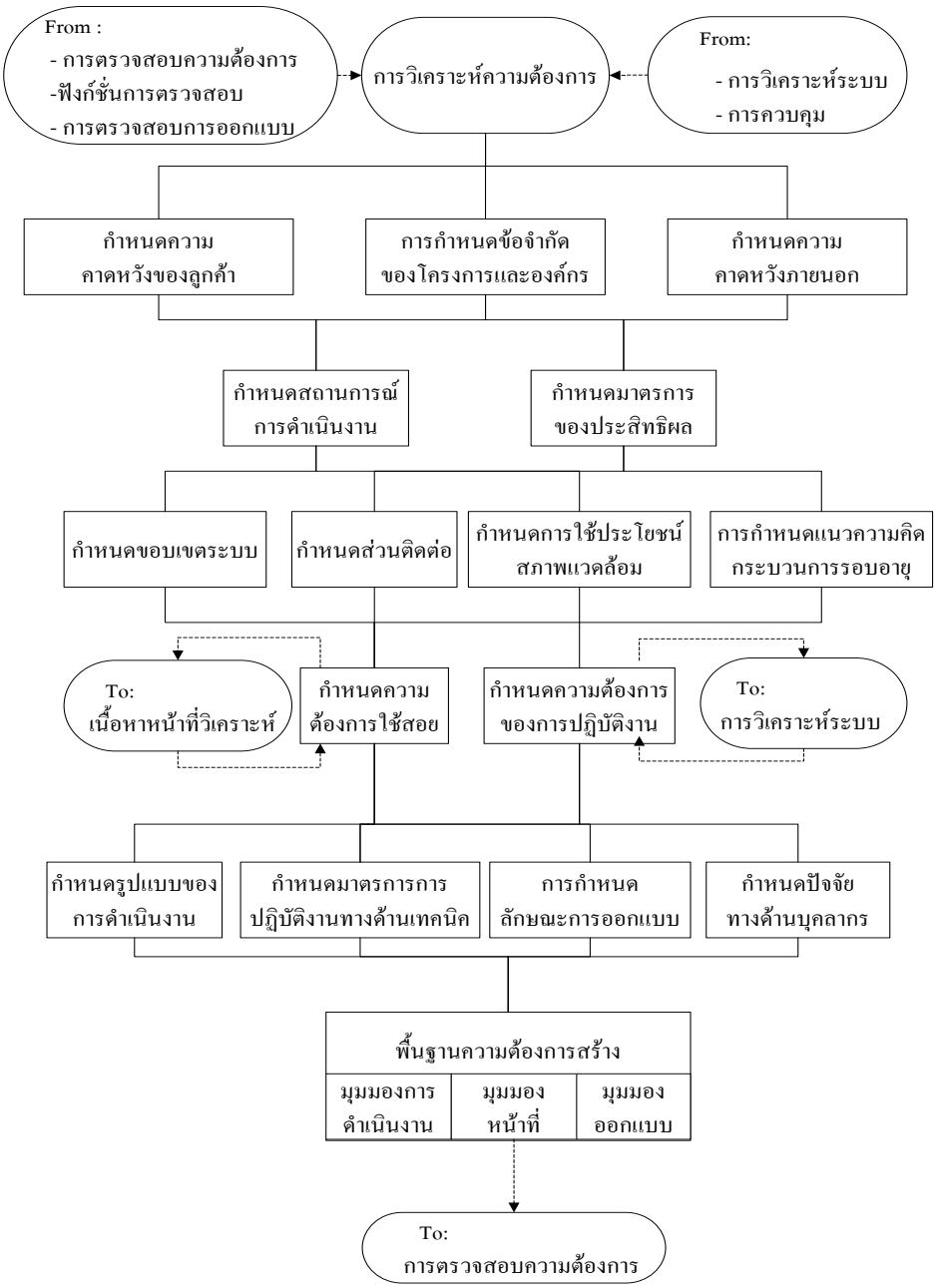
ประตูฉุกเฉินจะติดตั้งไว้ที่ส่วนปลายของระบบประตูกั้นชานชาลาทั้งด้านซ้ายและด้านขวา ตัวบานประตูฉุกเฉินใช้รูปแบบการประกอบตัวบานแบบเดียวกับประตูเลื่อน ติดตั้ง panic exit device ทางด้านทางรถไฟสำหรับผู้โดยสารผลักให้บานประตูเปิดออก และสามารถเปิดบานประตูได้จากชานชาลาด้วยการใช้ลูกกุญแจปลดล็อค

รูปที่ 2-10 ประตูฉุกเฉิน (Emergency escape door) ของระบบประตูกั้นชานชาลา [7]

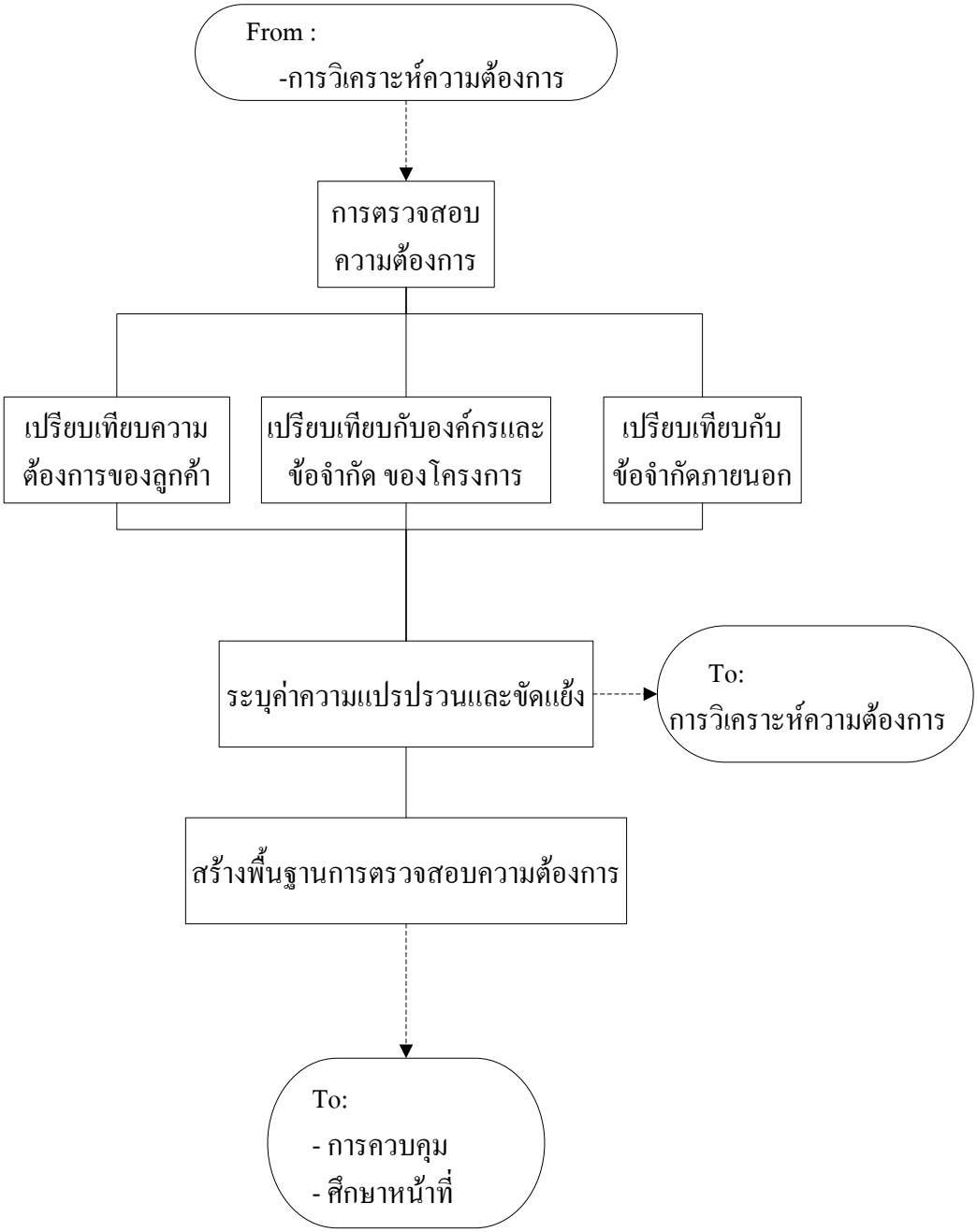
2.2 การออกแบบ

2.2.1 มาตรฐาน IEEE 1220

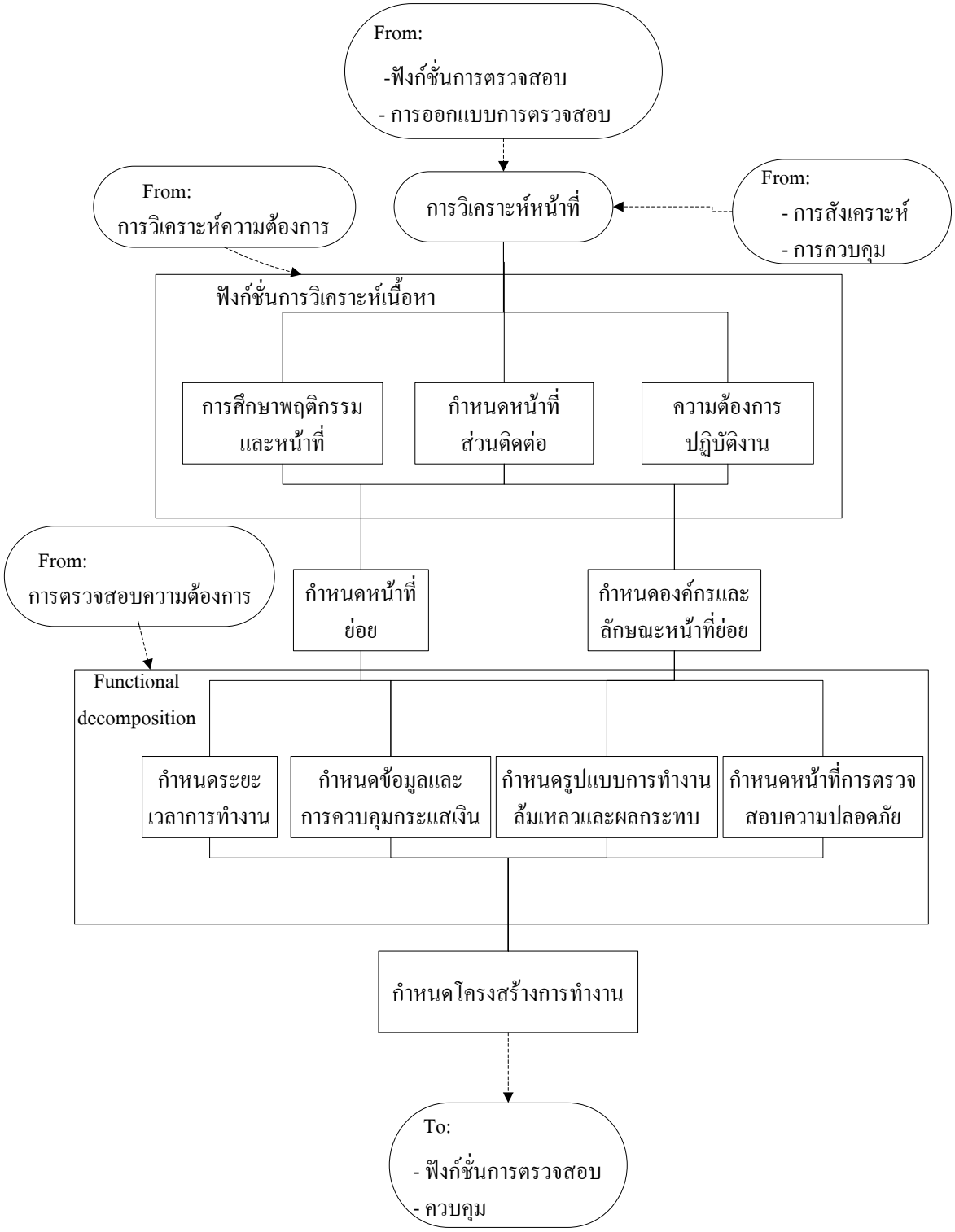
เป็นมาตรฐานการใช้งานและหลักการ กระบวนการทางวิศวกรรมเชิงระบบ (Standard for Application and Management of the systems Engineering Process) นั้น มีกระบวนการหลักอยู่ทั้งหมด 8 กระบวนการ ซึ่งประกอบไปด้วย กระบวนการการวิเคราะห์ความต้องการ กระบวนการตรวจสอบความต้องการ กระบวนการวิเคราะห์ฟังก์ชัน กระบวนการตรวจสอบฟังก์ชั่น กระบวนการสังเคราะห์ กระบวนการตรวจสอบการออกแบบ กระบวนการวิเคราะห์ระบบ และสุดท้ายกระบวนการที่ใช้ในการควบคุม



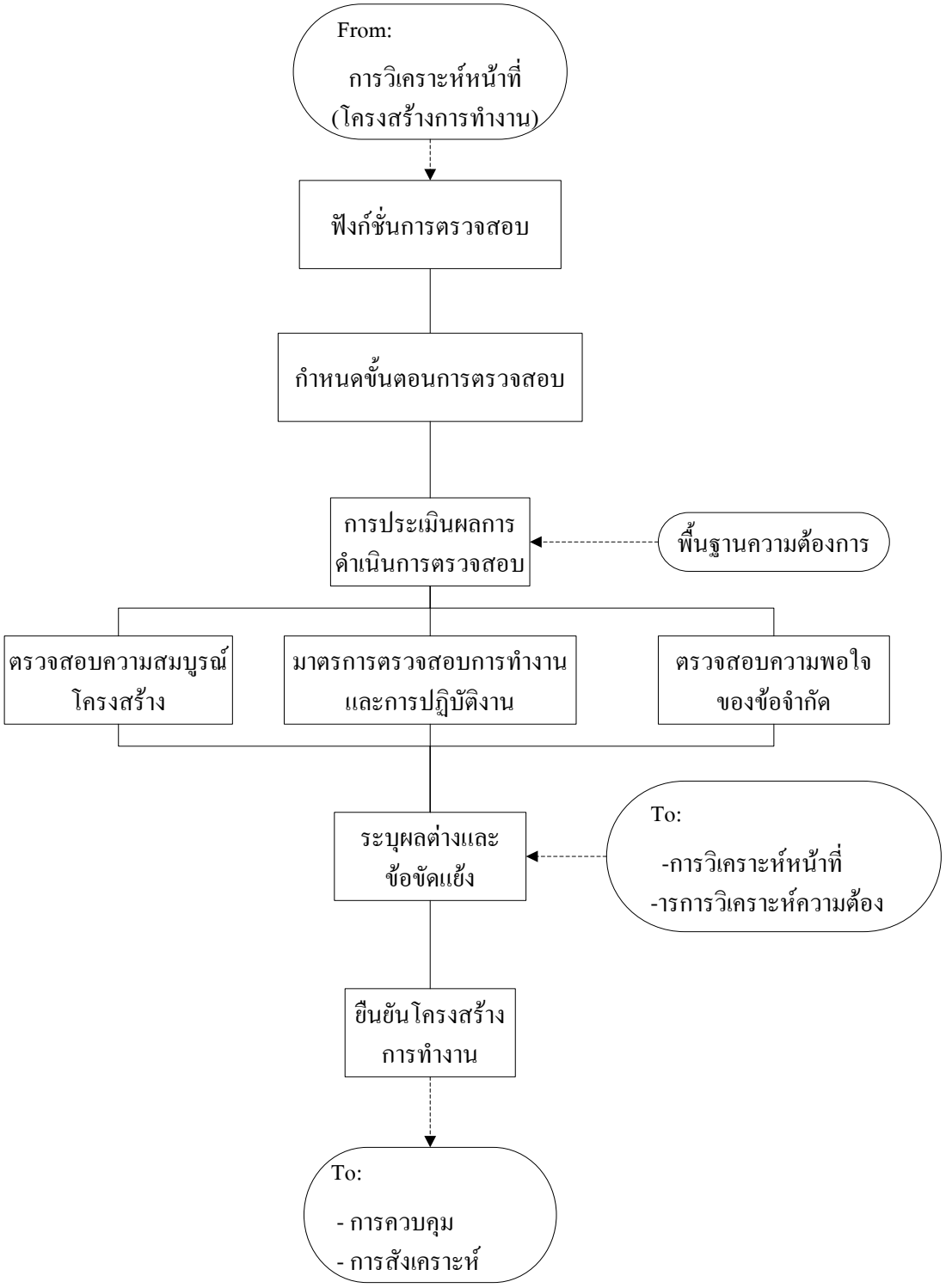
รูปที่ 2-11 แสดงกระบวนการการวิเคราะห์ความต้องการ (Requirements analysis process) [8]



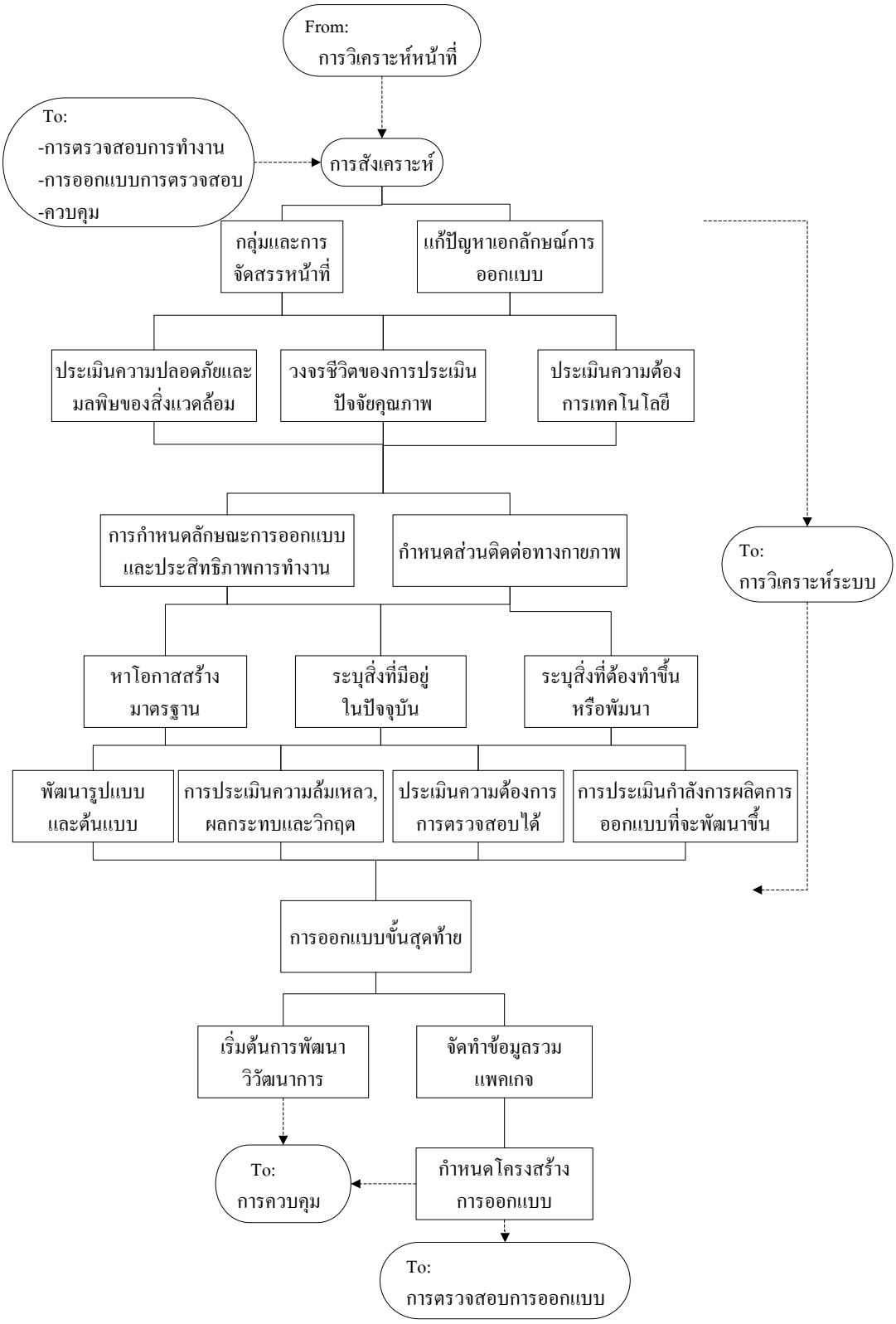
รูปที่ 2-12 แสดงกระบวนการตรวจสอบความต้องการ (Requirements validation) [8]



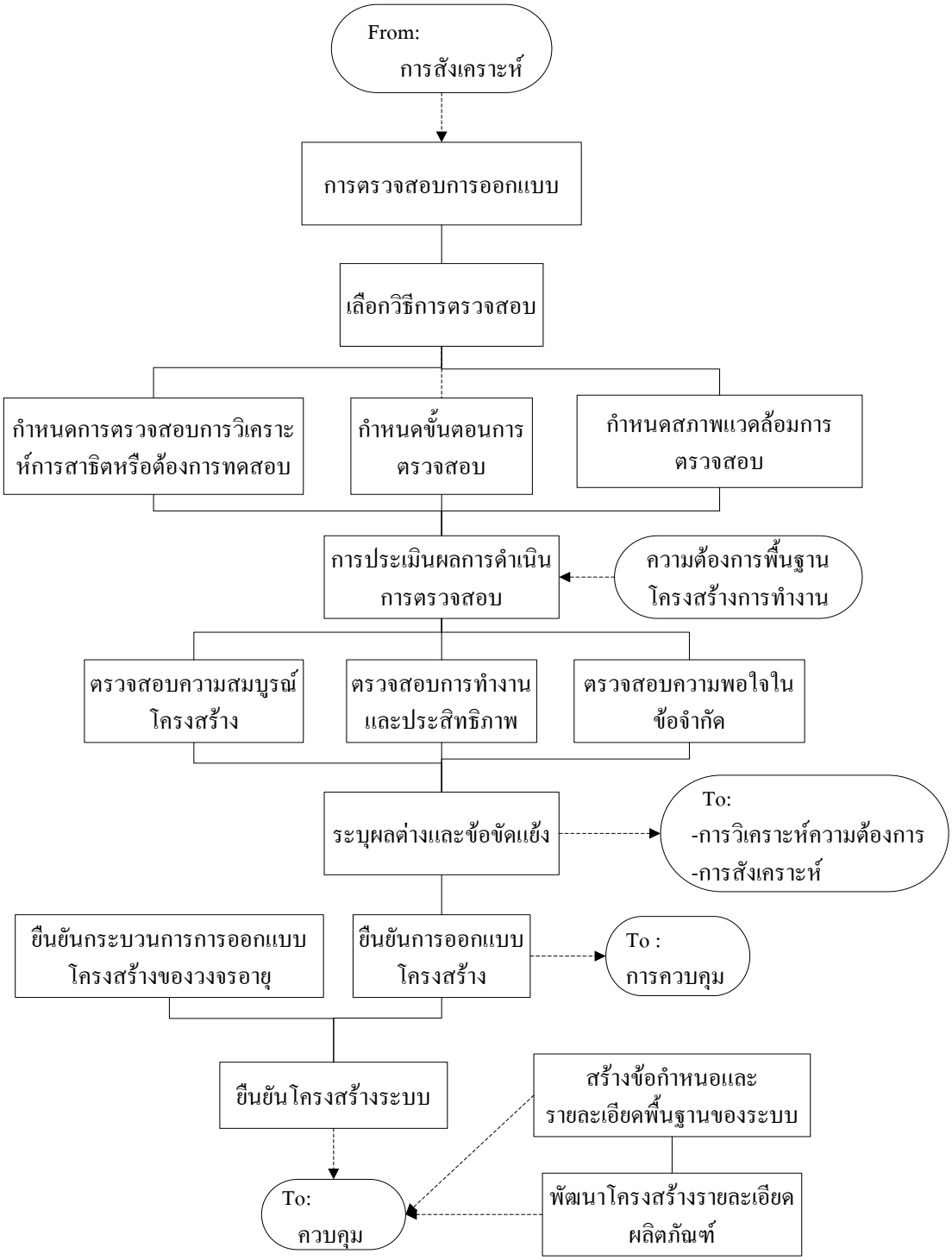
รูปที่ 2-13 แสดงกระบวนการวิเคราะห์ฟังก์ชัน (Functional analysis process) [8]



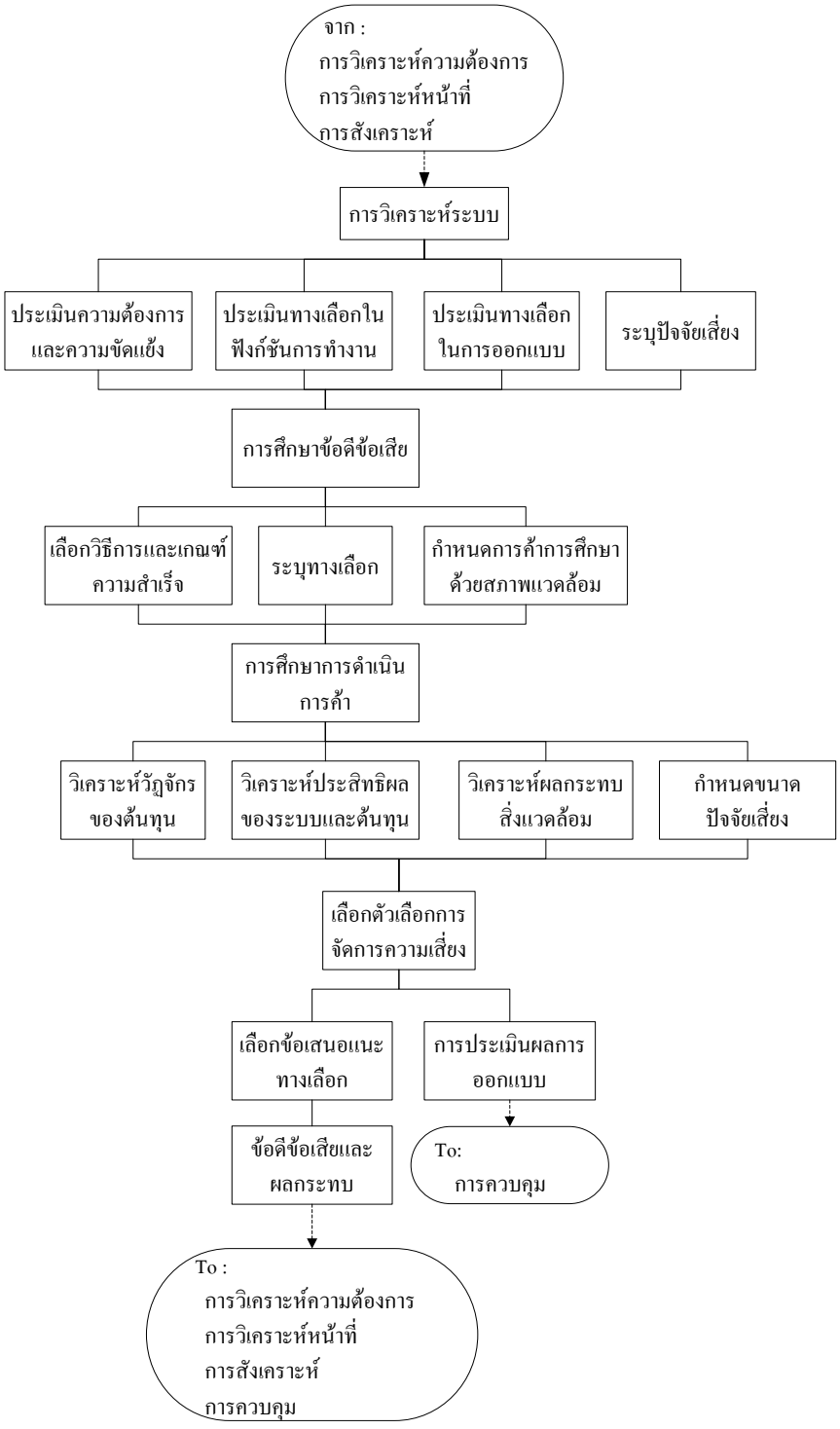
รูปที่ 2-14 แสดงกระบวนการตรวจสอบฟังก์ชั่น (Functional verification) [8]



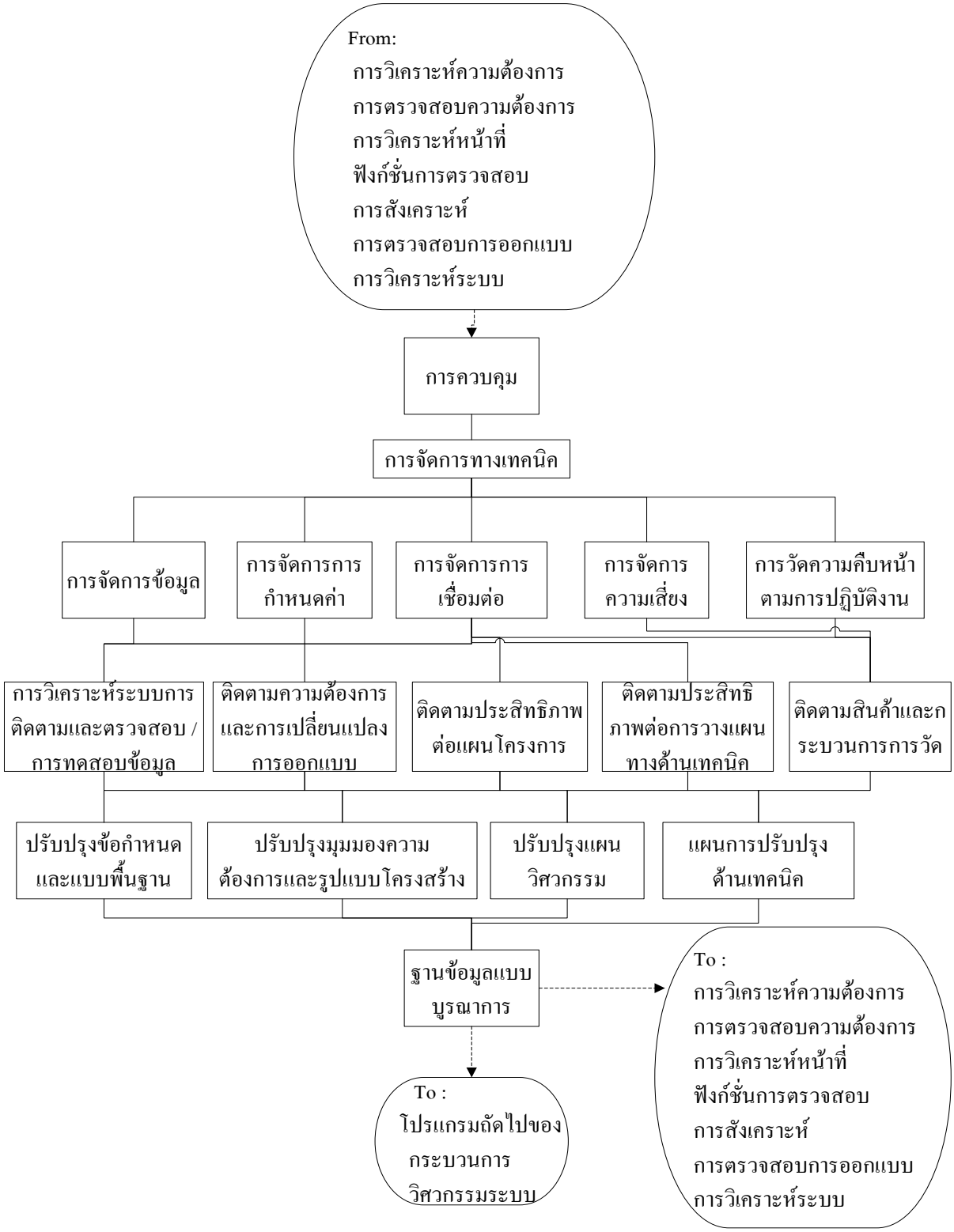
รูปที่ 2-15 แสดงกระบวนการสังเคราะห์ (Synthesis process) [8]



รูปที่ 2-16 แสดงกระบวนการตรวจสอบการออกแบบ (Design verification) [8]



รูปที่ 2.17 แสดงกระบวนการวิเคราะห์ระบบ (System analysis process) [8]

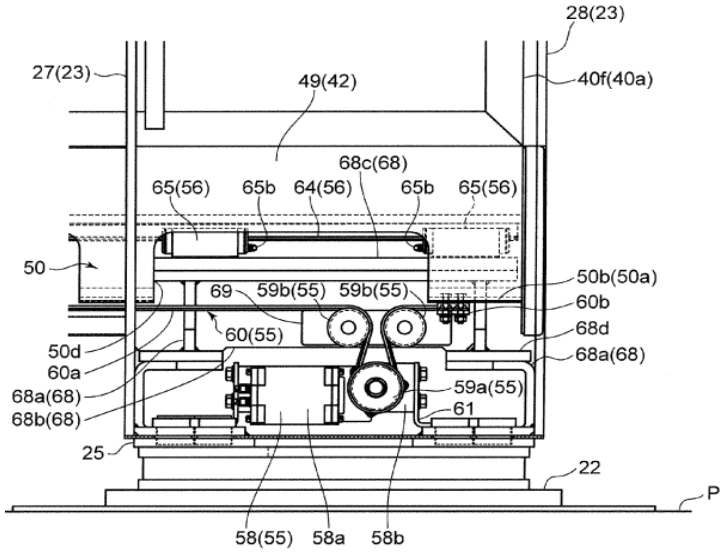


รูปที่ 2-18 แสดงกระบวนการที่ใช้ในการควบคุม (Control Process) [8]

2.3 กลไกการส่งกำลัง

2.3.1 กลไกการขับเคลื่อนประตูแบบสายพาน

ประตูแบบนี้จะใช้สายพานเป็นอุปกรณ์ส่งการเคลื่อนที่จากมอเตอร์ต้นกำลัง ประกอบด้วยชุดจานกดที่ตัวมอเตอร์ซึ่งจะมีจานที่มีร่องสายพานจำนวน 3 ชิ้นกดทับสายพานให้แน่นพอที่จะรีดให้สายพานเคลื่อนที่ไปตามแรงการหมุนของมอเตอร์ได้ ส่วนตัวประตูก็จะประกอบกับรางประกับ (sliding block) ที่ยึดติดอยู่กับสายพานและประกลลงไปบนรางบังคับทิศทาง (linear rail) อีกทีเพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ เมื่อมีคำสั่งให้มอเตอร์หมุนจะรีดสายพานให้เคลื่อนที่และพาเอารางประกับและบานประตูเคลื่อนที่ตามไปด้วย กลไกการขับเคลื่อนประตูแบบสายพานประกอบขึ้นได้ด้วยอุปกรณ์ที่ออกแบบและหาได้ง่ายโดยทั่วไป แต่จะมีความยุ่งยากในการประกอบและการจัดตำแหน่งของชุดประตูและมอเตอร์ซึ่งอาจจะคลาดเคลื่อนได้ง่ายรวมไปถึงอาจจะต้องมีการบำรุงรักษาหรือตรวจสอบความตึงของสายพานอยู่อย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากทำจากวัสดุประเภทยางซึ่งจะเกิดการยืดเมื่อใช้งาน นอกจากนี้แล้วสายพานมีอายุการใช้งานที่สั้นกว่าโลหะโดยเฉพาะเมื่อมีการเคลื่อนที่แบบมีอัตราเร่งหรือการขับเคลื่อนประตูแบบความเร็วไม่คงที่

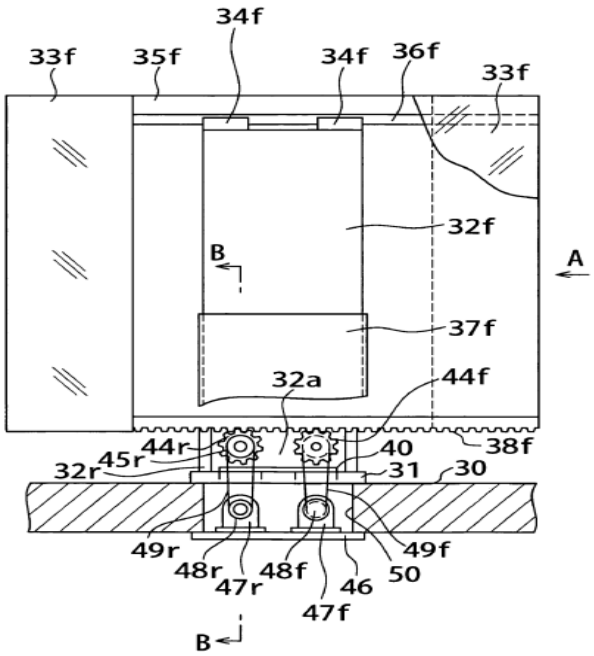


รูปที่ 2-19 ลักษณะของประตูอัตโนมัติที่ใช้ระบบสายพาน [9]

2.3.2 ชุดขับเคลื่อนประตูแบบเฟืองสะพาน

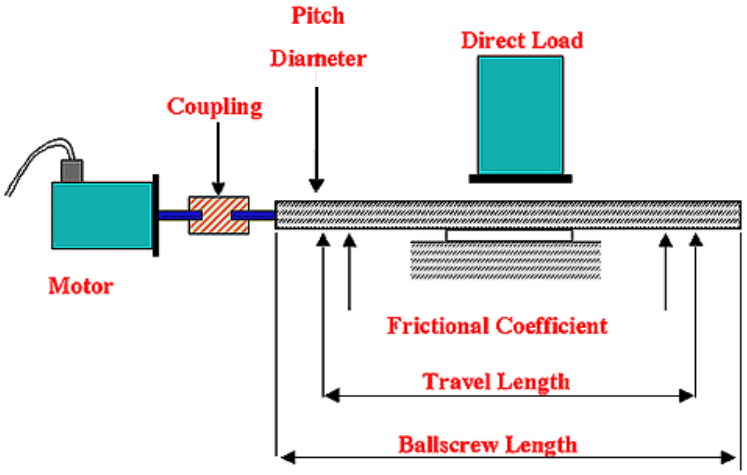
เป็นรูปแบบของการแปลงทิศทางจากการหมุนไปเป็นแนวตรง (linear actuator) ทำให้สามารถใช้การหมุนของมอเตอร์ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของประตูได้ ซึ่งจะประกอบด้วยชุดของเฟือง 1 คู่คือเฟืองกลม (Pinion) ขบฟันอยู่กับเฟืองตรง (Rack) ดังในภาพที่ เมื่อเฟืองตัวกลมเกิดการหมุนฟันที่ขบกันอยู่ก็จะส่งผลให้เฟืองตรงเคลื่อนที่ตามไปด้วยตามทิศทางของการหมุนตามคำสั่งการเปิดปิดประตู ในการทำงานของเฟืองขบจำเป็นต้องมีการเติมสารหล่อเลื่อนช่วยลดการสึกหรอของเฟืองซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์ครอบชุดเฟืองทั้งหมดไว้ตามความยาวของเฟืองตรงเพื่อป้องกันสิ่งสกปรก โดยในทางปฏิบัติแล้วสำหรับเฟืองตรงที่ค่อนข้างยาวจะสามารถครอบได้เฉพาะบริเวณขบเฟืองเท่านั้น เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะพบว่ามีฝุ่นผงมาจับที่ตัวเฟืองตรงและส่งผ่านไปยังเฟืองหมุนและเฟืองทุกชิ่ส่งผลให้เกิดการสึกหรอและมีความฝืดสูงขึ้นทำให้ตัวมอเตอร์ขับกินกระแสสูงขึ้น ข้อได้เปรียบของระบบนี้จะอยู่ที่ตัวเฟืองตรงที่มีขนาดใหญ่สามารถรับน้ำหนักของบานประตูได้

โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวรางบังคับทิศทาง (linear rail) ดังเช่นในแบบอื่น การขับเคลื่อนด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ 1 ตัวต่อประตู 1 บาน



รูปที่ 2-20 ลักษณะของประตูอัตโนมัติที่ใช้ระบบการขับเคลื่อนแบบเฟืองสะพาน [10]

2.3.3 ชุดขับเคลื่อนประตูแบบบอลสกรู



รูปที่ 2-21 ลักษณะของชุดกลไกประตูแบบบอลสกรู [11]

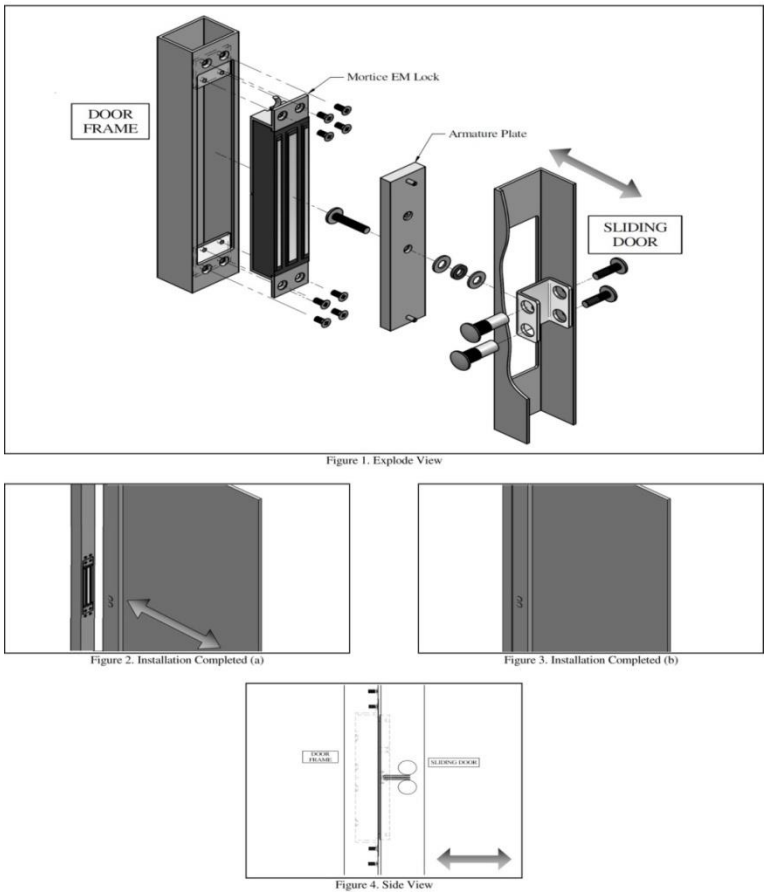
2.6.4.1 ข้อดีและข้อเสียชุดกลไกขับเคลื่อนประตูแบบบอลสกรู

1) ข้อดีชุดกลไกขับเคลื่อนประตูแบบบอลสกรู
   - อายุการใช้งานนาน
   - มีลูกปืนอยู่ระหว่าง เพลา (Shaft) และ แป้นเกลียว(Nut) เพื่อลดแรงเสียดทาน
   - ความแม่นยำ ความถูกต้อง ความละเอียดอยู่ในระดับสูงมาก
   - มีความแข็งแรง ทนทานมาก
   - สะดวกต่อการปรับแต่งความเร็ว ความแม่นยำ และความละเอียดในการปฏิบัติงาน อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบตำแหน่งได้ด้วยการติดตั้ง Encoder ที่ตัวมอเตอร์
2) ข้อเสียชุดกลไกขับเคลื่อนประตูแบบบอลสกรู
   - เสียงและแรงสั่นสะเทือนเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน
   - ต้องการการดูแลรักษา ตรวจสอบสภาพชิ้นส่วน ใส่สารหล่อลื่นและทำความสะอาดอยู่เสมอ
   - การติดตั้งจำเป็นต้องติดตั้งศูนย์เพลาให้มีความเที่ยงตรง ถูกต้องตามตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน
   - ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาราคาสูง
   - มีความซับซ้อนของชุดส่งกำลังมากกว่าแบบอื่นๆ

2.4 กลไกการล็อค

2.4.1 อุปกรณการล็อคของระบบล๊อคกลอนไฟฟ้าของประตูบานสไลด์

ระบบ Access Controlเป็นระบบที่ควบคุมการเข้า หรือ ออก อัตโนมัติ โดยใช้บัตรเป็น อุปกรณ์สำหรับเข้าผ่านโดยที่เครื่องควบคุม จะประกอบด้วย ส่วน 2 ส่วน หลักคือ ส่วนควบคุม (Controller) การทำงาน และส่วนของ หัวอ่านบัตร (Reader) โดยเครื่องควบคุมจะอ่านข้อมูลในบัตรหากข้อมูลถูกต้อง ก็จะส่งคำสั่งให้ อุปกรณ์อื่นๆ เช่น ตัวล็อคให้คลายหรือปลดล็อค และเซ็นเซอร์อื่นๆ เช่นตัวดักจับกันงัด ตัวดักจับควันไฟ ดักจับความร้อน ดักจับการเคลื่อนไหว หรือแม้แต่ เปิด-ปิด ไฟฟ้าแสงสว่างให้ทำงานต่อไปและหากข้อมูลบัตร ไม่ถูกต้อง อุปกรณ์ต่างๆก็ไม่ทำงานจึงไม่สามารถเข้าผ่านได้

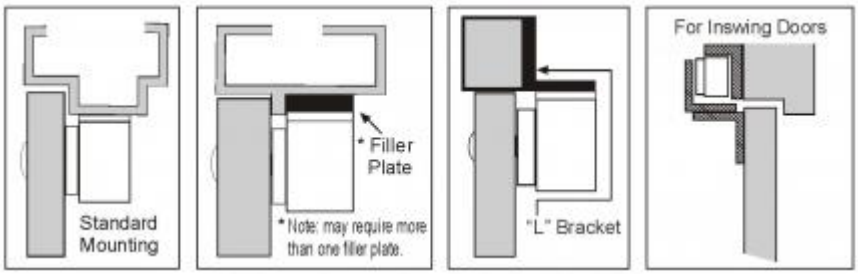


รูปที่ 2-22 ระบบล็อคแม่เหล็กไฟฟ้า [12]

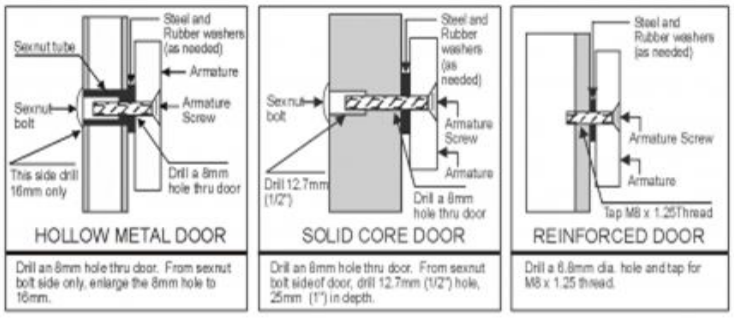
บัตร ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับเข้า-ผ่าน มี 2 ชนิด คือ บัตร แถบแม่เหล็ก (Magnetic Card)และบัตร ความถี่ (Proximity Card)

หัวอ่านบัตร (Head Reader) เป็นส่วนอ่านและรับข้อมูลจากบัตร และส่งข้อมูลไปยังส่วนควบคุม ส่วนควบคุม (Controller) มีลักษณะเป็น แผ่นปริ้นหรือ Main Board มีไอซีเป็นตัวทำงานตามคำสั่ง โดยจะตรวจเช็คข้อมูลบัตรที่รับมาจากส่วน หัวอ่านบัตรหากข้อมูลถูกต้องตรงกับที่โปรแกรมไว้ ส่วนควบคุมนี้ ก็จะสั่งให้อุปกรณ์ต่างๆที่ต่อเชื่อมให้ทำงานตามฟังก์ชั่นที่กำหนด

Housing หมายถึงพื้นผิววัสดุภายนอก ทำจากเหล็กหนา ชุบโครเมียมกันสนิม (สำหรับ Magnetic) และทำจาก PVC (สำหรับ Proximity) คีย์แพ็ด (Keypad) เป็นอุปกรณ์รับข้อมูลหรือรับการโปรแกรมการทำงานต่างๆ มีลักษณะเป็นแผ่นจากยางมีความเหนี่ยว และ คงทนหมายเหตุ ส่วนประกอบดังกล่าว หากหมดอายุหรือเสื่อมอายุการใช้งานสามารถเปลี่ยนใหม่ได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งเครื่อง



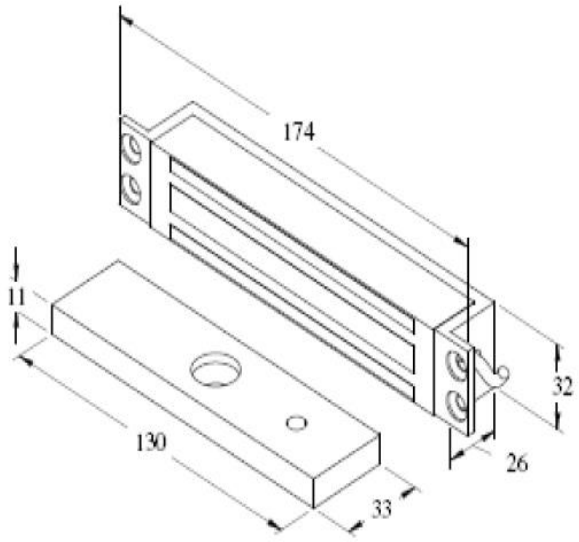
รูปที่ 2-23 การทำงานระบบล็อคแม่เหล็กไฟฟ้า [12]



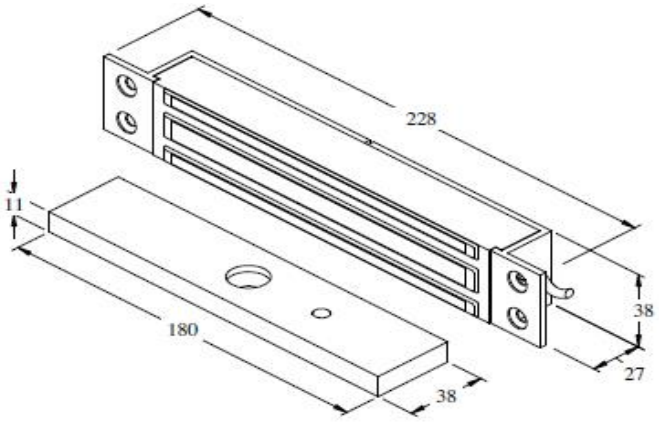
รูปที่ 2-24 การทำงานระบบล็อคแม่เหล็กไฟฟ้า [12]

โดยระบบล็อคของประตูที่ผลิตใจปัจจุบันจะมีหลายชนิดโดยทางผู้จัดทำจะขอยกตัวอย่าง ระบบล็อคประตูแม่เหล็กไฟฟ้า

ระบบล็อคประตูแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีหลายขนาดโดยจะแบ่งตามน้ำหนักที่รับได้ของระบบล็อค เช่น ขนาด UL 135M สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดที่ 300 lbs , ขนาดUL 275M สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดที่ 600lbs



รูปที่ 2-25 ระบบล็อคแม่เหล็กไฟฟ้า ขนาด UL 135M [13]



รูปที่ 2-26 ระบบล็อคแม่เหล็กไฟฟ้า ขนาด UL 135M [13]