

บทที่ 3

การควบคุมพลังงานไฟฟ้าอัตโนมัติ และการประมวลผล (Automatic-control and data processing)

ความสำคัญของเนื้อหาวิชา (Overview)

การควบคุมพลังงานไฟฟ้าอัตโนมัติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้า ให้มีความเที่ยงตรง และสามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกส่วนเป็นการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ให้ทำงานอย่างเหมาะสม โดยที่ไม่จำเป็นต้องมีคนควบคุม ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ในอาคาร และโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้น เนื้อหาที่จำเป็นต้องกล่าวถึงในบทนี้จะประกอบด้วย การควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ พื้นฐานของการควบคุมแบบอัตโนมัติ ตัวควบคุมแบบต่างๆ การประยุกต์ใช้ตัวควบคุม พื้นฐานการประมวลผลข้อมูล และเพื่อให้การใช้งานระบบควบคุมเป็นไปอย่างง่ายและประหยัด จึงจำเป็นต้องกล่าวถึง คอมพิวเตอร์ โดยเริ่มจากหลักการของคอมพิวเตอร์ ฐานข้อมูล การส่งข้อมูล ตัวอย่าง และการประยุกต์ใช้ระบบควบคุม และการส่งข้อมูลในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคาร เพื่อให้ระบบต่างๆ ทำงานได้อย่างเหมาะสมและประหยัดพลังงาน

วัตถุประสงค์ (Objective)

1. อธิบายหลักการควบคุมแบบอัตโนมัติ
2. บอกระบบการควบคุมแบบต่างๆ
3. อธิบายเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ตัวควบคุม
4. บอกตัวอย่าง และการประยุกต์ใช้ระบบควบคุม และการจัดส่งข้อมูลในงานอุตสาหกรรม

และอาคาร

บทนำ (Introduction)

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงการควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ พื้นฐานของการควบคุมแบบอัตโนมัติ อุปกรณ์ควบคุมต่างๆ และการประยุกต์ใช้ พื้นฐานการประมวลผลข้อมูล หลักการของคอมพิวเตอร์ ฐานข้อมูล การส่งข้อมูลตัวอย่าง และการประยุกต์ใช้ระบบควบคุม และการส่งข้อมูลในงานอุตสาหกรรม และอาคาร

3.1 การควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ

(Automatic operation control of power system and equipment)

3.1.1 การใช้ระบบอัตโนมัติในวงจรจ่ายไฟฟ้า

- (1) การควบคุมสวิตช์ตัดต่อวงจรจ่ายไฟฟ้า

ระบบนี้ในระยะพัฒนามีการนำวิธีการต่างๆ มาใช้ เช่น การควบคุมแบบซีเควนซ์ แต่ปัจจุบันที่ใช้กันเป็นหลัก ได้แก่ การควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ตารางที่ 3.1 แสดงหน้าที่การทำงานของการทำงานของการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 3.1 เค้าโครงของงานอัตโนมัติ

งาน	รายละเอียดงาน
การเฝ้าติดตาม	เฝ้าติดตามสถานะของระบบจ่ายไฟ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ให้แสดงผลที่แผงควบคุม หน้าจอ CRT แบบตัวอักษร หรือหน้าจอ CRT แบบกราฟฟิก
การบังคับควบคุมเมื่อเกิดอุบัติเหตุ	เมื่อเกิดอุบัติเหตุกับวงจรจ่ายไฟเส้นหนึ่งหรือหลายเส้นพร้อมๆ กัน หรือเมื่อแบงค์ทั้งแบงค์เกิดอุบัติเหตุหยุดทำงานเนื่องจากตัวแบงค์เองหรือเนื่องจากไฟดับที่ระบบจ่ายไฟต้นทาง ให้ทำการแก้ไขหรือส่งไฟสำรองให้ เพื่อบรรเทาปัญหาไฟดับอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ยังสามารถทำงานสับกลับไปยังระบบจ่ายไฟเดิมได้หลังจากที่แก้ไขอุบัติเหตุแล้ว
การบังคับควบคุมแผนการทำงาน	ลงทะเบียนรายละเอียดงานที่ต้องดับไฟฟ้าของสถานีย่อยหรือวงจรจ่ายไฟไว้ล่วงหน้า เพื่อในวันที่ทำงานดังกล่าวจะได้สามารถคำนวณโหลดที่เหมาะสมได้ และจัดทำขั้นตอนการบังคับควบคุมโดยอัตโนมัติ สามารถบังคับควบคุมการดับไฟฟ้า ส่งไฟฟ้า และสับวงจรไฟฟ้าในวันที่ทำงานได้อีกด้วย
การจัดบันทึก	จัดทำบันทึกการบังคับควบคุมเมื่อเกิดอุบัติเหตุ บันทึกกระแส ค้นหาและเรียบเรียงบันทึก ทำใบกำกับ รายงาน ใบปฏิบัติงานตามแผน รายงานไฟฟ้าดับ
การแสดงผลกราฟฟิก	ปรับปรุงข้อมูลและแสดงผลล่าสุดบนอุปกรณ์ CRT แสดงผลกราฟฟิก นอกจากนี้ยังมีหน้าที่การทำงานอื่นๆ อีกมากเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถดูผังวงจรจ่ายไฟได้สะดวก
การแก้ไขข้อมูล	ข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์ระบบจ่ายไฟ SS แบงค์ สายไฟ โหลดในส่วนต่างๆ และอุปกรณ์ของผู้ใช้ไฟฟ้า รวมทั้งข้อมูลหน้าจอผังวงจรจ่ายไฟ

(2) การเก็บข้อมูลการควบคุม

ระบบนี้เป็นการเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติเกี่ยวกับสภาพการบำรุงรักษาอุปกรณ์จ่ายไฟ เช่น แรงดันจ่ายโหลด ความเชื่อถือได้

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างข้อมูลการควบคุมการจ่ายไฟ

วัตถุประสงค์	ชนิดของข้อมูล	รายละเอียดการกำกับควบคุม
ข้อมูลสำหรับควบคุม	แรงดันสายไฟแรงสูง	ข้อมูลการควบคุมแรงดันจ่ายไฟระบบแรงสูง
	กระแสสายไฟแรงสูง	(1) เฝ้าติดตามโหลดฟีดเดอร์ ทำงานร่วมกับการเดินเครื่องระบบไฟฟ้าเพื่อใช้อุปกรณ์จ่ายไฟอย่างมีประสิทธิภาพ และลดกำลังสูญเสีย (2) ปรับกระแสเฟสให้สมดุล
	การตัดต่อสวิตช์บนเสา	(1) เฝ้าติดตามระบบจ่ายไฟด้วยการตรวจสอบส่วนที่ดับไฟฟ้าเพื่อทำงาน และส่วนที่ไฟฟ้าดับเนื่องจากอุบัติเหตุ รวมทั้งการควบคุมระบบไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์ (2) เดินเครื่องระบบไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพในเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด
ข้อมูลสำหรับกำกับควบคุม	แรงดันสายไฟแรงสูง	ตรวจสอบแรงดันตกในสายไฟแรงสูง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงอุปกรณ์ไฟฟ้า

วัตถุประสงค์	ชนิดของข้อมูล	รายละเอียดการกำกับควบคุม
	แรงดันสายไฟแรงต่ำ	(1) ตรวจสอบแรงดันตกในสายไฟแรงต่ำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงอุปกรณ์ไฟฟ้า (2) ตรวจสอบจำนวนครั้งที่เบี่ยงเบนจากแรงดันที่กำหนด ($101\pm 6V$, $202\pm 20V$)
	กระแสสายไฟแรงต่ำ	เฝ้าติดตามโหลดของหม้อแปลงบนเสา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปลี่ยนขนาดหม้อแปลง
	จำนวนครั้งที่ไฟดับ	ตรวจสอบความเชื่อถือได้ในการจ่ายไฟของแต่ละระบบจ่ายไฟแต่ละส่วนอย่างถูกต้อง
	ระยะเวลาที่ไฟดับ	ใช้ในการวางแผนเวียนตรวจ และแผนซ่อมบำรุงอย่างมีประสิทธิภาพ
	กระแสลัดวงจร	ใช้เป็นข้อมูลในการสันนิษฐานสาเหตุของอุบัติเหตุ และจุดที่เกิดอุบัติเหตุ
	ฮาร์โมนิก	ใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมคุณภาพกำลังไฟฟ้า

ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลการควบคุมการจ่ายไฟที่สำคัญ สัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในระบบนี้จะคล้ายกับระบบตรวจสอบค่าอัตโนมัติที่จะกล่าวต่อไป

3.1.2 การใช้ระบบอัตโนมัติเกี่ยวกับโหลด

(1) การควบคุมโหลดแบบรวมศูนย์

ระบบนี้ประกอบด้วย การควบคุมโหลดแบบรวมศูนย์จากสถานีย่อย การส่งสัญญาณจากอุปกรณ์สั่งการไปยังเครื่องส่งสัญญาณโดยทั่วไปจะใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อ ส่วนระหว่างเครื่องส่งสัญญาณกับโหลดที่ต้องการจะควบคุมจะใช้ทั้งสายไฟแรงสูงหรือแรงต่ำ สายสัญญาณ หรือคลื่นวิทยุ แต่ปัจจุบันจะใช้สายไฟแรงสูงหรือแรงต่ำกันมากที่สุด วิธีการใช้สายไฟส่งสัญญาณนี้ โดยทั่วไปจะใช้วิธีสัญญาณแรงดันความถี่เสียง (เรียกว่าวิธีรีปเปิล) โดยนำแรงดันสัญญาณในช่วงความถี่เสียงส่งไปในคลื่นพาหะคือแรงดันและความถี่ตามปกติ

(2) การตรวจสอบค่าอัตโนมัติ

วิธีนี้จะตรวจสอบค่าจากมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ วิธีการตรวจสอบค่านี้นี้ทั้งวิธีเอนเทอร์มินัลโค้ดเดอร์โดยติดตั้งเครื่องบันทึกไว้ที่เทอร์มินัลแต่ละตัวแล้วส่งข้อมูลไปที่อุปกรณ์กลาง วิธีเอนรีเลย์โค้ดเดอร์โดยรวบรวมข้อมูลของแต่ละเทอร์มินัลมาไว้ที่กลางทางจุดใดจุดหนึ่งแล้วค่อยส่งข้อมูลไปที่อุปกรณ์กลาง และวิธีสแกนโดยจะส่วนกลางจะเวียนตรวจสอบเทอร์มินัลแต่ละตัวจนครบเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้งานของมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า

3.1.3 การควบคุมแรงดัน

(1) การเลือกแรงดันแท๊ปของหม้อแปลง

เลือกแรงดันแท๊ปของหม้อแปลงไม่ให้แรงดันทุติยภูมิเมื่อไม่มีโหลดมีค่าสูงกว่าแรงดัน สูงสุดของวงจร และให้แรงดันโหลดรวมอยู่ภายในช่วงการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ยอมรับได้ของอุปกรณ์โหลดด้วย

(2) วิธีแก้ไขการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า

กรณีที่ช่วงการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้ารวมกว้างมากจนเกินขอบเขตที่ยอมรับได้ของอุปกรณ์โหลด ต้องมีการแก้ไขเช่น ย้ายแรงดันสูงไปใกล้จุดศูนย์กลางโหลด (การใช้วิธีจุดศูนย์กลางโหลด) การลดอิมพีแดนซ์ของระบบไฟฟ้า การใช้อุปกรณ์ปรับแรงดัน การใช้คาปาซิเตอร์ต่อขนานโดยตัดต่ออัตโนมัติ เป็นต้น

3.1.4 การควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์

(1) วิธีควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์

โดยทั่วไปโรงงานจะติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อรักษาเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้อยู่ในระดับ 90-95% แต่เมื่อการติดตั้งโหลดเพิ่มเติม ก็จะต้องควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์ด้วย การวัดเพาเวอร์แฟกเตอร์โดยทั่วไปไม่ค่อยใช้วิธีติดตั้งเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า แต่จะใช้วิธีคำนวณด้วยสูตรต่อไปนี้

$$\cos \theta = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}} \quad (3.1)$$

$$\cos \theta = \frac{\text{kW}}{\sqrt{(\text{kW})^2 + (\text{kVAr})^2}} \quad (3.2)$$

(2) วิธีปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์

(ก) วิธีปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ด้วยการควบคุมเวลา

ใช้ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟอย่างเป็นแบบแผนซ้ำๆ กันในช่วงเวลาหนึ่งๆ โดยการใช้ไมโครสวิตช์ตั้งเวลาตัดต่อคาปาซิเตอร์

(ข) วิธีปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ด้วยการควบคุมกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

เป็นวิธีการวัดกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ หากกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟมีค่าสูงกว่าที่กำหนดไว้จะต่อคาปาซิเตอร์เข้ามา และเมื่อกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟมีค่าต่ำกว่าที่กำหนดไว้จะตัดคาปาซิเตอร์ออกไป

(ค) วิธีปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ด้วยการควบคุมเพาเวอร์แฟกเตอร์

เป็นวิธีการวัดเพาเวอร์แฟกเตอร์ของวงจร หากเพาเวอร์แฟกเตอร์มีมูลล้าหลังกว่าที่กำหนดไว้จะต่อคาปาซิเตอร์เข้ามา และเมื่อเพาเวอร์แฟกเตอร์มีค่าล้าหลังกว่าที่กำหนดไว้จะตัดคาปาซิเตอร์ออกไป

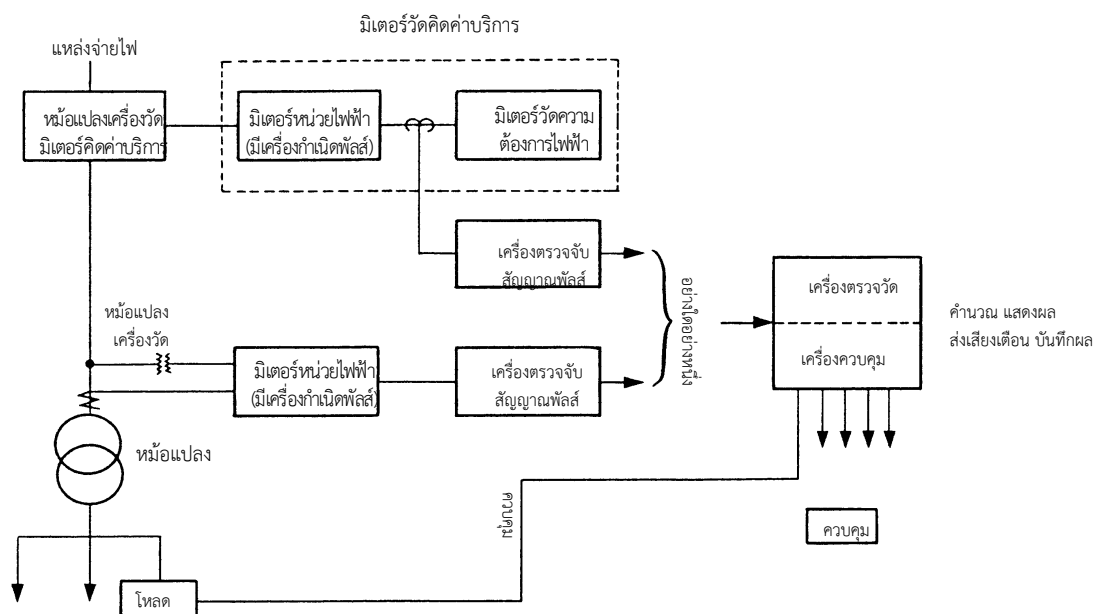
3.1.5 การควบคุมโหลด

(1) การควบคุมดีมานด์

การควบคุมดีมานด์ หมายถึง การจำกัดกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสูงสุดไว้ไม่ให้เกินค่าๆ หนึ่ง โดยที่ไม่ทำให้เกิดอุปสรรคในการใช้ไฟฟ้า เพื่อเดินเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ และอนุรักษ์พลังงาน การควบคุมดีมานด์เมื่อก่อนจะให้ผู้ปฏิบัติงานคอยเฝ้าติดตามดีมานด์มิเตอร์ และบังคับควบคุมโหลดด้วยมือ แต่ระยะหลังมีการพัฒนาเครื่องตรวจวัด และควบคุมดีมานด์ซึ่งสามารถตรวจวัด และควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยอัตโนมัติ และมีการนำมาใช้งานจริงแล้ว รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการนำเครื่องตรวจวัด และควบคุมดีมานด์มาใช้

(2) การควบคุมกำลังไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ในการควบคุมกำลังไฟฟ้า คือการทำให้การผลิต และการทำงานต่างๆ ในโรงงาน หรือสถานประกอบการ เป็นไปโดยราบรื่น ด้วยการใช้กำลังไฟฟ้าอย่างเหมาะสม และคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อลดกำลังไฟฟ้า และต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการนำเครื่องตรวจวัดและควบคุมปริมาณมาใช้

ตัวอย่างของวิธีการลดกำลังไฟฟ้า ได้แก่ การลดการใช้งานในกรณีที่ไม่น่าจะเป็น การเดินเครื่องให้มีประสิทธิภาพสูง การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การปรับปรุงอุปกรณ์ เป็นต้น

3.2 พื้นฐานของการควบคุมแบบอัตโนมัติ (Fundamental of automatic control)

3.2.1 คำอธิบายของการควบคุมอัตโนมัติ

การบังคับเป้าหมาย เช่น เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ อย่างเหมาะสมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ เรียกว่า การควบคุม เป้าหมายในที่นี้อาจเป็นวัตถุ เครื่องจักร กระบวนการผลิต หรือระบบต่างๆ ไป เรียกว่า เป้าหมายการควบคุม ส่วนอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุม เรียกว่า เครื่องควบคุม (controller) เมื่อนำเครื่องควบคุมกับเป้าหมายการควบคุมมาประกอบกันเป็นระบบ จะเรียกว่า ระบบควบคุม (control system)

การควบคุมอัตโนมัติ เป็นการควบคุมโดยอัตโนมัติด้วยเครื่องควบคุม กล่าวคือ หมายถึงการควบคุมทุกชนิดนอกเหนือจากการควบคุมด้วยมือ ซึ่งมีวิธีการหลักๆ ดังต่อไปนี้

3.2.1.1 sequential control:

เป็นการควบคุมอัตโนมัติควบคู่กับการควบคุม feedback ใช้กับการเดินเครื่อง-หยุดเครื่อง เครื่องจักร และกระบวนการผลิตต่างๆ โดยอัตโนมัติ เป็นการควบคุมตามลำดับหรือเงื่อนไขที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และทำงานไปตามลำดับขั้นตอน (กระบวนการ) ของการควบคุม

3.2.1.2 feedback control:

เป็นการควบคุมโดยนำปริมาณด้าน output (controlled variable) ป้อนกลับ (feedback) เข้าไปที่ reference input เปรียบเทียบทั้งสองค่าแล้วพยายามปรับแก้ไขให้มีค่าเท่ากัน

โดยทั่วไปการทำการควบคุมแบบป้อนกลับ (feedback control) จะเรียกว่า การควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น

- (1) การควบคุมกระบวนการ: เป็นการควบคุมทางกายภาพ ทางเคมี หรือการไหลเวียนของวัตถุดิบ
- (2) กลไกเซอร์โว: เป็นการควบคุมเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องจักร
- (3) เครื่องปรับอัตโนมัติ: เป็นการควบคุมเพื่อรักษาระดับปริมาณทางฟิสิกส์ (แรงดันไฟฟ้า ความถี่ อุณหภูมิ ฯลฯ) เป็นต้น

3.2.2 transfer function

เมื่อให้ค่าตั้งต้นของ transfer element ทั้งหมดเป็นศูนย์ แล้วอัตราส่วน $G(s)$ ระหว่าง Laplace transform $Y(s)$ ของ output function $y(t)$ ต่อ Laplace transform $X(s)$ ของ input function $x(t)$ เรียกว่า transfer function ของ transfer element

$$G(s) = Y(s) / X(s) \text{ หรือ } Y(s) = G(s) X(s)$$

กล่าวคือ Laplace transform ของ output จะเท่ากับผลคูณของ transfer function กับ Laplace transform ของ input transfer function ของ transfer element ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

- (1) proportional element: เท่ากับ k_0 เมื่อให้ค่าคงที่ของการแปรผันเท่ากับ k
- (2) differentiation element: $T_D s$ และ T_D เป็นค่าคงที่แสดงคุณลักษณะของ transfer element
- (3) integration element: T_I/s และ T_I เป็นค่าคงที่แสดงคุณลักษณะของ transfer element
- (4) 1st order delay element: $\frac{1}{Ts+1}$ และ T เป็น time constant
- (5) 2nd order delay element: $\frac{1}{s^2 + 2\zeta s + 1}$
- (6) dead time τ : e^{-st}

3.2.3 Block diagram

Block diagram โดยทั่วไปจะแสดง transfer element หลายๆ ตัว และแสดงเส้นทางสัญญาณ เราสามารถใช้กฎการแปลงสมมูลตามตารางที่ 3.3 เพื่อจัดรูปที่ block ใหม่ได้

ตารางที่ 3.3 การแปลงสมมูลของ block diagram

การกระทำ	ก่อนแปลง	หลังแปลง	คำอธิบายการกระทำ
สลับ block	$X \rightarrow [G_1] \xrightarrow{Z} [G_2] \rightarrow Y$	$X \rightarrow [G_2] \rightarrow [G_1] \rightarrow Y$	$G_2 \cdot G_1 = G_1 \cdot G_2$
สลับจุดรวม	$X_1 \xrightarrow{+} \bigcirc \xrightarrow{+} X_4$ $X_2 \xrightarrow{+} \bigcirc$ $X_3 \xrightarrow{+} \bigcirc$	$X_1 \xrightarrow{+} \bigcirc \xrightarrow{+} X_4$ $X_3 \xrightarrow{+} \bigcirc$ $X_2 \xrightarrow{+} \bigcirc$	$(X_1 \pm X_3) \pm X_2$ $= (X_1 \pm X_2) \pm X_3 = X_4$
ย้ายจุดรวม	$X_1 \xrightarrow{+} \bigcirc \xrightarrow{+} [G] \rightarrow Y$ $X_2 \xrightarrow{+} \bigcirc$	$X_1 \rightarrow [G] \xrightarrow{+} \bigcirc \rightarrow Y$ $X_2 \rightarrow [G] \xrightarrow{+} \bigcirc$	$G(X_1 \pm X_2)$ $= GX_1 \pm GX_2 = Y$
ย้ายจุดแยก	$X \rightarrow [G] \rightarrow Y$ $\downarrow$ Y	$X \rightarrow \bigcirc \rightarrow [G] \rightarrow Y$ $\downarrow$ Y	$G \cdot X = Y$
ต่ออนุกรม	$X \rightarrow [G_1] \xrightarrow{Z} [G_2] \rightarrow Y$	$X \rightarrow [G_1 \cdot G_2] \rightarrow Y$	$Z/X = G_1, Y/Z = G_2$ $Y/X = (Z/X)(Y/Z) = G_1 \cdot G_2$
ต่อขนาน	$X \rightarrow \bigcirc \rightarrow [G_1] \rightarrow \bigcirc \rightarrow Y$ $\downarrow$ $[G_2] \rightarrow \bigcirc$	$X \rightarrow [G_1 \pm G_2] \rightarrow Y$	$G_1 X \pm G_2 X$ $= (G_1 \pm G_2) X = Y$
ต่อ feedback	$X \xrightarrow{+} \bigcirc \xrightarrow{+} [G_1] \rightarrow Y$ $\downarrow$ $[H] \rightarrow \bigcirc$	$X \rightarrow \frac{G_1}{1 \mp G_1 \cdot H} \rightarrow Y$	$(X \pm HY) G_1 = Y$ $G_1 X \pm G_1 HY = Y$ $Y(1 \mp G_1 H) = G_1 X$ $Y = \frac{G_1}{1 \mp G_1 H} \cdot X$

3.2.4 ตัวควบคุมอัตโนมัติในทางอุตสาหกรรม

ตัวควบคุมอัตโนมัติมีหน้าที่เปรียบเทียบกับสัญญาณทางออกของระบบกับค่าที่ต้องการไปควบคุมระบบหรือค่าที่อ้างอิงซึ่งเป็นค่าที่เข้าของระบบผลจากการเปรียบเทียบจะได้ค่าที่เบี่ยงเบนหรือผิดพลาดตัวควบคุมอัตโนมัติจะนำสัญญาณที่เบี่ยงเบนนี้ไปสร้างเป็นสัญญาณเพื่อควบคุมให้ระบบลดการเบี่ยงเบนหรือลดค่าที่ผิดพลาดให้เป็นศูนย์ หรือน้อยที่สุด

ตัวควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ใช้แหล่งจ่ายเป็นไฟฟ้าหรือความดันของไหลบางกรณีตัวควบคุมอัตโนมัติอาจแบ่งตามลักษณะการใช้งาน เช่น ตัวควบคุมทางนิวเมติกส์ ตัวควบคุมทางไฮดรอลิก หรือตัวควบคุมทางไฟฟ้า เป็นต้น

ส่วนประกอบตัวควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรม

ตัวควบคุมอัตโนมัติจะตรวจสอบสัญญาณผิดพลาด ซึ่งปกติจะมีขนาดเล็กมากแล้วนำมาขยายจนได้ค่าโตพอที่จะนำไปใช้งานได้ ดังนั้นตัวควบคุมอัตโนมัติจึงจำเป็นต้องมีวงจรขยายรูปที่ 3.2 แสดงถึงบล็อกของตัวควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรม ประกอบกับส่วนสำหรับการวัดสัญญาณทางออกจากระบบซึ่งหมายถึงโรงงานตัวควบคุมประกอบด้วยส่วนเปรียบเทียบหรือส่วนตรวจจับความผิดพลาด และส่วนขยายสัญญาณส่วนสำหรับทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางออกจากระบบ เช่น ระยะการเคลื่อนที่ ความดัน หรือสัญญาณไฟฟ้า เป็นต้น ให้กลายเป็นสัญญาณที่เปรียบเทียบได้กับสัญญาณอ้างอิง ส่วนการวัดนี้เป็นส่วนหนึ่งของทางป้อนกลับในระบบควบคุมแบบวงจรปิด การปรับค่าของตัวควบคุมจะเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณอ้างอิงที่ป้อนเข้า ขณะที่

สัญญาณป้อนกลับจะเป็นสัญญาณทางออกของส่วนการวัดวงจรขยายจะขยายสัญญาณผิดพลาดที่เปรียบเทียบกับระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณทางออกจากส่วนการวัดให้มีขนาดโตพอที่จะนำไปป้อนเข้าระบบเพื่อกระตุ้นให้ระบบทำงานต่อไป



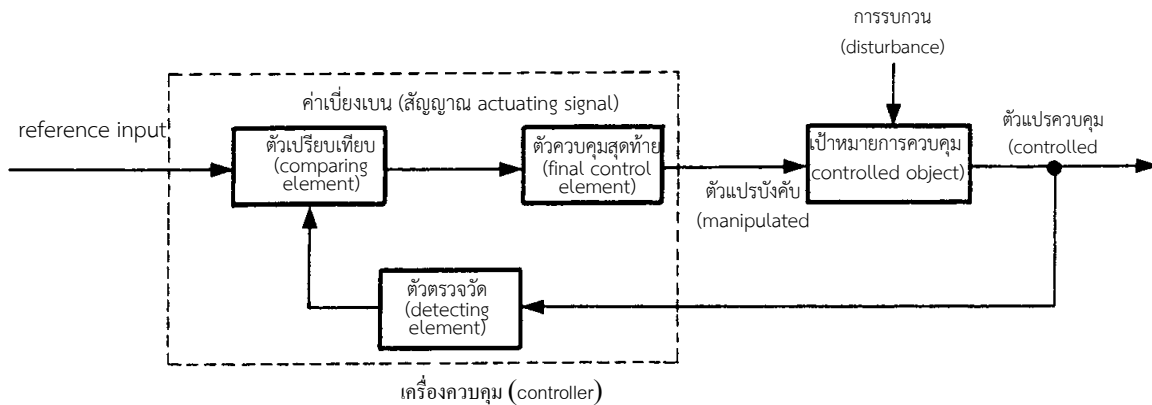
รูปที่ 3.2 ภาพบล็อกของตัวควบคุมอัตโนมัติและส่วนสำหรับการวัด

3.2.5 การกระทำการควบคุม

การกระทำการควบคุมของตัวควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรม ต้องอาศัยหลักการของการควบคุมรูปแบบต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

3.2.5.1 การควบคุม feedback

(1) การสร้างระบบควบคุม feedback ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับ เป้าหมายการควบคุมและเครื่องควบคุมจะเชื่อมต่อกันตามรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงสร้างของระบบควบคุม feedback

- เป้าหมายการควบคุม: อุปกรณ์ที่เป็นเป้าหมายของการควบคุม (เช่น มอเตอร์)
- การรบกวน: การกระทำจากภายนอกที่ทำให้สถานะของเป้าหมายเปลี่ยนไป (เช่น การเปลี่ยนแปลงของ load การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า)
- ตัวแปรควบคุม: ตัวแปรที่ต้องควบคุม (เช่น ความเร็วรอบของมอเตอร์)
- ตัวตรวจวัด: ส่วนที่ทำหน้าที่วัดตัวแปรควบคุม และแปลงเป็นปริมาณ feedback
- reference input: ค่าที่กำหนดที่จะต้องควบคุมให้ได้ตามนั้น หรือสัญญาณ input ที่สอดคล้องกับค่าที่กำหนด

- ตัวเปรียบเทียบ: ส่วนที่ทำหน้าที่กำเนิดผลต่างระหว่าง reference input กับปริมาณ feedback ที่สอดคล้องกับตัวแปรควบคุม (เช่น potential meter)
- ค่าเบี่ยงเบน: ผลต่างระหว่าง reference input กับปริมาณ feedback บางครั้งก็เรียกว่า สัญญาณ actuating signal เนื่องจากค่าเบี่ยงเบนนี้จะเป็น input ของตัวควบคุมสุดท้าย
- ตัวควบคุมสุดท้าย: ส่วนที่ทำหน้าที่กำเนิดตัวแปรบังคับเพื่อทำการควบคุมอย่างเหมาะสม (เช่น วงจร stabilizing circuit และวงจรขยาย)
- ตัวแปรบังคับ: ตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมเป้าหมายการควบคุม (เช่น field current ของมอเตอร์)

การแสดงระบบควบคุมด้วยเส้นทางของสัญญาณ (เช่น reference input ค่าเบี่ยงเบน ตัวแปรบังคับ ตัวแปรควบคุม ฯลฯ) กับ transfer element ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณนั้นให้เป็นสัญญาณอื่น (เช่น ตัวควบคุมสุดท้าย เป้าหมายการควบคุม ตัวตรวจวัด ฯลฯ) ดังรูปที่ข้างต้น เรียกว่า block diagram รูปที่นี้ สะดวกต่อการแสดงวัตถุประสงค์ของการควบคุม เส้นทางของสัญญาณต่างๆ ในระบบควบคุม โครงสร้างของ element ต่างๆ เป็นต้น

เมื่อทำการควบคุม feedback หากมีการกระทำจากภายนอก (การรบกวน) ซึ่งพยายามทำให้ระบบควบคุมสูญเสียเสถียรภาพ หรือเมื่อคุณสมบัติของอุปกรณ์ควบคุมเปลี่ยนแปลงไป และผลกระทบนั้นแสดงออกมาทางตัวแปรควบคุมแล้ว ผลกระทบนั้นจะถูก feedback ทันทีเพื่อแก้ไขให้ถูกต้อง

อย่างไรก็ตาม หากคอยให้การรบกวนส่งผลกระทบต่อตัวแปรควบคุมก่อนแล้วจึงเริ่ม แก้ไข การทำงานจะล่าช้าทำให้ได้ผลลัพธ์ไม่ดี ดังนั้น จึงควรตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากภายนอกโดยตรงแล้วพยายามลดล้างการกระทำนั้น การควบคุมเช่นนี้เรียกว่า การควบคุม feedforward ใช้กันมาก อุตสาหกรรม กระบวนการผลิต

ระบบควบคุม feedback มีหลายประเภทตามคุณสมบัติของค่าที่กำหนดดังต่อไปนี้

- (1) set point control: การควบคุมที่มีค่าที่กำหนดเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง
- (2) tracking control: การควบคุมที่ค่าที่กำหนดอาจเปลี่ยนแปลงเป็นค่าใดๆ
- (3) program control: การควบคุมที่ค่าที่กำหนดมีการเปลี่ยนแปลงตามที่กำหนดไว้ล่วงหน้า รวมถึงการควบคุมที่บางครั้งไม่เพียงแต่ค่าที่กำหนดเท่านั้น แต่ทั้งประเภท และรูปที่แบบการควบคุมก็มีการเปลี่ยนแปลงตามที่กำหนดไว้ล่วงหน้าด้วย

ตัวแปรที่ใช้ในระบบควบคุม ประกอบด้วย ตัวแปรควบคุม x ค่าที่กำหนด r ตัวแปรบังคับ u ค่าที่วัดได้ y การรบกวน v สัญญาณรบกวนในการตรวจวัด w ความคลาดเคลื่อน e

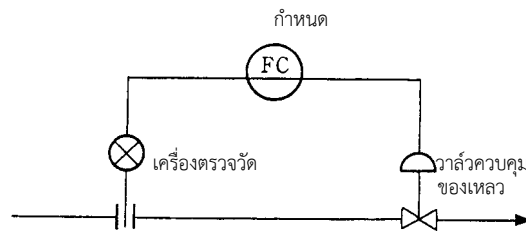
บางครั้ง เราก็เรียกตัวควบคุมสุดท้าย เป้าหมายการควบคุม และตัวตรวจวัด รวมๆ กันว่า กระบวนการ (process) และเรียกค่าที่กำหนดว่า SV เรียกค่าที่วัดได้ว่า PV เรียกตัวแปรบังคับว่า MV

(2) การควบคุม PID

การควบคุม feedback เป็นการแก้ไขค่าเบี่ยงเบนระหว่างตัวแปรควบคุมกับค่าที่กำหนดด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่ง ให้สอดคล้องกับระดับค่าเบี่ยงเบนนั้น ในการควบคุม feedback นี้ มีปัญหาคือทำอย่างไรระบบจึงจะตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว กล่าวคือ สามารถลดค่าเบี่ยงเบนให้เหลือน้อยลงได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่ในกระบวนการจะมีความล่าช้า (delay) เกิดขึ้น และทำอย่างไรระบบจึงจะมีเสถียรภาพไปในขณะเดียวกัน

การควบคุมพื้นฐานของการควบคุมกระบวนการ มีทั้งการควบคุมอัตราไหล การควบคุมระดับของเหลว การควบคุมอุณหภูมิ การควบคุมความดัน เป็นต้น ระบบควบคุมเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น ระบบควบคุม

อัตราไหล จะทำการตรวจวัดอัตราไหล และกำหนดตัวแปรบังคับด้วยเครื่องควบคุมอัตราไหล (FC) เพื่อให้ตรงกับค่าที่กำหนดดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ระบบควบคุมอัตราไหล

การควบคุมที่นำพจน์ที่แปรผันตาม (Proportional) ค่าเบี่ยงเบน พจน์อินทิเกรต (Integral) เพื่อลบค่าเบี่ยงเบน และพจน์ที่มีความหมายถึงทิศทางการเพิ่มหรือลดของค่าเบี่ยงเบน (Derivative) มาบวกกันเพื่อใช้ควบคุม มีชื่อเรียกโดยนำอักษรต้นของทั้งสามคำมาเรียกกันว่า การควบคุม PID แม้ว่าการควบคุม feedback จะมีหลายวิธี แต่การควบคุม PID เป็นวิธีที่สะดวกและนิยมใช้กันมากที่สุด

(ก) การกระทำ P

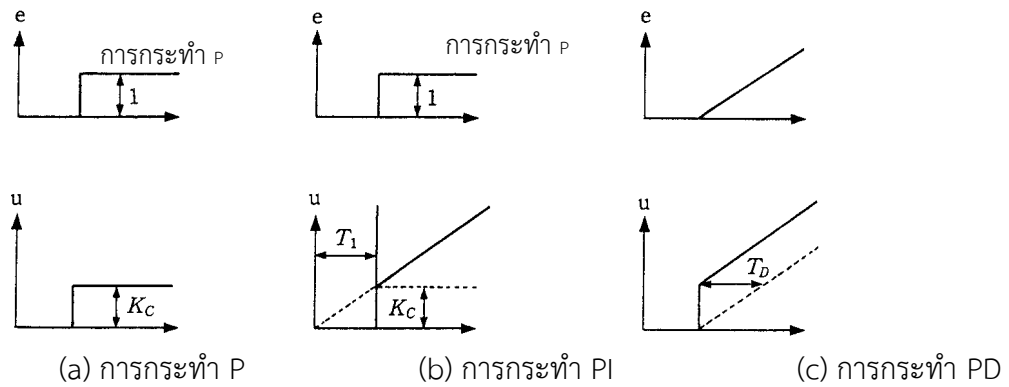
รูปที่ 3.5 (a) แสดงการกระทำ P โดยเมื่อ input เปลี่ยนแปลงไปอย่างกะทันหัน 1 หน่วย output จะเปลี่ยนแปลงไป K_c ทันทีโดยไม่มีการล่าช้า ค่า K_c เรียกว่า proportional gain เมื่อค่านี้มีค่ามากขึ้น ค่าเบี่ยงเบนจะลดลง แต่หากมีค่ามากเกินไป ระบบจะเริ่มแกว่ง และจะ diverge ในที่สุด เนื่องจากการกระทำ P เมื่อค่าเบี่ยงเบนเป็น 0 สัญญาณ actuating signal จะเท่ากับ 0 ด้วย ดังนั้น จึงเกิดปัญหาคือค่าเบี่ยงเบนเล็กน้อยจะคงอยู่ตลอดไปไม่หายไปที่ค่าเบี่ยงเบนนี้เรียกว่า offset

(ข) การกระทำ PI

รูปที่ 3.5 (b) แสดงการกระทำ PI โดยนอกจาก output ของการกระทำ P เช่นเดียวกับข้างต้นแล้ว ยังเพิ่มการกระทำ I ได้แก่ output รูปที่ ramp ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็นฟังก์ชันอันดับ 1 อีกด้วย ความชันของ ramp output เท่ากับ K_c / T_i โดย T_i เรียกว่า integral time การกระทำนี้จะกำจัด offset ที่เหลือจากการกระทำ P แต่หากการกระทำ I มากเกินไป (integral time มีค่าน้อย) ระบบจะไม่มีเสถียรภาพ จึงต้องใช้ความระมัดระวัง

(ค) การกระทำ PD

รูปที่ 3.5 (c) แสดงการกระทำ PD โดยเมื่อมี ramp input เข้ามา การกระทำ D (อนุพันธ์) จะทำให้ output จะมีลักษณะเร่ง output ของการกระทำ P ที่แสดงด้วยเส้นประ ให้เร็วขึ้นเท่ากับเวลา T_D ค่า T_D เรียกว่า derivative time ซึ่งมีผลในการเพิ่มความเร็วในการตอบสนองและช่วยทำให้ระบบมีเสถียรภาพ อย่างไรก็ตามก็มีข้อเสีย คือ กรณีที่ input มีสัญญาณรบกวนอยู่ด้วย สัญญาณรบกวนนี้จะถูกขยายให้ใหญ่ขึ้นและปรากฏออกมาที่ output รวมทั้งการกระทำ PD ยังมี offset เกิดขึ้นด้วย

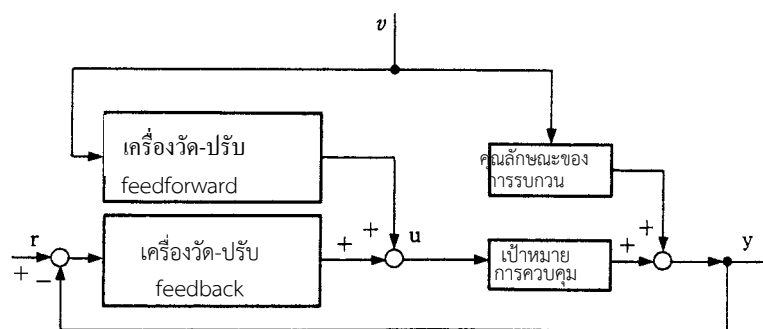


รูปที่ 3.5 การกระทำ Proportional (P), Integral (I), Derivative (D)

การกระทำ P และการกระทำ PD จะใช้ในกระบวนการที่แม้จะมี offset เกิดขึ้นก็ไม่เป็นปัญหาเท่าใดนัก และในกระบวนการที่มีลักษณะ integral เช่น ระดับของเหลว เป็นต้น ขณะที่กระบวนการที่จะเกิดปัญหาขึ้นหากมี offset จะใช้การกระทำ PI หรือการกระทำ PID ในการควบคุมอัตราไหล และความดัน กระบวนการจะมีการตอบสนองเร็ว ดังนั้น การกระทำ PI ก็มีการตอบสนองรวดเร็วเพียงพอ และหากมีสัญญาณรบกวนสูงในการตรวจวัด บางครั้งหากใช้การกระทำ PID ก็จะทำให้สถานการณ์เลวร้ายลงไปอีก ในการควบคุมอุณหภูมิ กระบวนการจะมีการตอบสนองช้า ดังนั้น จึงใช้การกระทำ PID เพื่อเร่งการตอบสนองให้รวดเร็วขึ้น และลดการ overshoot

(3) การควบคุม feedforward

การควบคุม feedforward หมายถึง การควบคุมโดยการคาดการณ์ถึงผลกระทบของการรบกวน และทำการแก้ไขล่วงหน้าก่อนที่จะเกิดผลกระทบนั้นขึ้น โดยที่หากมีความผิดพลาดในการพยากรณ์ผลกระทบของการรบกวน หรือมีความผิดพลาดในแบบจำลอง จะทำให้เกิด offset ขึ้น ดังนั้น การควบคุมแบบนี้จึงมักไม่ใช้เดี่ยวๆ แต่โดยมากจะใช้ควบคู่กับการควบคุม feedback เพื่อปรับปรุงการควบคุมการรบกวนให้ดียิ่งขึ้นรูปที่ 3.6)



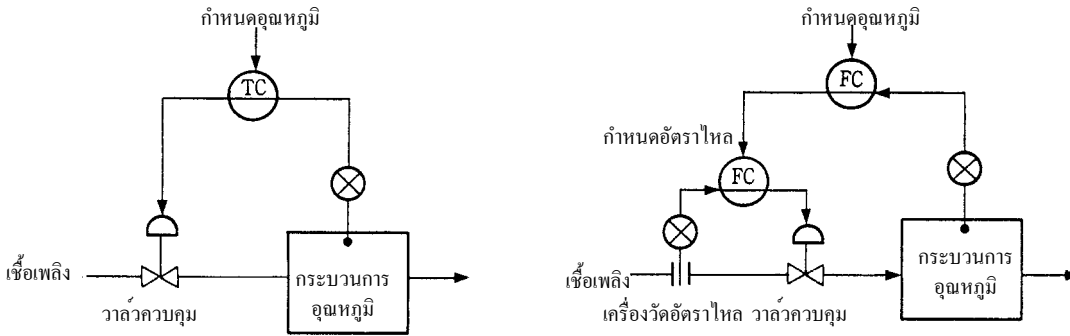
รูปที่ 3.6 block diagram ของระบบควบคุมที่ใช้ร่วมกับ feedforward

(4) การควบคุม ratio

การควบคุม ratio หมายถึง วิธีการควบคุมในระบบควบคุม 2 ระบบ โดยใช้ค่าที่ได้จากการนำค่าที่วัดได้ในระบบหนึ่งมาคูณกับอัตราส่วนแล้วใช้เป็นค่าที่กำหนดของอีกระบบหนึ่ง

(5) การควบคุม cascade

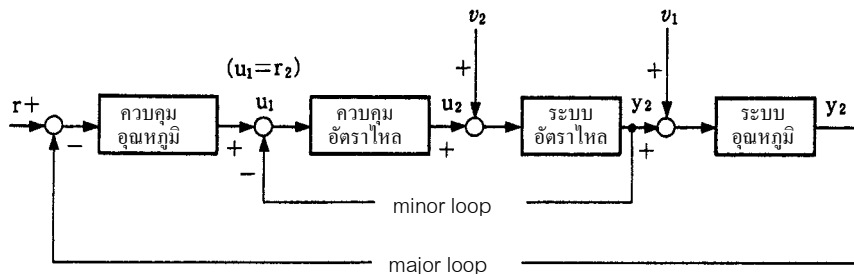
ในการควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการ บ่อยครั้งที่อุณหภูมิซึ่งเป็นตัวแปรควบคุมสุดท้าย จะมีตัวแปรบังคับเป็นอัตราไหล ในระบบเช่นนี้ บางครั้งเมื่อความดันดันของระบบของไหลมีการเปลี่ยนแปลง อัตราไหลจะเกิดความปั่นป่วน กลายเป็นการรบกวนทำให้ระบบอุณหภูมิผิดพลาดไปด้วยได้ เพื่อป้องกันเหตุการณ์เช่นนี้ จึงมีการควบคุม cascade ดังรูปที่ 3.7 (b) และรูปที่ 3.8



(a) การควบคุมอุณหภูมิด้วย loop เดียว

(b) การควบคุมอุณหภูมิด้วยการควบคุม cascade

รูปที่ 3.7 การควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.8 block diagram ของการควบคุม cascade

3.2.5.2 การควบคุม sequential

(1) โครงสร้างและการทำงานของ การควบคุม sequential

การควบคุม sequential มีการใช้งานกว้างขวาง ตั้งแต่เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน สัญญาณไฟจราจร ลิฟต์โดยสาร จนถึงเครื่องจักรกล เครื่องลำเลียง สายพาน รวมถึงการควบคุมไลน์ประกอบรถยนต์ การควบคุมสายส่ง-จ่ายไฟฟ้า เป็นต้น

รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างของการควบคุม sequential อัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม คำสั่งทำงาน คำสั่งควบคุม สัญญาณบังคับตัวแปรควบคุม อาจจะมีมากกว่า 1 ตัว ในระบบที่ซับซ้อนอาจจะมีหลายตัวหรือหลายสิบตัวก็ได้

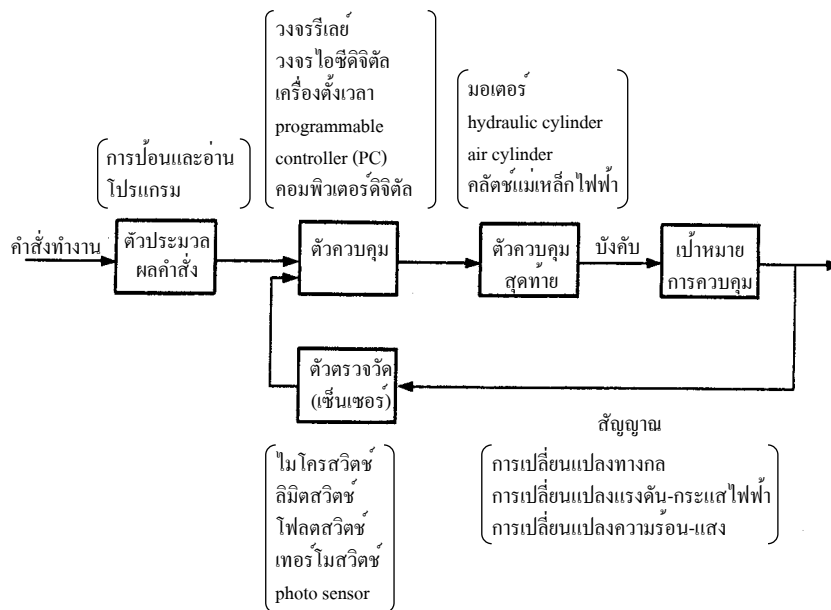
เป้าหมายการควบคุม: สิ่งที่ต้องการจะควบคุม

ตัวควบคุม: ส่วนที่มีหน้าที่ตัดสินใจทางตรรกะอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงคำสั่งทำงานเพื่อให้เริ่มทำงาน สัญญาณตรวจวัดตัวแปรควบคุม หรือสัญญาณที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ รวมทั้งระยะเวลา เพื่อกำหนดคำสั่งควบคุม

ตัวควบคุมสุดท้าย: ทำหน้าที่ขยายคำสั่งควบคุมอย่างเหมาะสม และบังคับเป้าหมายการควบคุมโดยตรง

ตัวแปรควบคุม: ปริมาณทางฟิสิกส์ที่เป็นเป้าหมาย

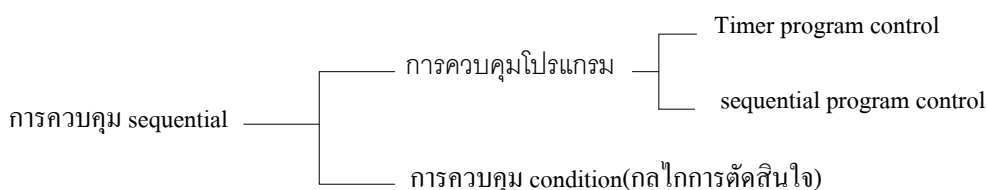
ตัวตรวจวัด: ส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจวัดสถานะของตัวแปรควบคุม ความแตกต่างจากการควบคุม feedback ก็คือ เป็นการตรวจวัดในเชิงคุณภาพ ดังนั้นโดยส่วนใหญ่แล้วสัญญาณค่าที่ตรวจวัดจึงเป็นสัญญาณ binary



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของการควบคุม sequential อัตโนมัติ

(2) การควบคุม sequential ประเภทต่างๆ

รูปที่ 3.10 แสดงการควบคุม sequential ประเภทต่างๆ อย่างไรก็ตาม ระบบควบคุมในทางปฏิบัติจะประกอบด้วยระบบเหล่านี้มาประกอบเข้าด้วยกันอย่างซับซ้อน



รูปที่ 3.10 การควบคุม sequential ประเภทต่างๆ

(n) timer program control

ลำดับการควบคุมจะเก็บไว้ในหน่วยความจำ และใช้เครื่องตั้งเวลากำหนดจังหวะในการทำการควบคุมนั้น จึงเป็นการควบคุม sequential ที่ทำการควบคุมเมื่อได้เวลาที่กำหนดตามลำดับที่กำหนดไว้

(၅) sequential program control

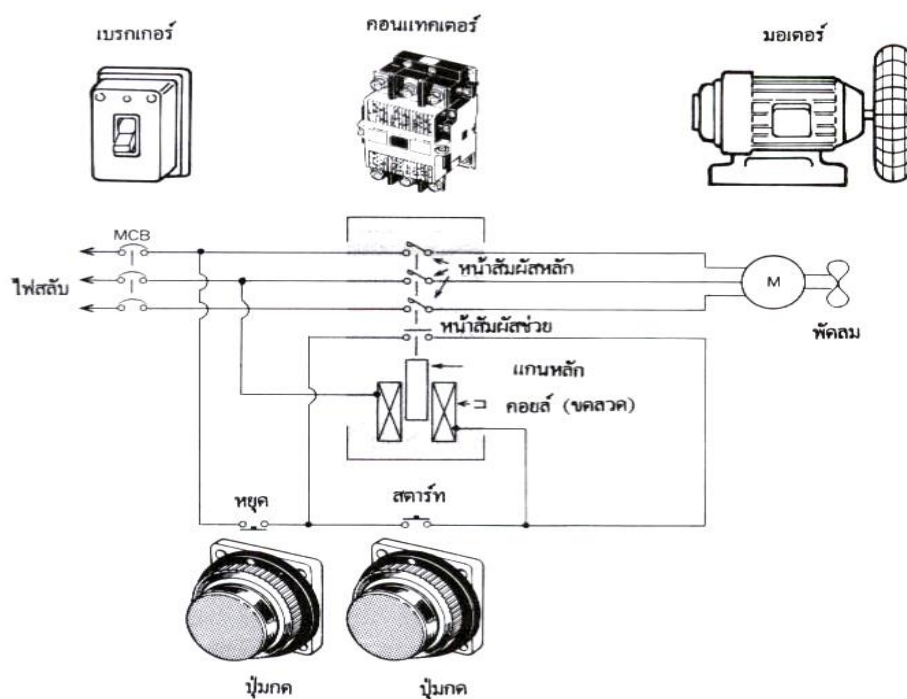
เป็นการควบคุม sequential ที่ในหน่วยความจำจะบรรจุไว้แต่ลำดับการควบคุมเท่านั้น ส่วน
จังหวะในการควบคุมนั้นจะขึ้นอยู่กับสัญญาณตรวจวัดจากเครื่องตรวจวัด เครื่องตรวจวัดที่ขี่ทั้งสวิตช์ความ
ดัน level switch ลิ้มิตสวิตช์ เป็นต้น

(c) conditional control

เป็นการควบคุมโดยตัดสินใจจากผลการตรวจวัดแล้วจึงออกคำสั่งควบคุม การควบคุม conditional control ใช้ในวงจรป้องกัน เช่น การป้องกันอันตราย การป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ เป็นต้น

3.3 อุปกรณ์ควบคุมแบบต่างๆ และการประยุกต์ใช้งาน (Type of controller and application)

3.3.1 การควบคุมชีเคว้นซ์



รูปที่ 3.11 แสดงการเดินสาย เป็นวงจรซีเคว้นซ์

เป็นการควบคุมลำดับการทำงานของอุปกรณ์ในระบบให้ทำงานตามเงื่อนไขการเริ่มต้นและสิ้นสุดของกระบวนการต่อเนื่องเรียงลำดับกันในการควบคุมอุปกรณ์ส่วนใหญ่จะเป็นสัญญาณเปิดปิด (ON/OFF) ให้ อุปกรณ์ เช่น มอเตอร์ โซลินอยด์ ทำงานหรือหยุดทำงานเท่านั้นในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นั้น นอกจากจะพิจารณาเงื่อนไขในการทำงานแล้วยังต้องพิจารณาถึงช่วงเวลาในการทำงานด้วย

1. หน้าสัมผัสที่ปิดในขณะที่สวิตช์ยังไม่ถูกกดเป็นหน้าสัมผัสชนิด b หรือปกติปิด (Normally Close Contact)
2. หน้าสัมผัสที่เปิด ถ้าสวิตช์ถูกกดเป็นหน้าสัมผัสชนิด a หรือปกติเปิด (Normally Open Contact)

3.3.1.1 สัญลักษณ์อุปกรณ์ในวงจรซีเคิร์ฟแสดงดังรูปที่ 3.12

3.3.1.2 ระบบที่ใช้ควบคุมในการควบคุมตามลำดับ

1. ระบบไฟฟ้า คือ ระบบที่ใช้ไฟฟ้าทั่วๆ ไป ที่มีรีเลย์ (relay) ไทมเมอร์ (timer) เคาน์เตอร์ (counter) สวิตช์ต่างๆ เป็นต้น
2. ระบบวงจรที่ใช้ลอจิก ปัจจุบันไม่นิยมใช้กันแล้ว
3. ระบบที่ใช้สวิตช์ลูกเบี้ยว ปัจจุบันไม่นิยมใช้กันแล้ว
4. ระบบ PLC เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูล หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยส่งข้อมูล เงื่อนไขการควบคุม ทำได้โดยเขียนโปรแกรม

3.3.2 โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC)

PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด-สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Function) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงาน และตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

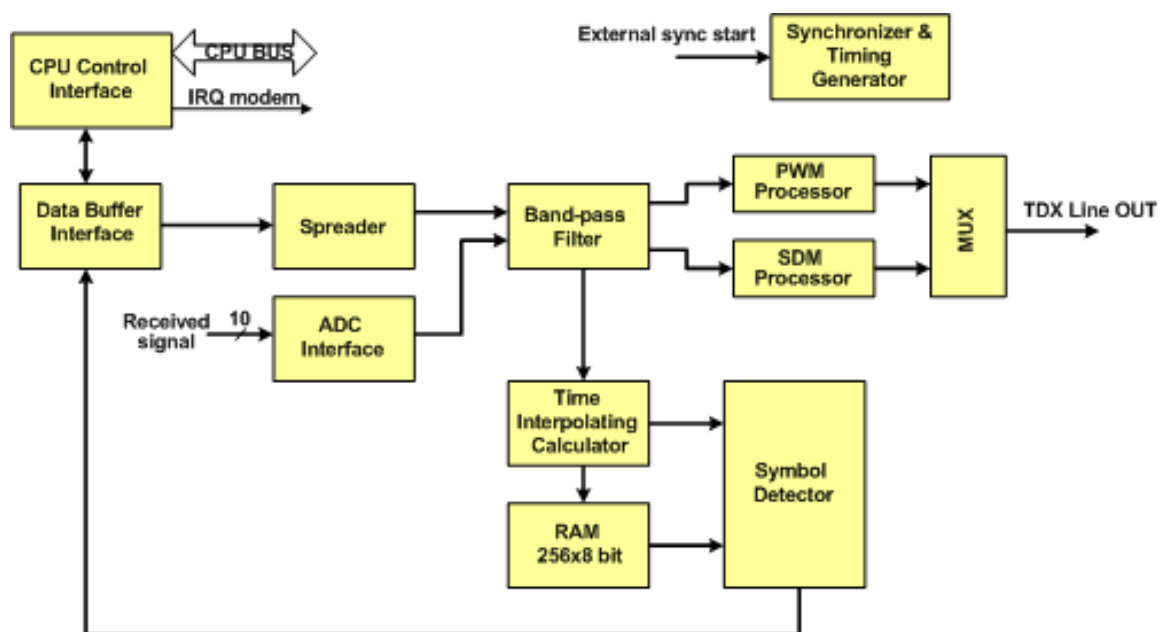
การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้รีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard-Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลา และเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้วการเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิดสเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิมการกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

PLC ของแต่ละบริษัทจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันในแต่ละประเทศคือ

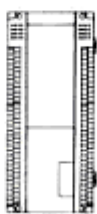
PC หรือ Programmable Controller เรียกกันในประเทศอังกฤษ

PLC หรือ Programmable Logic Controller เรียกกันในประเทศสหรัฐอเมริกา

PBS หรือ Programmable Binary System เรียกกันในประเทศสแกนดิเนเวีย

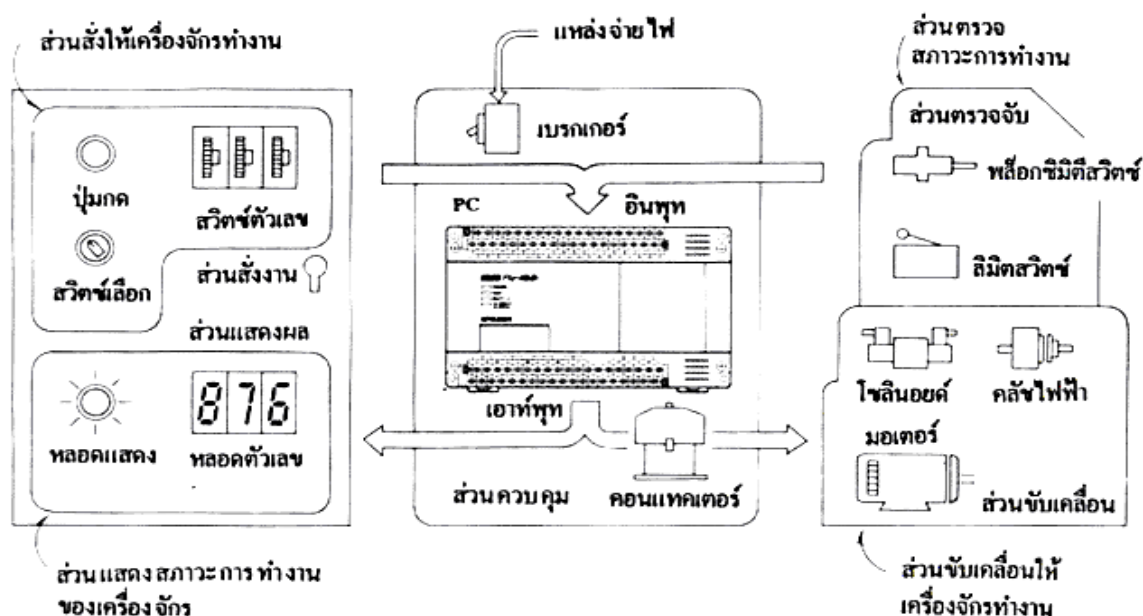


รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมของ PLC

อุปกรณ์	หน้าสัมผัส	ชนิด a		ชนิด b		แหล่งขับเคลื่อน
		แนวราบ	แนวตั้ง	แนวราบ	แนวตั้ง	
ปุ่มกด (กดคลิกปล่อยดับ)						
ปุ่มกดแบบล็อก						
รีเลย์ความร้อน (OCR)						ฮีตเตอร์ ทำงาน หยุดทำงาน 
สวิตช์ (ทั่วไป)						
สวิตช์ (มีกลไก)		 *		 *		 กอยด์ 
รีเลย์						 กอยด์
คอนแทกเตอร์						 กอยด์
ไทมเมอร์ (on - delay)						 กอยด์
ไทมเมอร์ (off - delay)						 กอยด์
อินพุตเอาท์พุตรีเลย์ ไทมเมอร์ เกาน์เตอร์ รีเลย์ช่วย	 PC	 *	 *	 *	 *	 หรือ
หน้าสัมผัสของเอาท์พุตรีเลย์						 หรือ

© M A 562

รูปที่ 3.12 สัญลักษณ์อุปกรณ์ในวงจรซีเควินซ์



รูปที่ 3.13 การทำงานของ PLC

3.3.2.1 การทำงานของ PLC

PLC จะรับสัญญาณที่เป็นคำสั่งจากสวิตช์ปุ่มกด สวิตช์เลือก และสวิตช์ตัวเลขซึ่งอยู่ที่แผงควบคุมเครื่องจักร นอกจากนั้นยังรับสัญญาณที่มาจากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพการทำงานของเครื่องจักร เช่น ลิ้มิตสวิตช์ (limit switch) ฟลักซ์มิเตอร์สวิตช์ (proximity switch) สวิตช์แสง และสวิตช์ตรวจจับชนิดต่างๆ จากนั้น PLC จะส่งสัญญาณออกไปที่ขั้วออกเพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์โซลินอยด์ และคลัตช์แม่เหล็กไฟฟ้าหรือขับเคลื่อนหลอดแสดง หลอดตัวเลข

PLC จะรับสัญญาณเข้ามาทางขั้วเข้าและให้สัญญาณออกทางขั้วออก การให้สัญญาณออกนี้จะปฏิบัติตามโปรแกรมที่เก็บไว้ในเครื่อง PLC การขับเคลื่อนซึ่งเป็นโหลดขนาดเล็ก เช่น โซลินอยด์ ตัวเล็กหรือหลอดแสดงนั้น PLC สามารถขับโดยตรงจากขั้วออกได้ แต่ถ้าเป็นอุปกรณ์ที่เป็นโหลดขนาดใหญ่ใช้ไฟมาก เช่น มอเตอร์สามเฟสหรือโซลินอยด์ตัวใหญ่ จำเป็นต้องต่อผ่านคอนแทคเตอร์และรีเลย์เพื่อช่วยขยายกำลังขับเคลื่อน คอนแทคเตอร์ รีเลย์ขับเคลื่อน เบรกเกอร์ จะถูกติดตั้งอยู่ภายในตู้ควบคุมเดียวกันกับตัว PLC

3.3.2.2 ตารางคำสั่งพื้นฐาน

- (1) ตารางที่ 3.4 คำสั่งเกี่ยวกับหน้าสัมผัสตามด้วยเบอร์อุปกรณ์

LD	LDI
AND	ANI
OR	ORI

- (2) ตารางที่ 3.5 คำสั่งเกี่ยวกับคอยล์ ตามด้วยเบอร์อุปกรณ์ คำสั่งนี้จะทำหน้าที่ด้วยหน้าสัมผัสเสมอ

OUT	
PLS	PLF
SET	RST

- (3) ตารางที่ 3.6 คำสั่งเกี่ยวกับต่อเชื่อม ไม่มีเบอร์อุปกรณ์

ANB	ORB	
MPS	MRD	MPP

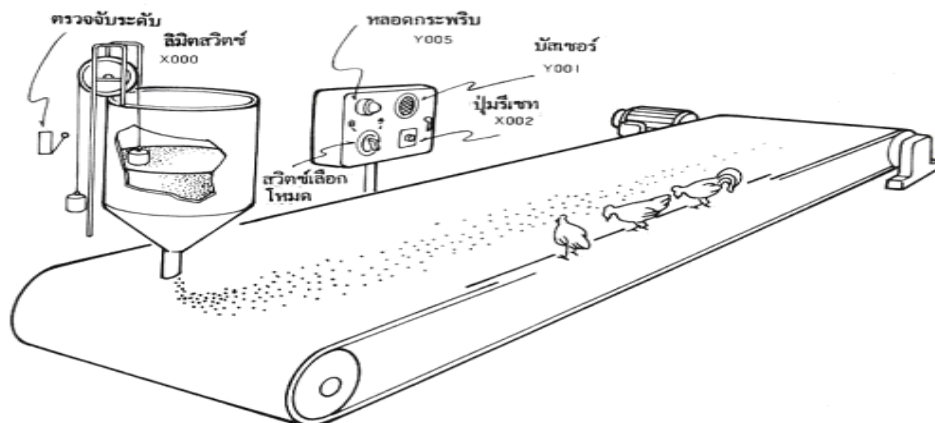
- (4) ตารางที่ 3.7 คำสั่งอื่นๆ

MC	MCR
NOP	END

(5) ตารางที่ 3.8 คำสั่งพื้นฐาน

LD Load	
LDI Load Inverse	
AND And	
ANI And Inverse	
OR Or	
ORI Or Inverse	
ANB And Blok	
ORB Or Blok	
OUT Out	
NOP No Operation	
SET Set	
RST Reset	
PLS Pulse	
PLF Pulse fall	
MC	
MCR	
MPS Memory Push	
MRD Memory Read	
MPP Memory Pop	
END End	จบโปรแกรม

3.3.2.3 ตัวอย่างการออกแบบโปรแกรม PLC



รูปที่ 3.14 วงจรตรวจสอบระดับของวัตถุดิบในถัง

ข้อกำหนดการควบคุม

- เมื่อโยกสวิตช์โหมดการควบคุมไปที่ “อัตโนมัติ” (X001 OFF)

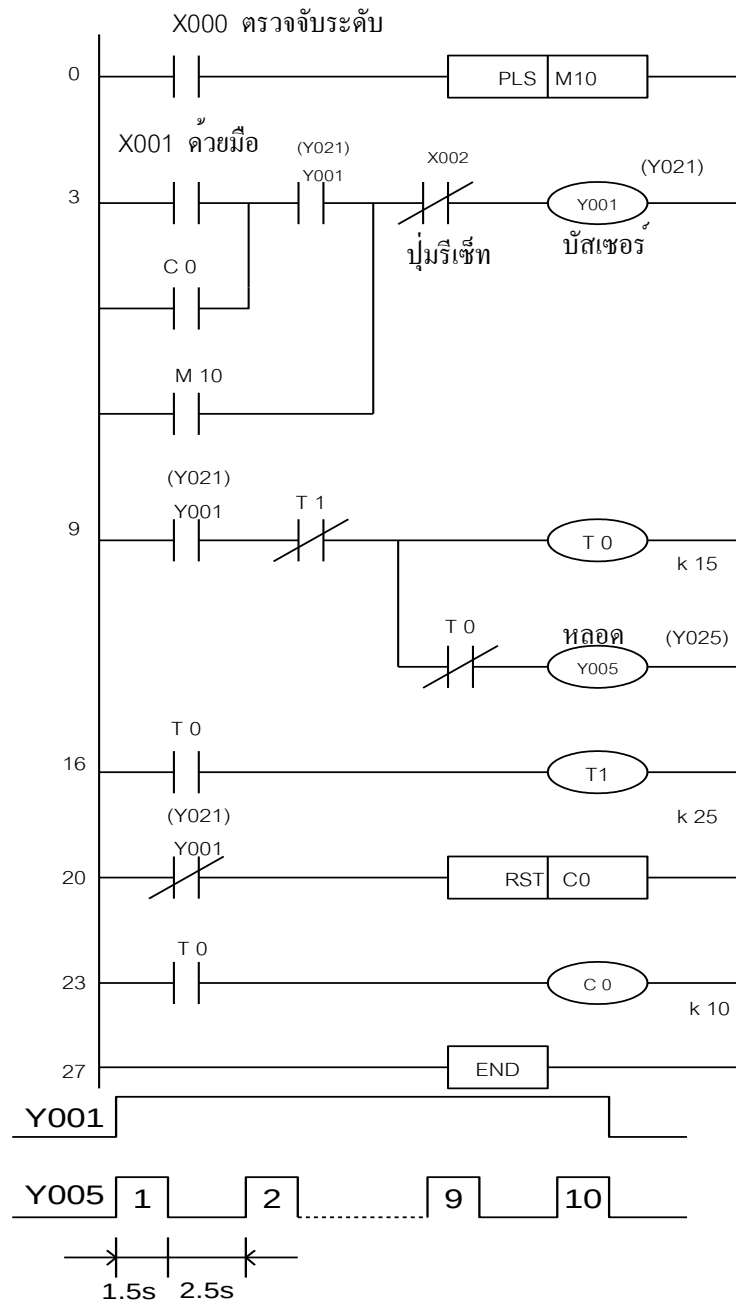
ถ้าลิมิตสวิตช์ X000 ตรวจพบว่าปริมาณวัตถุดิบในถังลดต่ำลง จะทำให้บัลเซอร์ Y001 ดัง และหลอด Y005 กระพริบ 10 ครั้ง (ON 1.5 วินาที และ OFF 2.5 วินาที) หลังจากนั้นบัลเซอร์จะหยุด และหลอดจะดับ

- เมื่อโยกสวิตช์เลือกโหมดไปที่ “ด้วยมือ” (X001 ON)

ถ้าลิมิตสวิตช์ X000 ON จะทำให้ บัลเซอร์ Y001 ดัง หลอด Y005 กระพริบไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งปั๊มรีเซท X002 ถูกกด

(1) การออกแบบวงจรซีเควินซ์

เมื่อ X000 ON รีเลย์ช่วย M 10 จะให้พัลส์ทำให้ Y001 ซึ่งขับบัลเซอร์ทำงาน และเซลล์โซลด์ Y001 จะถูกรีเซทด้วยหน้าสัมผัสของคอนเตอร์ C0 หรือปั๊มรีเซท Y005 จะ ON/OFF ตามรูปที่ 3.15 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.15 สัญญาณการทำงานของ Y001 และ Y005

เมื่อไทมเมอร์ T0 ทำงานครบ 10 ครั้ง คอนโทรลเลอร์ C0 จะนับครบและให้หน้าสัมผัส ON ทำให้ Y001 ถูกรีเซ็ตในกรณีของโหมด “ด้วยมือ” (X001 ON) Y001 จะถูกรีเซ็ตด้วยปุ่มรีเซ็ต X002 เท่านั้น

(2) การเขียนโปรแกรม

วงจรแลตเตอร์สามารถแปลงเป็นรหัสคำสั่ง ตามที่แสดงในโปรแกรกดังต่อไปนี้

0	LD X000
1	PLS M 10
3	LD X001
4	ORI C 0
5	AND Y001(21)
6	OR M 10
7	ANI X002
8	OUT Y001(21)
9	LD Y001(21)
10	ANI T 1
11	OUT T 0 SP k 15
14	ANI T 0
15	OUT Y005(25)
16	LD T 0
17	OUT T 1 SP k 25
20	LDI Y001(21)
21	RST C 0
23	LD T 0
24	OUT C 0 SP k 10
27	END

3.4 พื้นฐานการประมวลผลข้อมูล หลักการของคอมพิวเตอร์ ฐานข้อมูล การส่งข้อมูล

(Fundamental of data processing, computer, data base, and data transmission)

3.4.1 พื้นฐานของการประมวลผลข้อมูล (data processing, computer)

ในวงการอุตสาหกรรมมีข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นเกิดขึ้นมากมาย เช่น ข้อมูลการจำหน่ายสินค้าคงคลัง ข้อมูลทางบัญชี ข้อมูลการผลิต ข้อมูลทางวิศวกรรม เป็นต้น ปัญหาสำคัญคือ เราจะใช้งานข้อมูลเหล่านั้นอย่างมีประสิทธิภาพได้อย่างไร ในการใช้งานข้อมูล จะมีปัญหาอยู่ 3 ประการดังต่อไปนี้

1. ปัญหาเกี่ยวกับการส่งข้อมูล
2. ปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมข้อมูล
3. ปัญหาเกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูล

เหตุผลที่ทำให้ระบบสารสนเทศที่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ได้รับการพัฒนาขึ้นมา ได้แก่ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ กล่าวคือ การที่คอมพิวเตอร์สามารถคำนวณได้ด้วยความเร็วสูง การที่หน่วยความจำสามารถบันทึกข้อมูลได้จำนวนมากขึ้น การที่อุปกรณ์มีขนาดเล็ก และราคาต่ำลงด้วยเทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งการผนวกกับเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร รวมทั้งความก้าวหน้าของเทคโนโลยีด้านการควบคุมข้อมูล

3.4.1.1 การแสดงข้อมูล

ปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีลักษณะต่อเนื่อง (เช่น เวลา อุณหภูมิ ความยาว เป็นต้น) เรียกว่า อนาล็อก ส่วนปริมาณที่สามารถนับได้เป็นขั้นๆ (เช่น จำนวนชิ้น จำนวนเงิน ประชากร เป็นต้น) เรียกว่า ดิจิทัล ในการวัดและบันทึกปริมาณอนาล็อกที่มีความต่อเนื่อง เราก็สามารถถือเป็นปริมาณดิจิทัลได้ การกระทำนี้เรียกว่า quantization โดยจะแสดงข้อมูลปริมาณต่อเนื่องนั้นด้วยการตัดทอนความละเอียดของตัวเลขที่ไม่สามารถบันทึกไว้ได้ออกไป

การทำงานภายในของอุปกรณ์ดิจิทัล เช่น คอมพิวเตอร์ จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการแสดงข้อมูล โดยแบ่งสถานะออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ เปิดสวิตช์และปิดสวิตช์ ซึ่งอาจแทนด้วยระดับกระแสไฟฟ้ามาก-น้อย หรือระดับแรงดันไฟฟ้าสูง-ต่ำ เป็นต้น ซึ่งเราจะเขียนแทนสถานะทั้งสองนี้ด้วยตัวเลข 2 ตัว ได้แก่ 0 และ 1 เมื่อนำตัวเลขนี้มาเรียงกันหลายๆ หลักก็สามารถใช้แสดงข้อมูลได้มากมาย

ตัวเลขฐานสอง b จะมีค่าเท่ากับ

$$b = b_m \times 2^m + b_{m-1} \times 2^{m-1} + \dots + b_1 \times 2^1 + b_0 + b_{-1} \times 2^{-1} + b_{-2} \times 2^{-2} + \dots + b_{-n} \times 2^{-n}$$

$$= \sum_{j=-n}^m b_j \times 2^j$$

เลขฐานสองจะดูแปลกเมื่อเขียนโดยตรง เพราะตัวเลขจะเพิ่มเป็นกำลังของ 2 ในหลักของตัวเลขหลักทางขวาสุด คือ หนึ่งหลัก หลักต่อมาทางซ้าย คือ สองหลัก ต่อมาเป็นสี่หลัก ต่อมาเป็นแปดหลัก ต่อมา “165” หลัก ต่อมาเป็น “325” หลัก และต่อ ๆ ไป เลขฐานสิบเทียบเท่ากับเลขฐานสองที่สามารถพบโดยการหาผลรวมของตัวเลขทั้งหมด เช่น เลขฐานสอง 10101 เท่ากับ เลขฐานสิบ $1+4+16 = 21$

เลขฐานสิบ = 21	64	32	16	8	4	2	1
เลขฐานสอง = 10101	0	0	1	0	1	0	1

ตัวอย่างการแปลงเลขฐานต่างๆ โดยใช้ตาราง

เลข 0 ถึง 15 ในรูปที่แบบของเลขฐานสิบ, เลขฐานสอง, เลขฐานแปด และ เลขฐานสิบหก

ฐาน 10	ฐาน 2	ฐาน 8	ฐาน 16
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

(1) เลขฐานสองกับรหัส

ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงข้อมูลทุกชนิดด้วยตัวเลข 0 กับ 1 กล่าวคือ แสดงเป็นตัวเลขฐาน 2 ซึ่งแตกต่างจากตัวเลขฐาน 10 ที่เราใช้กันอยู่ทั่วไป

การแสดงตัวอักษร

ข้อมูลที่เป็นตัวอักษร เช่น ตัวภาษาญี่ปุ่น ตัวอักษรจีน ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวเลข ตัวอักษรสัญลักษณ์พิเศษต่างๆ จะแสดงด้วยตัวเลขฐาน 2 หรือ 0 กับ 1 ตามโครงสร้างสัญลักษณ์ที่แน่นอนอย่างหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า รหัส โดยรหัสที่สำคัญๆ และใช้กันบ่อยๆ มีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่

(1) รหัส EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code) (2) รหัส ASCII (American Standard Code for Information Interchange) (3) รหัส JIS (Japanese Industrial Standard Code)

1. รหัส EBCDIC: คอมพิวเตอร์มาตรฐานในปัจจุบัน จะแสดงค่า 1 ตัวอักษรด้วย 1 ไบต์ (8 บิต) การแสดงค่าด้วยวิธีนี้ก็คือ รหัส EBCDIC โดยเป็นการขยายรหัส BCD (Binary Coded Decimal) ซึ่งเดิมใช้ 4 บิตในการแสดงตัวเลข 10 ตัว คือ 0-9 วิธีนี้ 1 ไบต์จะแสดงตัวอักษรที่แตกต่างกันได้ $2^8 (= 256)$ แบบ

2. รหัส ASCII และ JIS: รหัส ASCII เป็นโครงสร้างรหัส 7 บิต รหัส JIS เป็นการนำรหัส ASCII มาขยายให้เป็น 8 บิต และเพิ่มตัวอักษรคาตากานะลงไป

3. รหัสตัวอักษรจีน: การแสดงตัวอักษรจีนมีรหัสตัวอักษรจีน (รหัส JIS เก่า) ซึ่งกำหนดไว้เป็นมาตรฐาน JIS ในปี พ.ศ. 2521 รหัส JIS ใหม่ที่ได้รับการแก้ไขแล้วสามารถแสดงตัวอักษรจีนได้ 6355 ตัว และตัวอักษรสัญลักษณ์พิเศษ ตัวเลข ตัวอักษรลาติน ตัวอักษรฮิรางานะ ตัวอักษรคาตากานะ ตัวอักษรกรีก ตัวอักษรรัสเซียได้อีกรวม 524 ตัว การแสดงรหัสตัวอักษรจีนภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ จะแสดง 1 ตัวอักษรด้วย 2 ไบต์ หรือ 16 บิต ดังนั้น จึงสามารถแสดงตัวอักษรที่แตกต่างกันได้ 2^{16} (= 65536) แบบตัวอักษรจีนแบ่งเป็นตัวอักษรจีนประเภทที่ 1 จำนวน 2965 ตัว และตัวอักษรจีนประเภทที่ 2 จำนวน 3390 ตัว

(2) วงจรตรรกยะ

วงจรที่ทำหน้าที่คำนวณหรือควบคุมตรรกยะ เรียกว่า วงจรตรรกยะ ในวงจรตรรกยะจะแสดงข้อมูลต่างๆ ด้วยสัญญาณไบนารี ได้แก่ 1 (จริง) และ 0 (เท็จ) สัญญาณไบนารีสามารถแสดงเป็นแรงดันไฟฟ้าได้ 2 วิธี ได้แก่ ใช้สถานะแรงดันสูง (H) แสดงค่า 1 และแรงดันต่ำ (L) แสดงค่า 0 เรียกว่า active high และใช้ H แทน 0 และ L แทน 1 เรียกว่า active low ส่วนประกอบพื้นฐานของวงจรตรรกยะ มี 3 ชนิดดังต่อไปนี้

1. วงจร AND (logical AND)
2. วงจร OR (logical OR)
3. วงจร NOT (นิเสธ)

เมื่อนำส่วนประกอบเหล่านี้มาใช้ร่วมกัน เราจะสามารถสร้างวงจรต่างๆ ได้มากมาย เช่น วงจรคำนวณ หน่วยความจำ เป็นต้น วงจรตรรกยะสามารถเขียนแทนได้ด้วยสัญลักษณ์ทางตรรกยะ

ตารางที่ 3.9 สมการตรรกยะและสัญลักษณ์ทางตรรกยะ

	Input		Output				
	A	B	AND	OR	EOR	NAND	NOR
ตารางที่ค่าความจริง	L	L	L	L	L	H	H
	L	H	L	H	H	H	L
	H	L	L	H	H	H	L
	H	H	H	H	L	L	L
สัญลักษณ์ตรรกยะ							
สมการตรรกยะ			$C = A \cdot B$	$C = A + B$	$C = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$ $= A \oplus B$	$C = \overline{A \cdot B}$ $= \bar{A} + \bar{B}$	$C = \overline{A + B}$ $= \bar{A} \cdot \bar{B}$

(3) ฟลิปฟล็อป

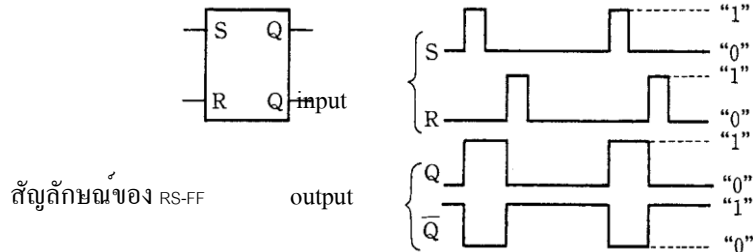
วงจรนี้มีสถานะที่มีเสถียรภาพ 2 สถานะ ได้แก่ 1 และ 0 โดยวงจรจะมีสถานะใดสถานะหนึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของสัญญาณ input จากภายนอก และจะคงสถานะนั้นไว้จนกว่าจะมีสัญญาณ input อื่นเข้ามาใหม่ วงจรฟลิปฟล็อปแบ่งได้เป็น 4 ประเภทตามการตอบสนองสัญญาณ input

1. RS ฟลิปฟล็อป: หรือ Set-Reset flip-flop บางครั้งก็เรียกว่า RS latch ประกอบด้วย NAND เกตจำนวน 2 ตัว จุดอ่อนของ RS ฟลิปฟล็อปคือ ไม่สามารถรับสัญญาณ input ทั้งเซตและรีเซทพร้อมกันได้

2. JK ฟลิปฟล็อป: สามารถรับสัญญาณ input ทั้งเซต และรีเซตพร้อมกันได้ ซึ่งสัญญาณ input ลักษณะนี้ RS ฟลิปฟล็อปไม่สามารถรับได้ โดยเมื่อได้รับสัญญาณ input ดังกล่าว สัญญาณ output จะเปลี่ยนสถานะจากที่เป็นอยู่เดิมรูปที่ 3.15 และ 3.16 แสดงสัญลักษณ์ และการทำงานของ RS-FF และ JK-FF

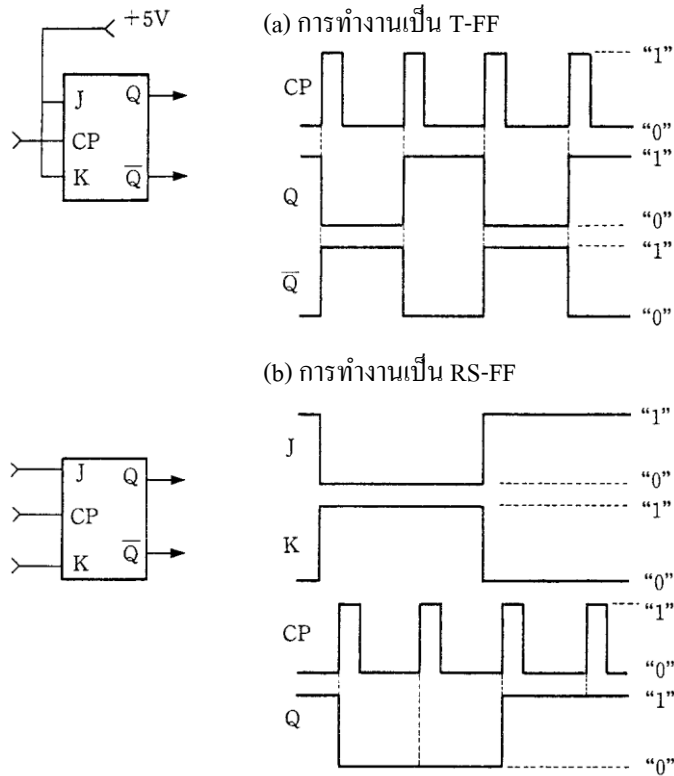
RS-FF

สัญลักษณ์และการทำงานของ RS-FF



รูปที่ 3.16 RS ฟลิปฟล็อป

สัญลักษณ์และการทำงานของ JK-FF



รูปที่ 3.17 JK ฟลิปฟล็อป

3.4.1.2 หลักการของคอมพิวเตอร์

(1) โครงสร้างของคอมพิวเตอร์

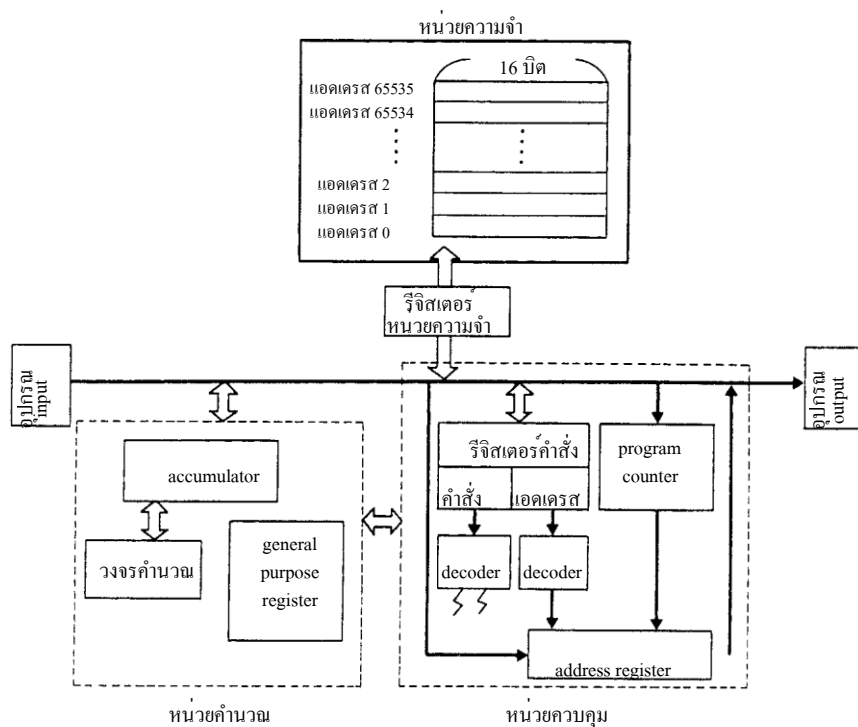
คอมพิวเตอร์ประกอบด้วยหน่วย input หน่วย output หน่วยควบคุม หน่วยคำนวณ และหน่วยความจำ (รูปที่ 3.18) หน่วยควบคุมและหน่วยคำนวณรวมกันเรียกว่า หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) หน่วยความจำยังประกอบด้วยหน่วยความจำหลัก และหน่วยความจำภายนอก โดยหน่วย input หน่วย output และหน่วยความจำภายนอก บางครั้งเรียกว่า peripheral คอมพิวเตอร์ที่ใช้

กันส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นแบบเก็บบันทึกโปรแกรมไว้ล่วงหน้า (stored program) แล้วอ่านโปรแกรมและข้อมูลที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำออกมาประมวลผลตามลำดับ

การประเมินสมรรถนะของหน่วยความจำจะดูที่ access time และความจุ โดย access time มีหน่วยเป็น μs , ns, ps และ ความจุมีหน่วยเป็นตัวอักษร (character) ไบต์ หรือเวิร์ด และมี prefix เป็นกิโล (K) เมกะ (M) กิกะ (G) ซึ่ง 1 K จะเท่ากับ 1024 (ตามเลขฐานสอง 2^{10}) และ MIPS เป็นหน่วยวัดความเร็วในการปฏิบัติตามคำสั่ง 1 ล้านครั้งใน 1 วินาที

(2) วิธีเพิ่มความเร็วของหน่วยความจำหลัก

วิธีเพิ่มความเร็วในการประมวลผลของหน่วยความจำหลักของคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย (1) การ interleave และ (2) ใช้ cache memory (วิธีใช้ buffer ความเร็วสูง) โดย cache memory เป็นหน่วยความจำความเร็วสูง (buffer memory) ที่ติดตั้งอยู่ระหว่าง CPU กับหน่วยความจำหลัก ทำหน้าที่อ่านข้อมูลบางส่วนล่วงหน้าจากหน่วยความจำหลัก



รูปที่ 3.18 โครงสร้างของคอมพิวเตอร์

(3) หน่วยควบคุม

หน่วยควบคุมมีหน้าที่ควบคุม 3 อย่างดังต่อไปนี้

1. ควบคุมโปรแกรม: อ่านโปรแกรมและข้อมูลที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำหลักถอดรหัสความหมายของคำสั่ง และทำการประมวลผลต่างๆ
2. ควบคุม I/O: สั่งการว่าจะบันทึกข้อมูลที่หน่วย I/O และหน่วยความจำอย่างไร หรือแสดงผลการคำนวณที่หน่วย output
3. ควบคุมการคำนวณ: ทำการคำนวณทางตรรกะหรือบวกลบคูณหารข้อมูลที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำ ตามคำสั่งที่ระบุไว้ในโปรแกรม

(4) หน่วยคำนวณ

หน่วยคำนวณประกอบด้วย accumulator (ตัวเก็บผลลัพธ์) general purpose register และ วงจรคำนวณต่างๆ เช่น การคำนวณทางตรรกยะ การบวกลบคูณหาร การเปรียบเทียบ เป็นต้น ในการคำนวณ คอมพิวเตอร์จะนำค่าใน accumulator มาคำนวณร่วมกับตัวเลขอื่นๆ แล้วนำผลลัพธ์เก็บไว้ใน accumulator แทนที่ค่าเดิม จำนวนบิตของ accumulator จะเป็นตัวกำหนดว่าคอมพิวเตอร์นั้นเป็นคอมพิวเตอร์กี่บิต

(5) หน่วยความจำภายนอก

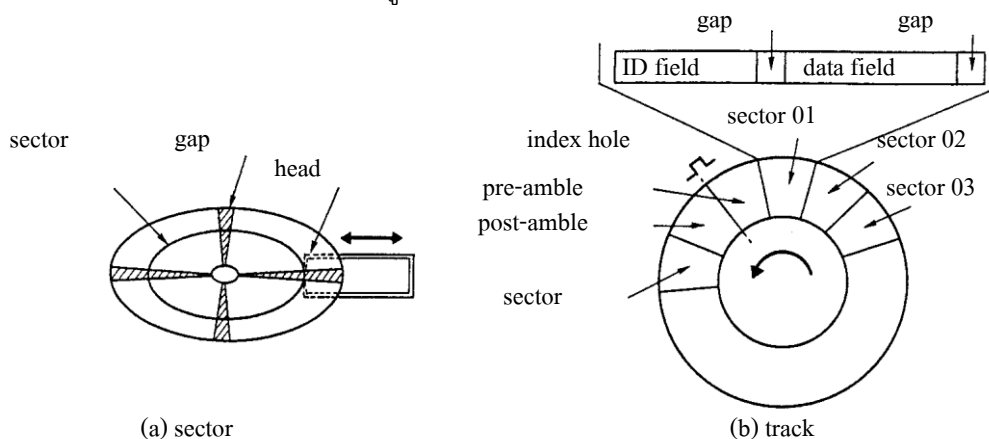
หน่วยความจำภายนอกไม่ได้มีหน้าที่เพียงเสริมความจุให้หน่วยความจำหลักเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทในการสนับสนุน file system ขนาดใหญ่อีกด้วย ดังนั้น หน่วยความจำภายนอกจึงต้องมีความจุสูง แม้ว่าจะมี access time นานขึ้นบ้าง ตารางที่ 3.10 จะเปรียบเทียบคร่าวๆ ระหว่างหน่วยความจำต่างๆ หน่วยความจำที่สอดคล้องกับเงื่อนไขดังกล่าวและนิยมใช้กัน ได้แก่ หน่วยความจำแม่เหล็ก และหน่วยความจำประเภท photo-magnetic

ตารางที่ 3.10 เปรียบเทียบหน่วยความจำหลักและหน่วยความจำภายนอก

	หน่วยความจำหลัก	หน่วยความจำภายนอก
ตัวกลางบันทึกข้อมูล	หน่วยความจำสารกึ่งตัวนำ	จานแม่เหล็ก
หน่วยการเข้าถึงข้อมูล	เวิร์ด (4 ไบต์หรือ 8 ไบต์)	sector (512 ไบต์ หรือ 1 K ไบต์)
access time.	หลาย nsec	หลาย msec
ความจุ	หลายสิบล MB (เมกะไบต์)	GB – หลายสิบล GB (กิกะไบต์)

จานแม่เหล็ก ฟลอปปีดิสก์ สตรีมเมอร์ เป็นหน่วยความจำแม่เหล็กซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลเข้าได้ ในขณะที่ CD-ROM และ LD (Laser Disk) เป็นตัวกลางบันทึกข้อมูลประเภท photo-magnetic ซึ่งใช้ลำแสง (เลเซอร์) ส่องกระทบผิวจาน แล้วใช้ทิศทางการสะท้อนแสงแยกแยะว่าข้อมูลมีค่า 0 หรือ 1 ตัวกลางแบบนี้มีทั้งที่บันทึกเข้าได้และบันทึกเข้าไม่ได้

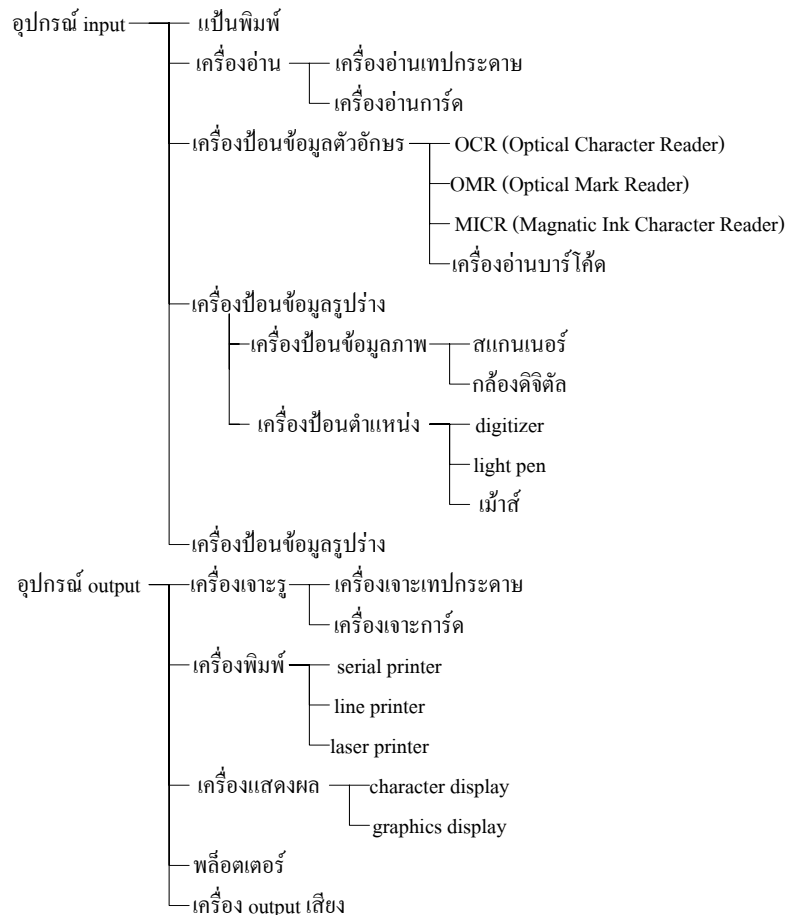
รูปที่ 3.19 แสดงรูปแบบการบันทึกข้อมูล: จานแม่เหล็กจะมีหัวอ่านแม่เหล็กอยู่เหนือแผ่นจาน หน่วยในการบันทึกข้อมูลตามเส้นรอบวงของแผ่นจานหนึ่งรอบ เรียกว่า 1 track ใน 1 track จะบันทึกข้อมูลแบบ bit serial (รูปที่ 3.19) โดย track หนึ่งๆ จะแบ่งออกเป็นหลาย sector และการอ่านและบันทึกข้อมูล 1 ครั้ง จะต้องทำทีละ sector ระหว่างแต่ละ sector จะกั้นด้วย gap และเมื่อหัวอ่านเคลื่อนที่ไปตามแนวรัศมี จะสามารถเลือก track ในการบันทึกข้อมูลได้



รูปที่ 3.19 track และ sector ของจานแม่เหล็ก

(6) หน่วย I/O

หน่วย I/O เป็นอุปกรณ์รับส่งและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างในระบบคอมพิวเตอร์กับภายนอก เป็นอุปกรณ์ interface ระหว่างคอมพิวเตอร์และผู้ใช้ หน่วยความจำภายนอก เช่น เครื่องอ่านจานแม่เหล็ก ฯลฯ เมื่อมองจากหน่วยประมวลผลของคอมพิวเตอร์แล้วก็เป็นหน่วย I/O ประเภทหนึ่ง หน่วย input และหน่วย output ชนิดต่างๆ มีดังต่อไปนี้



3.4.1.3 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลอาจเปรียบได้เหมือนกับเป็นหอสมุดผนวกกับหน้าที่เฉพาะทาง เช่น สถิติรวมยอด

ระบบจัดการไฟล์

ระบบคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นเครื่องเมนเฟรม เวอร์กสเตชันหรือ PC ก็ตาม จะควบคุม application data ด้วยระบบจัดการฐานข้อมูล (DBMS: Database Management System) อย่างไรก็ตาม เมื่อเริ่มมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในอดีตนั้น จะใช้ระบบจัดการไฟล์

ไฟล์ เป็นการ abstraction ที่ทำให้สามารถเข้าถึงโปรแกรม ข้อมูล สารบัญรายชื่อไฟล์ และอุปกรณ์ I/O ต่างๆ ได้ด้วยวิธีการเดียวกัน โดยมีชื่อเรียกว่า program file, data file, directory และ special file ตามลำดับ

โปรแกรมจัดการไฟล์มีบทบาทที่สำคัญ 2 ประการ ได้แก่ (1) จัดสรรพื้นที่หน่วยความจำสนับสนุนสำหรับไฟล์เหล่านี้เพื่อจัดเก็บไฟล์ให้เป็นระบบ (2) ทำให้สามารถอ้างอิงถึงไฟล์ที่กำหนดได้ระหว่างที่โปรแกรมประยุกต์กำลังทำงาน

1. File Allocation Table (FAT): เป็นตารางที่แสดงสถานะการใช้งานของ cluster บนฮาร์ดดิสก์หรือฟลอปปีดิสก์

2. directory: เป็นตารางที่รายการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรายชื่อไฟล์ที่บันทึกอยู่ในระบบไฟล์หนึ่งๆ กับตำแหน่งที่บันทึกไฟล์นั้นไว้

(1) หลักการของฐานข้อมูล

เพื่อมีการนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งานและมีการพัฒนามากขึ้น เราพบปัญหาของระบบจัดการไฟล์ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลกระจัดกระจายอยู่ในแต่ละไฟล์ การประมวลผลข้อมูลข้ามไฟล์มีความไม่สะดวก

2. มีการบันทึกข้อมูลเดียวกันซ้ำซ้อนอยู่ในไฟล์หลายไฟล์

3. เมื่อเปลี่ยนโครงสร้างของไฟล์จะต้องแก้ไขโปรแกรมประยุกต์ให้รองรับโครงสร้างใหม่

4. ไฟล์ไม่มี compatibility

5. เมื่อเริ่มพัฒนาการประยุกต์ใหม่ จะมีการจัดทำ master file ขึ้นมาใหม่ ทำให้ master file มีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

6. การควบคุมข้อมูลและโปรแกรมมีความไม่สะดวก ไม่สามารถควบคุมแบบรวมศูนย์

หลักการของฐานข้อมูลจึงเริ่มมีการนำมาใช้ ในฐานะที่เป็นกลวิธีในการเอาชนะปัญหาข้างต้นของระบบจัดการไฟล์ ปัจจุบันมีการนำระบบฐานข้อมูลมาใช้อย่างแพร่หลาย ระบบฐานข้อมูลทำให้เราสามารถนำข้อมูลที่จำเป็นจากปริมาณข้อมูลที่มีอยู่มหาศาล ออกมาใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง มีการเรียงเรียง record ให้มีโครงสร้างเหมือนกัน และสามารถควบคุมแบบรวมศูนย์ได้

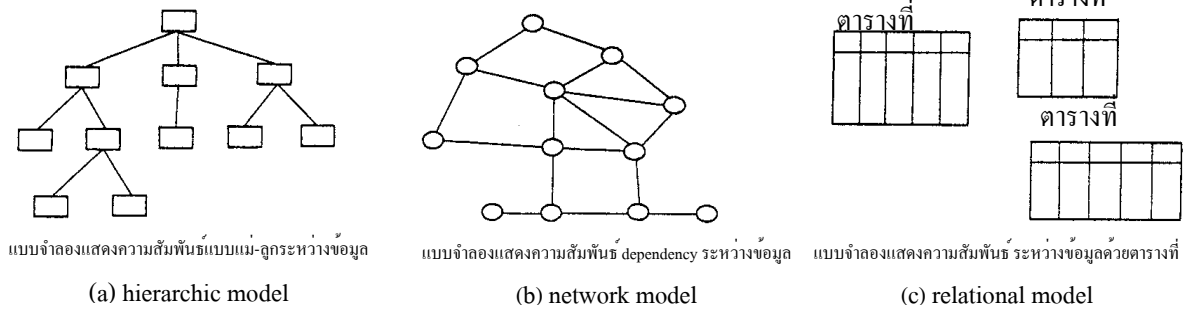
ตารางที่ 3.11 แสดงวัตถุประสงค์ของฐานข้อมูล ระบบจัดการฐานข้อมูลจะเป็นระบบที่ทำหน้าที่กำหนด ประมวลผล และควบคุมข้อมูล และโปรแกรมประยุกต์ที่ต้องใช้งานข้อมูลเหล่านี้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์

ตารางที่ 3.11 วัตถุประสงค์ของฐานข้อมูล

การจัดความซ้ำซ้อนของข้อมูล	ข้อมูลหนึ่งๆ โดยทั่วไปจะเก็บไว้เพียง 1 แห่งเท่านั้น
ทำให้ข้อมูลมีความสอดคล้องกัน	ทำให้ข้อมูลมีความสอดคล้องกันด้วยการกำจัดความซ้ำซ้อน
ความเป็นอิสระของข้อมูล	แยกข้อมูลให้เป็นอิสระจากโปรแกรม โปรแกรมหลายตัวสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้
รักษาความปลอดภัยของข้อมูล	รักษาความปลอดภัยของข้อมูลด้วยการควบคุม access right และควบคุมความลับ
ทำให้เกิด maintainability ของข้อมูล	ทำให้เกิด maintainability ด้วยการเตรียม database restoration function

(2) คุณสมบัติของ relational database

การเก็บข้อมูลหัวข้อต่างๆ หลายประเภทไว้ในฐานข้อมูลนั้น เราจำเป็นต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหลายๆ หัวข้อนั้นอย่างมีตรรกะตามแบบจำลองของ process วิธีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหัวข้อต่างๆ นี้เรียกว่า แบบจำลองฐานข้อมูล (database model) โดยแบบจำลองฐานข้อมูลที่สำคัญมีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ hierarchic model, network model และ relational model (รูปที่ 3.20)



รูปที่ 3.20 แบบจำลองฐานข้อมูล

ในแบบจำลองฐานข้อมูลทั้ง 3 ประเภทนี้ relational model เป็นแบบจำลองที่นำความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหัวข้อต่างๆ มาสร้างเป็นตารางที่ ทำให้เข้าใจง่าย และใช้งานสะดวกที่สุด เมื่อนำข้อมูลมาสร้างเป็นตารางที่แล้ว กลุ่มของข้อมูลที่สามารถแสดงได้ด้วยตารางที่หนึ่งๆ เรียกว่า relation โดยฐานข้อมูลจะประกอบด้วย relation หลายตัว คุณสมบัติของ relational database มีดังต่อไปนี้

1. ใช้ตารางที่ง่าย ๆ ในการแสดงข้อมูล ทำให้เข้าใจง่าย
2. พื้นฐานทางด้านทฤษฎีมีความสมบูรณ์มาก ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมประมวลผลตารางที่ได้ง่าย
3. ภาษาและ OS ที่ใช้ในการควบคุมฐานข้อมูลมีประสิทธิภาพสูง ทำงานได้ดี
4. ทำให้ข้อมูลมีความเป็นอิสระได้ง่าย
5. สามารถเปลี่ยนแปลงระบบได้ง่าย

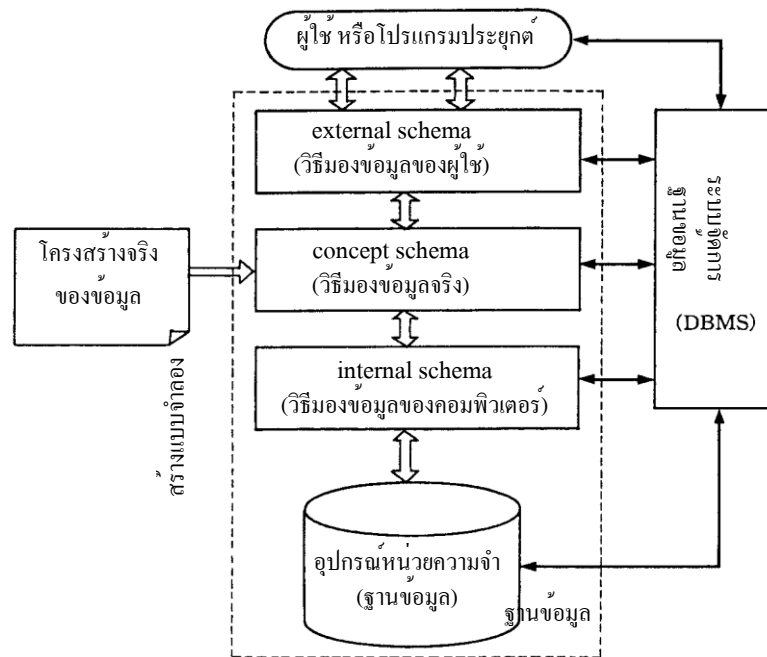
ระบบฐานข้อมูลประกอบด้วยฐานข้อมูล โปรแกรมประยุกต์ และระบบควบคุมฐานข้อมูล ดังที่แสดงในรูปที่ 3.21

(3) สถาปัตยกรรมฐานข้อมูล

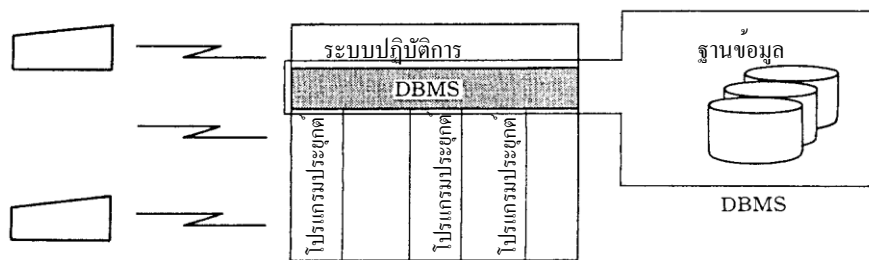
สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้ ฐานข้อมูลแบบ host center ฐานข้อมูลแบบ client/server และฐานข้อมูลแบบ distributed system

(ก) ฐานข้อมูลแบบ host based

เป็นรูปแบบที่ใช้กันเป็นหลักแต่เดิมในระบบ transaction system ส่วนใหญ่ ระบบ online system ขนาดใหญ่ส่วนมากจะใช้ฐานข้อมูลแบบนี้ (รูปที่ 3.21) โดยทั้ง DBMS และโปรแกรมประยุกต์ทุกชนิดจะอยู่บน host ซึ่งเป็นเครื่องเมนเฟรมที่มีความสามารถสูง ที่เทอร์มินัลของผู้ใช้จะเป็นเพียงการป้อนและแสดงข้อมูลเท่านั้น (transaction เป็นหน่วยของการประมวลผลทางตรรกะหนึ่งครั้งในการประมวลผล online)



รูปที่ 3.21 โครงสร้างของระบบฐานข้อมูล



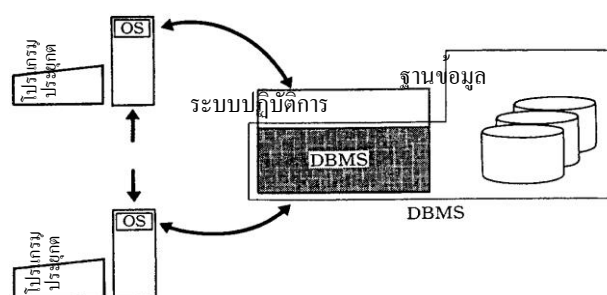
รูปที่ 3.22 ฐานข้อมูลแบบ host based

(ข) ฐานข้อมูลแบบ client-server

ฐานข้อมูลจะเก็บอยู่บน data server ซึ่งเป็นเครื่องเวิร์กสเตชัน หรือ PC และทำหน้าที่ตอบสนอง request ในการจัดการฐานข้อมูลจาก client ทุกตัว โปรแกรมประยุกต์จะ run อยู่บน client แต่ละตัว เมื่อโปรแกรมประยุกต์ส่ง request ให้ server แล้วผลลัพธ์ของการประมวลผลจะถูกส่งกลับไปให้ client กล่าวคือโปรแกรมประยุกต์และ DBMS อยู่คนละแห่งกันนั่นเอง

(ค) ฐานข้อมูลแบบ distributed

ฐานข้อมูลจะกระจายอยู่ทางกายภาพบนระบบหลายๆ ระบบ และในแต่ละระบบจะมี distributed DBMS ติดตั้งอยู่



รูปที่ 3.23 ฐานข้อมูลแบบ client-server

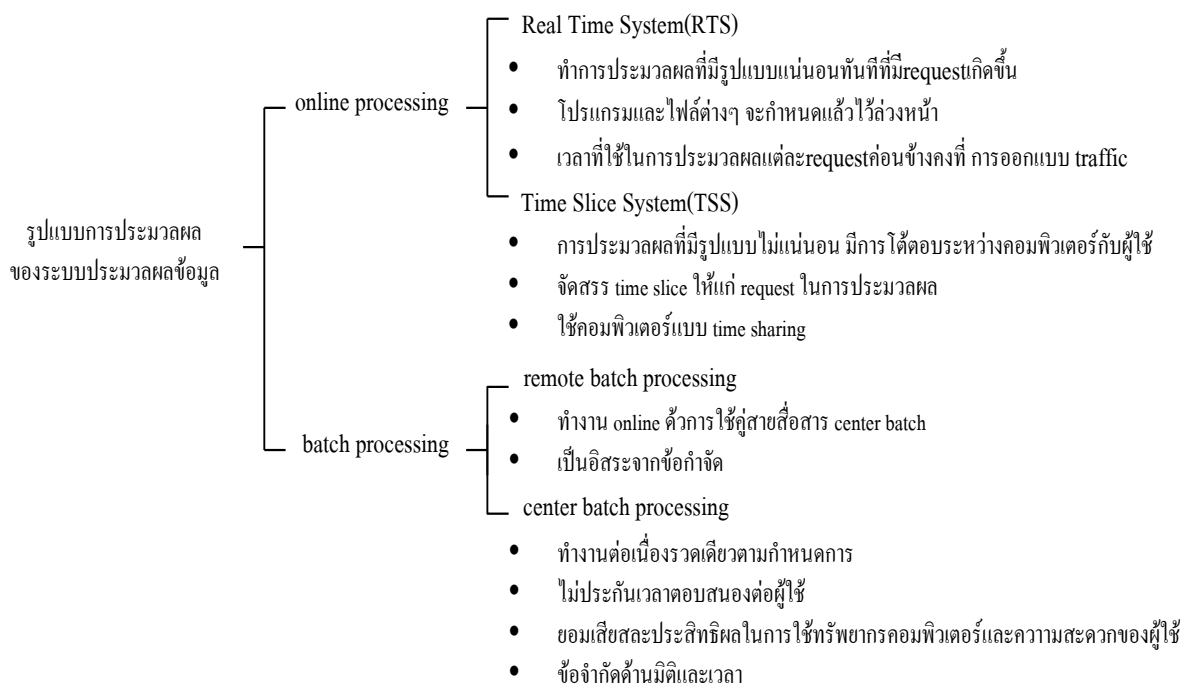
รวมทั้งมีโปรแกรมประยุกต์ติดตั้งอยู่บนแต่ละระบบด้วย เมื่อมี request การประมวลผลฐานข้อมูลเกิดขึ้น DBMS จะทำหน้าที่ตัดสินใจว่าข้อมูลนั้นเก็บอยู่ที่ใด และส่ง request ให้ระบบอื่นต่อไป

(4) การส่งข้อมูล

(ก) รูปแบบการประมวลผลในการประมวลผลข้อมูล

รูปแบบการใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล แปลง หรือวิเคราะห์ข้อมูล อาจแบ่งคร่าวๆ ได้ดังรูปที่ 3.24 โดยคำนึงถึงการรับ-ส่งข้อมูล และเครือข่ายการสื่อสารด้วย

1. online processing: หมายถึงการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์โดยที่เครื่องเทอร์มินัลเชื่อมต่ออยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์
2. offline processing: หมายถึงการประมวลผลโดยที่เครื่องเทอร์มินัลไม่ได้เชื่อมต่ออยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ที่เครื่องเทอร์มินัลจะทำการประมวลผลเบื้องต้นเท่านั้น และนำข้อมูลมาประมวลผลต่อไปด้วยมือ
3. real-time processing: คือเครื่องเทอร์มินัลเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์อยู่ตลอดเวลา และทำการประมวลผลตามคำสั่งที่ได้รับจากเครื่องเทอร์มินัลทันที
4. batch processing: คือการเก็บรวบรวมคำสั่งประมวลผลที่ได้รับไว้ก่อน แล้วประมวลผลรวดเร็วเมื่อถึงเวลาที่กำหนด



รูปที่ 3.24 รูปแบบการประมวลผลแบบต่างๆ

(ข) เครือข่ายสื่อสารข้อมูล

เครือข่ายภายในอาคารเป็นเครือข่ายสำหรับใช้งานภายในพื้นที่ที่จำกัด เช่น ภายในบริษัท เป็นต้น การต่อคอมพิวเตอร์และ peripheral ต่างๆ ภายในบริษัทด้วย LAN มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ข้อมูลในบริษัทร่วมกัน ส่วน WAN (Wide Area Network) หมายถึงเครือข่ายที่ไม่จำกัดขอบเขตบริเวณ

ตารางที่ 3.12 เครือข่ายสื่อสารข้อมูล

ประเภทของเครือข่าย	เครือข่าย
เครือข่ายภายใน	LAN (Local Area Network)
	เครือข่ายที่มี PBX (Private Branch eXchange) เป็นหลัก
WAN	เครือข่ายโทรศัพท์
	digital data switching network (circuit switching, packet switching)
	เครือข่าย private leased line
	ISDN, B-ISDN (frame relay, cell relay)

(ค) ตัวกลางส่งข้อมูล

ตัวอย่างส่งข้อมูลในระบบ LAN จะใช้ twist pair (สายคู่ตีเกลียว) สาย coaxial และสายใยแก้วนำแสง โดยสายใยแก้วนำแสงจะมีราคาสูงกว่าสาย coaxial แต่มีข้อดีคือความจุในการส่งข้อมูลสูงกว่า และทนสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าได้ดีกว่า (ตารางที่ 3.13)

ตารางที่ 3.13 ตัวกลางส่งข้อมูลที่สำคัญ

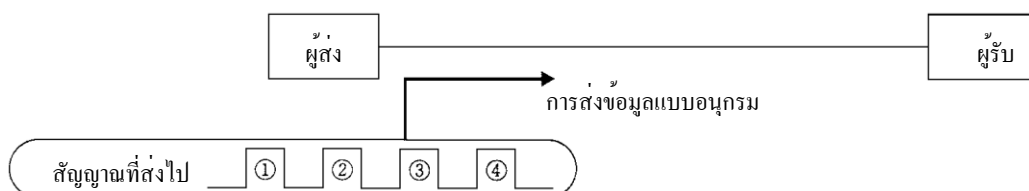
ตัวกลางส่งข้อมูล	ความเร็วสูงสุด	ระยะทางในการสื่อสาร	ต้นทุน	คุณสมบัติ
สายคู่ตีเกลียว	~ 1 M bps	~ 1 km	ต่ำ	ราคาถูก ติดตั้งง่าย
base band coaxial cable	~ 50 M bps	~ 2.5 km	กลาง	มีความเชื่อถือได้ ความยืดหยุ่น และความคุ้มทุนดีเยี่ยม เหมาะกับ bus structure
board band coaxial cable	~ 150 M bps	~ 300 km	กลาง	
optical fiber cable	~ 10 G bps	~ 300 km	สูง	ส่งข้อมูลความเร็วสูง ทนสัญญาณรบกวนดี

(ง) การส่งข้อมูลแบบอนุกรมและแบบขนาน

การส่งข้อมูลจะใช้สายส่ง 1 เส้น ส่งข้อมูลที่ละ 1 บิตตามลำดับ (รูปที่ 3.25) หากจะส่งข้อมูลตัวอักษร 1 ตัว โดยทั่วไปจะต้องส่งข้อมูล 8 บิต ทางผู้รับจะต้องได้รับข้อมูลทุกบิตก่อนจึงสามารถระบุตัวอักษร 1 ตัวนั้นได้ วิธีนี้เรียกว่าการส่งข้อมูลแบบอนุกรม กรณีที่จะส่งตัวอักษรหลายๆ ตัวอย่าง

ต่อเนืองเราจะส่งข้อมูลคั่นเพื่อระบุว่าข้อมูลหลายๆ บิตเหล่านี้ตรงไหนที่เป็นจุดคั่นระหว่างตัวอักษร (synchronization)

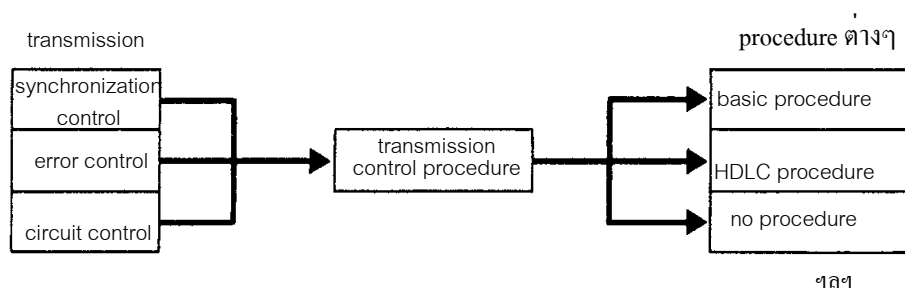
ส่วนการส่งข้อมูลแบบขนานจะใช้สายส่ง (channel) สายเส้นส่งข้อมูลไปพร้อมๆ กัน โดยส่งข้อมูลบิตในแต่ละ channel อย่างต่อเนื่องไปในเวลาเดียวกัน



รูปที่ 3.25 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

(จ) transmission control procedure

การ control หรือ procedure เกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลเพื่อให้สื่อสารข้อมูลระหว่าง 2 จุด เช่น ระหว่างเครื่องเทอร์มินัลหรือคอมพิวเตอร์ต่างๆ ให้ได้อย่างถูกต้อง เรียกว่า transmission control และ procedure ชุดหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมการส่งข้อมูลจริงๆ จะเรียกว่า transmission control procedure



รูปที่ 3.26 การควบคุมการส่งข้อมูลและขั้นตอนต่างๆ

3.5 การควบคุมภาวะการใช้ไฟฟ้า (Demand control)

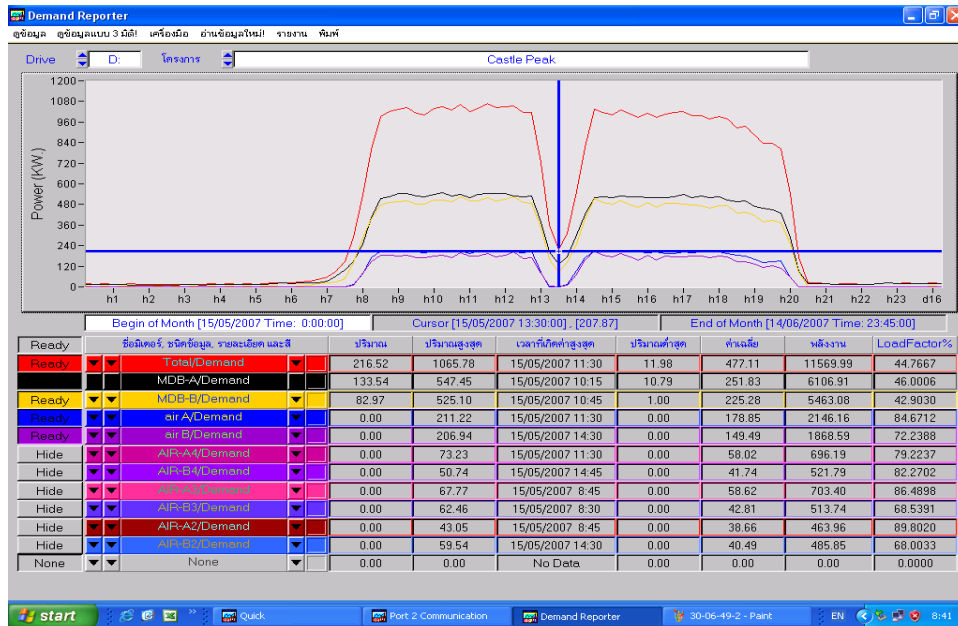
ค่าไฟฟ้าเป็นตัวแปรหนึ่ง ที่เป็นตัวกำหนดต้นทุนสินค้า จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสนใจในการลดค่าใช้จ่ายในส่วนที่สามารถจะทำได้ ดังนั้น Demand Control จึงเป็นอุปกรณ์สำหรับในการควบคุมการใช้ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิต ด้วยเครื่องมือเทคโนโลยีสูงแสดงค่ากำลังไฟฟ้าแบบตัวเลข (Digital) มีระบบสำหรับป้องกันปัญหาของระบบไฟ เช่น ไฟเกิน, Surge, Spike ได้มากถึง 5.5 KV Demand Control สามารถใช้งานได้หลายลักษณะ ดังนี้

1. ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า (Monitor) สามารถตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าได้หลายค่าในเครื่องวัดตัวเดียวกัน
2. บันทึก และวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้า (Data Record & Analysis) สามารถตรวจเช็คค่ากำลังไฟฟ้าผ่านระบบคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมที่สมบูรณ์แบบทำงานบน MS WINDOW
3. ควบคุมการใช้ไฟ (Demand Control) สามารถคุมค่าความต้องการการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand Control)

การทำงานของเครื่องมือควบคุมการใช้ไฟฟ้า

เครื่องมือควบคุมการใช้ไฟฟ้าจะมีประสิทธิภาพได้ จะต้องเริ่มต้นจากระดับบริหารก่อนว่ามีวัตถุประสงค์ หรือมีความแน่วแน่เพียงใดที่จะดำเนินการ และจะต้องให้การสนับสนุนทั้งกำลังคนและเครื่องมือควบคุม มีการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ดำเนินการตรวจวัด วิเคราะห์การใช้ไฟฟ้า รายงานผลทั้งกราฟ และตัวเลข เพื่อสำรวจประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้า ซึ่งมาจากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น ไฟตก ไฟเกิน แชกระแสไฟไม่สมดุล ในระบบไฟ 3 เฟส ค่าตัวประกอบกำลัง (P.F.) ต่ำ การใช้ค่าความต้องการ การใช้กำลังไฟสูงสุด (Maximum Demand) ไม่เหมาะสม หรือ % ความเพี้ยนเชิงฮาร์โมนิกส์ (%Harmonics Distortion) มากเกิน เป็นต้น



รูปที่ 3.27 แสดงการควบคุมภาวะการใช้ไฟฟ้า

2. ดำเนินการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าในส่วนที่บกพร่อง ด้วยการใช้โปรแกรมที่สมบูรณ์จากระบบเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วย ทำให้การปรับปรุงมีความสะดวก ง่าย และเที่ยงตรง

3. ดำเนินการควบคุมการใช้ไฟฟ้า โดยกำหนดจุดควบคุมความต้องการการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak demand) ด้วยรีเลย์ (Relays) จากเครื่องควบคุมการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย ค่าไฟฟ้าจะลดลงประมาณ 10-20%

ปกติในหน่วยงานทั่วไปจะมีอุปกรณ์ไฟฟ้ามากมาย ทั้งที่จำเป็นมากและจำเป็นน้อย แล้วแต่ประเภทธุรกิจอุตสาหกรรม แต่พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าเป็นสิ่งแจ้งบอกว่าอุปกรณ์ใดสมควรที่จะให้ได้รับการควบคุมการใช้ไฟฟ้า ด้วยการแบ่งโหลดออกเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

3.1 อุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) ที่สำคัญมาก ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมาก กำหนดให้ยกเว้นการควบคุม โดยไม่ต้องให้มีการตัดหรือต่อไฟ ด้วยเครื่องมือควบคุม

3.2 อุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) ที่สำคัญน้อยลงมา ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถตัดกระแสไฟได้ในบางขณะให้ได้รับการควบคุมค่าความต้องการการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand Control) ด้วยรีเลย์ (Relays) จากเครื่องควบคุมการใช้ไฟฟ้าซึ่งมี 4 รีเลย์ จึงสามารถแบ่งโหลดเป็น 4 กลุ่ม ตามลำดับความสำคัญจากน้อยไปมาก กำหนดควบคุมด้วยการจำกัดค่าความต้องการการใช้กำลังไฟฟ้าสะสมสูงสุด อุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) จะถูกควบคุมให้หยุดการใช้งานโดยอัตโนมัติชั่วคราว ภายในเวลาสั้นๆ ระหว่าง 5-10 นาที

3.2.1 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถตัดกระแสไฟได้ในบางขณะได้ เช่น

1. มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor)
2. เครื่องปรับอากาศ (Air Condition)
3. ปั๊มน้ำ (Water Pump)
4. ระบบอัดอากาศ (Air Compressor)
5. ระบบสร้างความร้อน (Heater)
6. ระบบกำจัดน้ำเสีย (Waste Water Treatment)
7. ระบบแสงสว่าง (Lighting) และอื่นๆ

3.2.2 องค์ประกอบที่มีผลต่ออัตราค่าไฟฟ้า

1. ค่าความต้องการการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge/KW)
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge/kWh)
3. ค่าตัวประกอบกำลัง (P.F.)
4. ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต (Ft)

ความเหมาะสมทางเทคนิค Demand control เป็นเครื่องมือควบคุมการใช้ไฟฟ้ายุคใหม่ แสดงค่ากำลังไฟฟ้าเป็นตัวเลข (Digital) มากกว่า 30 ค่า ในเครื่องวัดเดียวกัน ด้วยความเที่ยงตรงสูง อ่านค่าได้สะดวกชัดเจนในระยะไกล บันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าด้วยระบบคอมพิวเตอร์ การติดตั้งสะดวกไม่ยุ่งยากราคาคุ้มค่ากับการลงทุน มีระยะเวลาคืนทุนภายใน 1-2 ปี ประหยัดค่าไฟ 10-20%

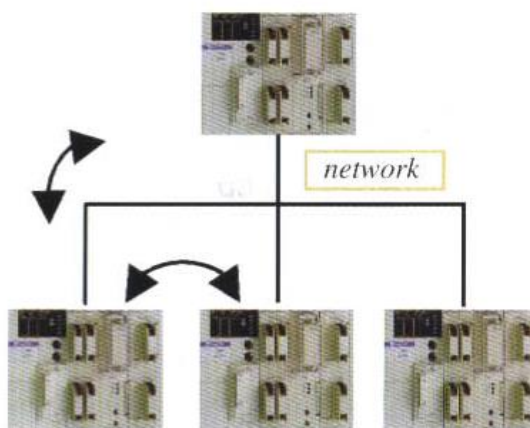
3.6 ตัวอย่าง และการประยุกต์ใช้ระบบควบคุม และการส่งข้อมูลในโรงงานอุตสาหกรรม และอาคาร (Examples of applications of control system and data transmission in industry/buildings)

3.6.1 การส่งข้อมูลในโรงงานอุตสาหกรรม และอาคาร

ประเภทของ Network

3.6.1.1 MASTER-SLAVE

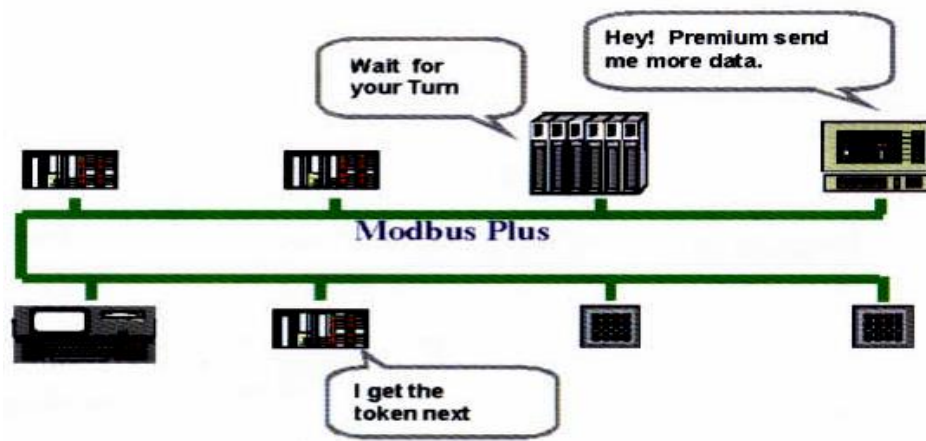
เป็นการสื่อสารที่มีตัวแม่ (Master) กับตัวลูก (Slave) โดยที่ Slave อาจจะเป็น PLC หรือ Remote I/O และตัวลูกสามารถจะติดต่อกับตัวแม่ได้เท่านั้น ไม่สามารถจะติดต่อกับตัวลูกอื่นๆ ได้ตัวอย่าง Protocal สำหรับ network แบบนี้เช่น Modbus ข้อดี คือตัวแม่สามารถดึงข้อมูลจากตัวลูกได้เร็ว



รูปที่ 3.28 MASTER-SLAVE

3.6.1.2 PEER TO PEER

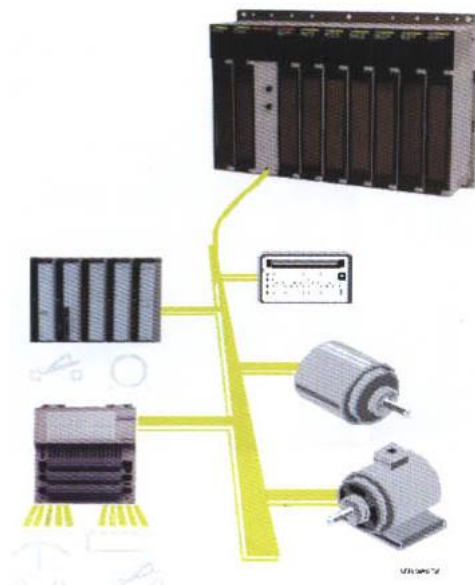
เป็นการสื่อสารที่ PLC ทุกตัวสามารถจะติดต่อกันโดยตรง หรือตัวลูก 2 ตัวสามารถติดต่อกันเองได้โดยไม่ต้องผ่านตัวแม่ เช่น network ชนิด Modbus Plus แต่ก็มีข้อเสียที่การดึงข้อมูลระหว่าง PLC 2 ตัวต้องผ่าน Register หรือตัวแปรทำให้การส่งข้อมูลทำได้ช้า



รูปที่ 3.29 PEER TO PEER

3.6.1.3 CLIENT / SERVER

ลักษณะการทำงานจะคล้ายกับ Master-slave Client จะเรียกหรือขอข้อมูลจาก Server ส่วน Server จะคอยตอบสนองการเรียกขอจาก Client แต่จะมีลักษณะที่พิเศษกว่าคือ ในอุปกรณ์ตัวเดียวกันสามารถเป็นได้ทั้ง Client และ Server ขึ้นอยู่กับว่าอุปกรณ์ตัวนั้นกำลังส่งหรือรับข้อมูลส่วนมาก การสื่อสารแบบนี้จะใช้กับระบบคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างของ network ที่ใช้กับ PLC ได้แก่ Unitelway



รูปที่ 3.30 CLIENT / SERVER

3.6.1.4 CSMA/CD

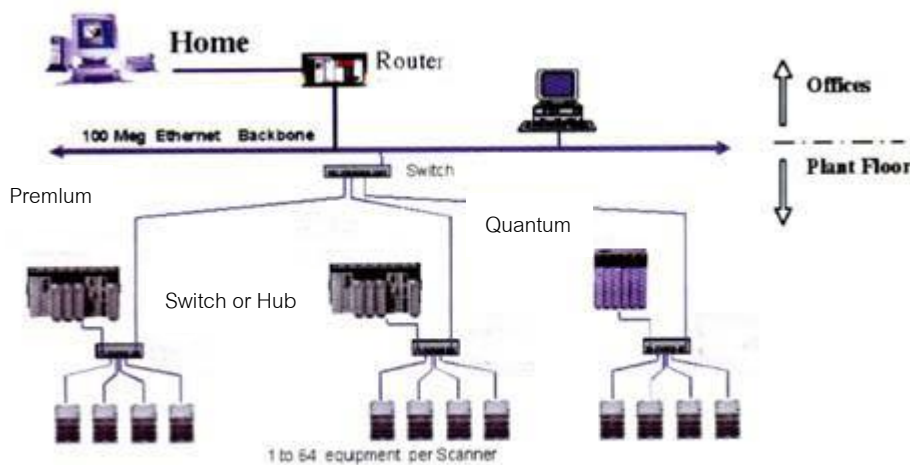
หรือเป็นการสื่อสารแบบ ETHERNET โดย CSMA/CD ย่อมาจาก

CS : Carrier Sense ตัวกลางในการส่งเร็ว

MA : Multiple Access สามารถรับส่งข้อมูลได้พร้อม ๆ กัน

CD : Collision Detection ตรวจจับการชนกันของข้อมูล และป้องกันการสูญหาย

ของข้อมูลได้



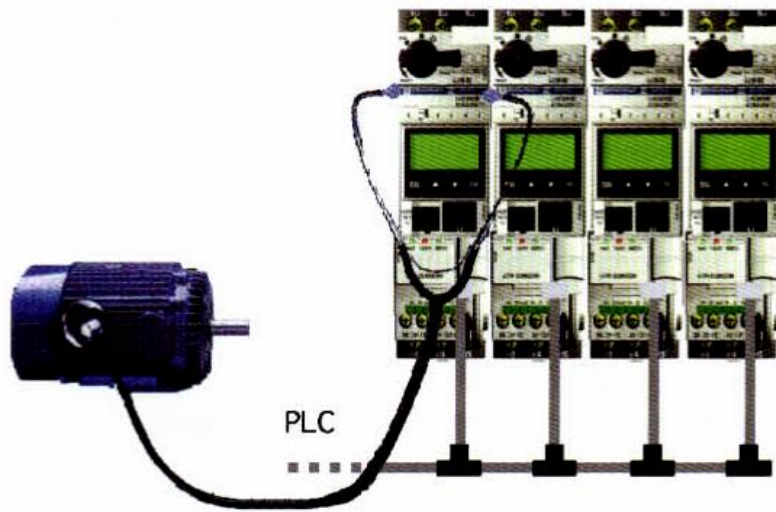
รูปที่ 3.31 CSMA/CD

Ethernet network ถูกพัฒนาขึ้นมาจาก network ทั้ง 3 ข้อแรกซึ่งสามารถทำความเร็วได้ถึง 10/100Mbit/sec อีกทั้งความยืดหยุ่นในการใช้งานยังมีมากเพราะการติดตั้ง และใช้ระบบค่อนข้างคล้ายกับงานคอมพิวเตอร์ทั่วไป(ใช้ระบบ TCP/IP โดยการกำหนดค่า IP Address ให้กับอุปกรณ์) ง่ายในการต่อสาย เพราะใช้สายแบบเดียวกับที่ใช้ในระบบ LAN ทั้งยังสามารถทำ Web Server ให้กับ PLC เพื่อให้ช่างซ่อมบำรุงตรวจสอบความบกพร่องของระบบผ่าน Internet เพิ่มความสะดวก และความยืดหยุ่นในงานซ่อมบำรุงได้อย่างมากหรือที่เรียกกันว่า Transparent Factory หรือโรงงานที่โปร่งใสนั่นเอง ตัวอย่างของการสื่อสารแบบนี้ คือ Modbus TCP/IP



รูปที่ 3.32 Modbus TCP/IP

Ethernet สามารถติดต่ออุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (Variable Speed Drive) หรืออินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยการติดตั้ง Ethernet Communication Card เข้าไปด้านในก็ทำให้อินเวอร์เตอร์นี้สามารถติดต่อด้วยระบบ Ethernet ได้ ส่วนการเซตอัพระบบต้องกำหนดตำแหน่ง IP Address ให้กับตัวอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.33 Ethernet สามารถติดต่ออุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ Variable Speed Drive

สรุป

ระบบควบคุมการจ่ายไฟอัตโนมัติเป็นการนำเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์และระบบสื่อสารข้อมูลเข้ามาผสมผสานกันเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกการควบคุมการจ่ายไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องมีประสิทธิภาพ และความปลอดภัยสูง และเมื่อมีสิ่งผิดปกติอันไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ เช่นรถยนต์ชนเสาไฟฟ้า ต้นไม้กิ่งไม้หักพาดสายไฟฟ้า พายุพัดสายไฟฟ้า เป็นต้น แล้วส่งผลให้การจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟหยุดชะงักเกิดไฟดับเป็นบริเวณกว้างระบบดังกล่าวจะช่วยตัดสินใจในการแยกส่วนที่มีปัญหาออกไปแล้วทำการจ่ายไฟให้ส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องได้อย่างอัตโนมัติด้วยความรวดเร็วภายในระยะเวลาไม่เกิน 2 นาที เพื่อลดบริเวณที่เกิดไฟดับให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ นอกจากนี้ ทุกสิ่งทุกอย่างที่เกิดขึ้นจะถูกบันทึกไว้ และสภาพการจ่ายไฟปัจจุบันตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นจะถูกรายงานให้เจ้าหน้าที่สั่งการที่อยู่ภายในห้องศูนย์ควบคุมการจ่ายไฟที่การไฟฟ้าผ่านทางจอภาพคอมพิวเตอร์ และแผ่นแสดงสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ อย่างอัตโนมัติเช่นเดียวกัน

หลักของระบบควบคุมการจ่ายไฟอัตโนมัติสามารถจำแนกได้เป็น 3 อย่างด้วยกันคือ

การเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องวัดไฟฟ้า ระบบนี้จะทำการอ่านข้อมูลเครื่องวัดไฟฟ้าต่างๆ ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไหลของทุกวงจรที่จ่ายจากสถานีไฟฟ้าต้นทาง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปแสดงผล และเก็บบันทึกที่ศูนย์ควบคุมการจ่ายไฟ

การเฝ้ามองความผิดปกติของระบบไฟฟ้า ระบบนี้จะคอยเฝ้าตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า และกระแสไหลที่ต้นทางที่จ่ายให้แก่ผู้ใช้ไฟอยู่ตลอดเวลาว่าไม่สูงหรือต่ำเกินไป และตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ป้องกันตัดตอนที่ติดตั้งอยู่ในระบบจำหน่ายแรงสูงอยู่ตลอดเวลาถ้าพบความผิดปกติจะส่งสัญญาณเตือนเจ้าหน้าที่สั่งการแก้ไขก่อนที่จะเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์แล้วส่งผลให้เกิดไฟดับ

การควบคุมอุปกรณ์ตัดตอน ระบบนี้จะช่วยให้เจ้าหน้าที่สั่งการปลด หรือสับอุปกรณ์ตัดตอนจากแผงควบคุมภายในห้องศูนย์ควบคุมการจ่ายไฟ นอกจากนั้นระบบนี้ยังมีฟังก์ชันการทำงานอัตโนมัติในการที่จะแยก

ส่วนที่เกิดปัญหาออกไปจากระบบการจ่ายไฟด้วยการเปิดดวงจรวจอย่างอัตโนมัติของอุปกรณ์ตัดตอน สิ่งผิดปกติหรือที่เรียกว่าฟอลต์ที่อาจเกิดขึ้นในระบบจำหน่ายแรงสูงสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะตามเวลาที่รบกวนระบบ คือ ฟอลต์แบบชั่วคราว และแบบถาวร

พื้นฐานของการประมวลผลข้อมูล

ในวงการอุตสาหกรรมมีข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นเกิดขึ้นมากมาย เช่น ข้อมูลการจำหน่าย สินค้าคงคลัง ข้อมูลทางบัญชี ข้อมูลการผลิต ข้อมูลทางวิศวกรรม เป็นต้น ปัญหาสำคัญคือ เราจะใช้งานข้อมูลเหล่านั้นอย่างมีประสิทธิภาพได้อย่างไร ในการใช้งานข้อมูล จะมีปัญหาอยู่ 3 ประการดังต่อไปนี้

1. ปัญหาเกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูล
2. ปัญหาเกี่ยวกับการส่งข้อมูล
3. ปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมข้อมูล

เหตุผลที่ทำให้ระบบสารสนเทศที่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ได้รับการพัฒนาขึ้นมา ได้แก่ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ กล่าวคือ การที่คอมพิวเตอร์สามารถคำนวณได้ด้วยความเร็วสูง การที่หน่วยความจำสามารถบันทึกข้อมูลได้จำนวนมากขึ้น การที่อุปกรณ์มีขนาดเล็ก และราคาต่ำลง

3.7 กิจกรรม (Activity)

1. การควบคุมอัตโนมัติสามารถแบ่งออกเป็นตัวควบคุมประเภทต่างๆ ได้กี่ประเภท
2. จงอธิบายการควบคุมซีเคว้นซ์พอเข้าใจ
3. จงอธิบายการทำงานของ PLC พอเข้าใจ
4. จงอธิบายการส่งข้อมูลในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคาร ประเภทของ Network ต่อไปนี้พอเข้าใจ

1. MASTER-SLAVE
2. PEER TO PEER
3. CLIENT / SERVER
4. CSMA/CD

เฉลยกิจกรรม

1. การควบคุมอัตโนมัติสามารถแบ่งออกเป็นตัวควบคุมประเภทต่างๆ ดังนี้
 - sequential control: เป็นการควบคุมอัตโนมัติควบคู่กับการควบคุม feedback ใช้กับการเดินเครื่อง-หยุดเครื่องเครื่องจักร และกระบวนการผลิตต่างๆ โดยอัตโนมัติ เป็นการควบคุมตามลำดับหรือเงื่อนไขที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และทำงานไปตามลำดับขั้นตอน (กระบวนการ) ของการควบคุม
 - feedback control: เป็นการควบคุมโดยนำปริมาณด้าน output (controlled variable) ป้อนกลับ (feedback) เข้าไปที่ reference input เปรียบเทียบทั้งสองค่าแล้วพยายามปรับแก้ไขให้มีค่าเท่ากัน
2. เป็นการควบคุมลำดับการทำงานของอุปกรณ์ในระบบให้ทำงานตามเงื่อนไขการเริ่มต้น และสิ้นสุดของกระบวนการต่อเนื่องเรียงลำดับกันในการควบคุมอุปกรณ์ส่วนใหญ่จะเป็นสัญญาณเปิดปิด (ON/OFF) ให้อุปกรณ์ เช่น มอเตอร์ โซลินอยด์ ทำงานหรือหยุดทำงานเท่านั้น ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นั้นนอกจากจะพิจารณาเงื่อนไขในการทำงานแล้วยังต้องพิจารณาถึงช่วงเวลาในการทำงานด้วย

3. PLC จะรับสัญญาณเข้ามาทางขั้วเข้า และให้สัญญาณออกทางขั้วออกการให้สัญญาณออกนี้จะ เป็นไปตามโปรแกรมที่เก็บไว้ในเครื่อง PLC การขับอุปกรณ์ซึ่งเป็นโหลดขนาดเล็ก เช่น โซลินอยด์ตัวเล็ก หรือ หลอดแสดงนั้น PLC สามารถขับโดยตรงจากขั้วออกได้ แต่ถ้าเป็นอุปกรณ์ที่เป็นโหลดขนาดใหญ่ใช้ไฟมาก เช่น มอเตอร์สามเฟส หรือโซลินอยด์ตัวใหญ่ จำเป็นต้องต่อผ่านคอนแทคเตอร์ และรีเลย์เพื่อช่วยขยายกำลังขับ คอนแทคเตอร์ รีเลย์ขับ เบรกเกอร์ จะถูกติดตั้งอยู่ภายในตู้ควบคุมเดียวกันกับตัว PLC

4. การส่งข้อมูลในโรงงานอุตสาหกรรม และอาคารประเภทของ Network

MASTER-SLAVE

เป็นการสื่อสารที่มีตัวแม่ (Master) กับตัวลูก (Slave) โดยที่ Slave อาจจะเป็น PLC หรือ Remote I/O และตัวลูกสามารถจะติดต่อกับตัวแม่ได้เท่านั้น ไม่สามารถจะติดต่อกับตัวลูกอื่นๆ ได้ ตัวอย่าง Protocol สำหรับ network แบบนี้เช่น Modbus ข้อดีคือตัวแม่สามารถดึงข้อมูลจากตัวลูกได้เร็ว

PEER TO PEER

เป็นการสื่อสารที่ PLC ทุกตัวสามารถจะติดต่อกันโดยตรง หรือตัวลูก 2 ตัวสามารถติดต่อกันเองได้ โดยไม่ต้องผ่านตัวแม่ เช่น network ชนิด Modbus Plus แต่ก็มีข้อเสียที่การดึงข้อมูลระหว่าง PLC 2 ตัวต้อง ผ่าน Register หรือตัวแปรทำให้การส่งข้อมูลทำได้ช้า

CLIENT / SERVER

ลักษณะการทำงานจะคล้ายกับ Master-slave Client จะเรียกหรือขอข้อมูลจาก Server ส่วน Server จะคอยตอบสนองการเรียกขอจาก Client แต่จะมีลักษณะที่พิเศษกว่า คือ ในอุปกรณ์ตัวเดียวกัน สามารถเป็นได้ทั้ง Client และ Server ขึ้นอยู่กับว่าอุปกรณ์ตัวนั้นกำลังส่ง หรือรับข้อมูล ส่วนมากการสื่อสาร แบบนี้จะใช้กับระบบคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างของ network ที่ใช้กับ PLC ได้แก่ Unitelway

CSMA/CD

หรือเป็นการสื่อสารแบบ ETHERNET Ethernet network ถูกพัฒนาขึ้นมาจาก network ทั้ง 3 ข้อแรกซึ่งสามารถทำความเร็วได้ถึง 10/100Mbit/sec อีกทั้งความยืดหยุ่นในการใช้งานยังมีมากเพราะการติดตั้ง และใช้ระบบค่อนข้างคล้ายกับงานคอมพิวเตอร์ทั่วไป (ใช้ระบบ TCP/IP โดยการกำหนดค่า IP Address ให้กับอุปกรณ์) ง่ายในการต่อสายเพราะใช้สายแบบเดียวกับที่ใช้ในระบบ LAN ทั้งยังสามารถทำ Web Server ให้กับ PLC เพื่อให้ช่างซ่อมบำรุงตรวจสอบความบกพร่องของระบบผ่าน Internet เพิ่มความสะดวกและความ ยืดหยุ่นในงานซ่อมบำรุงได้อย่างมาก หรือที่เรียกกันว่า Transparent Factory หรือโรงงานที่โปร่งใสนั่นเอง ตัวอย่างของการสื่อสารแบบนี้ คือ Modbus TCP/IP Ethernet สามารถติดต่ออุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (Variable Speed Drive) หรืออินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยการติดตั้ง Ethernet Communication Card เข้าไปด้านในก็ทำให้อินเวอร์เตอร์นี้สามารถติดต่อดัวยระบบ Ethernet ได้ ส่วนการเซตอัพระบบต้องกำหนด ตำแหน่ง IP Address ให้กับตัวอินเวอร์เตอร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์. ระบบ PLC .กรุงเทพมหานคร ; สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) , 2545 .
- [2] กฤษดา วิศวธีรานนท์. PC ตัวควบคุมซีเค้นซ์ หลักการทำงานและการประยุกต์ .จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2534.
- [3] วารสาร . Schneider in Thailand Newsletter . Communication Section: บริษัทชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด, ฉบับที่ 22 เดือนธันวาคม 2546-มกราคม 2547.
- [4] สุวลัย กลั่นความดี. ระบบควบคุม . กรุงเทพมหานคร; จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2537 .
- [5] ศ.ดร. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์. ผศ.ดร. รัชทิน จันทร์เจริญ. ระบบควบคุมเชิงเส้น. กรุงเทพมหานคร ; สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) , 2545 .
- [6] เอกสารการอนุรักษ์พลังงานของญี่ปุ่น