

บทที่ 1 บทนำ

วัตถุประสงค์

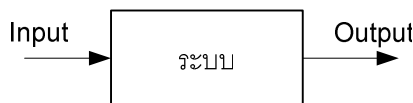
เมื่อศึกษาบทนี้แล้ว นักศึกษาจะสามารถ

1. อธิบายความหมายของระบบ และระบบควบคุม
2. ระบุอินพุตและเอาต์พุตของระบบต่างได้
3. อธิบายความหมายและความแตกต่างของระบบควบคุมแบบปิดและแบบเปิดได้
4. เขียนแผนภาพบล็อกเพื่ออธิบายระบบควบคุมได้

1.1. ความหมายของระบบ

ระบบ (systems) คือการรวมกันขององค์ประกอบย่อยๆ เพื่อให้ทำงานร่วมกันได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

เราสามารถอธิบายลักษณะของระบบได้โดยการใช้ Block Diagram ดังในรูปที่ 1.1 โดยทั่วไประบบจะเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยจากภายนอกที่มีผลต่อการทำงานของระบบ ซึ่งปัจจัยภายนอกนี้เราเรียกว่าเป็น *อินพุต (input)* ของระบบ ซึ่ง input ของระบบนี้อาจจะมีหลายตัวก็ได้ และเมื่อปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มากระทำกับระบบก็จะส่งผลให้สถานะต่างๆ ของระบบเปลี่ยนแปลงไป ในสถานะของระบบทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงไปนี้เราอาจจะเลือกสนใจเพียงไม่กี่อย่างเท่านั้น ซึ่งเราจะเรียกสิ่งที่เราสนใจนี้ว่าเป็น *เอาต์พุต (output)* ของระบบ ซึ่งก็เช่นเดียวกันเราอาจจะสนใจสถานะหลายอย่างพร้อมกันก็ได้ ก็หมายความว่า จะมีหลายเอาต์พุตก็ได้



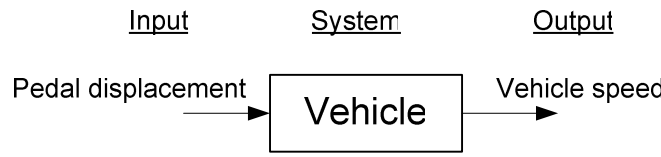
รูปที่ 1.1 block diagram แสดงลักษณะของระบบ

แต่ก่อนที่เราจะนำระบบไปใช้ประโยชน์ได้เราก็ต้องเข้าใจระบบให้ดีเสียก่อนว่าเป็นอย่างไร เพราะถ้าการเปลี่ยนแปลงของระบบนี้เป็นไปในทางที่เราต้องการเราก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ถ้าเราต้องการให้เอาต์พุตมีค่าออกมาเท่านี้เราจะต้องใส่อินพุตอย่างไรเข้าไปเป็นต้น ดังนั้นก็ต้องทำการศึกษาระบบให้เข้าใจดีเสียก่อน เราต้องศึกษาขนาดให้เข้าใจได้เลยว่า ถ้าใส่อินพุตเป็นแบบนี้แล้ว สถานะต่างๆ ของระบบ และเอาต์พุตจะเป็นอย่างไร เปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตนี้ก็มักจะเขียนให้อยู่ในรูปของความสมการคณิตศาสตร์ ซึ่งเราจะเรียกว่าเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือว่า *Mathematical Model* และการสร้างแบบจำลองนี้ก็จะเรียกว่า *Modeling* ซึ่งก็จะเป็นเนื้อหาครั้งแรกของวิชานี้ที่เราได้เราจะได้เรียนกัน

พอเรามีความเข้าใจระบบดีแล้ว แต่เราอาจจะยังไม่พอใจกับการทำงานของระบบมัน เราก็อาจจะทำการแก้ไขปรับปรุงตัวระบบเอง หรือแม้แต่ออกแบบระบบใหม่ทั้งหมดให้มันทำงานตามที่เรากำลังต้องการได้ โดยต้องการให้ระบบมีความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตกับอินพุตตามที่เรากำลังต้องการ โดยความต้องการนี้อาจจะกำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า เรียกว่าเป็น *ข้อกำหนดของระบบ* หรือ *system specification* เราก็จะต้องมีความรู้ว่าจะต้องออกแบบระบบอย่างไรจึงจะทำให้ระบบสามารถทำงานตามที่ต้องการได้ ซึ่งเราจะเรียกขั้นตอนนี้ว่าเป็น *การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ* หรือ *system analysis and design* ซึ่งจะเป็นเนื้อหาอีกครั้งหนึ่งของวิชานี้ที่เราจะได้เรียนกัน

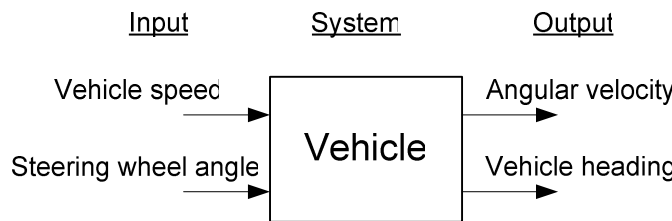
ตัวอย่างเช่น ถ้าเราอาจสนใจการทำงานของรถยนต์ ดังนั้นเราจึงพิจารณารถยนต์เป็นระบบของเรา เราอาจมองรถยนต์ว่ามีเอาต์พุตและอินพุตแตกต่างกันตามแง่มุมที่เราสนใจ เช่น เราอาจจะสนใจความสัมพันธ์ระหว่างการเหยียบ

คันเร่ง และความเร็วของรถยนต์ ดังนั้นอินพุตจึงเป็นระยะของคันเร่ง (Pedal displacement) และเอาต์พุตเป็นความเร็วของรถยนต์ (Vehicle speed) ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แผนภาพระบบรถยนต์ ที่มีอินพุตคือระยะคันเร่ง และเอาต์พุตคือความเร็วของรถยนต์

หรือเราอาจจะสนใจการเลี้ยวของรถยนต์ โดยต้องการรู้ความสัมพันธ์ระหว่างการหมุนของพวงมาลัย และการหมุนของรถยนต์ ดังนั้นอินพุตในกรณีนี้คือ การหมุนของพวงมาลัย (Steering wheel angle) และเอาต์พุตอาจกำหนดเป็นความเร็วเชิงมุมของรถยนต์ (Angular velocity) ในบางครั้งอินพุตและเอาต์พุตอาจมีจำนวนมากกว่าหนึ่งก็ได้ เช่นในกรณีของการเลี้ยวของรถยนต์ อาจมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการเลี้ยวของรถ ดังนั้นจึงอาจกำหนดอินพุตเพิ่มเติม เช่น ความเร็วของรถยนต์ (Vehicle speed) เป็นต้น และเอาต์พุตซึ่งเป็นสิ่งที่เราสนใจก็อาจจะมีมากกว่าหนึ่งได้เช่นเดียวกัน เช่น เราอาจเพิ่มเอาต์พุต คือ ทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์ (Vehicle heading) เป็นต้น รูปที่ 1.3 เป็นแผนภาพแสดงอินพุต และเอาต์พุตของระบบดังกล่าว



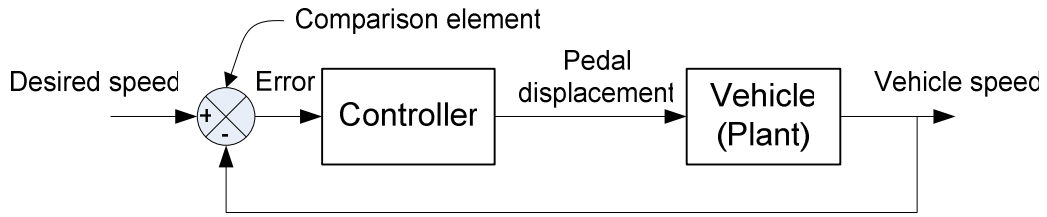
รูปที่ 1.3 แผนภาพระบบรถยนต์ที่มีหลายอินพุตและหลายเอาต์พุต

1.2. ระบบควบคุม

การควบคุม (control) คือกระบวนการที่ทำให้ระบบเปลี่ยนแปลงไปตามต้องการ โดยอาจจะเป็นการทำให้ระบบมีค่าตัวแปรอันหนึ่ง หรือหลายอันเปลี่ยนแปลงไปตามค่าที่ต้องการ ระบบที่เป็นไปเพื่อการควบคุมจึงเรียกว่าเป็นระบบควบคุม

ตัวอย่างเช่น ระบบรถยนต์ในรูปที่ 1.2 ถ้าผู้ขับต้องการที่จะควบคุมความเร็วของคันเร่งให้มีค่าหนึ่งที่ค่าหนึ่งก็สามารถที่จะทำได้โดยการลืกดคันเร่งไว้ที่ตำแหน่งที่สอดคล้องกับความเร็วนั้นๆ ในลักษณะนี้รถยนต์ก็จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ได้หากสภาพถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลง การควบคุมในลักษณะนี้เรียกว่าเป็นการควบคุมแบบเปิด หรือ Open-loop control เนื่องจากไม่มีการตรวจสอบค่าเอาต์พุตให้เป็นไปตามต้องการ

แต่ในความเป็นจริงสภาพแวดล้อมที่อาจมีผลต่อระบบ อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา และเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป เช่น ถนนมีความลาดชัน หรือแรงลม เปลี่ยนไปก็อาจทำให้ระบบไม่สามารถคงความเร็วเดิมอยู่ได้ แม้ว่าจะมีระยะคันเร่งเท่าเดิม ดังนั้นผู้ขับจึงต้องดูความเร็วรถ หากช้ากว่าที่ต้องการก็ต้องทำการเพิ่มระยะคันเร่ง หากเร็วกว่าที่ต้องการก็ต้องลดระยะคันเร่ง การควบคุมในลักษณะที่มีการนำค่าเอาต์พุต (ซึ่งคือความเร็วรถยนต์ในที่นี้) มาป้อนกลับเพื่อปรับเปลี่ยนอินพุต จนกระทั่งได้ค่าเอาต์พุตตามต้องการ เราเรียกว่าเป็นการควบคุมแบบปิด หรือ Closed-loop control หรือบางทีก็เรียกว่าเป็นการควบคุมแบบป้อนกลับ หรือ Feedback control รูปที่ 1.4 แสดงระบบควบคุมความเร็วของรถยนต์ ซึ่งจะใช้ในการอธิบายส่วนประกอบที่สำคัญของระบบควบคุมแบบปิด ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1.4 แผนภาพระบบควบคุมความเร็วของรถยนต์

1.2.1. Comparison elements

เป็นตัวเปรียบเทียบค่าที่ต้องการ (Desired speed) กับค่าที่วัดได้จริง (Vehicle speed) มีความแตกต่างกันหรือไม่ เป้าหมายของการควบคุมคือต้องการให้ค่าที่วัดได้จริงมีค่าเท่ากับค่าที่ต้องการ ความแตกต่างของค่าทั้งสองนี้จึงมักเรียกว่าเป็นค่าความผิดพลาด (Error) โดยสามารถเขียนได้ว่า

$$\text{Error} = \text{Desired speed} - \text{Vehicle speed}$$

ในตัวอย่างรูปที่ 1.4 ที่มีผู้ขับเป็นตัวควบคุมความเร็ว ผู้ขับจึงเป็นตัวที่ทำหน้าที่เป็น Comparison elements ในการเปรียบเทียบค่าความเร็วที่ต้องการกับความเร็วที่วัดได้จริง

1.2.2. Controller หรือ Control unit

ตัวควบคุม หรือ Controller เป็นตัวที่ทำหน้าที่ในการสั่งงานระบบตามสัญญาณ Error ที่ได้รับ โดยตัวควบคุมนี้อาจจะเป็นกลไก อิเล็กทรอนิกส์หรือเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ได้ สำหรับตัวอย่างในรูปที่ 1.4 มีตัวควบคุมเป็นผู้ขับซึ่งทำหน้าที่ในการตัดสินใจว่าจะทำอย่างไร (เหยียบคันเร่งเพิ่มขึ้น หรือลดลง) โดยใช้ข้อมูล Error ที่เกิดขึ้นในขณะนั้นในการตัดสินใจ

1.2.3. Correction unit

เป็นตัวที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงสถานะระบบ ซึ่งในระบบควบคุมส่วนมากอาจอยู่ในรูปของตัวขับเคลื่อน หรือ Actuator สำหรับตัวอย่างในรูปที่ 1.4 Correction unit ก็คือคันเร่ง หรืออาจรวมไปถึงขาของผู้ขับที่ใช้ในการเหยียบคันเร่งด้วยก็ได้

1.2.4. Process หรือ Plant

Process หรือ Plant เป็นคำที่ใช้เรียกระบบทั้งหมดที่ต้องการถูกควบคุม สำหรับตัวอย่างในรูปที่ 1.4 นี้ก็คือรถยนต์

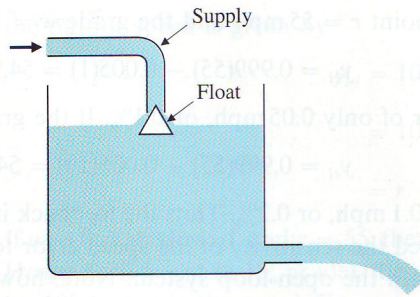
1.2.5. Measurement unit

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการวัดค่าเอาต์พุทของระบบ และแสดงผลในรูปแบบต่างๆ สำหรับตัวอย่างในรูปที่ 1.4 นี้ก็คือหน้าปัดบอกความเร็วของรถยนต์

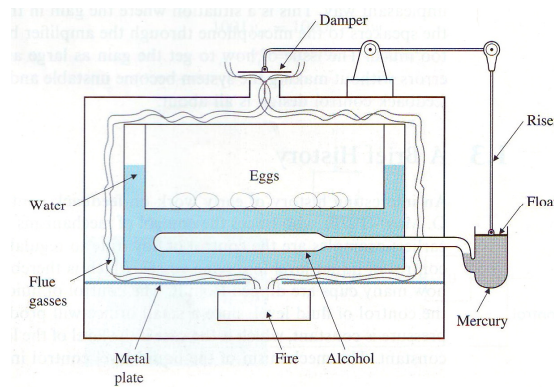
ข้อดีของระบบควบคุมแบบปิด เมื่อเทียบกับระบบควบคุมแบบเปิด คือสามารถควบคุมเอาต์พุทได้แม่นยำกว่า แต่ก็มีข้อเสียคือมีความซับซ้อนมากกว่า ดังนั้นจึงมีราคาแพงกว่า และมีโอกาสที่จะชำรุด เสียหายได้ง่ายกว่าด้วย

1.3. ตัวอย่างของระบบควบคุมอัตโนมัติทางกล

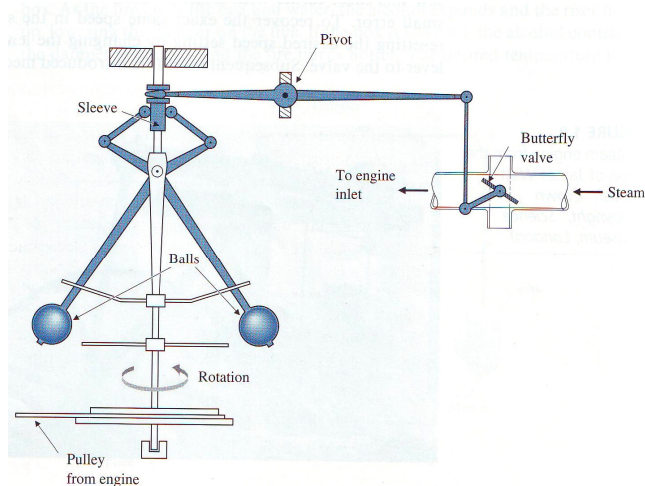
โดยทั่วไปเรามักนึกถึงระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมเนื่องจากมีความคล่องตัวในการทำงานและสามารถปรับแต่งได้ง่าย อย่างไรก็ตามก็ยังมีระบบควบคุมที่อยู่ในรูปของระบบทางกลเพียงอย่างเดียวก็ได้ ดังตัวอย่างที่แสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 1.5 ระบบควบคุมปริมาณการไหลอย่างง่าย (Franklin)



รูปที่ 1.6 Debrél's Incubator (Franklin)



รูปที่ 1.7 Fly-ball governor (Franklin)