

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงการสร้างชุดควบคุมระบบการทำงานของรถขุดไฮดรอลิก (Hydraulic Excavator) แบบไร้สาย จำเป็นต้องหาข้อมูลในหลายๆ ด้านตั้งแต่ข้อมูลของระบบการควบคุมที่ตัวรถจนถึงการควบคุมระยะไกลเพื่อให้โครงการดังกล่าวสำเร็จตามวัตถุประสงค์ตั้งไว้โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 การสื่อสารข้อมูล (Data Communication)
- 2.2 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)
- 2.3 ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded)
- 2.4 ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic System)

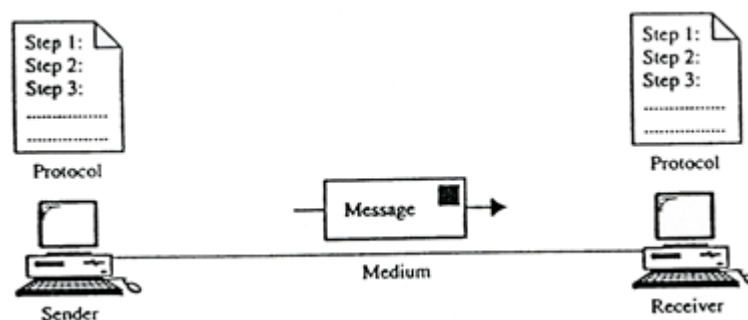
2.1 การสื่อสารข้อมูล (Data Communication)

การติดต่อสื่อสารเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นควบคู่กับมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์ต้องอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเป็นก้อน โดยมนุษย์ใช้ภาษาเป็นสื่อในการส่งข้อมูล แลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน โดยมีอากาศเป็นตัวกลาง ซึ่งในภาษาที่มนุษย์ใช้สื่อสารกันนั้น จะต้องมีข้อตกลงกันว่าแต่ละสัญลักษณ์ หรือคำพูด แทนหรือหมายถึงสิ่งใด มนุษย์ได้คิดค้นวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ตัวอย่างเช่น การใช้สัญญาณควันไฟของชาวอินเดียนแดง หรือการใช้ม้าในการส่งสาร จนกระทั่งพัฒนาเป็นการใช้โทรเลข วิทยุ โทรศัพท์ โทรศัพท และอินเทอร์เน็ต

ความหมายของการสื่อสารข้อมูล เกิดจากคำสองคำ คือ การสื่อสาร (Communication) ซึ่งหมายถึง การส่งเนื้อหาจากฝ่ายหนึ่งไปยังอีกฝ่ายหนึ่ง และคำว่าข้อมูล (Data) หมายถึง ข้อเท็จจริงหรือสิ่งที่ถือหรือยอมรับว่า เป็นข้อเท็จจริงสำหรับใช้เป็นหลักฐานหาความจริงหรือการคำนวณ ในที่นี้เราจะหมายถึงข้อมูลที่เกิดขึ้นจากเครื่องคอมพิวเตอร์ในรูปตัวเลข 0 หรือ 1 ต่อเนื่องกันไป ซึ่งเป็นค่าที่เครื่องคอมพิวเตอร์เข้าใจ นั่นคือ การสื่อสารข้อมูลหมายถึง การส่งเนื้อหาที่อยู่ในรูปตัวเลขฐานสองที่เกิดจากอุปกรณ์หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป โดยมีจุดประสงค์เพื่อต้องการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารตลอดจนการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2.1.1 องค์ประกอบของการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลมีองค์ประกอบ 5 อย่าง ได้แก่



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบของการสื่อสารข้อมูล

2.1.1.1 ผู้ส่ง (Sender) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข่าวสาร (Message) เป็นต้นทางของการสื่อสารข้อมูลมีหน้าที่เตรียมสร้างข้อมูล เช่น ผู้พูด โทรศัพท์ กล้องวิดีโอ เป็นต้น

2.1.1.2 ผู้รับ (Receiver) เป็นปลายทางของการสื่อสาร มีหน้าที่รับข้อมูลที่ส่งมาให้ เช่น ผู้ฟัง เครื่องรับโทรศัพท์ เครื่องพิมพ์ เป็นต้น

2.1.1.3 สื่อกลาง (Medium) หรือ ตัวกลางเป็นเส้นทางการสื่อสารเพื่อนำข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง สื่อส่งข้อมูลอาจเป็นสายคู่บิดเกลียว สายโคแอกเชียล สายใยแก้วนำแสง หรือคลื่นที่ส่งผ่านทางอากาศ เช่น เลเซอร์ คลื่นไมโครเวฟ คลื่นวิทยุภาคพื้นดิน หรือคลื่นวิทยุผ่านดาวเทียม

2.1.1.4 ข้อมูลข่าวสาร (Message) คือสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผ่านไปในการสื่อสาร ซึ่งอาจถูกเรียกว่าสารสนเทศ (Information) โดยแบ่งเป็น 5 รูปแบบดังนี้

- ข้อความ (Text) ใช้แทนตัวอักษรต่างๆ ซึ่งจะแทนด้วยรหัสต่างๆ เช่น รหัสแอสกี (American Standard Code for Information Interchange : ASCII)

- ตัวเลข (Number) ใช้แทนตัวเลขต่างๆ ซึ่งตัวเลขไม่ได้ถูกแทนด้วยรหัสแอสกี แต่จะถูกแปลงเป็นเลขฐานสองโดยตรง

- รูปภาพ (Images) ข้อมูลของรูปภาพจะแทนด้วยจุดสีเรียงกันไปตามขนาดของภาพ

- เสียง (Audio) ข้อมูลเสียงจะแตกต่างจากข้อความ ตัวเลข และรูปภาพเพราะข้อมูลเสียงจะเป็นสัญญาณต่อเนื่องกันไป

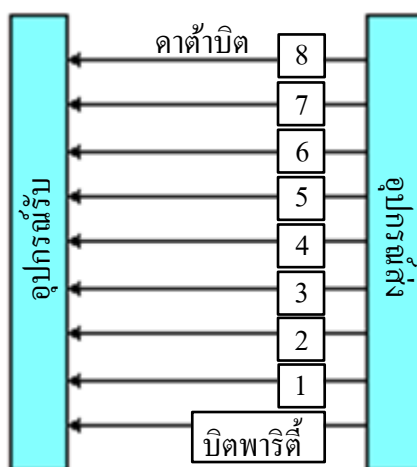
- วิดีโอ (Video) ใช้แสดงภาพเคลื่อนไหวซึ่งเกิดจากการรวมกันของรูปภาพหลายๆรูป

2.1.1.5 โพรโทคอล (Protocol) คือวิธีการหรือกฎระเบียบที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล เพื่อให้ผู้รับและผู้ส่งสามารถเข้าใจกันหรือคุยกันรู้เรื่อง โดยทั้งสองฝั่งทั้งผู้รับและผู้ส่งได้ตกลงกันไว้ก่อนล่วงหน้าแล้ว ในคอมพิวเตอร์โพรโทคอลอยู่ในส่วนของซอฟต์แวร์ที่มีหน้าที่ทำให้การดำเนินงานในการสื่อสารข้อมูลเป็นไปตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น X.25, SDLC, HDLC และ TCP/IP เป็นต้น

2.1.2 รูปแบบในการส่งข้อมูล

การส่งข้อมูลในระบบเครือข่ายสามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การส่งแบบขนาน และการส่งแบบอนุกรม

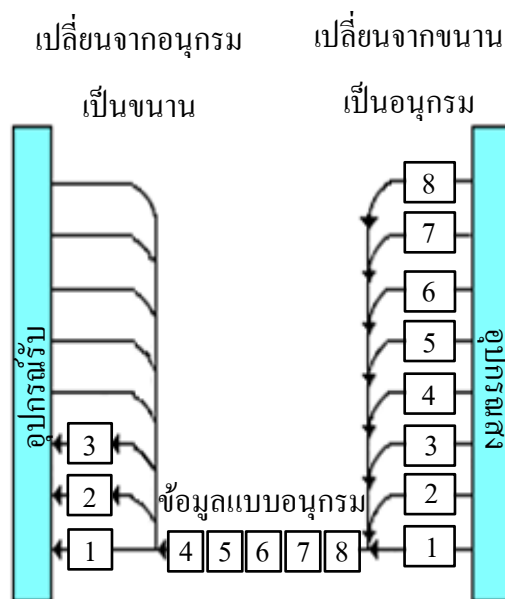
2.1.2.1 การข้อมูลส่งแบบขนาน (Parallel Transmission) คือ การส่งข้อมูลพร้อมๆ กัน ทีละหลายๆ บิตในหนึ่งรอบสัญญาณนาฬิกา โดยการส่งจะรวมบิต “0” และ “1” หลายๆ บิตเข้าเป็นกลุ่มจำนวน n บิต ผู้ส่งส่งครั้งละ n บิต ผู้รับจะรับครั้งละ n บิต เช่นกัน ซึ่งจะคล้ายกับเวลาที่เรารู้ดคุยเราจะพูดเป็นคำๆ ไม่พูดทีละตัวอักษร กลไกการส่งข้อมูลแบบขนานใช้หลักการง่ายๆ เมื่อส่งครั้งละ n บิต ต้องใช้สาย n เส้น แต่ละบิตมีสายของตนเอง ในการส่งแต่ละครั้งทุกเส้นต้องใช้สัญญาณนาฬิกา (Clock) อันเดียวกัน ทำให้สามารถส่งออกไปยังอุปกรณ์อื่นพร้อมกันได้



ภาพที่ 2.2 รูปแบบการส่งข้อมูลแบบขนาน

ภาพที่ 2.2 เป็นการส่งข้อมูลแบบขนาน โดยให้ $n=8$ โดยทั่วไปแล้วปลายของสายทั้ง 2 ข้างจะถูกต่อด้วยคอนเน็กเตอร์ (Connector) ด้านละ 1 ตัว ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบขนานคือ ความเร็ว เพราะส่งข้อมูลได้ครั้งละ n บิต ดังนั้น ความเร็วจึงเป็น n เท่าของการส่งแบบอนุกรม แต่ข้อเสียที่สำคัญคือ ค่าใช้จ่ายทั้งนี้เพราะต้องใช้สายจำนวนเส้นมาก

2.1.2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission) จะใช้วิธีการส่งทีละ 1 บิตในหนึ่งรอบสัญญาณนาฬิกาทำให้เหมือนว่าบิตต่างๆเรียงต่อเนื่องกันไปจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์หนึ่ง ดังภาพที่ 2.3

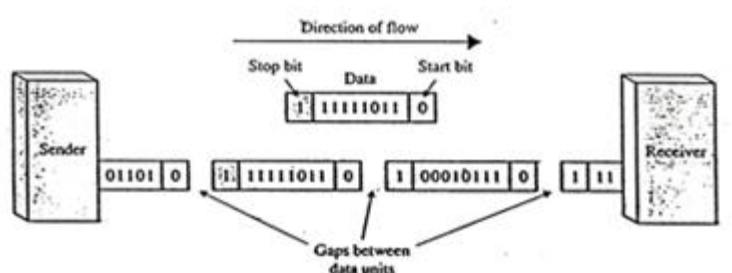


ภาพที่ 2.3 รูปแบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม คือการใช้ช่องทางการสื่อสารเพียง 1 ช่อง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายลง แต่ข้อเสียคือ ความเร็วของการส่งที่ต่ำ ตัวอย่างของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม เช่น โมเด็ม (Modem) จะใช้การส่งแบบอนุกรมเนื่องจากในสัญญาณโทรศัพท์มีสายสัญญาณเส้นเดียว

การส่งข้อมูลแบบอนุกรม แบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

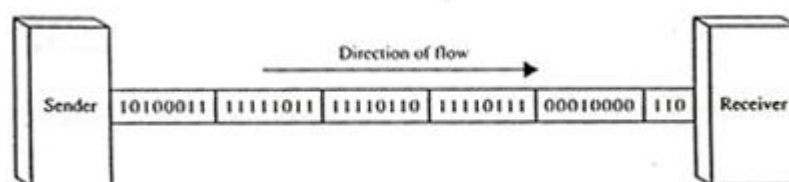
- การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission) เป็นการส่งข้อมูลที่ผู้รับและผู้ส่งไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกัน แต่ข้อมูลที่รับต้องถูกแปลตามรูปแบบที่ได้ตกลงกันไว้ก่อน เนื่องจากไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกันทำให้ผู้รับไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าเมื่อใดจะมีข้อมูลส่งมาให้ ดังนั้นผู้ส่งจึงจำเป็นต้องแจ้งผู้รับให้ทราบว่าจะมีการส่งข้อมูลมาให้โดยการเพิ่มบิตพิเศษเข้ามาอีกหนึ่งบิต เอาไว้ก่อนหน้าบิตข้อมูล เรียกว่า บิตเริ่ม (Start Bit) โดยทั่วไปมักใช้บิต “0” และเพื่อให้ผู้รับทราบจุดสิ้นสุดของข้อมูลจึงต้องเพิ่มบิตพิเศษอีกหนึ่งบิตคือ บิตจบ (Stop Bit) และมักใช้บิต “1” นอกจากนี้แล้วการส่งข้อมูลแต่ละกลุ่มต้องมีช่องว่างระหว่างกลุ่ม โดยช่องว่างระหว่างไบต์อาจใช้วิธีปล่อยให้ช่องสัญญาณว่าง หรืออาจใช้กลุ่มของบิตพิเศษที่มีบิตจบก็ได้ ภาพที่ 2.4 จะเป็นการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ให้บิตเริ่มเป็นบิต “0” บิตจบเป็นบิต “1” และให้ช่องว่างแทนไม่มีการส่งข้อมูล (สายว่าง)



ภาพที่ 2.4 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส มี 2 ประการ คือ ค่าใช้จ่ายถูกและมีประสิทธิภาพ การส่งข้อมูลแบบนี้จะนำไปใช้ในการสื่อสารที่ต้องการใช้ความเร็วไม่สูงนัก ตัวอย่างเช่น การติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องปลายทาง (Terminal) ที่โดยธรรมชาติแล้วเป็นการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส เพราะผู้ใช้จะพิมพ์ทีละ 1 ตัวอักษรจากเครื่องปลายทางไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องใช้ความเร็วสูงในการติดต่อสื่อสาร

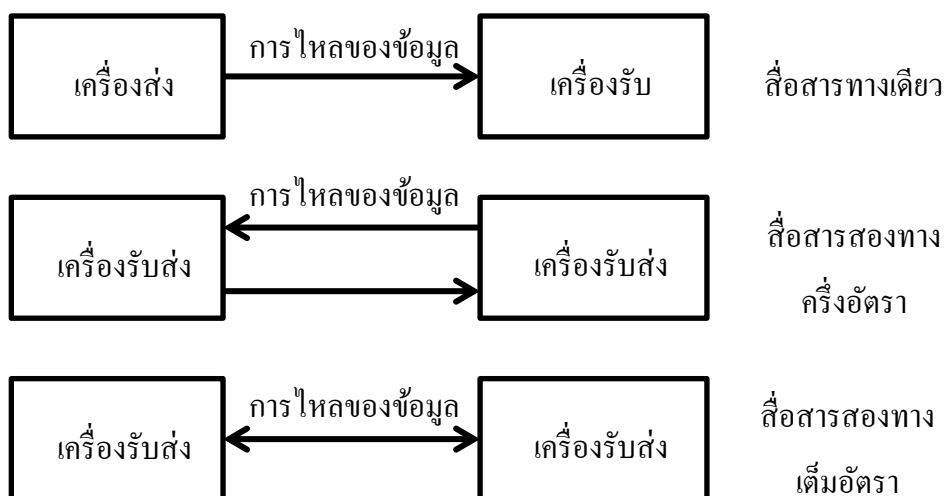
- การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission) เป็นการส่งบิต “0” และ “1” ที่ต่อเนื่องกันไปโดยไม่มีการแบ่งแยก ผู้รับต้องแยกบิตเหล่านี้ออกมาเป็นไบต์ หรือเป็นตัวอักษรเอง



ภาพที่ 2.5 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

จากภาพที่ 2.5 แสดงการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส ผู้ส่งทำการส่งบิตติดต่อกันยาวๆ ถ้าผู้ส่งต้องการแบ่งช่วงกลุ่มข้อมูลก็ส่งกลุ่มบิต “0” หรือ “1” เพื่อแสดงสถานะว่างเมื่อแต่บิตมาถึงผู้รับ ผู้รับจะนับจำนวนบิตแล้วจับกลุ่มของบิตให้เป็นไบต์ที่มี 8 บิต การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอะซิงโครนัสมาก และทำให้มีการใช้ความสามารถของสายสื่อสารได้เกือบทั้งหมด ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส คือความเร็วในการส่งข้อมูล ทั้งนี้เพราะไม่มีบิตพิเศษหรือช่องว่างที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้เมื่อถึงผู้รับ จึงทำให้ความเร็วของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสเร็วกว่าแบบอะซิงโครนัสด้วยเหตุนี้จึงมีการนำไปใช้งานที่ต้องการความเร็วสูง เช่น การส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

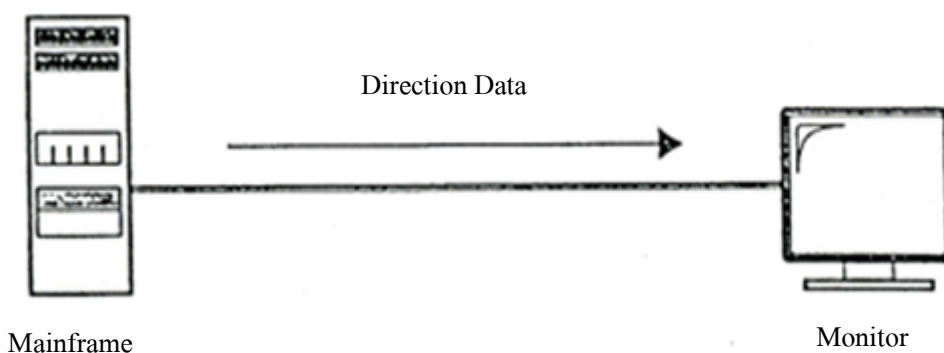
2.1.3 ทิศทางในการไหลของข้อมูล (Direction of Data Flow)



ภาพที่ 2.6 ทิศทางการไหลของข้อมูล

2.1.3.1 การสื่อสารแบบทางเดียว (Simplex : SPX)

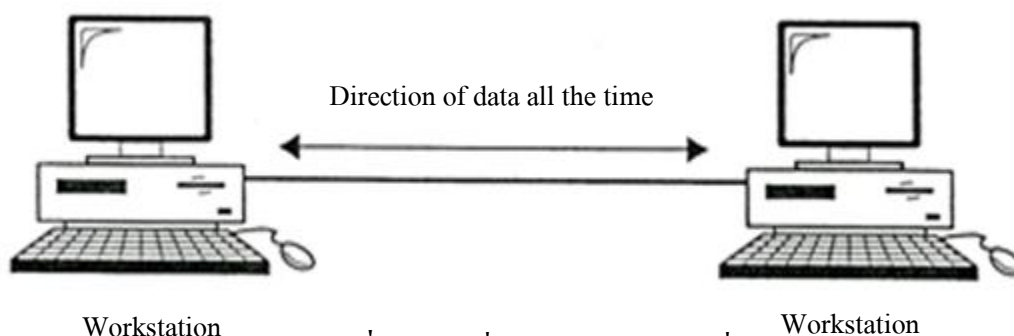
เป็นการสื่อสารแบบทางเดียว มีทิศทางการไหลของสัญญาณเป็นทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ มีเพียงอุปกรณ์ตัวเดียวเท่านั้นที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูล อุปกรณ์ตัวอื่นทำหน้าที่รับข้อมูล อย่างเดียว แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การสื่อสารแบบทางเดียว

ตัวอย่างเช่น แป้นพิมพ์และจอภาพ หรือสวิตช์และหลอดไฟ หรือการออกอากาศวิทยุ โทรทัศน์ที่ผู้รับและผู้ส่งไม่สามารถโต้ตอบกันได้

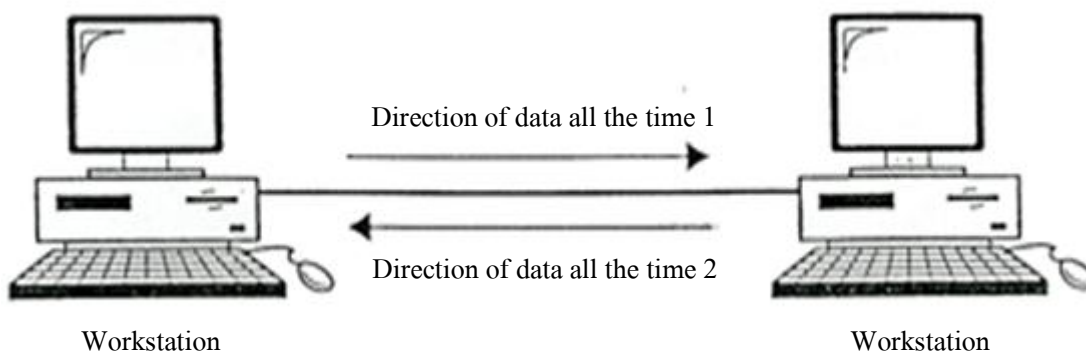
2.1.3.2 การสื่อสารแบบสองทางครึ่งอัตรา (Half Duplex : HDX)



ภาพที่ 2.8 การสื่อสารแบบสองทางครึ่งอัตรา

เป็นการสื่อสารแบบสองทางแต่ส่งได้ทีละทาง โดยแต่ละสถานีทำหน้าที่ได้ทั้งรับและส่งข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ใดทำหน้าที่เป็นผู้ส่ง อุปกรณ์ตัวอื่นจะทำหน้าที่เป็นผู้รับ ซึ่งไม่สามารถส่งข้อมูลสวนทางกันได้ ตัวอย่างเช่น วิทยุสื่อสารของหน่วยงานราชการ หรือตำรวจซึ่งต้องผลัดกันพูด เมื่อฝ่ายหนึ่งเป็นผู้พูดต้องกดปุ่มแล้วจึงพูดได้ เมื่อพูดเสร็จเรามักจะได้ยินคำว่า "เปลี่ยน" นั่นคือการบอกให้ผู้รับทราบว่ามีผู้ส่งต้องการเปลี่ยนสถานะจากผู้ส่งเป็นผู้รับและให้ผู้รับเปลี่ยนเป็นผู้ส่ง

2.1.3.3 การสื่อสารแบบสองทางเต็มอัตรา (Full Duplex : FDX)



ภาพที่ 2.9 การสื่อสารแบบสองทางเต็มอัตรา

เป็นการสื่อสารแบบสองทาง แต่รับส่งได้พร้อมๆ กันหมายความว่า สถานีทั้ง 2 สถานี สามารถส่งและรับข้อมูลได้พร้อมๆ กัน และตัวกลางที่ใช้ทั้ง 2 ฝ่าย อาจใช้ร่วมกันหรือแบ่งแยกเป็นสายสำหรับรับ กับสายสำหรับส่งก็ได้ การสื่อสารแบบนี้มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบอื่นๆ เพราะไม่เกิดการหน่วงเวลาในช่วงการเปลี่ยนสถานะระหว่างผู้รับกับผู้ส่ง

2.1.4 ประสิทธิภาพของการสื่อสารข้อมูล

ในการสื่อสารข้อมูลเราต้องอาศัยองค์ประกอบ 5 อย่างคือ ผู้รับ, ผู้ส่ง, สื่อกลาง, ข้อมูล และโปรโตคอล จึงจะทำการสื่อสารกันได้ สิ่งที่เราต้องคำนึงถึงลำดับถัดไปคือ เรื่องของ

ประสิทธิภาพของการสื่อสารว่าการสื่อสารครั้งนั้นๆ ดีหรือไม่อย่างไร องค์ประกอบที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสื่อสารได้แก่

2.1.4.1 สารสนเทศ (Information) ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารนั้น ทั้งผู้รับและผู้ส่งต้องสามารถเข้าใจได้ดี เช่น เราใช้ภาษาไทยในการพูดคุยกัน สามารถเข้าใจได้ดีกว่าใช้ภาษาอื่น การสื่อสารจึงมีประสิทธิภาพ หรือข่าวสารที่ได้รับบางส่วนสูญหายทำให้ประสิทธิภาพของการสื่อสารลดลง หรือในกรณีการส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง หากเครื่องหนึ่งส่งข้อมูล ด้วยอัตราเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที (Bit Per Second : bps) แต่อีกเครื่องหนึ่งรับข้อมูลด้วยอัตราเร็ว 2,400 บิตต่อวินาที การสื่อสารข้อมูลครั้งนั้นจะไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะผู้ส่งจะส่งข้อมูลเร็วจนผู้รับไม่สามารถรับได้ทัน

2.1.4.2 คุณลักษณะเฉพาะตัว (Individual Characteristic) ขององค์ประกอบของการสื่อสารแต่ละอย่าง เช่น ผู้ส่ง ผู้รับ สื่อกลาง เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของการสื่อสาร ตัวอย่างเช่น การพูดคุยกัน บางคนเป็นผู้พูดที่ดี พูดชัดเจน มีวรรคตอน แต่ผู้ฟังบางคนไม่สามารถจับใจความได้ หรือการส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง โดยใช้สายไขแก้วนําแสง ประสิทธิภาพของการสื่อสารย่อมดีกว่าใช้สายทองแดงในสภาพแวดล้อมเดียวกัน

2.1.4.3 การรบกวน (Interfere) มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการสื่อสารทุกๆ แบบ หากการรบกวนการสื่อสารมีน้อย ประสิทธิภาพของการสื่อสารจะมีมาก เช่น เมื่อเราพูดคุยกันในโรงภาพยนตร์จะทำความรบกวนการชมภาพยนตร์ของบุคคลอื่นที่กำลังรับข้อมูลจากจอภาพและเสียงจากลำโพง หรือมีคนใส่หมวกปีกกว้างเข้ามานั่งชมภาพยนตร์ทำให้เกิดการรบกวนคนที่นั่งแถวหลังได้ การที่เราจะเปรียบเทียบว่าระบบการสื่อสารระบบใดดีกว่ากันดังนั้นเราจึงต้องเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสื่อสาร โดยทำการเปรียบเทียบสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

- การจัดส่ง (Delivery) หมายถึง การจัดส่งที่นำสารจากต้นทางไปยังปลายทางได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น พนักงานส่งพัสดุต้องจัดส่งพัสดุให้กับลูกค้าที่โทรศัพท์มาสั่งได้ถูกต้อง
- ความเที่ยงตรง (Accuracy) หมายถึง ข้อมูลที่ส่งไปให้ผู้รับ ผู้รับต้องได้รับข้อมูลเช่นเดียวกันกับผู้ส่งส่งมาให้ อย่างครบถ้วนสมบูรณ์และสามารถนำไปใช้ได้ เช่น เมื่อลูกค้าได้รับพัสดุที่สั่งต้องได้รับพัสดุชนิดที่ได้สั่งไปและมีจำนวนชิ้นครบถ้วน
- เวลา (Timeliness) หมายถึง ระยะเวลาในการส่งจนกระทั่งผู้รับได้รับข้อมูล ใช้เวลามากน้อยเพียงใด เช่น ลูกค้าต้องได้รับพัสดุภายในเวลา 30 นาทีหลังจากที่โทรศัพท์สั่งแล้ว

2.2 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)

ปัจจุบันในการเชื่อมโยงข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญของการดำเนินธุรกิจทำให้มีเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังมาแรงขณะนี้ถูกกล่าวถึงอย่างมากเทคโนโลยีดังกล่าวคือระบบเครือข่ายไร้สายหรือระบบแลนไร้สาย (Wireless LAN : WLAN) เป็นระบบเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์หรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้สายเข้าด้วยกัน หรือเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต (Internet) โดยอาศัยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency : RF) รับ-ส่งข้อมูลแทนสายเคเบิลคลื่นวิทยุที่ใช้อยู่ในย่านความถี่ ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องขออนุญาต โดยแต่ละประเทศมีช่องสัญญาณที่อนุญาตให้ใช้งานต่างกัน สำหรับประเทศไทยกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารได้ออกคู่มือประกอบกฎกระทรวงเรื่องกำหนดให้เครื่องวิทยุคมนาคม และสถานีกommunikasiบางประเภทได้รับยกเว้น ไม่ต้องรับใบอนุญาต พ.ศ. 2547 ได้กำหนดให้เครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้งานระบบแลนไร้สาย ในย่านความถี่ 2400-2500 เมกะเฮิร์ตซ์ (Megahertz : MHz) และมีกำลังส่งไม่เกิน 100 เมกะวัตต์ (Megawatt : MW) เป็นแบบ E.I.R.P (Effective Isotropic Radiated Power : E.I.R.P) ซึ่งเป็นเครื่องวิทยุคมนาคมที่ได้รับยกเว้นที่ไม่ต้องได้รับใบอนุญาตทำให้มีผู้นำเข้า นำออกและค้าซึ่งเครื่องวิทยุคมนาคมและตั้งสถานีวิทยุคมนาคม

2.2.1 ประเภทเครื่องวิทยุคมนาคมที่ได้รับยกเว้นไม่ต้องได้รับอนุญาตมีให้นำเข้า นำออก และค้าซึ่งเครื่องวิทยุคมนาคมและตั้งสถานีวิทยุคมนาคม นอกจากนี้ยังมีศัพท์ใหม่ๆ ที่เกิดตามมาพร้อมกับระบบเครือข่ายไร้สายด้วย เช่น Wi-Fi (Wireless Fidelity), Hot Spot ศัพท์คำแรก Wi-Fi หมายถึง เครื่องหมายการค้าของกลุ่มบริษัทขายอุปกรณ์เครือข่าย ใช้เรียกอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ถ้าเห็นเครื่องหมาย Wi-Fi ที่อุปกรณ์ใดแสดงว่าอุปกรณ์นั้นเข้ากันได้กับมาตรฐาน IEEE 802.11b ส่วน Hot Spot หมายถึงรูปแบบการให้บริการอินเทอร์เน็ตโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ผู้ให้บริการจะติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า Access Point ไว้ตามแหล่งชุมชนเช่น สนามบิน ศูนย์ประชุม ห้างสรรพสินค้า โรงแรมเพื่อรับและส่งสัญญาณวิทยุจากอุปกรณ์ไร้สายเช่น โน้ตบุ๊ก (Note Book) ที่มีการ์ดไร้สายแล้วเชื่อมต่อ Access Point เข้ากับอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ผู้ใช้บริการซื้อแพคเกจ (Package) สำหรับการเชื่อมต่อคล้ายกับการซื้อแพคเกจใช้งานอินเทอร์เน็ตทั่วไป ในเมืองไทยเริ่มมีสถานที่ให้บริการ Hot Spot แล้วเช่น สยามพารากอน สนามบินดอนเมือง เป็นต้น และจะเพิ่มขึ้นอีกหลายแห่งในอนาคต

ตารางที่ 2-1 คู่มือประกอบกฎกระทรวง

ประเภทเครื่องวิทยุคมนาคม	ความถี่วิทยุ	กำลังส่ง	กฎกระทรวง
เครื่องวิทยุคมนาคมที่ไม่จำกัดลักษณะการใช้งาน เช่น เครื่องบันทึกและอ่านข้อมูลสำหรับสัตว์, คีย์บอร์ดไร้สาย, เมาท์ไร้สาย, โทรศัพท์ไร้สาย, วิทยุมือถือ, เครื่องบังคับวิทยุของเด็กเล่น, เครื่องควบคุมการเปิด/ปิดประตู, เครื่องควบคุมระบบไฟหรือวาล์วน้ำ, เครื่องพิมพ์ไร้สาย, WLAN, เครื่องแสดงข้อมูลบุคคลสัตว์หรือสิ่งของ, หูฟังไร้สาย เป็นต้น	ต่ำกว่า 135 กิโลเฮิร์ตซ์ (Hz)	ไม่เกิน 150 เมกะวัตต์ (MW) (แบบ E.I.R.P.)	ข้อ 2(10) และข้อ 10
	13.553-13.567 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz)	ไม่เกิน 5 เมกะวัตต์ (MW) (แบบ E.I.R.P.)	ข้อ 2 (11) และข้อ 10
	2400 – 2500 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz)	ไม่เกิน 100 เมกะวัตต์ (MW) (แบบ E.I.R.P.)	ข้อ 2 (12) และข้อ 10
	26.965 -27.405 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz)	ไม่เกิน 100 เมกะวัตต์ (MW)	ข้อ 2 (3), (4) และข้อ 10

รูปแบบการจัดเครือข่าย (Topology) ของระบบเครือข่ายไร้สายทางกายภาพ เป็นแบบ ดาว (Star) คือมี Access Point เป็นศูนย์กลางมีคอมพิวเตอร์ลูกข่ายอยู่โดยรอบส่วนทางลอจิกเป็นแบบบัส (Bus) มีการใช้ช่องสัญญาณร่วมกันโดยผลัดกันใช้ (Shared Media) เมื่อคอมพิวเตอร์เครื่องใดต้องการสื่อสารกับ Access Point การ์ด เครือข่ายไร้สายในเครื่องนั้นจะคอยฟังสัญญาณในระบบเครือข่ายว่าไม่มีเครื่องใดกำลังสื่อสารกับ Access Point อยู่จึงจะส่งข้อมูลสื่อสารออกไป การทำงานของ Access Point เทียบได้กับการทำงานของฮับ (Hub) ในเครือข่ายใช้สาย คือเมื่อรับข้อมูลทางคลื่นวิทยุจากคอมพิวเตอร์ต้นทาง Access Point จะส่งข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์ปลายทาง ซึ่งอาจเป็นคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายไร้สาย ผ่านคลื่นวิทยุหรือเป็นคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายใช้สาย อีกเครือข่ายหนึ่งผ่านสายเคเบิลที่เชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายก็ได้ การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายไร้สายไม่สามารถสื่อสารกันโดยตรงต้องสื่อสารผ่าน Access Point ทำให้เสียเวลา เปลืองแบนด์วิดท์ (Band Width) เนื่องจากการสื่อสาร 1 ครั้ง ต้องส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ถึง 2 ครั้ง โดยปกติแล้วการสื่อสารมักเป็นการสื่อสารออกไปยังเครือข่ายใช้สายอื่นมากกว่า เช่น อินเทอร์เน็ต ความเร็วสูงเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server) ย่านความถี่หนึ่งสำหรับการสื่อสารแบ่งออกเป็นหลายช่อง ความถี่ Access Point กับคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายจะตกลงเลือกใช้ช่องความถี่เดียวกันทั้งเครือข่าย

ดังนั้นถ้ามี Access Point หลายตัวอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันแต่ละเครือข่ายก็จะมีช่องความถี่ที่ใช้สื่อสารของตัวเอง แต่หากมีเครือข่ายมากเกินไปก็จะทำให้สัญญาณรบกวนกันได้ความเร็วการรับส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับระยะทาง สิ่งรบกวน เช่น อุปกรณ์ไร้สายอื่นที่ใช้คลื่นความถี่ใกล้เคียงกันกรณีติดตั้งภายในอาคาร มีผนัง กำแพง เสา ฯลฯ เมื่อคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ห่าง Access Point ความเร็วจะลดลงเป็นลำดับ เช่นจาก 11 เมกะบิตต่อวินาที (Megabit Per Second : Mbps) เป็น 5.5 เมกะบิตต่อวินาที เมื่อเคลื่อนออกไปไกลกว่านี้เหลือ 2 เมกะบิตต่อวินาที หรือ 1 เมกะบิตต่อวินาที หากไกลมากกว่านี้จะรับส่งข้อมูลไม่ได้ และองค์กรที่มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรือ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) ได้กำหนดมาตรฐานเครือข่ายไร้สายโดยใช้ การกำหนดตัวเลข 802.11 แล้วตามด้วยตัวอักษร เช่น 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n เป็นต้น ตัวอักษรต่อท้ายจะหมายถึงกลุ่มที่กำหนดมาตรฐานโดยแต่ละกลุ่มจะทำการพัฒนาขีดความสามารถของระบบให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม ความแตกต่างระหว่าง มาตรฐาน 802.11b, 802.11a และ 802.11g สรุปได้ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 เปรียบเทียบ Specification IEEE 802.11

	802.11b	802.11a	802.11g
เวลาประกาศใช้	กรกฎาคม 2542	กรกฎาคม 2542	มิถุนายน 2546
เทคโนโลยี	CCK	OFDM	OFDM and CCK
อัตราส่งข้อมูลสูงสุด	11 เมกะบิตต่อวินาที	54 เมกะบิตต่อวินาที	54 เมกะบิตต่อวินาที
อัตราการส่งข้อมูล	1, 2, 5.5, 11 เมกะบิตต่อวินาที	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 เมกะบิตต่อวินาที	CCK: 1, 2, 5.5, 11 เมกะบิตต่อวินาที OFDM: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 เมกะบิตต่อวินาที
คลื่นความถี่	2.4 - 2.497 กิกะเฮิรตซ์	5.15 - 5.35 กิกะเฮิรตซ์	5.425 - 5.675 กิกะเฮิรตซ์ 5.725 - 5.875 กิกะเฮิรตซ์ 2.4 - 2.497 กิกะเฮิรตซ์
ระยะทาง	100 เมตร (300 ฟุต)	50 เมตร (150 ฟุต)	100 เมตร (300 ฟุต)

IEEE802.11b เป็นเครือข่ายไร้สาย มาตรฐาน IEEE802.11b ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆบนระบบใช้ความถี่ส่งสัญญาณในช่วง 2.4 กิกะเฮิรตซ์ (ย่านความถี่ ISM Band) และกลไกการส่งสัญญาณเป็น

แบบ Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) มีความเร็วสื่อสารข้อมูลตั้งแต่ 1 เมกะบิตต่อวินาที 2 เมกะบิตต่อวินาที, 5.5 เมกะบิตต่อวินาที และสูงสุดที่ 11 เมกะบิตต่อวินาที

IEEE802.11a เป็นมาตรฐานของเครือข่ายไร้สายที่มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลสูงสุดที่ 54 เมกะบิตต่อวินาที โดยจะสูงกว่าเครือข่ายไร้สายมาตรฐาน IEEE802.11b ประมาณ 5 เท่า ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า “Wi-Fi5” ความเร็วสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์เริ่มตั้งแต่ 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 และ 54 เมกะบิตต่อวินาที ใช้ความถี่ส่งสัญญาณในช่วง 5 กิกะเฮิรตซ์ โดยมีกลไกการส่งสัญญาณแบบ Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) ซึ่งเป็นวิธีที่ดีกว่า IEEE802.11b ที่สามารถส่งได้เร็วกว่าโดยใช้แบนด์วิดท์เท่าเดิม

IEEE802.11g มาตรฐานเครือข่ายไร้สายที่ออกมาล่าสุดก็คือ IEEE802.11g มาตรฐานนี้พัฒนาขึ้นเพื่อให้อุปกรณ์ไร้สายสามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 54 เมกะบิตต่อวินาที โดยใช้ความถี่ส่งสัญญาณในช่วง 2.4 กิกะเฮิรตซ์ มีกลไกการส่งสัญญาณแบบ DSSS และ OFDM ความพิเศษของอุปกรณ์ไร้สายที่ใช้มาตรฐาน IEEE802.11g คือสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ไร้สายมาตรฐาน IEEE802.11b ที่ความเร็ว 11 เมกะบิตต่อวินาที อยู่แล้วโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ใหม่ใดๆ ทั้งสิ้น

2.2.2 ระบบเครือข่ายไร้สาย เกิดขึ้นครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1971 โดยโปรเจกต์ของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยฮาวาย ที่ชื่อว่า “ALOHNET” ขณะนั้นลักษณะการส่งข้อมูลเป็นแบบ Bi-Directional ส่งไป-กลับง่ายๆ ผ่านคลื่นวิทยุ สื่อสารกันระหว่างคอมพิวเตอร์ 7 เครื่อง ซึ่งตั้งอยู่ บนเกาะ 4 เกาะ โดยรอบและมีศูนย์กลางการเชื่อมต่ออยู่ที่เกาะๆ หนึ่งที่ชื่อว่า Oahu ระบบเครือข่ายไร้สายคือระบบการสื่อสารข้อมูลที่มีความคล่องตัวมาก ซึ่งอาจจะนำมาใช้ทดแทนหรือเพิ่มต่อกับระบบเครือข่ายแลนไร้สายแบบดั้งเดิม โดยใช้การส่งคลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุ RF และ คลื่นอินฟราเรด(Infrared) ในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องผ่านอากาศ, ทะลุกำแพง, เพดานหรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย นอกจากนั้นระบบเครือข่ายไร้สายก็ยังมีคุณสมบัติครอบคลุมทุกอย่างเหมือนกับระบบเครือข่ายแบบใช้สาย ที่สำคัญก็คือการที่มันไม่ต้องใช้สายทำให้การเคลื่อนย้ายการใช้งานทำได้โดยสะดวกไม่เหมือนระบบเครือข่ายแบบใช้สาย ที่ต้องใช้เวลาและการลงทุนในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการใช้งาน เครื่องคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันนี้โลกของเราเป็นยุคแห่งการติดต่อสื่อสาร เทคโนโลยีต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินธุรกิจและการใช้ชีวิตประจำวัน ความต้องการข้อมูลและการบริการต่างๆ มีความจำเป็นสำหรับนักธุรกิจ เทคโนโลยีที่สนองต่อความต้องการเหล่านั้นมีมากมาย เช่น โทรศัพท์มือถือ, เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก, และเครื่องปาล์ม (Palm) ได้ถูกนำมาใช้เป็นอย่างมากและผู้ที่น่าจะได้ประโยชน์จากการใช้ ระบบเครือข่ายไร้สาย มีมากมายไม่ว่าจะเป็น

หมอหรือพยาบาลในโรงพยาบาล เพราะสามารถดึงข้อมูลมารักษาผู้ป่วยได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊กที่เชื่อมต่อกับ ระบบเครือข่ายไร้สายได้ทันที นักศึกษาในมหาวิทยาลัยก็สามารถใช้งาน โน้ตบุ๊ก เพื่อค้นคว้าข้อมูลในห้องสมุด ของมหาวิทยาลัย หรือใช้อินเตอร์เน็ต จากสนามหญ้า ในมหาวิทยาลัยได้ นักธุรกิจที่มีความจำเป็นต้องใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์นอกสถานที่ที่ทำงาน ปกติ ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนองานยังบริษัทลูกค้า หรือการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ติดตัวไปงาน ประชุมสัมมนาบุคคลเหล่านี้ มีความจำเป็นที่จะต้องเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กรซึ่งอยู่ห่างออกไปหรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์สาธารณะ เช่นเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เทคโนโลยี เครือข่ายไร้สายจึงน่าจะอำนวยความสะดวกให้กับบุคคล เหล่านี้ซึ่งในปัจจุบันได้มีการเปิดให้บริการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย ตามสนามบิน ใหญ่ๆ ทั่วโลก และนำมาใช้งานแพร่หลายในห้างสรรพสินค้า และโรงแรมต่างๆแล้ว

2.2.3 ประโยชน์ของระบบเครือข่ายไร้สาย

2.2.3.1 มีความคล่องตัวและยืดหยุ่นสูง (Mobility Improves Productivity & Service) ดังนั้นไม่ว่าเราจะเคลื่อนที่ไปที่ไหน หรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปตำแหน่งใด ก็ยังมีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายตลอดเวลา トラバิดที่ยังอยู่ในระยะการส่งข้อมูล

2.2.3.2 สามารถติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว (Installation Speed and Simplicity) เพราะ ไม่ต้องเสียเวลาติดตั้งสายเคเบิล และไม่รกรุงรัง

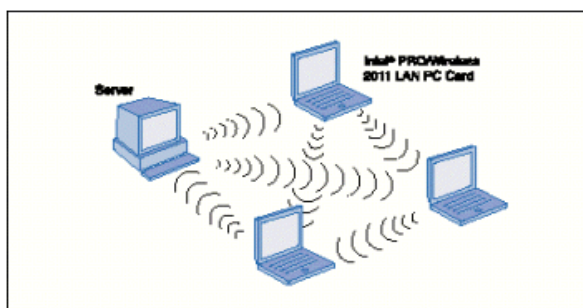
2.2.3.3 สามารถขยายระบบเครือข่ายได้ง่าย (Installation Flexibility) เพราะเพียงแค่มียุทธ การ์ดมาต่อเข้ากับโน้ตบุ๊ก หรือพีซีก็เข้าสู่เครือข่ายได้ทันที

2.2.3.4 ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม (Reduced Cost- of-Ownership) โดยที่ผู้ลงทุนต้องลงทุน ซึ่งมีราคาสูงเพราะในระยะยาวแล้ว ระบบเครือข่ายไร้สายไม่จำเป็นต้องเสียค่าบำรุงรักษาและการ ขยายเครือข่ายก็ลงทุนน้อยกว่าเดิมหลายเท่าเนื่องด้วยความสะดวกง่ายในการติดตั้ง

2.2.3.5 การปรับขนาด (Scalability) เครือข่ายไร้สายทำให้องค์กรสามารถปรับขนาด และความเหมาะสมได้ง่ายไม่ยุ่งยาก เพราะสามารถโยกย้ายตำแหน่งการใช้งาน โดยเฉพาะระบบที่มี การเชื่อมระหว่าง จุดต่อจุดเช่น ระหว่างตึก ระบบเครือข่ายไร้สาย เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ขนาดเล็กที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ไม่มากนัก และมักจำกัดอยู่ในอาคารหลังเดียว หรืออาคารใน ละแวกเดียวกันการใช้งานที่น่าสนใจที่สุดของเครือข่ายไร้สายก็คือความสะดวกสบายที่ไม่ต้องติด อยู่กับที่ผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยที่ยังสื่อสารอยู่ในระบบเครือข่าย

2.2.4 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายไร้สาย

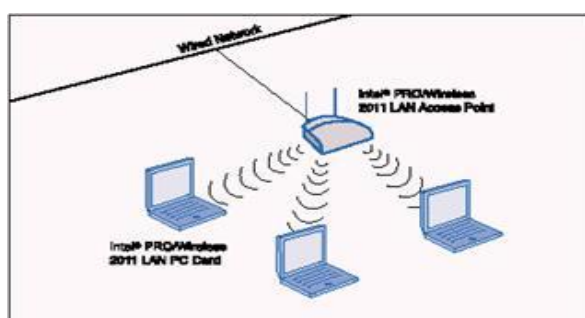
2.2.4.1 Peer-to-Peer (Ad Hoc Mode)



ภาพที่ 2.10 การเชื่อมต่อแบบ Peer-to-peer (ad hoc mode)

รูปแบบการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Peer to Peer เป็นลักษณะการเชื่อมต่อแบบโครงข่ายโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 เครื่องหรือมากกว่านั้น เป็นการใช้งานร่วมกันของ Wireless Adapter Cards โดยไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบใช้สายเลยโดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ละเครื่องจะมีความเท่าเทียมกัน สามารถทำงานของตนเองได้ และขอใช้บริการเครื่องอื่นได้ เหมาะสำหรับการนำมาใช้งานเพื่อจุดประสงค์ในด้านความรวดเร็วหรือติดตั้งได้โดยง่ายเมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับ เช่น ในศูนย์ประชุมหรือการประชุมที่จัดขึ้นนอกสถานที่

2.2.4.2 Client/Server (Infrastructure Mode)

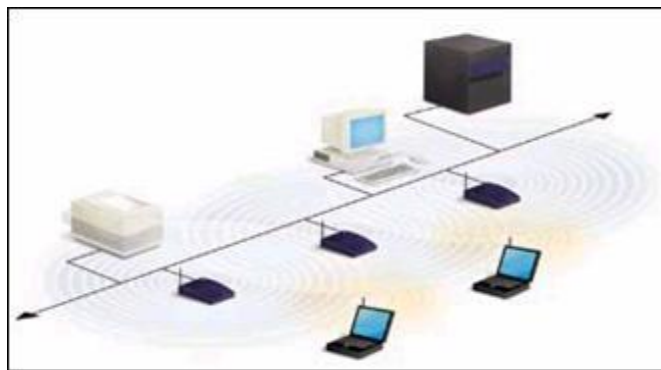


ภาพที่ 2.11 Client/Server (Infrastructure mode)

ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Client/Server หรือ Infrastructure Mode เป็นลักษณะการรับส่งข้อมูลโดยอาศัย Access Point หรือเรียกว่า “Hot spot” ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) โดยจะกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อ รับ-ส่งข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรัศมีของ Access Point จะกลายเป็นเครือข่ายกลุ่มเดียวกันทันทีโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ จะสามารถติดต่อกันหรือติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ โดยต้องติดต่อผ่าน Access Point เท่านั้น

ซึ่ง Access Point 1 จุด สามารถให้บริการเครื่องลูกข่ายได้ถึง 15-50 อุปกรณ์ ของเครื่องลูกข่ายเหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือข่ายหรือ ใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายแบบใช้สายเดิมในสถานที่ทำงาน, ห้องสมุด หรือในห้องประชุม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

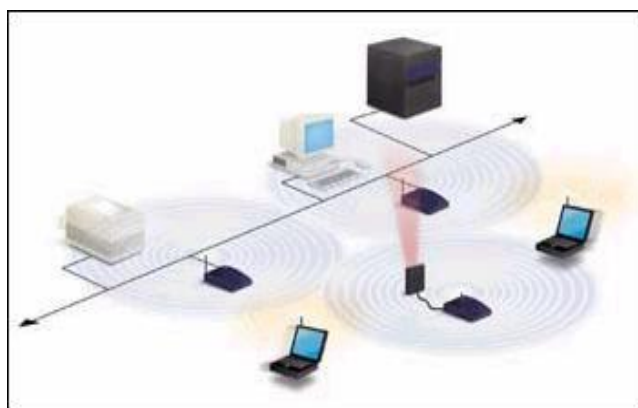
2.2.4.3 Multiple Access Points and Roaming



ภาพที่ 2.12 Multiple access points and roaming

โดยทั่วไปการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับ Access Point ของเครือข่ายไร้สายจะอยู่ในรัศมีประมาณ 500 ฟุต ภายในอาคาร และ 1000 ฟุต ภายนอกอาคาร หากสถานที่ที่ติดตั้งมีขนาดกว้างมากๆ เช่น คลังสินค้า บริเวณภายในมหาวิทยาลัย สนามบิน จะต้องมีการเพิ่มจุดการติดตั้ง Access Point ให้มากขึ้น เพื่อให้การรับส่งสัญญาณในบริเวณของเครือข่ายขนาดใหญ่เป็นไปอย่างครอบคลุมทั่วถึง

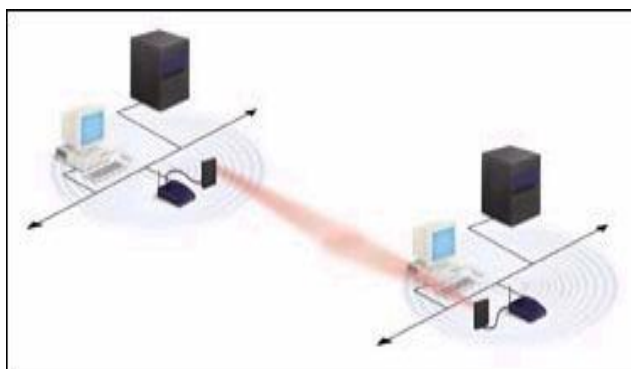
2.2.4.4 Use of an Extension Point



ภาพที่ 2.13 Use of an Extension Point

กรณีที่โครงสร้างของสถานที่ติดตั้งเครือข่ายแบบไร้สายมีปัญหาผู้ออกแบบระบบอาจจะใช้ Extension Points ที่มีคุณสมบัติเหมือนกับ Access Point แต่ไม่ต้องผูกติดไว้กับเครือข่ายไร้สายเป็นส่วนที่ใช้เพิ่มเติมในการรับส่งสัญญาณ

2.2.4.5 The Use of Directional Antennas



ภาพที่ 2.14 The Use of Directional Antennas

ระบบเครือข่ายไร้สายแบบนี้ เป็นแบบใช้เสาอากาศในการรับส่งสัญญาณระหว่าง อาคารที่อยู่ห่างกันโดยการติดตั้งเสาอากาศที่แต่ละอาคารเพื่อส่งและรับสัญญาณระหว่างกัน

2.2.5 อุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สาย

2.2.5.1 แลนการ์ดไร้สาย (Wireless LAN Card) ทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลดิจิทัลที่ได้จากการประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นคลื่นวิทยุ แล้วส่งผ่านสายอากาศให้กระจายออกไป และทำหน้าที่ในการรับเอาคลื่นวิทยุที่แพร่กระจายแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัลส่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล แลนการ์ดไร้สายที่ผลิตออกมาจำหน่ายมีหลายรูปแบบโดย แบ่งตามลักษณะช่องเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ได้ดังนี้

- แลนการ์ดแบบ PCI
- แลนการ์ดแบบ PCMCIA
- แลนการ์ดแบบ USB
- แลนการ์ดแบบ Compact Flash (CF)

2.2.5.2 อุปกรณ์เข้าใช้งานเครือข่าย (Wireless Access Point)

ทำหน้าที่เสมือนฮับ เชื่อมเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ไร้สายแบบต่างๆ เข้าด้วยกัน อีกทั้งเป็นสะพานเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับเครือข่ายอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ทำให้ระบบทั้งสองสามารถสื่อสารกันได้

2.2.5.3 สะพานเชื่อมโยงไร้สาย (Wireless Bridge)

ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตตั้งแต่สองระบบขึ้นไป เข้าด้วยกัน แทนการใช้สายสัญญาณข้อมูลที่สื่อสารระหว่างเครือข่ายอีเทอร์เน็ตจะถูกแปลงเป็นคลื่นวิทยุแล้วถูกแปลงไปยังปลายทาง

2.2.5.4 Wireless Broadband Router

ทำหน้าที่ในการต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ผ่านคู่สายโทรศัพท์ (Asymmetric Digital Subscriber Line : ADSL) หรือเคเบิลทีวี (United Broadcasting Corporating : UBC) ด้วยเทคโนโลยี Broadband Router ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานเป็นตัวค้นหาเส้นทาง, NAT (Network Address Translation : NAT), Firewall, VPN (Visual Private Network : VPN) ฯลฯ มาผสมผสานเข้ากับ Access Point ทำให้ผู้ใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ไร้สายนั้นสามารถสื่อสารข้อมูลไปยังระบบอินเทอร์เน็ต

2.2.5.5 Wireless Print Server

อุปกรณ์การแชร์เครื่องพิมพ์ บนระบบเครือข่ายไร้สาย

2.2.5.6 Power Over Ethernet Adapter

ทำหน้าที่แยกสาย UTP ที่มีสายทองแดงตีเกลียวอยู่ข้างใน 4 คู่โดยสายทองแดงสำหรับใช้สื่อสารข้อมูลใช้เพียง 2 คู่เท่านั้น ส่วนสายทองแดงอีก 2 คู่สามารถใช้อุปกรณ์ตัวนี้นำมาใช้เป็นเส้นทางสำหรับส่งแรงดันไฟฟ้าไปให้กับตัว Access Point ได้

2.2.5.7 สายอากาศ (Antenna)

ทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลในรูปของกระแสไฟฟ้า ที่ส่งออกมาจากภาคส่งของอุปกรณ์ไร้สายให้กลายเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่กระจายออกไป ในอากาศและสายอากาศยังทำหน้าที่รับเอาคลื่นอุปกรณ์ไร้สายเครื่องอื่นๆ ส่งออกมาแปลงกลับให้อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าส่งให้ภาครับต่อไป

2.2.6 ประโยชน์ของระบบ Wireless LAN

2.2.6.1 สะดวกในการเคลื่อนย้ายและติดตั้ง เนื่องจากเครือข่ายไร้สายนั้นไม่จำเป็นต้องมีสายเคเบิลในการต่อพ่วง

2.2.6.2 ง่ายในการติดตั้ง เพราะไม่จำเป็นต้องเดินสายเคเบิล

2.2.6.3 ลดค่าใช้จ่าย เนื่องจากไม่ต้องจำเป็นต้องเสียค่าบำรุงรักษาในระยะยาว

2.2.6.4 สามารถขยายเครือข่ายได้ไม่จำกัด

2.3 ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded)

บอร์ด ET-EASY MEGA 1280 ได้เลือกใช้ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega1280 ที่เป็นชิปตระกูล AVR ของบริษัท Atmel รองรับการใช้โปรแกรมภาษาซี 128 กิโลไบต์ (Kilobyte : KB) มีหน่วยความจำแรม (Random Access Memory : RAM) 8 กิโลไบต์ มีอีอีพรอม (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory : EEPROM) 4 กิโลไบต์ สำหรับใช้เป็นที่เก็บข้อมูล

ถาวรได้เมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และยังมีขาอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output) สำหรับต่อใช้งานทั่วไป 86 ขา มีขา PWM (Pulse Width Modulation : PWM) ที่สามารถกำหนดความละเอียดได้ระดับ 16 บิต (Bit) ให้ใช้งานถึง 12 ช่องสัญญาณ มีช่องสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Port) จำนวน 4 พอร์ต และสามารถแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Conversion : ADC) อีก 16 ช่องสัญญาณ ซึ่งจะเห็นว่ามีความสามารถพื้นฐานที่มากพอสำหรับงานควบคุมที่หลากหลาย

2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ด ET-EASY MEGA1280

2.3.1.1 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตประสิทธิภาพสูงแต่ใช้พลังงานต่ำในตระกูล AVR

2.3.1.2 สถาปัตยกรรมแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer)

2.3.1.3 มีระบบโปรแกรมตัวเองอยู่ในตัวชิพ

2.3.1.4 สามารถทำการอ่านขณะเขียนได้จริงโดยสามารถล๊อคการทำงานได้เพื่อความปลอดภัยของซอฟต์แวร์

2.3.1.5 มีการเชื่อมประสานกับ JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant)

2.3.1.6 มีตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัว ที่สามารถแยกโหมดการทำงานจากกันได้ 2 โหมด คือ Prescaler และ Compare

2.3.1.7 มีตัวนับเวลาจริง (Real Time Counter : RTC) ที่แยกวงจรกำหนดความถี่ได้

2.3.1.8 มี PWM จำนวน 12 ช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดความละเอียดได้ 16 บิต

2.3.1.9 มีตัวปรับผลการเปรียบเทียบของเอาต์พุต

2.3.1.10 แปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นดิจิทัลขนาด 10 บิต จำนวน 16 ช่องสัญญาณ

2.3.1.11 มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมที่สามารถกำหนดอัตราการรับ/ส่งได้จำนวน 4 พอร์ต

2.3.1.12 มีตัวเปรียบเทียบสัญญาณแบบอนาล็อกอยู่ในตัว

2.3.1.13 มีการรองรับการขัดจังหวะและการเวก-อัพ (Wake-Up) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

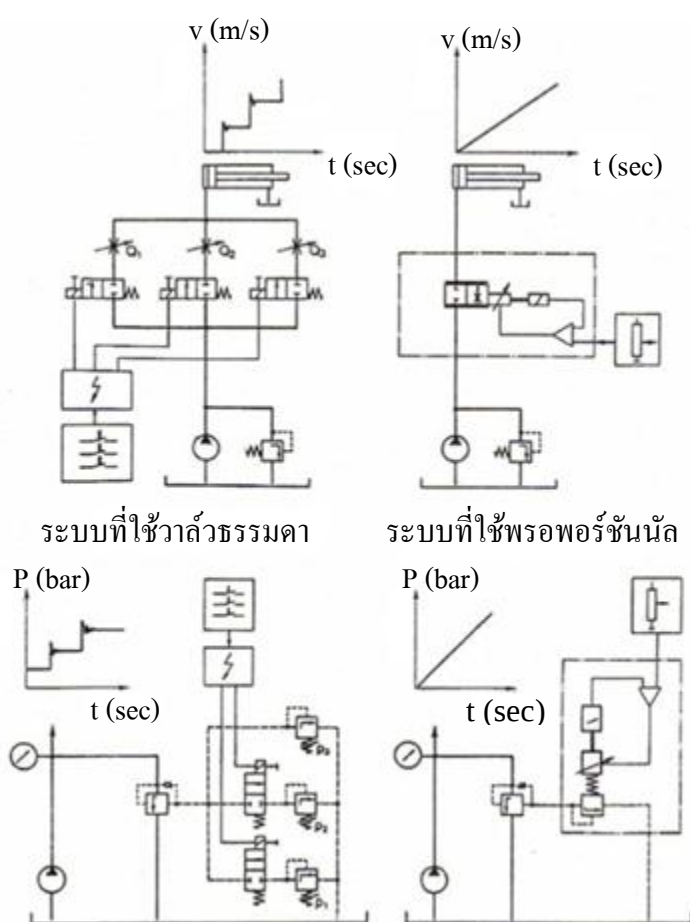
2.3.1.14 มีขาของอินพุต/เอาต์พุตที่สามารถกำหนดการทำงานได้ 86 ขา

2.3.1.15 ตัวถังแบบ TQFP ชนิด 100 ขา

2.3.1.16 ช่วงอุณหภูมิที่ชิพทำงานได้ -40 องศาเซลเซียส ถึง 85 องศาเซลเซียส

2.4 ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic System)

เนื่องจากในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี เครื่องจักรกลและอุปกรณ์การทำงานได้เพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้นอย่างมากมาย แม้แต่ในด้านการควบคุมเองก็ตามได้มีการคิดสร้างอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ควบคุมให้มีความสามารถตามวัตถุประสงค์ของเครื่องจักร ในเรื่องของระบบไฮดรอลิกได้เกิดอุปกรณ์ขึ้นใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของกระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกให้ทำงานได้อย่างนุ่มนวลและเที่ยงตรงตลอดเวลาหรือเอาไว้ใช้เพื่อลดความเสียหายของการทำงานของอุปกรณ์ที่จะต้องมีการกระแทกกันอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นอุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิกจึงเกิดคำว่าระบบควบคุมแบบพรอพอร์ชันนัล (Proportional Control System)



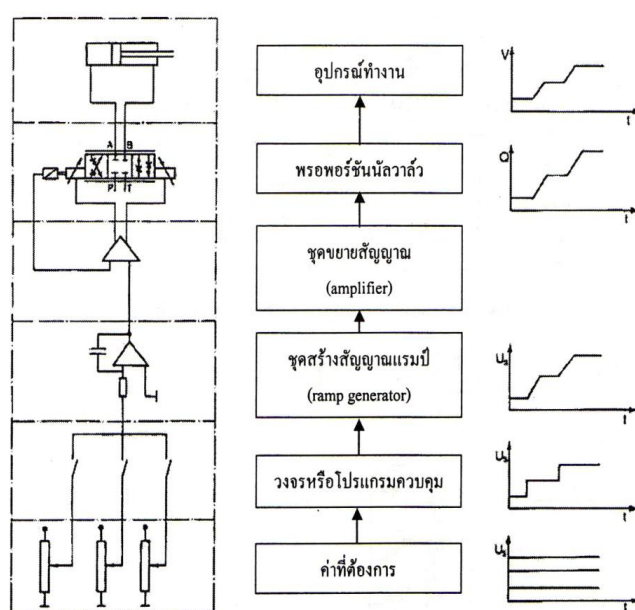
ภาพที่ 2.15 การใช้พรอพอร์ชันนัลแทนวาล์วธรรมดาในระบบไฮดรอลิก

ข้อได้เปรียบของระบบพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิกเมื่อเปรียบเทียบกับระบบไฮดรอลิกที่ใช้วาล์วเปิด/ปิดธรรมดาทั่วไป สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ข้อได้เปรียบของระบบพอร์ซันนัลไฮดรอลิกเปรียบเทียบกับ ระบบไฮดรอลิกที่ใช้ วาล์วธรรมดา

ความสามารถในการปรับ	- สามารถปรับอัตราการไหลและความดันโดยผ่านทางสัญญาณอินพุตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง - ปรับอัตราการไหลและความดันในขณะที่ ทำงานอัตโนมัติ
ผลต่ออุปกรณ์ขับเคลื่อน	- มีความเป็นอัตโนมัติ, ต่อเนื่องและมีความละเอียดในการปรับ แรง หรือแรงบิด, ความเร็ว, ความเร่ง, และตำแหน่งหรือมุมของการหมุน
ผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน	- สิ้นเปลืองพลังงานน้อยลงในการควบคุมและอัตราการไหล
วงจรไฮดรอลิก	- วาล์วแบบพอร์ซันนัลสามารถทำหน้าที่แทนวาล์วต่างๆ ได้ เช่น วาล์วควบคุมทิศทางและวาล์วควบคุมการไหล ทำให้วงจรไม่ซับซ้อน

สำหรับระบบพอร์ซันนัลไฮดรอลิก จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญดังแสดงดังในภาพที่ 2.16 โดยในส่วนของการควบคุมจะใช้แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักรวมอยู่ในชุดเดียวกัน



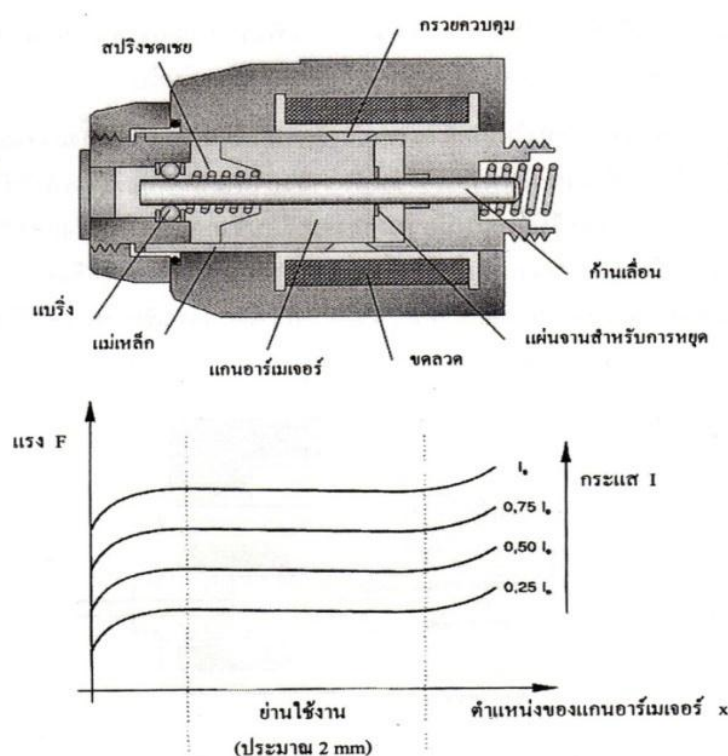
ภาพที่ 2.16 ส่วนประกอบหลักของระบบพอร์ซันนัลไฮดรอลิก

2.4.1 พรอพอร์ชันนัลวาล์ว

จากส่วนประกอบหลักของระบบพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิก ซึ่งแสดงในภาพที่ 2.17 อันดับแรกเราจะมาทำความรู้จักกับพรอพอร์ชันนัลวาล์วก่อน (Proportion ความหมายในภาษาไทยคือสัดส่วน)

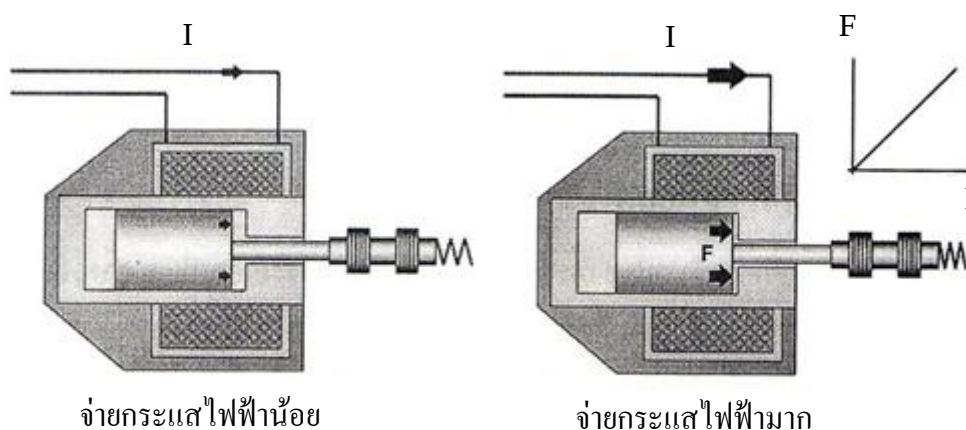
2.4.2 พรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์ (Proportional Solenoid)

โครงสร้าง และหลักการทำงานของ พรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์จะมีส่วนที่แตกต่างออกไปจากวาล์วเปิด/ปิดทั่วไป คือมีกรวยควบคุม (Control Cone) ที่สร้างจากวัสดุที่เป็น แม่เหล็กไม่ได้ (Non-Magnet Sable Material) โดยกรวยดังกล่าวจะมีผลต่อการจัดเรียงเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้น จากโครงสร้างที่เพิ่มเข้ามานี้เองทำให้แรงที่ได้เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของระดับกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาและพฤติกรรมดังกล่าวจึงเป็นที่มาของคำว่า พรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์ จะมีการทำงานแบบต่อเนื่อง (Analog) ซึ่งต่างจากโซลินอยด์ทั่วไปที่เป็นการทำงานแบบเปิด/ปิด



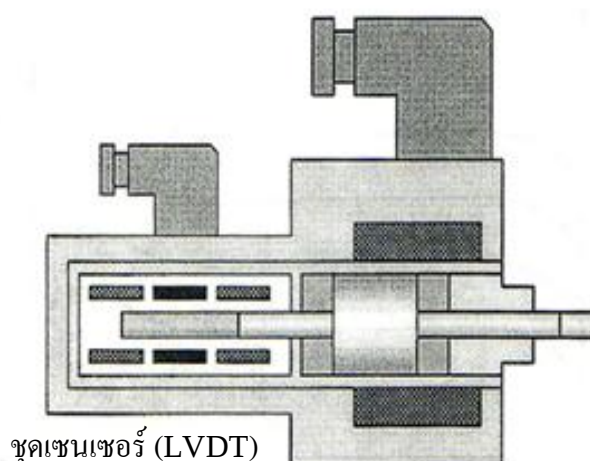
ภาพที่ 2.17 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว แรงที่ได้พรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสที่ป้อนเข้าไปในชุดขดลวด เพื่อให้เห็นภาพในกรณีที่น่ามาใช้ร่วมกับวาล์ว (เป็นพรอพอร์ชันนัลวาล์ว) ตัวอย่างจากภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการนำเอาพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์มาใช้ร่วมกับวาล์ว

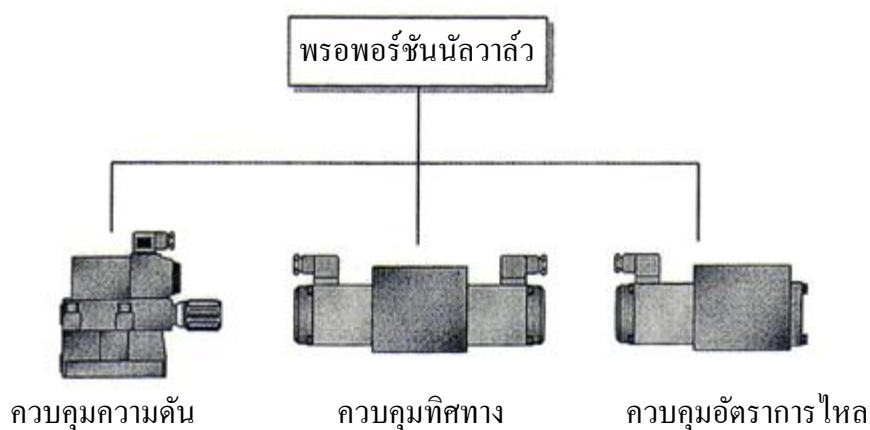
จากภาพที่ 2.18 จะเห็นว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าน้อยๆ ให้กับโซลินอยด์แรงที่เกิดขึ้นจะน้อย ส่งผลให้ระยะ ในการเคลื่อนที่น้อยตามไปด้วย และในทำนองเดียวกัน หากเพิ่มปริมาณการจ่าย กระแสให้กับชุดโซลินอยด์แรงที่เกิดขึ้นก็จะเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะการเคลื่อนที่มากขึ้นตามไปด้วย เช่นกัน เนื่องจากผลที่เกิดจากการทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก แรงเสียดทาน รวมทั้งแรงจากการไหล ของน้ำมันล้นแล้วแต่มีผลต่อการทำงานของพรอพอร์ชันนัลวาล์วทั้งสิ้น นั่นก็จะมีผลทำให้ ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของแกนอาร์เมเจอร์ (Armature) ไม่ถูกต้อง มีความคลาดเคลื่อน จากความเป็นจริงและไม่สอดคล้องกับค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไป ดังนั้นสำหรับงานบางประเภท ที่ต้องการความแม่นยำสูงจึงต้องใช้เซนเซอร์ (Sensor) ในการตรวจจับการเคลื่อนตัวของ แกนอาร์เมเจอร์หรือสปีดของวาล์วซึ่งเราอาจเรียกพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์ดังที่กล่าวนี้ว่าเป็นการ ควบคุมแบบควบคุมช่วงชัก (Stroke Controlled)



ภาพที่ 2.19 การใช้เซนเซอร์ควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์

2.4.3 ประเภทของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว

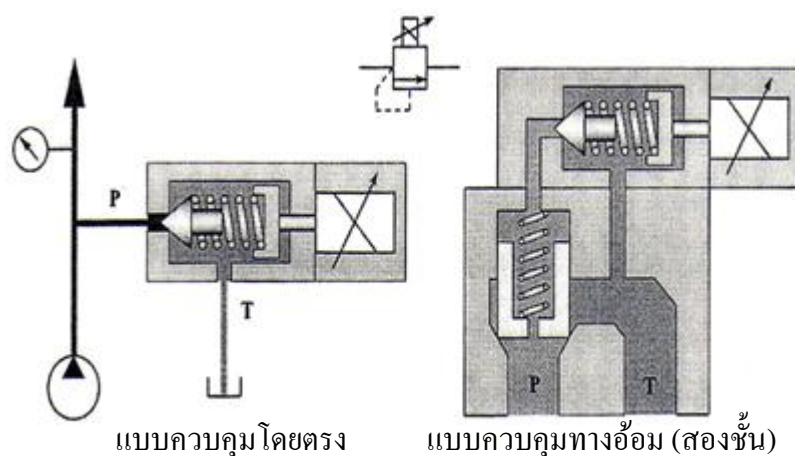
ดังที่ทราบเป็นการดื้ออยู่แล้วว่า วาล์วในระบบไฮดรอลิกโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มด้วยกันซึ่งนั่นหมายความว่า พรอพอร์ชันนัลวาล์วก็สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มด้วยเช่นกัน คือ วาล์วควบคุมความดัน, ควบคุมทิศทาง และ วาล์วควบคุมอัตราการไหล



ภาพที่ 2.20 ประเภทของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว

2.4.3.1 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมความดัน

เราสามารถปรับค่าความดันของน้ำมันไฮดรอลิกได้โดยผ่านสัญญาณทางไฟฟ้าที่ป้อนให้กับพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมความดัน ในภาพที่ 2.21 เป็นการแสดงตัวอย่างหลักการของวาล์วปลดความดันแบบพรอพอร์ชันนัล

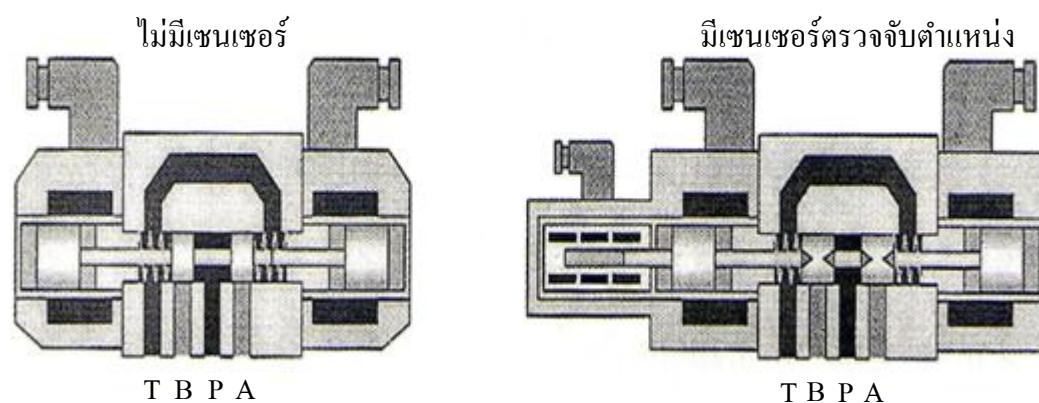


ภาพที่ 2.21 วาล์วปลดความดันแบบพรอพอร์ชันนัล

หากมีพื้นฐานความรู้ในเรื่องของวาล์วควบคุมความดันอย่างเพียงพอ ดังนั้นสำหรับ พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมความดันคงไม่มีปัญหาอะไร เนื่องจากการเปลี่ยนจากการใช้มือปรับมาใช้สัญญาณทางไฟฟ้าปรับการทำงานแทนนั่นเอง จากภาพที่ 2.21 ความดันที่ช่อง P จะกระทำกับหน้ากรวยควบคุมซึ่งผ่านน้ำมันมาจากช่องนำ (Pilot) ของลิ้นควบคุมโดยพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์จะออกแรงด้านในทิศทางตรงข้าม ซึ่งการปรับขนาดของแรงด้านนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าโซลินอยด์ กล่าวคือ กรวยน้ำมันจะยังคงปิดช่องน้ำมัน T อยู่ตลอดจนกว่าแรงที่เกิดจากโซลินอยด์มีค่าน้อยกว่าแรงที่เกิดจากความดันน้ำมันน้ำมันจึงจะถูกระบายออกที่ช่อง T ได้

2.4.3.2 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง

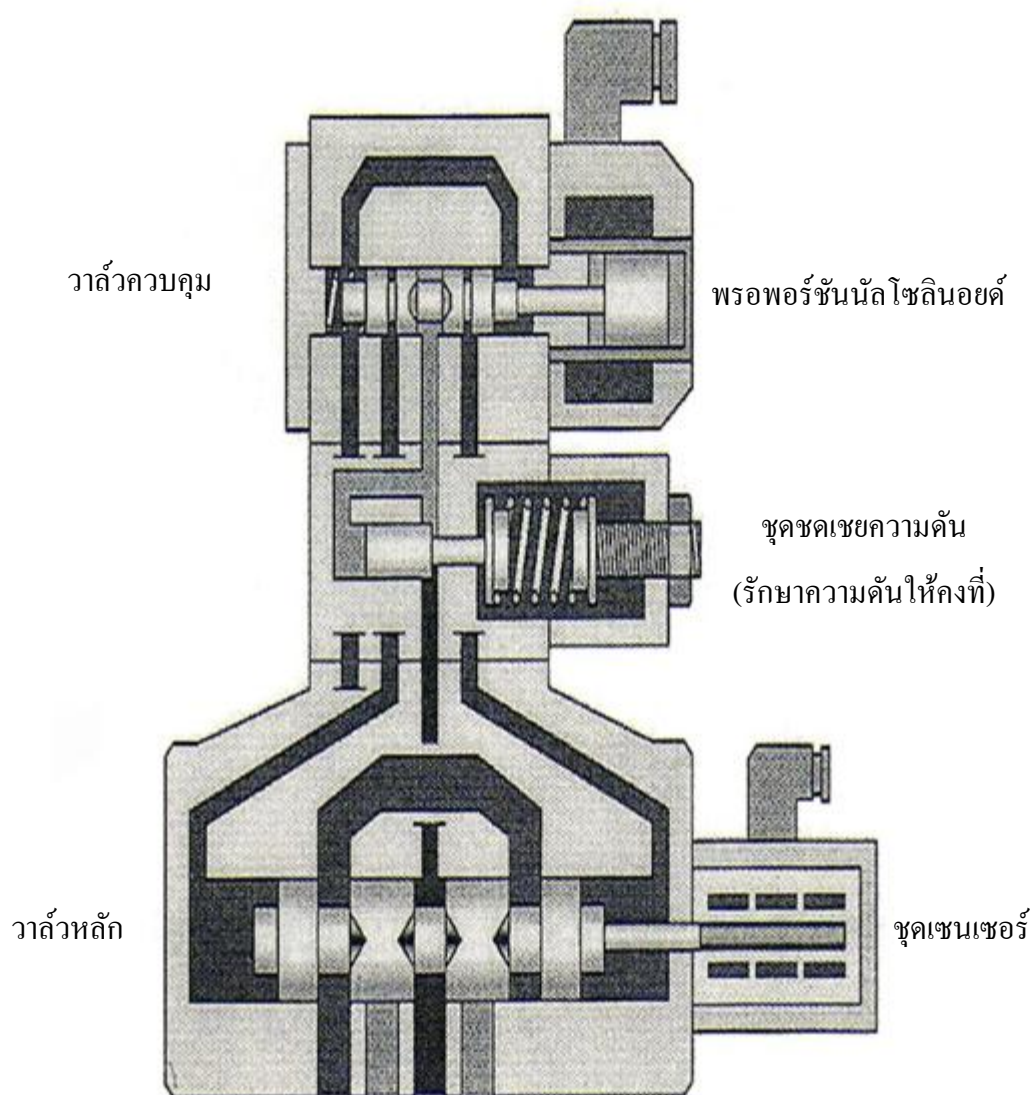
สำหรับพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง มีลักษณะของการออกแบบ คล้ายคลึงกับวาล์ว 4/3 (ตำแหน่งกลางปกติปิด) ทั่วไป แต่จะมีลักษณะพิเศษตรงที่สามารถปรับอัตราการไหลได้ด้วย ในภาพที่ 2.22 เป็นโครงสร้างและหลักการทำงานของพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง



ภาพที่ 2.22 พรอพอร์ชันนัลวาล์ว ควบคุมทิศทางชนิดควบคุมโดยตรง

จากภาพที่ 2.22 หากสัญญาณไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ วาล์วจะอยู่ตรงกลางด้วยแรงของสปริงทั้งสองด้าน แต่หากเราค่อยๆ จ่ายสัญญาณไฟเข้าไปยังสัญญาณไฟโซลินอยด์ด้านขวามือก็จะทำให้ลิ้นวาล์วค่อยๆ เลื่อนไปทางซ้าย น้ำมันจากช่อง P จะต่อกับช่อง B และ A จะต่อกับ T และหากเราค่อยๆ จ่ายสัญญาณไฟฟ้าเข้าไปยังโซลินอยด์ด้านซ้ายมือก็จะทำให้ลิ้นวาล์วค่อยๆ เลื่อนไปทางขวา น้ำมันจากช่อง P จะต่อกับ A และ B จะต่อกับ T ดังที่ได้อธิบายมา เราจะได้เห็นว่า พรอพอร์ชันนัลวาล์วแบบนี้ นอกจากควบคุมทิศทางน้ำมันได้แล้วยังสามารถควบคุมการไหลของน้ำมันได้อีกด้วย

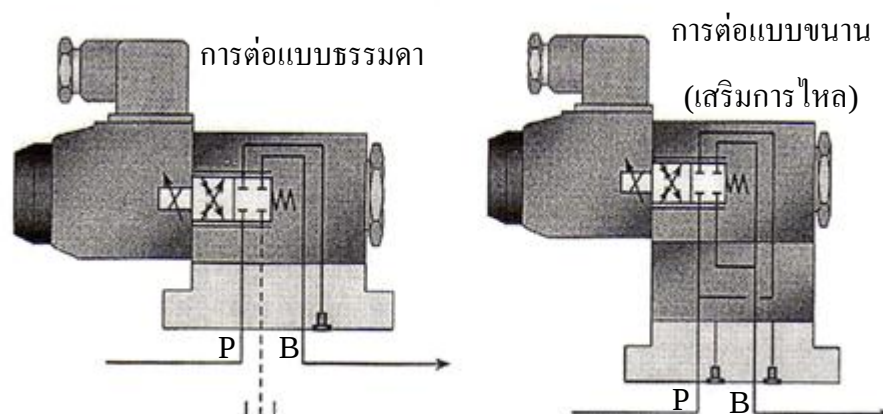
ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณและทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปยังโซลินอยด์ ในการควบคุมที่ต้องการความละเอียดและความแม่นยำสูงสุด โซลินอยด์จะต้องมีเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งการเคลื่อนที่ติดตั้งร่วมอยู่ด้วย ดังที่เคยได้กล่าวถึงไว้ในตอนต้น นอกจากนี้ หากเป็นระบบไฮดรอลิกขนาดใหญ่ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานทางไฟฟ้า การทำงานของวาล์วต้องเป็นชนิดที่สั่งงานทางอ้อม ซึ่งการตรวจจับตำแหน่งอาจจะอยู่ที่วาล์วหลักหรืออาจใช้เซนเซอร์สองชุดก็ได้เช่นกันภาพที่ 2.23 เป็นอีกตัวหนึ่งของพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง



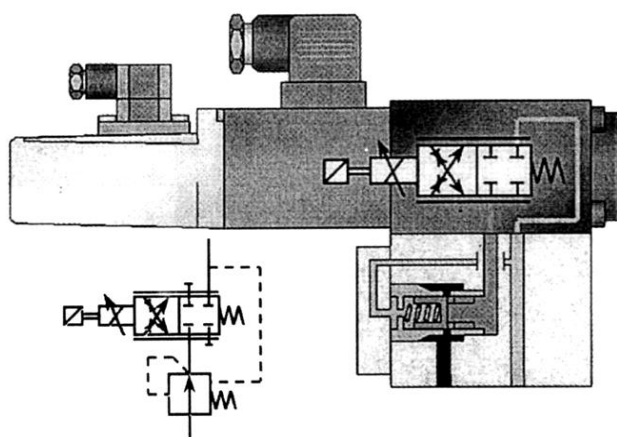
ภาพที่ 2.23 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทางชนิดสั่งงานทางอ้อมและมีเซนเซอร์ตรวจจับ

2.4.3.3 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมการไหล

จริงๆ แล้ววาล์วกลุ่มนี้ไม่ได้รับความนิยมมากนัก เนื่องจากพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทางก็สามารถปรับการไหลได้ภายในตัวของมันเอง อย่างไรก็ตามสำหรับพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมการไหลอัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับ การเปิดของลิ้นปะควบคุม (ซึ่ง ถูกกำหนดมาจากสัญญาณไฟฟ้าควบคุม) และความดันตกคร่อม (Pressure Drop) ที่ตัววาล์ว ดังนั้นเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าอัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุมเพียงอย่างเดียว จึงจำเป็นต้องรักษาความดันตกคร่อมให้มีค่าคงที่ไว้ซึ่งสามารถกระทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น เพิ่มส่วนสร้างระดับความสมดุล ของความดัน (Hydrostat) รวมไว้ในตัววาล์ว



ภาพที่ 2.24 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมการไหล



ภาพที่ 2.25 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมการไหลแบบมีชุดรักษาระดับความดัน

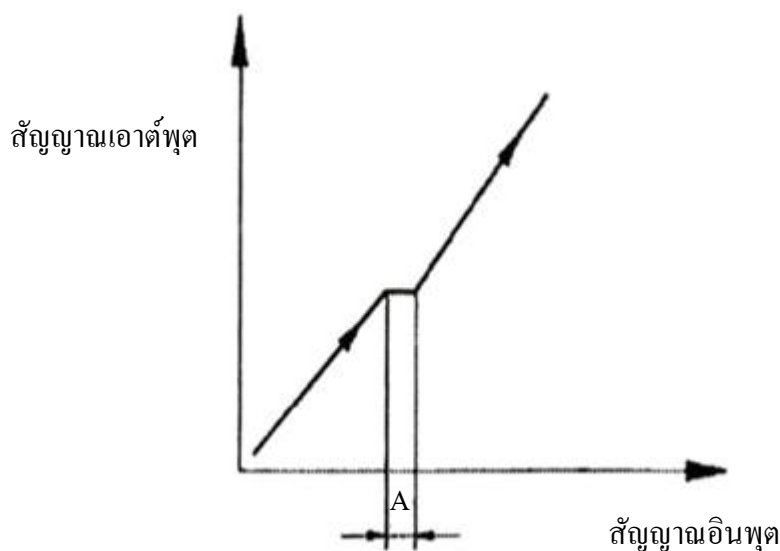
2.4.4 คุณสมบัติของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว

มีความเป็นไปได้ไม่น้อยมากที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอินพุตซึ่งในที่นี้คือค่ากระแสไฟฟ้าและตัวแปรเอาต์พุต ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของแรงดันหรืออัตราไหลจะเกิดเป็นกราฟเชิงเส้น ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุหลายๆประการด้วยกัน เช่น ความเสียดทานของสปริง รูปร่างของบ่าลูกสูบสปริงการเหลื่อมของบ่าลูกสูบสปริง (Overlap) แรงต้านทานจากสปริง และผลจากการสร้างอำนาจแม่เหล็ก ฯลฯ

2.4.5 พฤติกรรมของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว

การเบี่ยงเบนจากพฤติกรรมในอุดมคติของพรอพอร์ชันนัลวาล์วไม่ว่าจะเกิดขึ้นจากเหตุผลก็ตามจะทำให้เกิดพฤติกรรมต่างๆขึ้นกับพรอพอร์ชันนัลวาล์วดังนี้

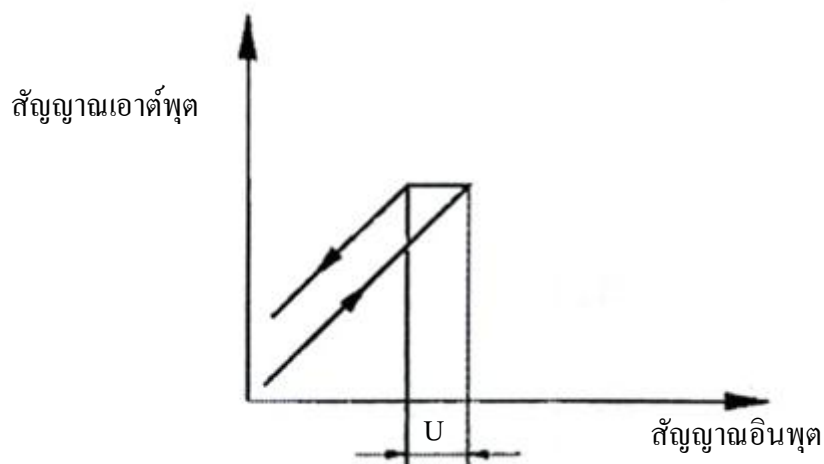
2.4.5.1 ความเร็วในการตอบสนอง (Response Sensitivity) ในกรณีเมื่อมีกระแสไฟฟ้า (สัญญาณอินพุต) ไหลผ่านโซลินอยด์แกนอาร์เมเจอร์จะเคลื่อนที่ (สัญญาณเอาต์พุต) และทันทีที่แกนกระแสไฟฟ้าคงที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงทำให้แกนอาร์เมเจอร์หยุดการเคลื่อนที่หากต้องการให้แกนอาร์เมเจอร์เริ่มมีการเคลื่อนที่ต่อไปในทิศทางเดิม ก็จะต้องมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย การเพิ่มค่าในการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เรียกว่า “ความเร็วในการตอบสนอง”



ภาพที่ 2.26 กราฟแสดงความเร็วในการตอบสนอง

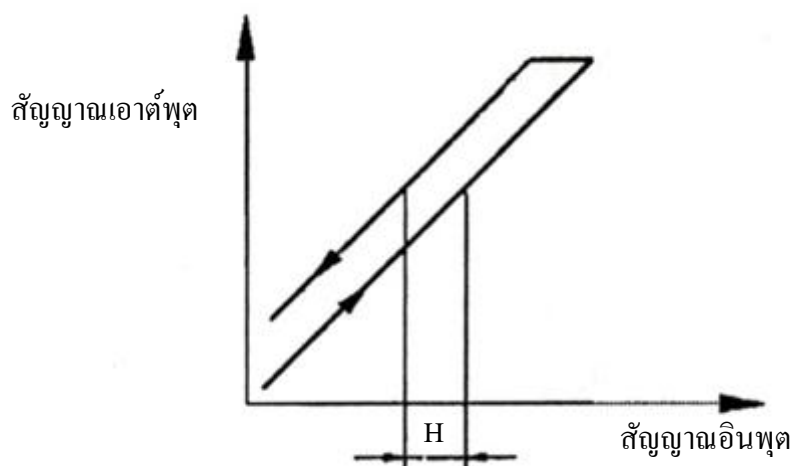
2.4.5.2 ช่วงของการผันกลับ (Inversion Range) พฤติกรรมดังกล่าวจะมีลักษณะเช่นเดียวกับ กรณีของความไวในการตอบสนอง แต่จะต่างกันตรงที่เป็นการให้แกนอาร์เมเจอร์

เคลื่อนที่กลับในทิศทาง การจ่ายไฟฟ้าลงจากตอนแรก ซึ่งช่วงระยะความแตกต่างที่เกิดขึ้นของเส้นกราฟนี้เรียกว่า “ช่วงของการผันกลับ”



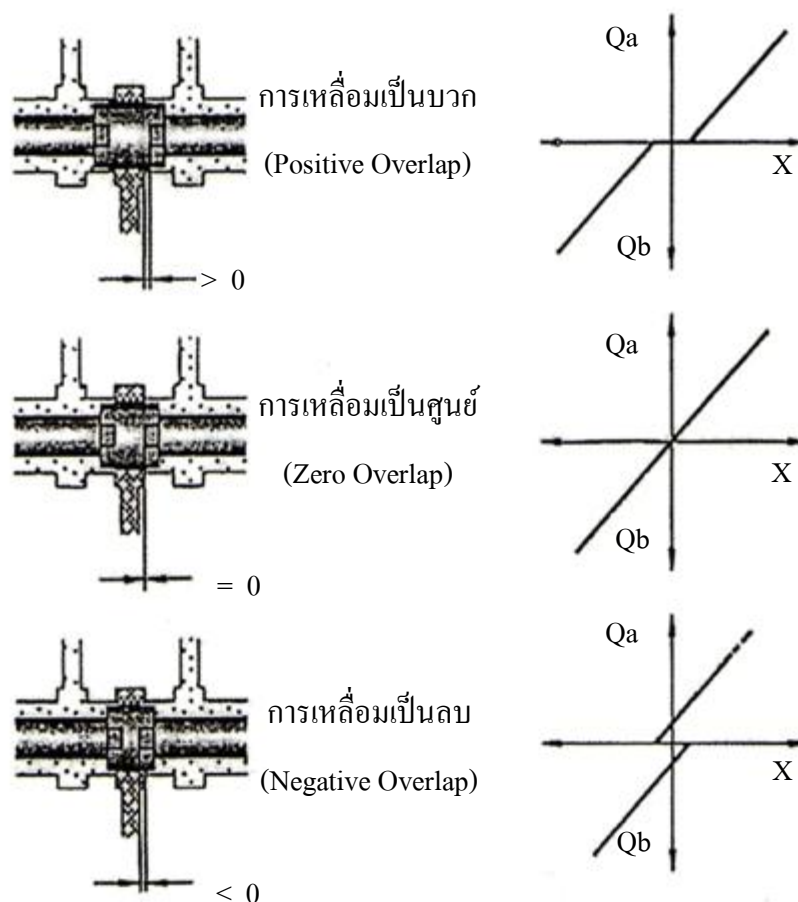
ภาพที่ 2.27 กราฟแสดงช่วงของการผันกลับ

2.4.5.3 ฮิสเทรีซิส (Hysteresis) ในกรณีที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับพรอพอร์ชันนัลวาล์วตลอดย่านที่ถูกกำหนดไว้ทั้งตอนที่เพิ่มขึ้นและลดลงแม้ว่าสัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุตเป็นค่าเดียวกันก็ตาม แต่สัญญาณเอาต์พุตจะมีค่าที่แตกต่างกันและช่วงระยะความแตกต่างที่มากที่สุดเรียกว่า “ฮิสเทรีซิส”



ภาพที่ 2.28 กราฟแสดงฮิสเทรีซิส

2.4.5.4 การเหลื่อมของลิ้นวาล์ว (Overlap) การเหลื่อมกันของลิ้นวาล์วหรือสปลูกับช่องทางของน้ำมันที่ตัวเรือนวาล์วจะมีผลต่ออัตราการไหลต่อสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมและในลำดับต่อไปนี้จะกล่าวถึงการเหลื่อมที่เกิดขึ้นในพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง



ภาพที่ 2.29 การเหลื่อมและอัตราการไหล/สัญญาณไฟฟ้า

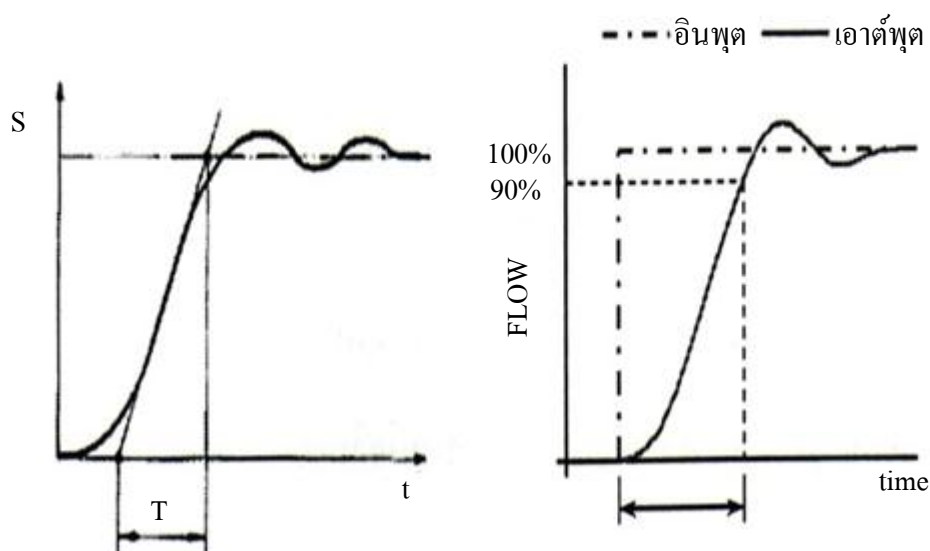
ในภาพที่ 2.29 จะพบการเหลื่อมมีสามรูปแบบด้วยกันคือการเหลื่อมเป็นบวก (Positive) หมายถึง ความยาวของสปูลจะมีค่ามากกว่าช่องทางของน้ำมัน ดังนั้นในสภาพปกติน้ำมันจึงไม่สามารถรั่วไหลออกไปที่ ช่องน้ำมันได้ แต่ตอนทำงานจะต้องมีสัญญาณช่วงหนึ่งที่ใช้ให้สปูลเลื่อนพ้นระยะดังกล่าวซึ่งช่วงนี้อาจเรียกว่า “Dead Band” โครงสร้างของวาล์วโดยส่วนใหญ่มักมีการเหลื่อมเป็นแบบบวกนี้ ส่วนวาล์วที่มีการเหลื่อมเป็น (Negative) ไม่ค่อย พบเห็น เนื่องจากในสภาพ ปกติ จะมี น้ำมัน รั่วไหล ออกที่ช่องน้ำมัน ซึ่งอาจ จะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ทำงาน ที่ต่อร่วมอยู่ได้ และสำหรับการเหลื่อมที่ เป็นศูนย์ จริงๆ แล้วการเหลื่อม แบบนี้เป็น สิ่งที่ต้องการแต่ใน ทางปฏิบัติ เป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยาก และราคาแพง (มีการใช้เซอร์โววาล์ว)

2.4.6 คุณสมบัติทางพลวัตหรือไดนามิกส์

ในหัวข้อที่ผ่านมา เป็นการกล่าวถึงค่าตัวแปรคุณสมบัติของ พรอพอร์ชันนัลวาล์วในสถานะคงตัว (Steady State) ในการควบคุม นอกจากจะพิจารณาค่าดังกล่าวแล้วคุณสมบัติขณะที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือคุณสมบัติทางไดนามิกส์ก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากันโดยทั่วไป

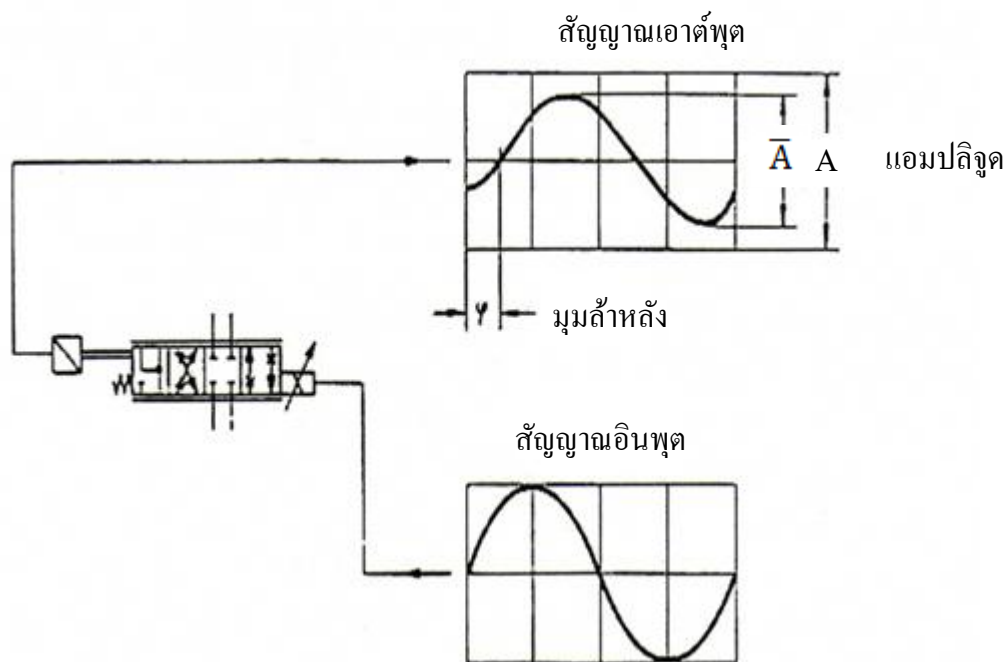
ความเร็วในการสั่งงานของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว สามารถพิจารณาได้จาก 2 ค่าคือ เวลาในการตอบสนอง (Response Time) และการตอบสนองความถี่ (Frequency Response)

2.4.6.1 เวลาในการตอบสนอง ทันทีที่ป้อนสัญญาณไปยังอินพุตไปยังโซลินอยด์ จะทำให้สปีดมีการเลื่อนตัว และเมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ไปตั้งแต่สปีดเริ่มเลื่อนตัว (น้ำมันเริ่มไหล) จนกระทั่งสิ้นสุดปลายตำแหน่งของการทำงาน (น้ำมันไหลคงที่สูงสุด) เวลาดังกล่าวนี้ก็คือเวลาการตอบสนองนั่นเอง เวลาในการตอบสนองการเลื่อนวาล์วแบบพรอพอร์ชันนัลจะมีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 100 มิลลิวินาที. โดยทั้งนี้จะมีค่าเวลาในการตอบสนองที่แตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะในกรณีของการป้อนสัญญาณที่เป็นบวกและเป็นลบ



ภาพที่ 2.30 เวลาในการตอบสนองการเลื่อนวาล์ว

2.4.6.2 การตอบสนองความถี่ ในการวัดการตอบสนองความถี่ สามารถกระทำได้โดยการป้อนสัญญาณควบคุมอินพุตแบบรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) แล้วใช้ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) จับสัญญาณเทียบกับสัญญาณเอาต์พุตซึ่งได้จากการเลื่อนตัวของสปีด การตอบสนองความถี่ในวาล์วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ 2 ตัวแปรที่สำคัญคือ การตอบสนองแอมพลิจูด (Amplitude Response) และการตอบสนองเฟส (Phase Response)



ภาพที่ 2.31 การตอบสนองความถี่ของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว

- การตอบสนองแอมพลิจูด กรณีที่ความถี่ของสัญญาณควบคุมต่ำ แอมพลิจูดในการแกว่งตัวของ สปูลจะมีค่าใกล้เคียงกับของสัญญาณควบคุม แต่ในกรณีที่เพิ่มความถี่ของสัญญาณควบคุมมากขึ้น (ภาพที่ 2.31) มีผลทำให้สปูลของวาล์วไม่สามารถเคลื่อนที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ทันส่งผลให้ ค่าแอมพลิจูดมีขนาดน้อยลง การตอบสนองแอมพลิจูดที่ความถี่ใดๆ โดยปกติมีหน่วยเป็น dB ซึ่งได้มาจาก

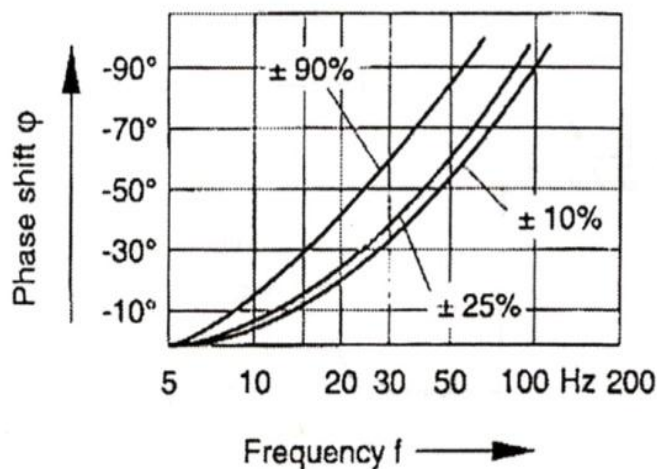
$$\text{dB} = 20 \times \log A_0 / A \quad (2.1)$$

โดยที่

A_0 หมายถึง แอมพลิจูดเอาต์พุต ในที่นี้คือการเคลื่อนตัวของสปูล

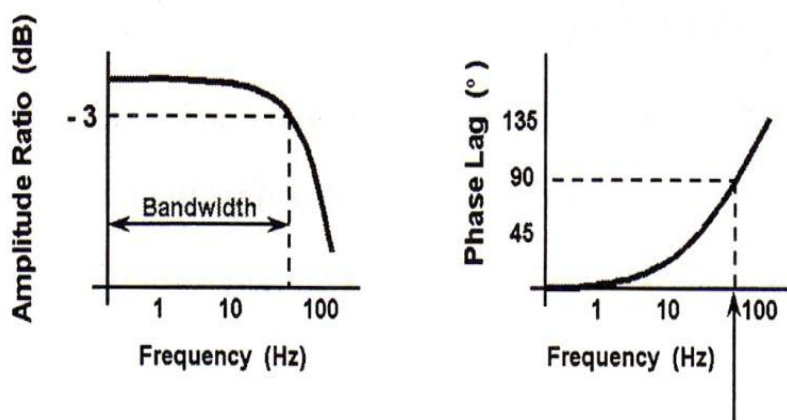
A หมายถึง แอมพลิจูดอินพุต ในที่นี้คือสัญญาณควบคุมโซลินอยด์

- การตอบสนองเฟส ในความเป็นจริงแล้ว สัญญาณเอาต์พุตหรือในที่นี้คือการเคลื่อนตัวของ สปูลไม่สามารถตามสัญญาณอินพุตสั่งงานได้ทัน (ภาพที่ 2.31) ทำให้เกิดการล่าช้าดังกล่าวโดยทั่วไปจะถูกกำหนดเป็นองศาแสดงในภาพที่ 2.32



ภาพที่ 2.32 กราฟแสดงความตอบสนอง

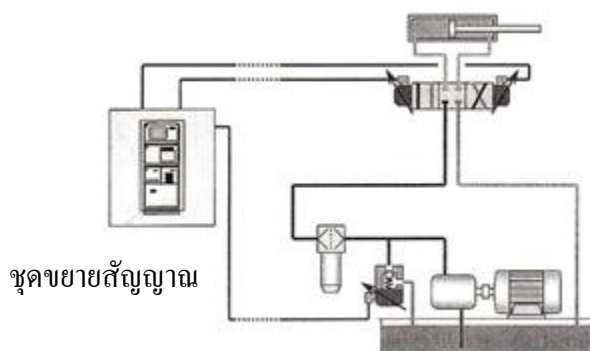
- ความถี่วิกฤติ (Critical Frequency) ความถี่วิกฤติหมายถึง ความถี่ที่มีการตอบสนอง แอมพลิจูดตกลงเป็น 70.7% หรือ -3dB โดยส่วนใหญ่ค่าความถี่ของพรอพอร์ชันนัล วาล์วจะมีค่า อยู่ระหว่าง 5 ถึง 100 เฮิรตซ์



ภาพที่ 2.33 ความถี่วิกฤติที่จำกัดการทำงาน

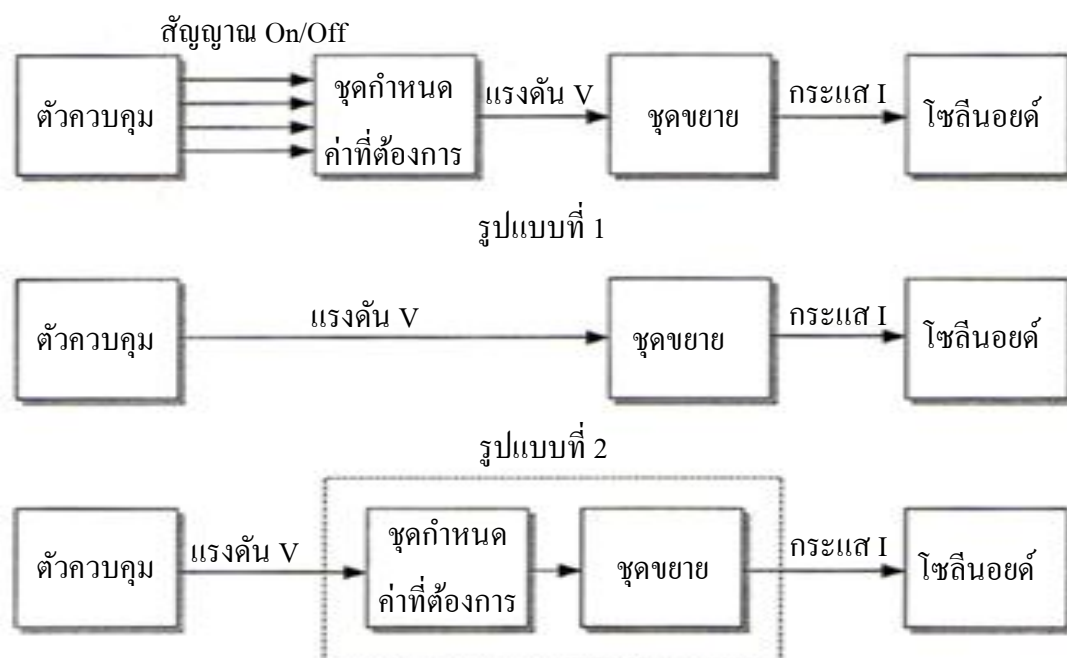
2.4.6 ชุดขยายสัญญาณ

ดังที่ได้ทราบมาตั้งแต่ตอนต้นแล้วว่า โครงสร้างของระบบพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิก จำเป็นที่จะต้องมียอดประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งคือ ชุดขยายสัญญาณให้กับวาล์ว (Valve Amplifier) ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของพรอพอร์ชันนัลวาล์วชนิดต่างๆให้ทำงานได้ตามความต้องการ



ภาพที่ 2.34 ชุดขยายสัญญาณให้พรอพอร์ชันนัลวาล์ว

โดยทั่วไปสัญญาณควบคุมสำหรับพรอพอร์ชันนัลวาล์วนั้น เกิดจากการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือในที่นี้ก็คือ ชุดขยายสัญญาณให้กับขยายสัญญาณให้กับวาล์วนั่นเองซึ่งขยายสัญญาณดังกล่าวจะทำหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการคือ กำหนดค่าปรับตั้งที่ต้องการ (Set-Point Value Specification) และขยายสัญญาณเพื่อไปควบคุมพรอพอร์ชันนัลวาล์วให้ทำงาน รูปแบบของชุดขยายสัญญาณสำหรับชุดขยายสัญญาณให้กับวาล์ว โดยทั่วไปมีอยู่ 2 ประเภทคือ ประเภทที่ประกอบรวมอยู่กับวาล์ว (Built In Integrated Electronics) และประเภทที่แยกออกจากตัววาล์วเป็นลักษณะแบบโมดูล (Module) หรือแบบการ์ด (Card) อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาควบคุมร่วมกันเป็นระบบพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิกจะมีรูปแบบสัญญาณดังนี้

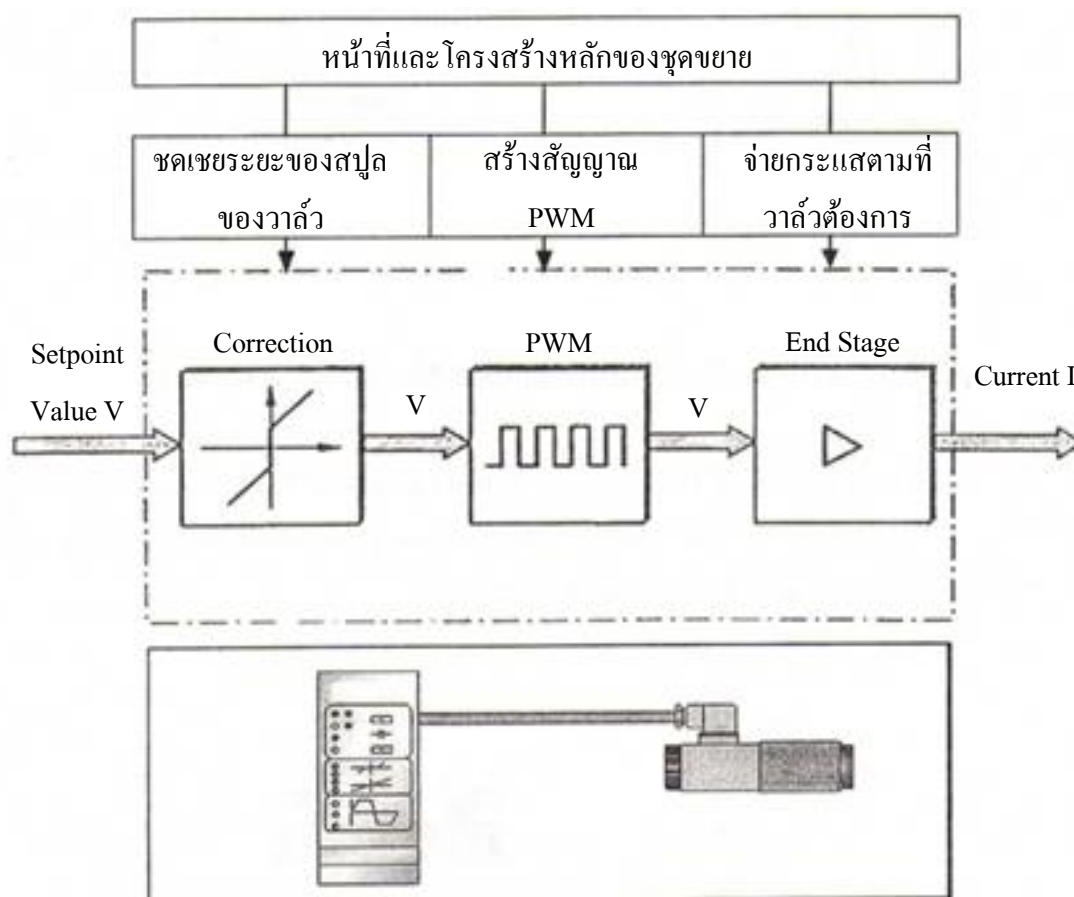


ภาพที่ 2.35 รูปแบบของการส่งสัญญาณในการควบคุมพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์

สำหรับรูปแบบที่ 1 ของภาพที่ 2.35 นั้น ตัวควบคุม (Controller) จะให้สัญญาณแบบเปิด/ปิด เท่านั้น เช่น พีแอลซี (Programmable Logic Control : PLC), ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในกรณีนี้ กำหนดค่าที่ต้องการ (Set – Point) กับชุดขยายสัญญาณให้กับวาล์ว จะแยกออกจากกัน ส่วนรูปแบบที่ 2 ตัวควบคุมจะให้สัญญาณอนาล็อก (Analog) ที่มีการปรับตั้งค่าที่ต้องการมาแล้วซึ่งในกรณีดังกล่าวนี้จะมีเฉพาะตัวขยายสัญญาณให้กับวาล์วเท่านั้นและในรูปแบบที่ 3 เป็นรูปแบบผสม และนิยมใช้กันมาก เนื่องจากตัวควบคุมระบุค่าสัญญาณโดยเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าคงที่มาให้ ดังนั้น จึงมีการรวมเอาชุดกำหนดค่าที่ต้องการ และชุดขยายสัญญาณมาไว้เป็นชุดเดียวกัน

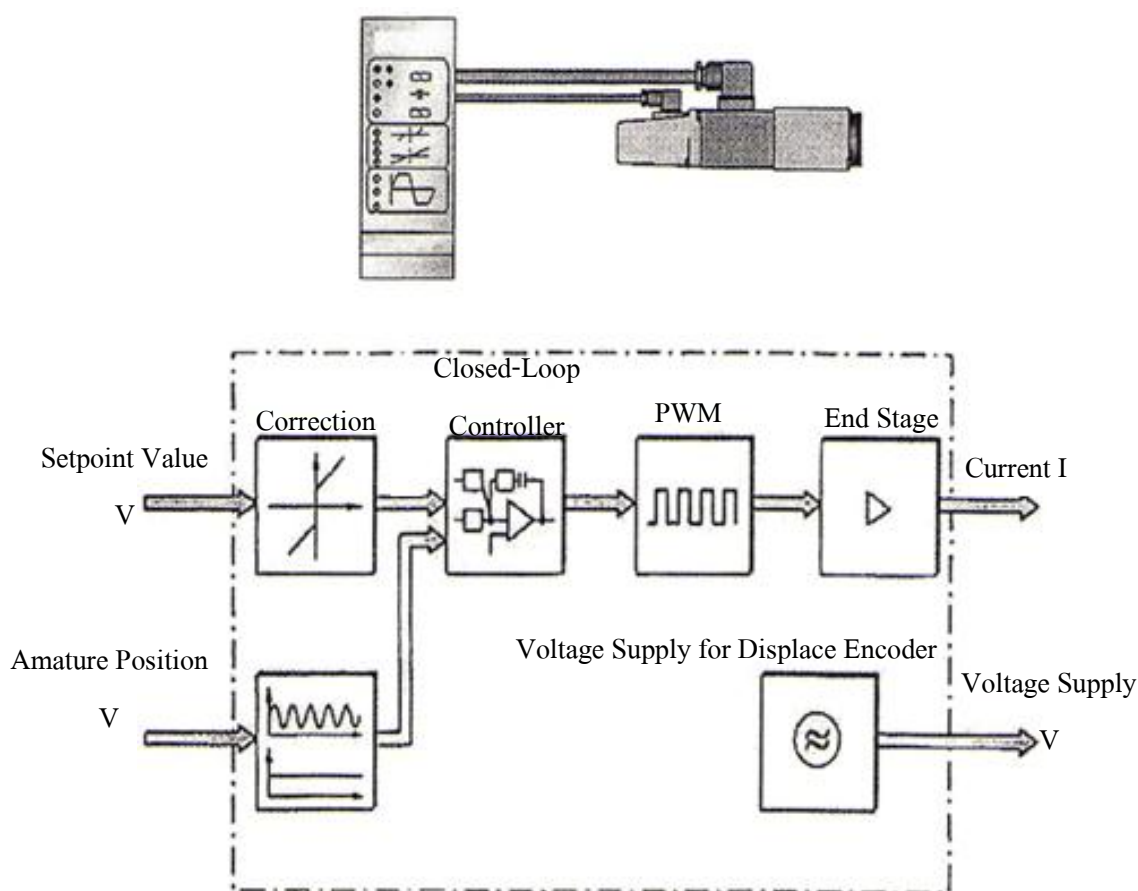
2.4.7 หน้าทีและโครงสร้างของชุดขยาย

หน้าทีและโครงสร้างหลัก ของชุดขยาย สัญญาณ ให้กับวาล์ว ที่ไม่มีการควบคุมตำแหน่งของสปูล โดยทั่วไปมี 3 ส่วนคือ (1) ส่วนที่สร้างการชดเชยระยะในการเคลื่อนตัวของ สปูล หรือ (Correcting Element) (2) ส่วนที่ใช้ในการแปลงสัญญาณ PWM และ (3) ส่วนที่ใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าตามที่วาล์วต้องการหรือ End Stage ซึ่งโดยปกติจะมีค่าตั้งแต่ 0-800 มิลลิแอมป์, 0-1600 มิลลิแอมป์ และ 0-2400 มิลลิแอมป์



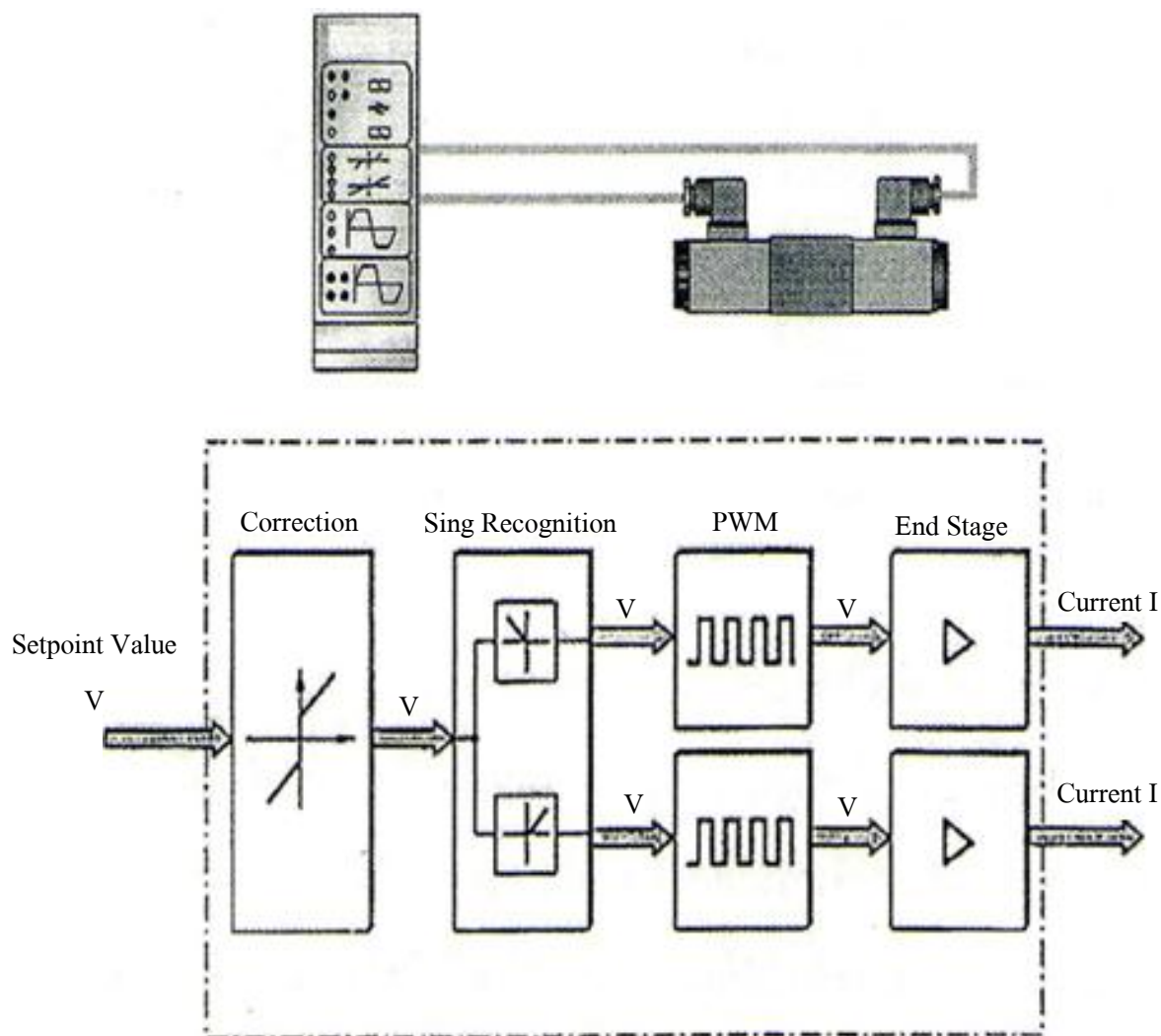
ภาพที่ 2.36 โครงสร้างหลักของชุดควบคุมขยายสัญญาณให้กับวาล์วที่ไม่มีการควบคุมตำแหน่ง

ในกรณีที่พรีพอร์ชันนัลวาล์วเป็นชนิดที่มี การควบคุมตำแหน่งของสปีดซึ่งจะมีเซนเซอร์ และการควบคุมแบบวงรอบปิด (Closed Loop Control) ประกอบรวมอยู่ในชุดขยายนั้นจำเป็น ที่ต้องมีฟังก์ชันเพิ่มเติมอื่นๆ เข้ามาด้วยดังนี้ คือแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับเซนเซอร์ วัดตำแหน่งของสปีด (Voltage Supply for Displacement Encoder) และตัวแปลงแรงดันไฟฟ้า กระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Demodulator) ที่ได้จากเซนเซอร์ รวมทั้งตัวควบคุมแบบ วงรอบปิด ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบค่าที่กำหนดไว้กับตำแหน่งของสปีด หรืออาร์มเจอร์ให้ เป็นไปตามที่ต้องการ



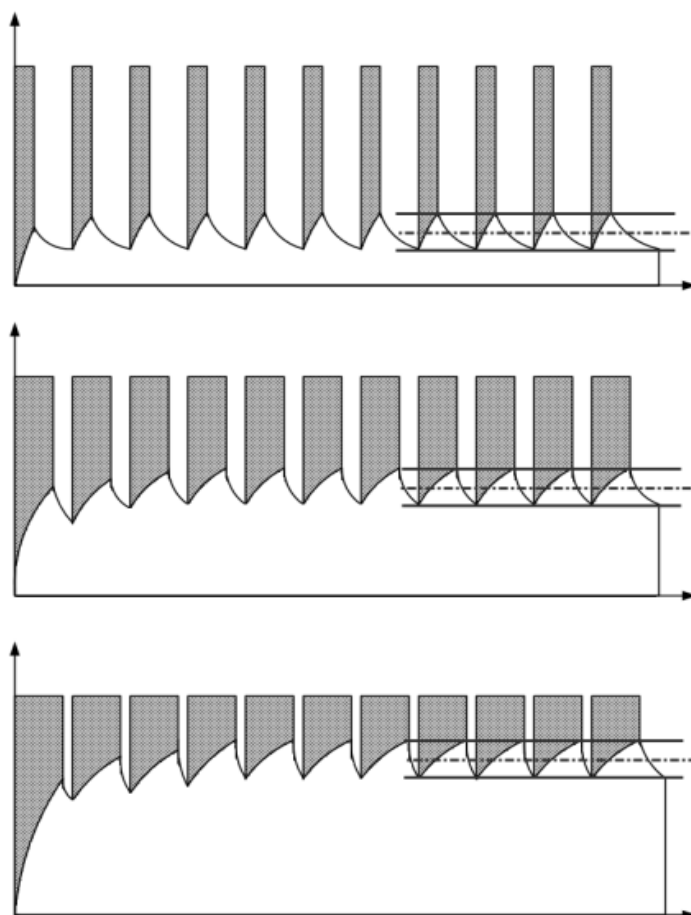
ภาพที่ 2.37 โครงสร้างหลักของชุดขยายสัญญาณให้กับวาล์ว

สำหรับพรีพอร์ชันนัลวาล์วชนิดมีโซลินอยด์สองข้างนั้น จำเป็นต้องใช้ชุดขยาย แบบ 2 ช่องสัญญาณโดยที่ชุดขยายดังกล่าวจะมีการระบุสถานะของสัญญาณควบคุม (Sign Recognition) เพื่อนำไปกำหนดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังโซลินอยด์ด้านใดด้านหนึ่งให้ทำงานตามที่ต้องการ



ภาพที่ 2.38 ชุดขยายสัญญาณให้กับวาล์วแบบ 2 ช่องสัญญาณ

การมอดูเลตความกว้างพัลส์หรือ การผสมสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ปรับความกว้างได้ในภาพที่ 2.39 หากสังเกตก็จะพบว่าในช่วงปลายของสัญญาณพัลส์ที่กระทำกับโซลินอยด์ เนื่องจากค่าเหนี่ยวนำในขดลวด กระแสไฟฟ้าจึงไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้เร็วเท่ากับ แรงดันไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของกระแสไฟฟ้า จึงมีค่าใกล้เคียงกับค่าใช้งานจริง นอกจากนั้น ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโซลินอยด์ และแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตของชุดขยายสัญญาณ จะเป็นสัดส่วนซึ่งกันและกัน

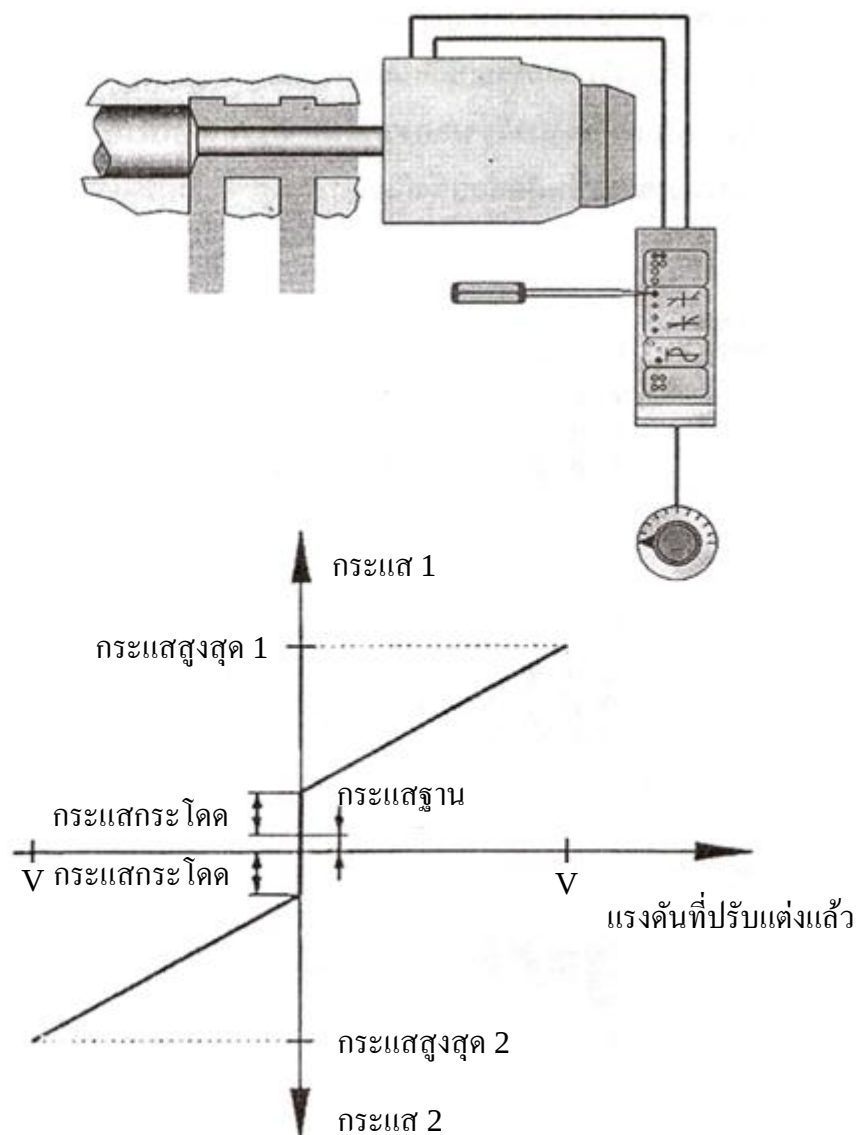


ภาพที่ 2.39 การมอดูเลตความกว้างพัลส์

จากวงจร PWM นี้เองที่ทำให้เกิด ความถี่ที่ทำให้เกิดการสั่นตัว (Dither Frequency) ซึ่งความถี่ดังกล่าวนี้จะทำให้วาล์ว (สปีด) มีการสั่นตัวตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อลดแรงเสียดทานสถิต (Static Friction) ส่งผลให้ความเร็วในการตอบสนองดีขึ้น รวมทั้งเป็นการลดช่วงเวลาของการผันกลับและฮิสเทรีซิสของวาล์วลง โดยทั่วไปความถี่นี้จะใช้อยู่ที่ประมาณ 50-100 เฮิร์ตซ์ โดยมีค่าของแอมพลิจูดสูงสุด ประมาณ 30% ของกระแสปกติ

2.4.7 การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ชุดขยายสัญญาณ

ในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของชุดขยายสัญญาณสามารถทำได้ถึงแม้ว่าเราจะนำไปใช้กับการขับวาล์วต่างขนาดกัน นอกจากนั้นยังสามารถชดเชยปัญหาอันเนื่องมาจากค่าระยะการเคลื่อนของสปีดได้อีกด้วย

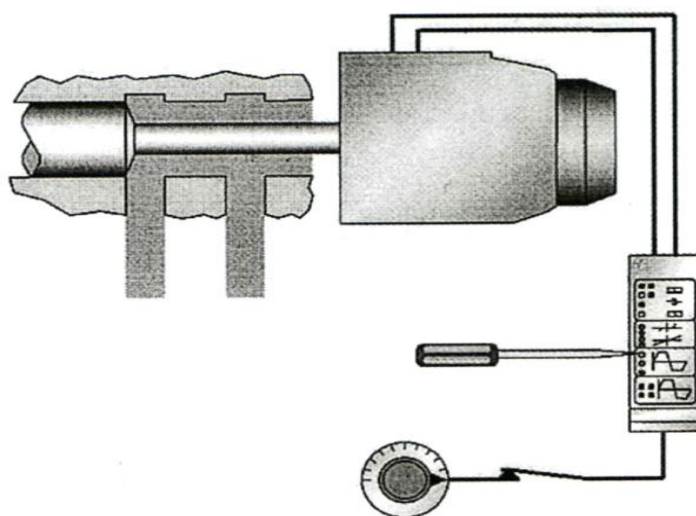


ภาพที่ 2.40 การปรับค่าพารามิเตอร์ของชุดขยายสัญญาณ

ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวแปร ที่ควรทราบได้แก่ กระแสฐาน (Basic Current) เนื่องจากในกระบวนการผลิตตัวใด ๆ ก็ตามพบว่าตำแหน่งสปูลวาล์วจะไม่อยู่ตรงกลางพอดีเมื่อยังไม่รับการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังที่โซลินอยด์ทั้งสองด้านดังนั้นจึงต้องมีการปรับชดเชยระยะดังกล่าวด้วยค่ากระแสฐาน (โดยจะปรับได้ที่ Offset Setting) กระแสสูงสุด (Maximum Current) โดยทั่วไปการปรับตั้งค่า กระแสสูงสุดจะหมายถึงการปรับตั้งค่า กระแสไฟฟ้า ตามที่ วาล์ว ต้องการสูงสุด เช่น 800 มิลลิแอมป์ หรือ 1600 มิลลิแอมป์ (โดยจะปรับตั้งค่าที่ Amplifier Factor) กระแสกระโดด (Jump Current) เป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ปรับเพื่อชดเชยผลจากการเหลื่อมกันของสปูล ซึ่งค่ากระแสดังกล่าวโดยส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 1-20% ของกระแสปกติหรือกระแสสูงสุดที่ต้องการ (สามารถปรับตั้งค่าได้ที่ Signal Characterizer)

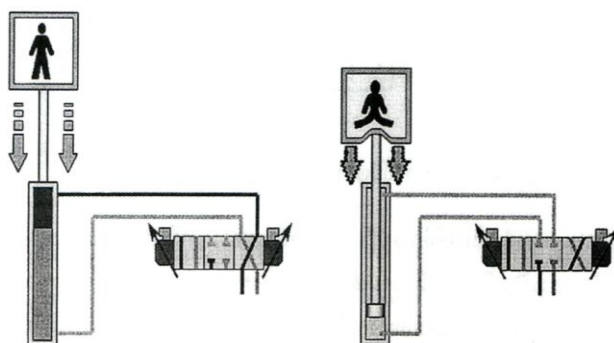
2.4.8 ชุดสร้างสัญญาณรampen

จากภาพที่ 2.41 ส่วนประกอบของระบบพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิก ในหัวข้อที่ผ่านมาได้กล่าวถึง พรอพอร์ชันนัลวาล์วชุดขยายสัญญาณ และในลำดับต่อไปนี้จะเป็นการกล่าวถึงชุดสร้างสัญญาณรampen (Ramp Generator) ซึ่งโดยทั่วไป ในปัจจุบันชุดดังกล่าวจะรวมอยู่กับชุดขยายเสียเป็นส่วนใหญ่ หากถามว่าชุดสร้างสัญญาณรampenนี้หน้าที่ทำอะไร

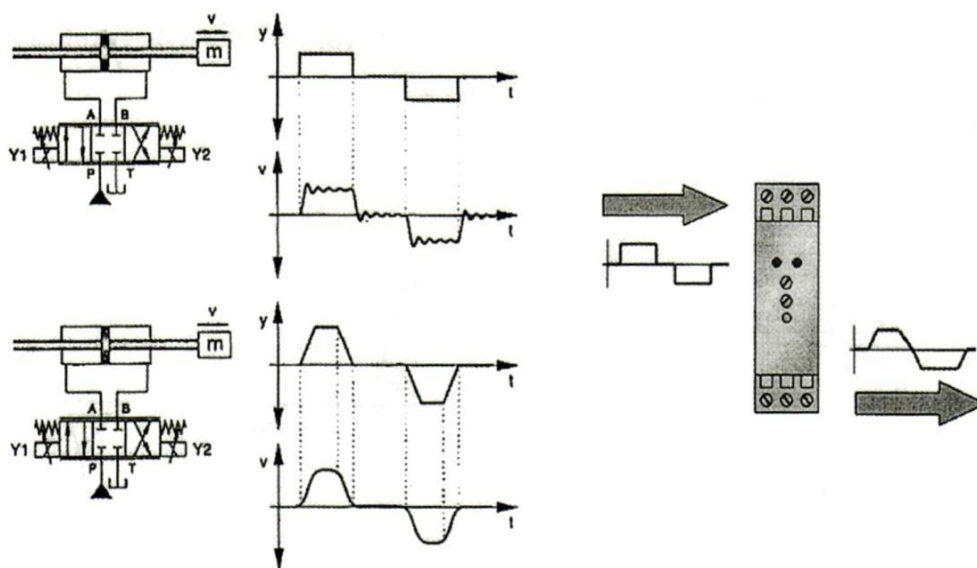


ภาพที่ 2.41 ชุดขยายสัญญาณที่มีการรวมเอาชุดสร้างสัญญาณรampenเข้าไว้ด้วยกัน

มีความเป็นไปได้ที่จะปรับตั้งค่าการปิด/เปิดวาล์วและความเร็วที่แตกต่างกันโดยปรับตั้งการควบคุมในพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทางให้มีสถานะ “ปิดวาล์ว” กับ “เปิดวาล์ว” แต่การกระทำดังกล่าวจะทำให้ความดันเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดเป็นผลทำให้เกิดการกระตุกของความเร็วและเกิดการสั่นขึ้นที่กระบอกสูบ เพื่อให้การเคลื่อนที่ที่มีความราบเรียบขึ้นจึงได้มีการปรับความชันของสัญญาณ และสัญญาณดังกล่าวนี้เกิดจากชุดสร้างสัญญาณรampenนั่นเอง

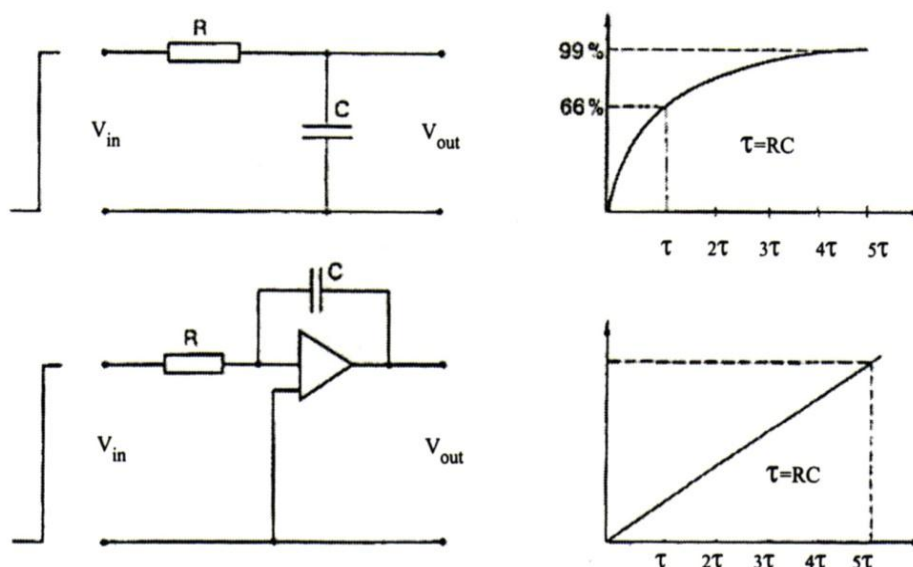


ภาพที่ 2.42 การเปิดปิดวาล์วแบบทันทีทันใดทำให้เกิดการกระตุกอันเนื่องมาจากความดัน



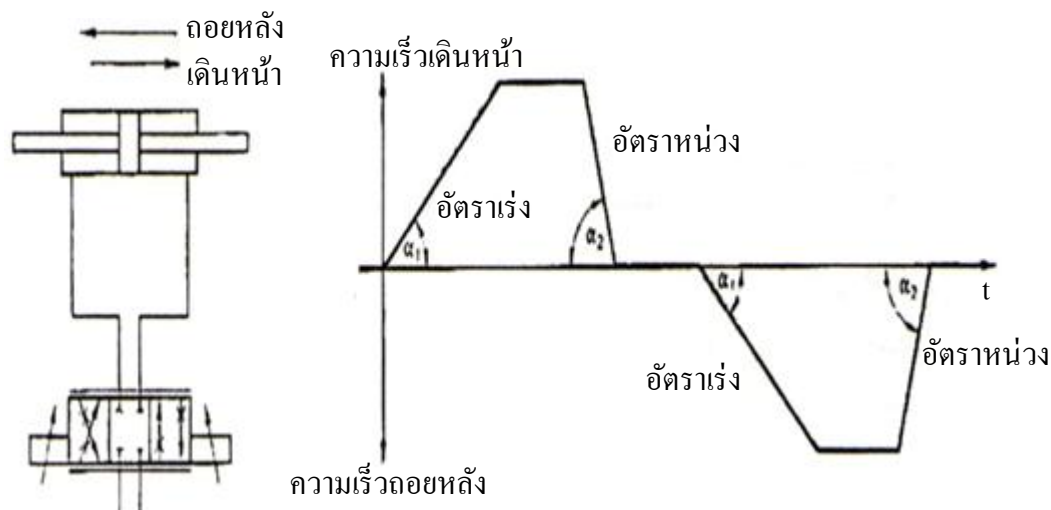
ภาพที่ 2.43 การแก้ปัญหาคะเทกและสั้นด้วยการปรับตั้งค่าแรมป์หรือความชัน

หลักการงานพื้นฐานของตัวสร้างสัญญาณแรมป์ คือ การใช้วงจรอาร์ซี (RC) ที่อาศัยการเก็บประจุของคาปาซิเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 2.44 หรือหากต้องการความเป็นเชิงเส้นมากขึ้นก็นำมาใช้ร่วมกับออปแอมป์ (Operation Amplifier : Op-Amp) และวงจรดังกล่าวอาจเรียกอีกอย่างได้ว่า “วงจรรวมอินทิเกรต (Integral Circuit)” อย่างไรก็ตามจากวงจรทั้งสองจะเห็นว่าค่าความชันของระดับแรงดันจะขึ้นอยู่กับค่าอาร์ซี (RC) ดังนั้นก็หมายความว่าหากเราต้องการเพิ่มหรือลดความชันของสัญญาณก็ให้ปรับค่าอาร์ (R) หรือ ซี (C)

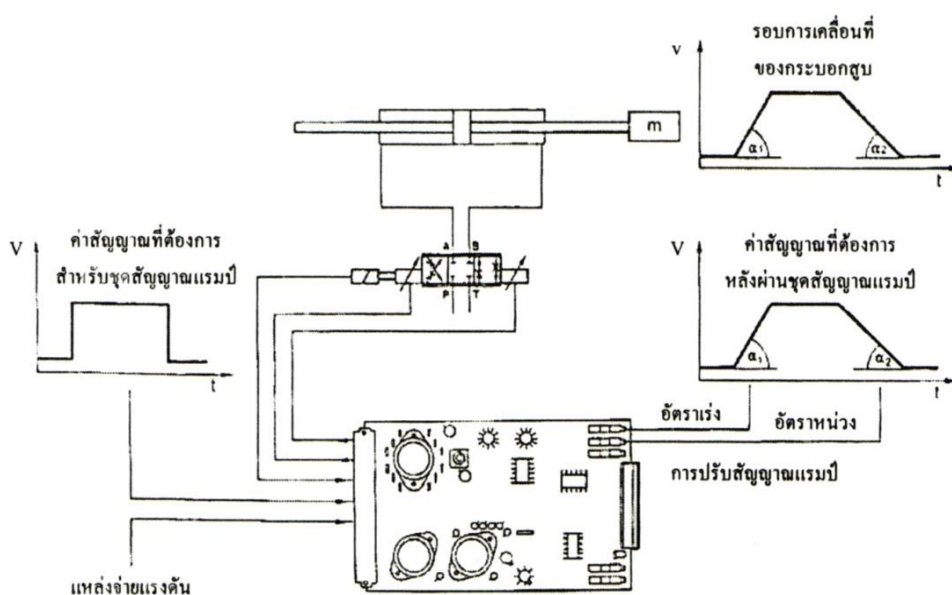


ภาพที่ 2.44 หลักการของตัวสร้างสัญญาณแรมป์

ในทางปฏิบัติหรือการนำสัญญาณแรมป์มาใช้งานในที่นี้เราคงไม่ได้ให้ความสนใจในเรื่องของเวลา แต่จะสนใจในเรื่องของระดับความชัน (α) เป็นหลักเพราะมีผลต่ออัตราเร่งในการเปิด/ปิดตัวของพรอพอร์ชันนัลวาล์วและจะส่งผลกระทบต่อไปยังกระบอบอกสูบหรืออุปกรณ์ทำงาน



ภาพที่ 2.45 การปรับค่าความชันซึ่งมีผลต่ออัตราเร่งและอัตราหน่วง

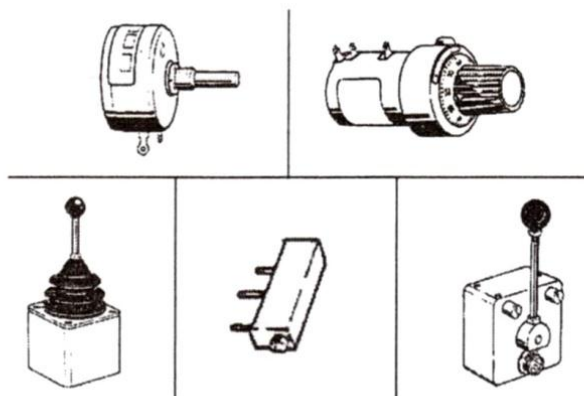


ภาพที่ 2.46 ตัวอย่างการปรับระดับความชันของสัญญาณแรมป์ที่ชุดควบคุม

2.4.9 ชุดกำหนดค่าสัญญาณที่ต้องการ

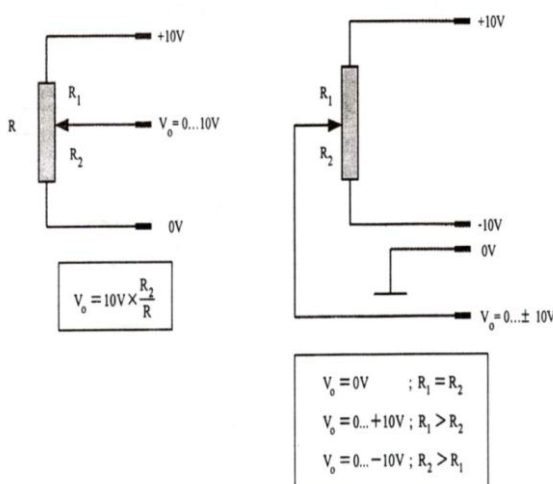
จากส่วนประกอบหลักของระบบพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิกในภาพที่ 2.46 ซึ่งเคยพูดถึงไว้ในตอนต้น ในลำดับต่อไปนี้จะมาศึกษาถึงรายละเอียดของชุดกำหนดค่าสัญญาณที่ต้องการ

(Set Point or Desired-Value) สำหรับเป็นตัวจ่ายสัญญาณอินพุตให้กับชุดควบคุมพอร์ชันนัล วาล์ว (ชุดสร้างสัญญาณแรมปรับสัญญาณแล้วส่งต่อให้กับชุดขยาย) โดยทั่วไปอุปกรณ์นำมาใช้ในการปรับค่าระดับแรงดันไฟฟ้า เพื่อป้อนให้กับชุดควบคุมพอร์ชันนัลวาล์ว มักใช้เป็นโพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) หรือตัวต้านทาน R ที่สามารถปรับค่าได้



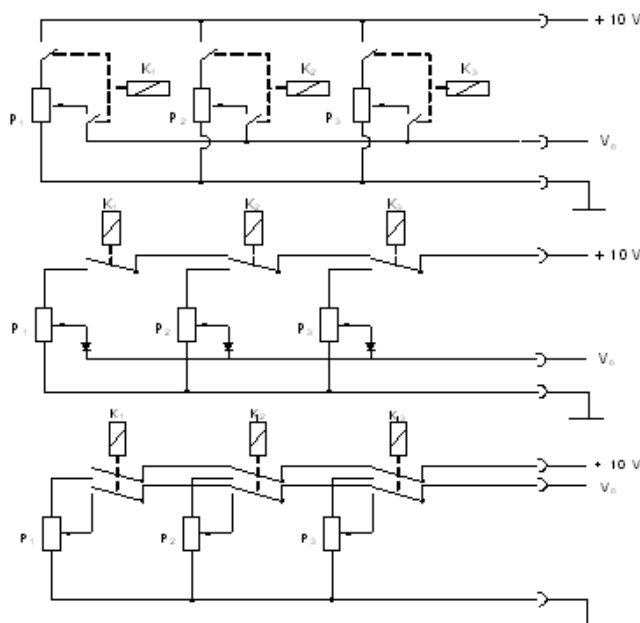
ภาพที่ 2.47 ตัวอย่างโพเทนชิโอมิเตอร์ในรูปแบบต่างๆ

การนำเอาโพเทนชิโอมิเตอร์มาใช้งานจะใช้หลักการวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) ดังแสดงด้วยภาพที่ 2.48

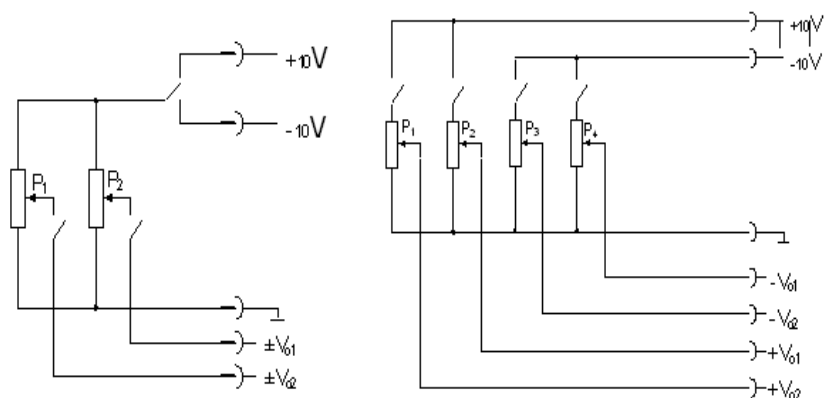


ภาพที่ 2.48 หลักการนำโพเทนชิโอมิเตอร์มาใช้งาน

สำหรับการนำเอาโพเทนชิโอมิเตอร์หลายๆชุดมาเป็นตัวจ่ายสัญญาณให้กับชุดสร้างสัญญาณแรม เราสามารถใช้รีเลย์ หรือพีแอลซีมาเป็นตัวควบคุมในการตัดต่อเพื่อให้เกิดสัญญาณที่มีค่าหลายๆระดับได้ดังแสดงด้วยภาพที่ 2.49



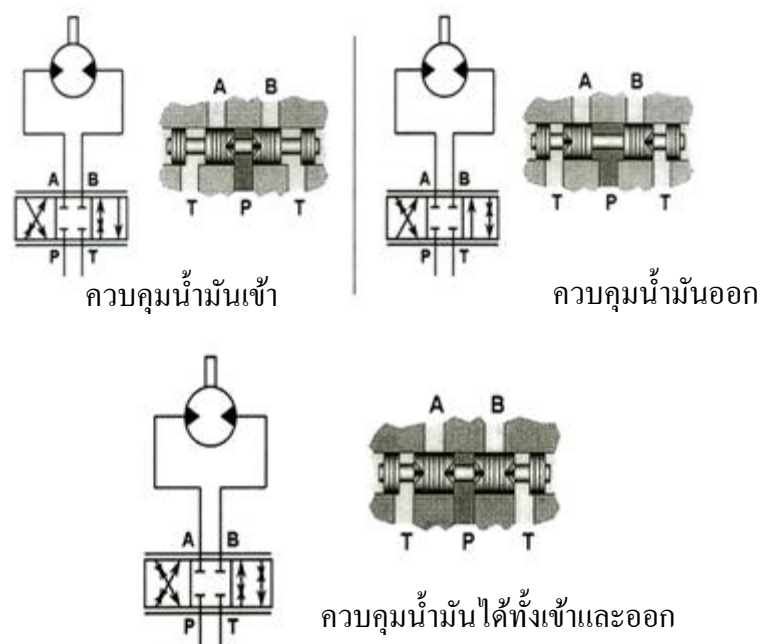
ภาพที่ 2.49 แรงดันสำหรับต่อเข้ากับชุดสร้างสัญญาณแรมป์ที่ต้องการระดับแรงดัน 0...10 โวลต์



ภาพที่ 2.50 แรงดันขาออกเพื่อต่อเข้ากับชุดสร้างสัญญาณแรมป์ที่ต้องการระดับแรงดัน 10 โวลต์

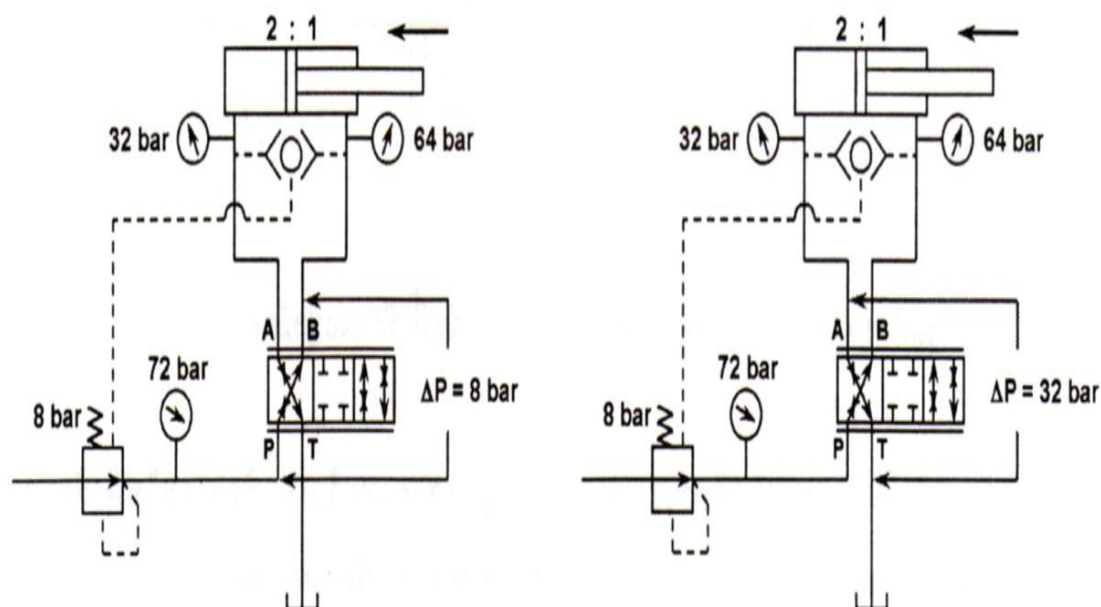
2.4.10 เทคนิคการใช้พรอพอร์ชันนัลวาล์ว

เทคนิคการควบคุมความเร็วของอุปกรณ์ทำงานแบบควบคุมน้ำมันเข้า (Meter-In) และควบคุมน้ำมันออก (Meter-Out) สำหรับพรอพอร์ชันนัลวาล์วในปัจจุบัน สามารถเลือกวิธีการควบคุมน้ำมันดังกล่าวได้ด้วยการเลือกรูปแบบโครงสร้างของสปลูที่อยู่ภายใน ดังแสดงในภาพที่ 2.51 (สังเกตร่องบากตรงที่สปลูจะต่างกัน)



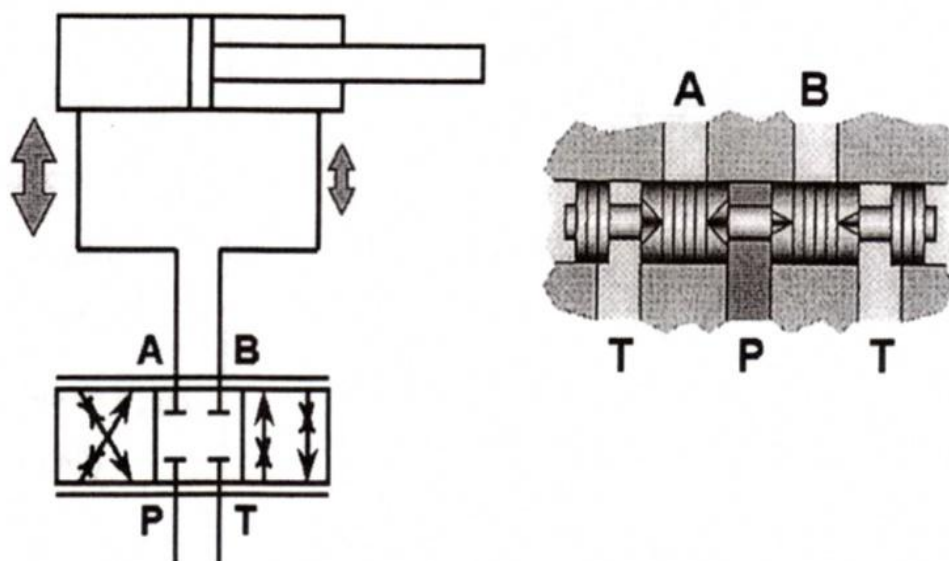
ภาพที่ 2.51 รูปแบบสลับของพรอพอร์ชันนัลวาล์วที่สามารถควบคุมน้ำมันเข้าหรือออกได้

สำหรับการควบคุมความเร็วของอุปกรณ์ทำงานไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ไฮดรอลิกหรือกระบอกสูบเราจะต้องรักษาความดันที่ตกคร่อมวาล์วให้คงที่ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและอัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับความดันที่ตกคร่อมวาล์วดังที่กล่าวไว้ตั้งแต่ตอนต้นการรักษาความดันอาจใช้วาล์วลดความดันมาต่อรวมก็ได้ การใช้พรอพอร์ชันนัลวาล์วเพื่อสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฮดรอลิกหรือกระบอกสูบที่มีก้านสูบสองด้าน คงไม่เกิดปัญหาอะไรเพราะพื้นที่ที่มีผลต่อความดันจะเท่ากันส่งผลให้ความดันที่ตกคร่อมวาล์วมีค่าเท่ากันทั้งตอนที่เคลื่อนที่ไปด้านหน้าและถอยกลับ แต่หากเป็นกระบอกสูบที่มีพื้นที่ลูกสูบไม่เท่ากันอย่างเช่น พื้นที่หลังต่อด้านก้านสูบมีค่าเป็น 2 : 1 ถามว่าจะส่งผลต่อความดันที่ตกคร่อมวาล์วหรือไม่ คำตอบก็มีผล ดังแสดงในภาพที่ 2.52

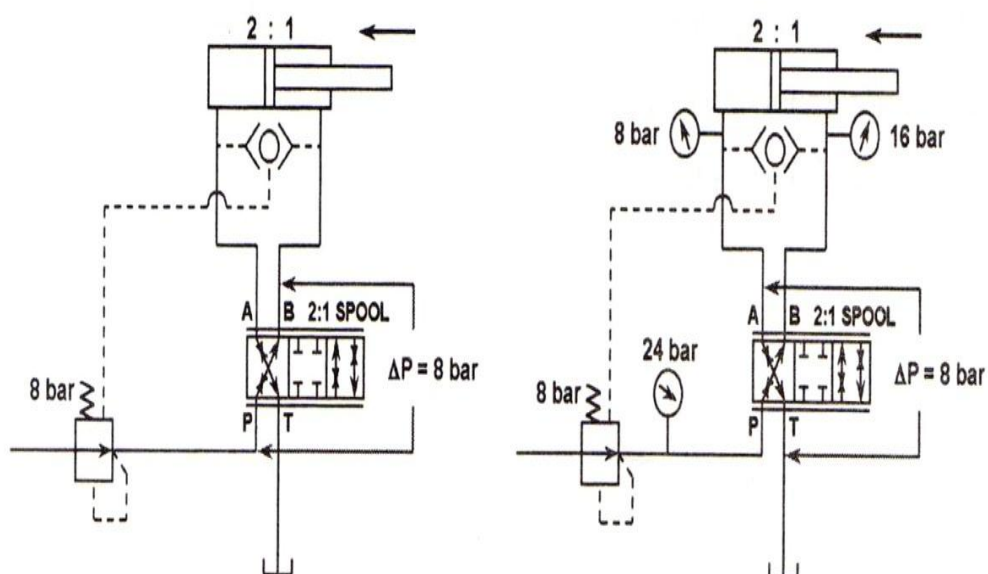


ภาพที่ 2.52 ตัวอย่างความดันตกคร่อมวาล์วเมื่อพื้นที่ของลูกสูบต่างกันเป็น 2:1

ในภาพที่ 2.52 เมื่อความดันที่ตกคร่อมวาล์วมีค่าไม่เท่ากันแน่นอนว่าอัตราการไหลที่เกิดขึ้นย่อมต่างกัน ส่งผลถึงความเร็วของกระบอกสูบ และนั่นก็หมายความว่าเร็วจะเปลี่ยนไปจากที่ควรจะเป็น กล่าวคือ ความเร็วตอนเคลื่อนที่ออกและเข้าจะไม่เท่ากัน โดยที่การเคลื่อนที่เข้าจะเร็วกว่าการเคลื่อนที่ออก ซึ่งหลักการควบคุมความเร็วโดยทั่วไปเราจะให้ความดันตกคร่อมวาล์วคงที่ไว้ที่ค่าหนึ่งเพื่อให้ อัตราการไหลขึ้นอยู่กับการควบคุมเพียงอย่างเดียว ถามว่าแล้วจะแก้ปัญหาได้อย่างไร คำตอบคือใช้สปีดที่มีพื้นที่ 2 : 1 (ให้สังเกตขนาดของร่องบาก) แก้ปัญหาดังแสดงด้วยภาพที่ 2.53



ภาพที่ 2.53 สเปคของวาล์วที่มีพื้นที่ 2 : 1



ภาพที่ 2.53 ตัวอย่างความดันตกคร่อมวาล์วเมื่อพื้นที่ของสปูลมีค่าเป็น 2:1 (ต่อ)

เพื่อให้เราให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล (ความเร็ว) สัญญาณไฟฟ้าสั่งงานของพรอพอร์ชันนัลวาล์วในการนำมาใช้ควบคุมกระบอกสูบ จึงขอแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยสมการต่อไปนี้

$$q_A = q_N \cdot \frac{V_E}{V_{E \max}} \cdot \sqrt{\frac{p_P - p_A}{\Delta p_N}} \quad (2.2)$$

$$V_{out} = \frac{q_A}{A_K} \quad (2.3)$$

$$q_B = q_N \cdot \frac{V_E}{V_{E \max}} \cdot \sqrt{\frac{p_P - p_B}{\Delta p_N}} \quad (2.4)$$

$$V_{in} = \frac{q_B}{A_{KR}} \quad (2.5)$$

V_E	หมายถึง สัญญาณสั่งงาน ณ ค่าใดๆ (โวลต์)
$V_{E \max}$	หมายถึง สัญญาณสั่งงานสูงสุด (โวลต์)
V_{out}	หมายถึง ความเร็วของน้ำมันขาออกของกระบอกสูบ (เมตรต่อนาที)
V_{in}	หมายถึง ความเร็วของน้ำมันขาเข้าของกระบอกสูบ (เมตรต่อนาที)
q_A	หมายถึง อัตราการไหลที่ช่องทางน้ำมัน A (ลิตรต่อนาที)
q_B	หมายถึง อัตราการไหลที่ช่องทางน้ำมัน B (ลิตรต่อนาที)
q_N	หมายถึง อัตราการไหลตามตัวเลข (ลิตรต่อนาที) (ได้จากข้อมูลของผู้ผลิต)
Δp_N	หมายถึง ความดันตกคร่อมวาล์วตามตัวเลข (บาร์)
A_K	หมายถึง พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบด้านหัวลูกสูบ (ตารางมิลลิเมตร)
A_{KR}	หมายถึง พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบด้านก้านสูบ (ตารางมิลลิเมตร)

(มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการไหลตามตัวเลขเป็นค่าความดันที่ผู้ผลิตวาล์วกำหนด)