

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงงานสร้างชุดการจำลองเสมือนจริงของ Hydraulic Simulator จำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ เพื่อให้โครงงานบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

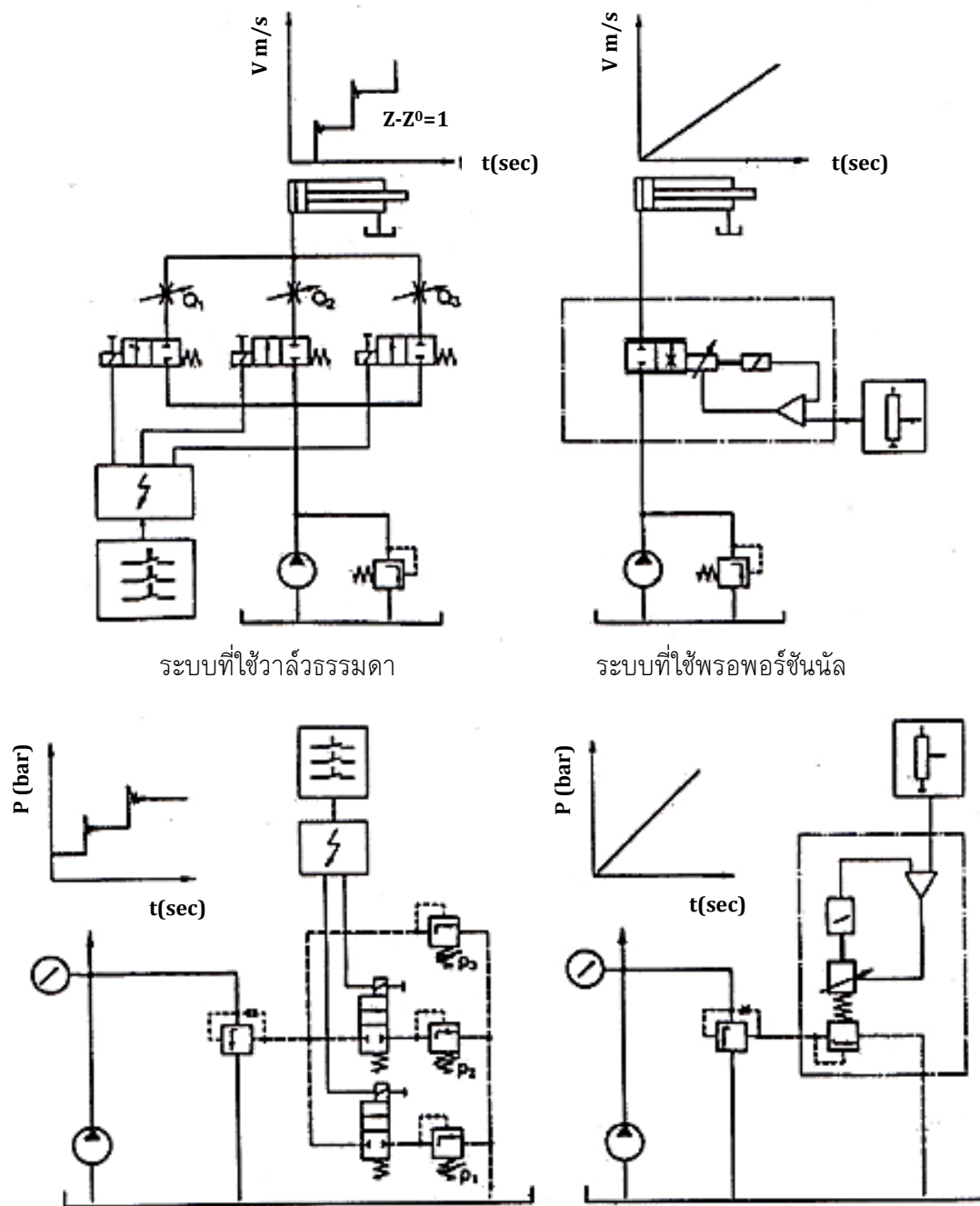
- 2.1 ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic System)
- 2.2 เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer)
- 2.3 อัลตราโซนิก (Ultrasonic)
- 2.4 การควบคุมแบบพีไอดี (PID Control)
- 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Mega 2560)
- 2.6 โปรแกรมแลปวิว (LabVIEW)

2.1 ระบบไฮดรอลิก

เนื่องจากในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีเครื่องจักรกล และอุปกรณ์การทำงาน ได้เพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้นอย่างมากมายหรือแม้แต่ในด้านการควบคุมเองก็ตาม ได้มีการคิดสร้างอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้มีความสามารถตามวัตถุประสงค์ของเครื่องจักร ในเรื่องของระบบไฮดรอลิกได้เกิดอุปกรณ์ขึ้นใหม่เพิ่มขึ้นมา เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของกระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกให้ทำงานได้นุ่มนวลและเที่ยงตรงตลอดเวลา หรือเอาไว้ใช้เพื่อลดความเสียหายในการทำงานของอุปกรณ์ที่ต้องการกระแทกกันตลอดเวลา ดังนั้นอุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิกจึงเกิดคำว่าระบบควบคุมพอร์ซันนัล (Proportional Control System)

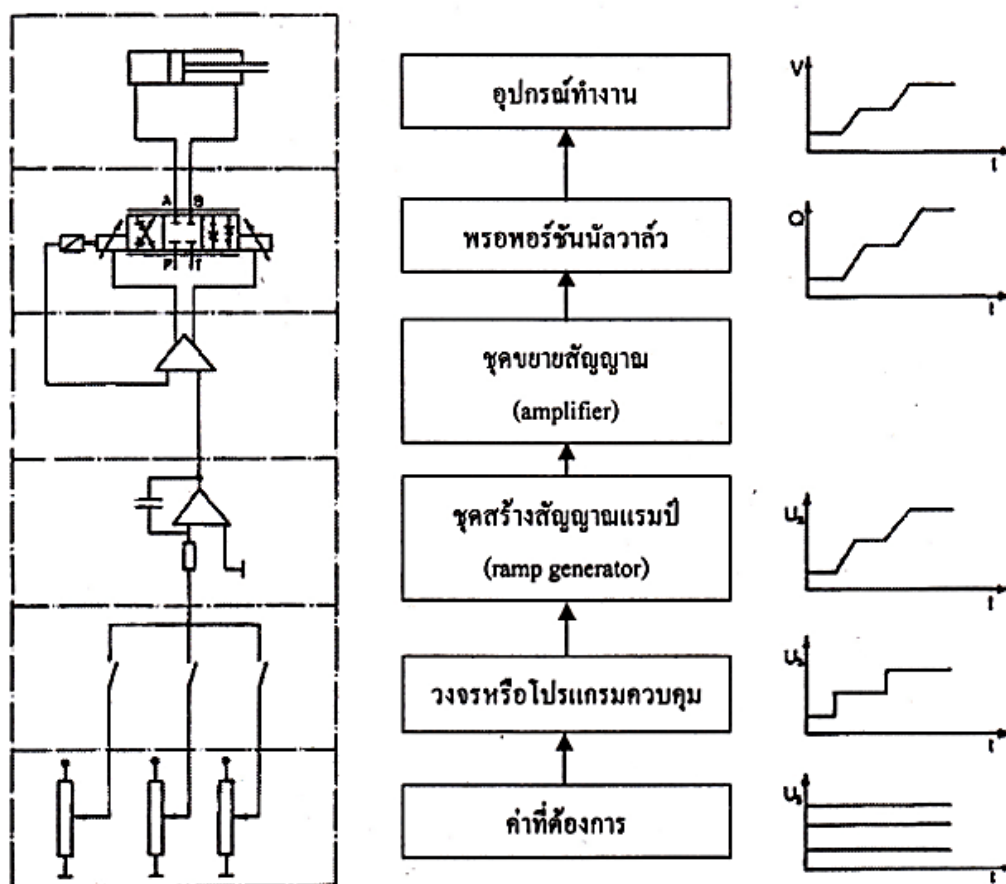
ตารางที่ 2-1 ข้อได้เปรียบของระบบพอร์ซันนัลไฮดรอลิกเปรียบเทียบกับ ระบบไฮดรอลิกที่ใช้วาล์วธรรมดา

ความสามารถในการปรับ	- สามารถปรับอัตราการไหลและความดันโดยผ่านทางสัญญาณอินพุตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง - ปรับอัตราการไหลและความดันในขณะที่ทำงานอัตโนมัติ
ผลต่ออุปกรณ์ขับเคลื่อน	- มีความเป็นอัตโนมัติ, ต่อเนื่องและมีความละเอียดในการปรับ แรงหรือแรงบิด, ความเร็ว, ความเร่ง, และตำแหน่งหรือมุมของการหมุน
ผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน	- สิ้นเปลืองพลังงานน้อยลงในการควบคุมและอัตราการไหล
วงจรไฮดรอลิก	- วาล์วแบบพอร์ซันนัลสามารถทำหน้าที่แทนวาล์วต่างได้ เช่น วาล์วควบคุมทิศทางและวาล์วควบคุมการไหล ทำให้วงจรไม่ซับซ้อน



ภาพที่ 2-1 การใช้พรอพอร์ชันนัลแทนวาล์วธรรมดาในระบบไฮดรอลิก

สำหรับระบบพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิก จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ โดยในส่วนของการควบคุมจะใช้แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักอยู่รวมในชุดเดียวกัน

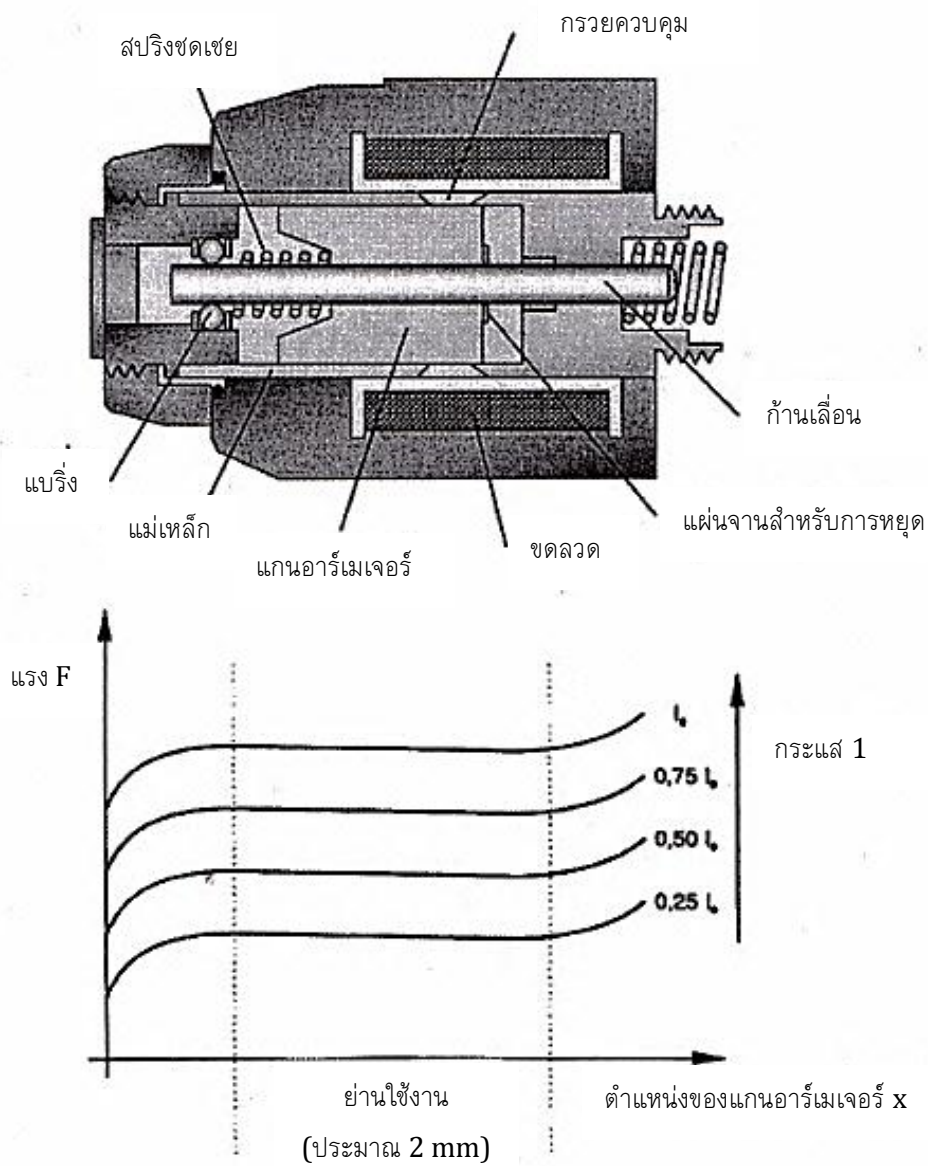


ภาพที่ 2-2 ส่วนประกอบหลักของระบบพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิก

2.1.1 พรอพอร์ชันนัลวาล์ว จากส่วนประกอบหลักของระบบพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิกซึ่งแสดงในภาพที่ 2-2 อันดับแรกเราจะมาทำความรู้จักกับพรอพอร์ชันนัลวาล์วก่อน

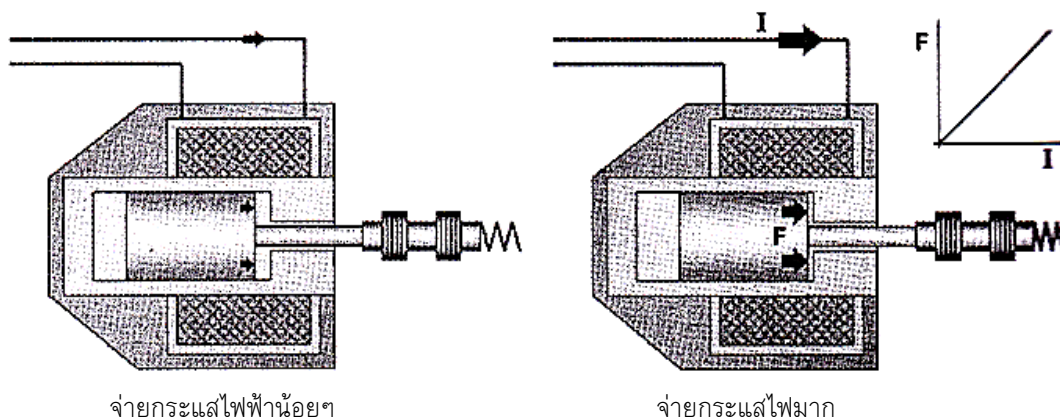
2.1.1.1 พรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์ (Proportional Solenoid)

โครงสร้างและหลักการทำงานของพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์จะมีส่วนที่แตกต่างออกไปจากวาล์วเปิด/ปิดทั่วไป คือมีกรวยควบคุม (Control Cone) ที่สร้างจากวัสดุที่เป็น แม่เหล็กไม่ได้ (Non-Magnet Sable Material) โดยกรวยดังกล่าวจะมีผลต่อการจัดเรียงเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้น จากโครงสร้างที่เพิ่มเข้ามานี้เองทำให้แรงที่ได้เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของระดับกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามา และพฤติกรรมดังกล่าวจึงเป็นที่มาของคำว่า พรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์ จะมีการทำงานแบบต่อเนื่อง (Analog) ซึ่งต่างจากโซลินอยด์ทั่วไปที่เป็นการทำงานแบบเปิด/ปิด



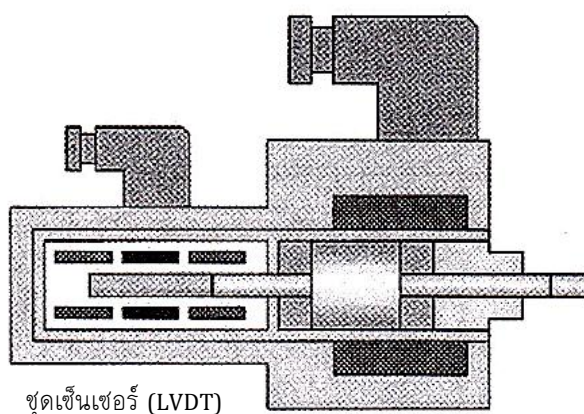
ภาพที่ 2-3 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์

จากที่กล่าวมาว่า แรงที่ได้พรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสที่ป้อนเข้าไปในชุดชุดลวด เพื่อให้เห็นภาพในกรณีที่น่ามาใช้ร่วมกับวาล์ว (เป็นพรอพอร์ชันนัลวาล์ว)



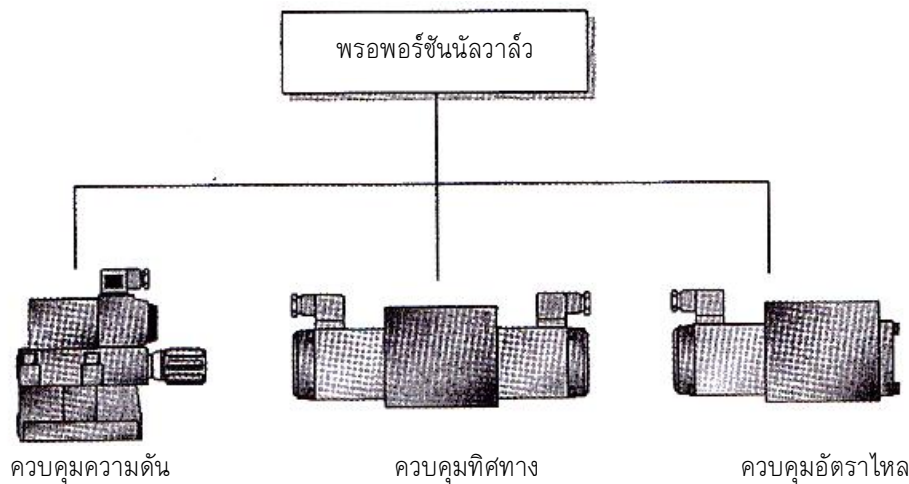
ภาพที่ 2-4 ตัวอย่างการนำพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์มาใช้ร่วมกับวาล์ว

จากภาพที่ 2-4 จะเห็นว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าน้อยๆให้กับโซลินอยด์ แรงที่เกิดขึ้นจะน้อย ส่งผลให้ในระยะการเคลื่อนที่น้อยตามไปด้วย และในทำนองเดียวกันหากเพิ่มปริมาณการจ่ายกระแสให้กับชุดโซลินอยด์แรงที่เกิดขึ้น ก็จะเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะในการเคลื่อนที่มากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน เนื่องจากผลที่เกิดจากการทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก แรงเสียดทาน รวมทั้งแรงจากการไหลของน้ำมัน ล้วนแล้วแต่มีผลกระทบต่อการทำงานของพรอพอร์ชันนัลวาล์วทั้งสิ้น นั่นคือจะมีผลทำให้ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของแกนอาร์เมเจอร์ (Armature) ไม่ถูกต้องมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงและไม่สอดคล้องกับค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไป ดังนั้นสำหรับงานบางประเภทที่ต้องการความแม่นยำสูง จึงจำเป็นต้องใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจจับการเคลื่อนตัวของแกนอาร์เมเจอร์หรือสปลูของวาล์ว ซึ่งเราอาจเรียกพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์ดังกล่าวนี้ว่าเป็น แบบควบคุมช่วงชัก (stroke controlled)



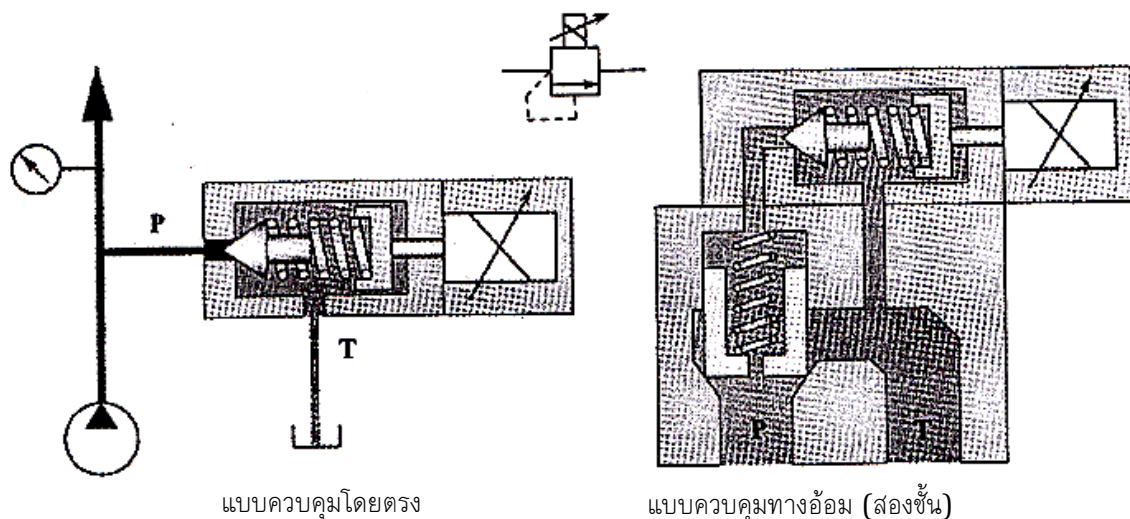
ภาพที่ 2-5 การใช้เซ็นเซอร์ควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์

2.1.1.2 ประเภทของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว วาล์วในระบบไฮดรอลิกโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มด้วยกันซึ่งนั่นหมายความว่า พรอพอร์ชันนัลวาล์วก็สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกันเช่นกันคือ วาล์วควบคุมความดัน, วาล์วควบคุมทิศทาง และ วาล์วควบคุมอัตราการไหล



ภาพที่ 2-6 ประเภทของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว

ก. พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมความดัน สามารถปรับค่าความดันของน้ำมันไฮดรอลิกได้ โดยผ่านสัญญาณทางไฟฟ้าที่ป้อนให้กับ พรอพอร์ชันนัลควบคุมความดัน

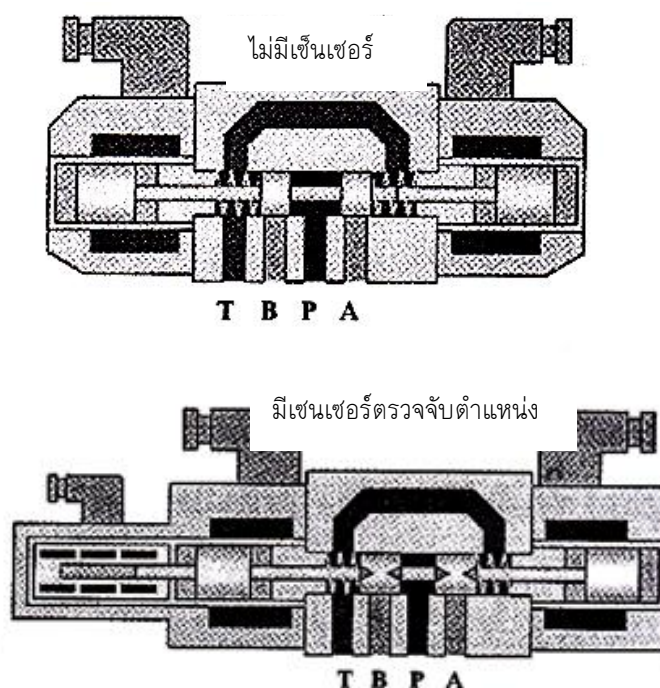


ภาพที่ 2-7 วาล์วปลดความดันแบบพรอพอร์ชันนัล

หากมีพื้นฐานความรู้ในเรื่องของวาล์วควบคุมความดันอย่างเพียงพอ ดังนั้นสำหรับพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมความดันก็คงไม่มีปัญหาอะไร เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนจากการใช้มือปรับมาเป็นการใช้สัญญาณทางไฟฟ้าปรับการทำงานแทนนั่นเอง จากภาพที่ 2-7 ความดันที่ช่อง P จะกระทำกับหน้า

กรวยควบคุมซึ่งผ่านน้ำมันมาจากช่องนำ (pilot) ของลิ้นควบคุม โดยพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์ กล่าวคือ กรวยน้ำมันจะยังคงปิดช่องน้ำมัน T อยู่ตลอดเวลาจนกว่าแรงที่เกิดจากโซลินอยด์มีค่าน้อยกว่าแรงที่เกิดจากความดันน้ำมัน น้ำมันจึงถูกระบายออกที่ช่อง T ได้

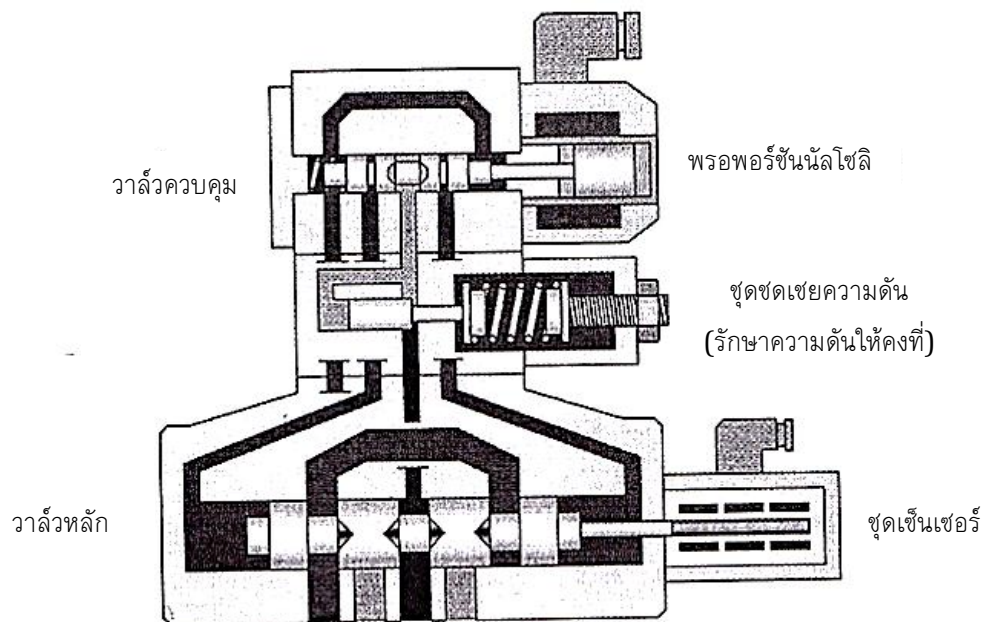
ข. พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง สำหรับพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง มีลักษณะของการออกแบบคล้ายคลึงกับวาล์ว 4/3 ทัวไป (ตำแหน่งกลางเป็นปกติปิด) แต่จะมีลักษณะพิเศษตรงที่สามารถปรับอัตราการไหลได้ด้วย ในภาพที่ 2-8 เป็นการแสดงถึงโครงสร้างและหลักการทำงาน



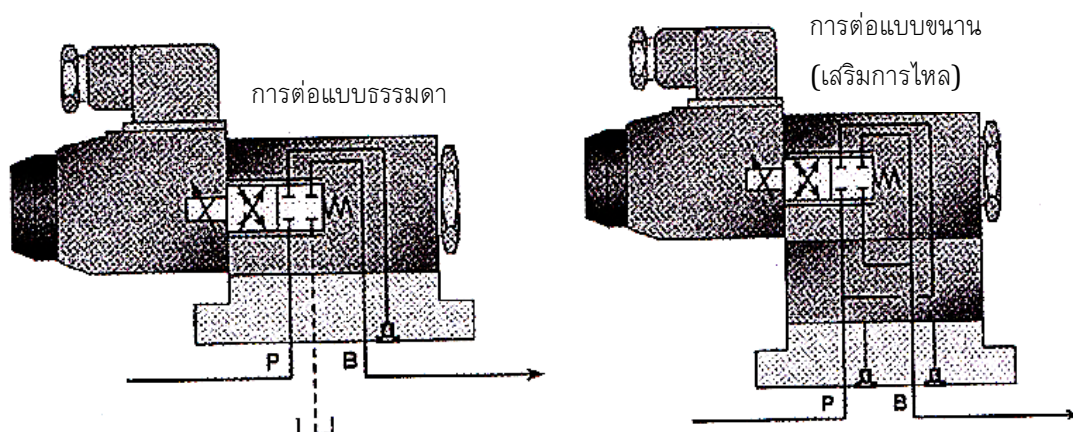
ภาพที่ 2-8 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทางชนิดควบคุมโดยตรง

จากภาพที่ 2-8 หากสัญญาณไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ วาล์วจะอยู่ตำแหน่งกลางด้วยแรงของสปริงทั้งสองด้าน แต่หากเราค่อยๆ จ่ายสัญญาณไฟฟ้าเข้าไปยังโซลินอยด์ด้านขวามือก็จะทำให้ลิ้นวาล์วค่อยๆ เลื่อนไปทางซ้ายมือ น้ำมันจากช่อง P จะต่อกับช่อง B และ A จะต่อกับ T และหากเราค่อยๆ จ่ายสัญญาณไฟฟ้าเข้าไปยังโซลินอยด์ด้านซ้ายมือก็จะทำให้ลิ้นวาล์วค่อยๆ เลื่อนไปทางขวามือ น้ำมันจากช่อง P จะต่อกับ A และ B จะต่อกับ T ดังที่ได้อธิบายมาเราจะเห็นว่า พรอพอร์ชันนัลวาล์วแบบนี้ นอกจากควบคุมทิศทางน้ำมันได้แล้ว ยังสามารถควบคุมการไหลของน้ำมันได้อีกด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณและทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปยังโซลินอยด์ ในการควบคุมที่ต้องการความละเอียดและแม่นยำสูงชุดโซลินอยด์ จะต้องมิเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งการเคลื่อนที่ติดตั้งร่วมอยู่ด้วยดังที่เคยได้กล่าวถึงไว้ในตอนต้น นอกจากนั้นหากเป็นระบบไฮดรอลิกขนาดใหญ่ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานทางไฟฟ้า การทำงานของวาล์วต้องเป็นชนิดที่สั่งงานทางอ้อมซึ่งการ

ตรวจจับตำแหน่งอาจจะอยู่ที่วาล์วหลักหรืออาจใช้เซ็นเซอร์สองชุดก็ได้ ตัวอย่างเช่นภาพที่ 2-9 เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง

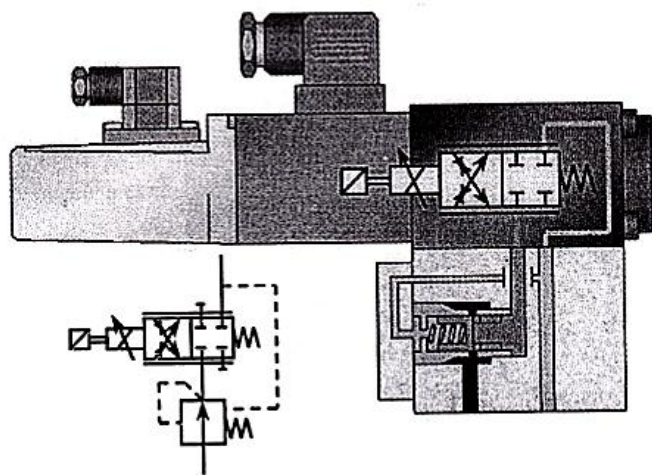


ภาพที่ 2-9 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทางชนิดพลังงานทางอ้อมและมีเซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่ง



ภาพที่ 2-10 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมการไหล

ค. พรอพอร์ชันนัลควบคุมการไหล จากภาพที่ 2-10 ปกติวาล์วกลุ่มนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก เนื่องจากว่า พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทางก็สามารถควบคุมการไหลได้ภายในตัวเอง อย่างไรก็ตามสำหรับพรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมการไหล อัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับ การเปิดของลิ้นปากควบคุม (ซึ่งถูกกำหนดมาจากสัญญาณไฟฟ้าควบคุม) และความดันตกคร่อม (Pressure Drop) ที่ตัววาล์ว ดังนั้นเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าอัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุมเพียงอย่างเดียว จึงจำเป็นต้องรักษาความดันตกคร่อมให้มีค่าคงที่ไว้ ซึ่งสามารถกระทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น เพิ่มส่วนสร้างระดับความสมดุลของความดัน (Hydrostat) รวมไว้ในตัววาล์ว ดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 พรอพอร์ชันนัลควบคุมการไหลแบบมีชุดรักษาระดับความดัน

2.1.3 คุณสมบัติของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว มีความเป็นไปได้น้อยมากที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอินพุตซึ่งในที่นี้ก็คือค่ากระแสไฟฟ้าและตัวแปรเอาต์พุต ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของความดันหรืออัตราไหลจะเกิดเป็นกราฟเชิงเส้น ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุหลายๆประการด้วยกัน เช่น ความเสียดทานของสปูล รูปร่างของปากลูกสูบสปูล การเหลื่อมของปากลูกสูบสปูล (Overlap) แรงต้านจากสปริง และผลจากการสร้างอำนาจแม่เหล็ก ฯลฯ

2.1.3.1 พฤติกรรมของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว การเบี่ยงเบนจากพฤติกรรมในอุดมคติของพรอพอร์ชันนัลวาล์วไม่ว่าจะเกิดขึ้นจากเหตุผลใดๆก็ตามจะทำให้เกิดพฤติกรรมต่างๆขึ้นกับพรอพอร์ชันนัลวาล์วดังนี้

2.1.3.2 ความเร็วในการตอบสนอง (Response Sensitivity) ในกรณีเมื่อมีกระแสไฟฟ้า (สัญญาณอินพุต) ไหลผ่านโซลินอยด์ แกนอาร์เมเจอร์จะเคลื่อนที่(สัญญาณเอาต์พุต) และทันทีที่กระแสไฟฟ้าคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทำให้แกนอาร์เมเจอร์เกิดการเคลื่อนที่ต่อไปในทิศทางเดิม ก็จะต้องมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย การเพิ่มค่า ในการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เรียกว่า ความเร็วในการตอบสนอง

2.1.3.3 ช่วงของการผันกลับ (Inversion Range) พฤติกรรมดังกล่าวมีลักษณะเช่นเดียวกับการถ่วงน้ำหนักในการตอบสนอง แต่จะต่างกันตรงที่เป็นการให้แกนนอร์มัลเจอร์เคลื่อนที่กลับในทิศทางตรงกันข้ามกับตอนแรก นั่นคือจะต้องลดการจ่ายกระแสไฟฟ้าลงจากตอนแรก ซึ่งช่วงระยะความแตกต่างที่เกิดขึ้นของเส้นกราฟนี้ เรียกว่า ช่วงของการผันกลับ

2.1.3.4 ฮิสเทอรีซิส (Hysteresis) ในกรณีที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับพอร์ซันนาลวาล์วตลอดย่านที่ถูกกำหนดไว้ ทั้งตอนที่เพิ่มขึ้นและลดลงแม้ว่าสัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุตจะเป็นค่าเดียวกันก็ตามแต่สัญญาณอินพุตจะมีค่าที่แตกต่างกัน และช่วงระยะความแตกต่างที่มากที่สุดนี้เรียกว่า ฮิสเทอรีซิส

ก. การเหลื่อมของลิ้นวาล์ว (Overlap) การเหลื่อมกันของลิ้นวาล์วหรือสปูลกับช่องทางของน้ำมันที่ตัวเรือนวาล์ว จะมีผลต่ออัตราการไหลต่อสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ควบคุม และในลำดับต่อไปนี้จะกล่าวถึงการเหลื่อมที่เกิดขึ้นในพอร์ซันนาลวาล์วควบคุมทิศทาง

2.1.4 คุณสมบัติทางพลวัตหรือไดนามิก

ในหัวข้อที่ผ่านมาเป็นการกล่าวถึง ค่าตัวแปรคุณสมบัติของพอร์ซันนาลวาล์วในสภาวะคงตัว (Steady State) ในการควบคุมนอกจากจะพิจารณาค่าดังกล่าวแล้ว คุณสมบัติขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือคุณสมบัติทางไดนามิกก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน โดยทั่วไปความเร็วในการสั่งงานของพอร์ซันนาลวาล์วสามารถพิจารณาได้จากค่า 2 ค่า คือ เวลาในการตอบสนอง (Response Time) และการตอบสนองความถี่ (Frequency Response)

2.1.4.1 เวลาในการตอบสนอง (Response Time) ทันทีก่อนสัญญาณอินพุตไปทางโซลินอยด์จะทำให้มี สปูลมีการเคลื่อนตัว และเมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ไปตั้งแต่สปูลเริ่มเคลื่อนตัว (น้ำมันเริ่มไหล) จนกระทั่งลิ้นสปูลปลายตำแหน่งของการทำงาน (น้ำมันไหลคงที่สูงสุด) เวลาดังกล่าวนี้นี้ก็คือ เวลาในการตอบสนองนั่นเอง เวลาในการตอบสนองการเลื่อนวาล์วแบบพอร์ซันนาลจะมีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 100 มิลลิวินาที (ms) โดยทั้งนี้จะมีค่าเวลาในการตอบสนองที่แตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะในกรณีของการป้อนสัญญาณที่เป็นบวกและลบ

2.1.4.2 การตอบสนองความถี่ (Frequency Response)

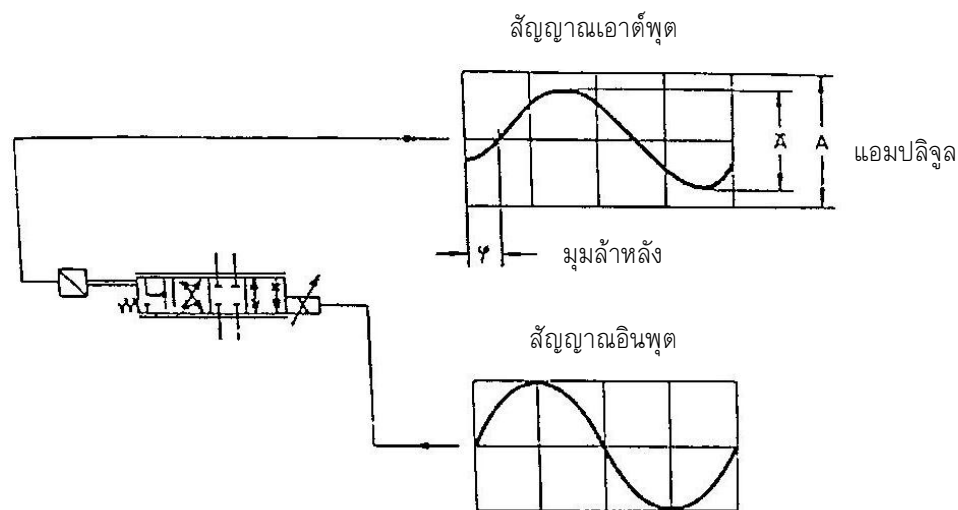
ในการวัดการตอบสนองความถี่สามารถกระทำได้โดยป้อนสัญญาณควบคุมอินพุตแบบรูปคลื่นไซน์ (Sinusoidal) แล้วใช้ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) จับสัญญาณอินพุตเทียบกับสัญญาณเอาต์พุตซึ่งได้จากการเคลื่อนตัวของสปูล

ก. การตอบสนองความถี่ในวาล์วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ 2 ตัวแปรที่สำคัญคือ การตอบสนองแอมพลิจูด (Amplitude Response) และการตอบสนองเฟส (Phase Response)

ข. การตอบสนองแอมพลิจูดกรณีที่มีความถี่ของสัญญาณควบคุมต่ำ แอมพลิจูดในการแกว่งตัวของสปูลจะมีค่าใกล้เคียงกับแอมพลิจูดของสัญญาณควบคุม แต่ในกรณีที่เพิ่มความถี่ของสัญญาณควบคุมมากขึ้น ภาพที่ 2-12 มีผลทำให้สปูลของวาล์วไม่สามารถเคลื่อนที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ทันส่งผลให้ค่าแอมพลิจูดมีขนาดน้อยลง การตอบสนองแอมพลิจูดที่ความถี่ใดๆ โดยปกติจะมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)

2.1.4.3 การตอบสนองเฟส ในความเป็นจริงแล้ว สัญญาณเอาต์พุตหรือในที่นี้คือการเคลื่อนตัวของสปูลไม่สามารถติดตามสัญญาณอินพุตสั่งงานได้ทัน ภาพที่ 2-12 ทำให้เกิดอาการล่าช้า (φ) ขึ้น ซึ่งการล่าช้าดังกล่าวโดยทั่วไปจะถูกกำหนดเป็นองศา

ก. ความถี่วิกฤติ (Critical Frequency) ความถี่วิกฤติ หมายถึง ความถี่ที่มีการตอบสนองแอมพลิจูดตกลงเป็น 70.7 เปอร์เซ็นต์ หรือ -3 เดซิเบล (dB) โดยส่วนใหญ่ค่าความถี่วิกฤติของ พรอพอร์ชันนัลวาล์วจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5 ถึง 100 เฮิร์ตซ์ (Hz)

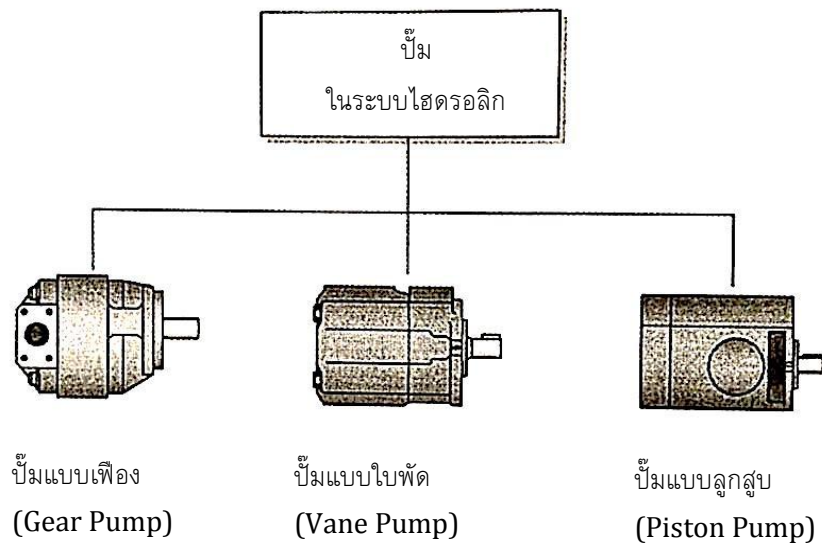


ภาพที่ 2-12 การตอบสนองความถี่ของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว

2.1.5 ปั๊มในระบบไฮดรอลิก

ปั๊มเป็นหัวใจหลักของระบบไฮดรอลิก ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานกลที่ได้รับให้เป็นพลังงานของของไหลภายใต้ความดัน หลักการทำงานของปั๊มไฮดรอลิกโดยทั่วไป คือการดูดน้ำมันหรือของไหลต่อนั้น จะทำการอัดหรือสร้างความดันแล้วจ่ายให้กับระบบ สำหรับในงานอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่ พลังงานกลที่ใช้ในการขับปั๊มจะได้อาจมาจากมอเตอร์ไฟฟ้า แต่ในกรณีที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าหรือไม่ได้ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ก็จะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับ

การแบ่งประเภทของปั๊มไฮดรอลิก จะพิจารณาลักษณะโครงสร้างและหลักการทำงานเป็นหลักทั้งนี้สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ด้วยกันกล่าวคือ ปั๊มแบบเฟือง (Gear Pump) ปั๊มแบบใบพัด (Vane Pump) และปั๊มแบบลูกสูบ (Piston Pump) ดังภาพที่ 2-13



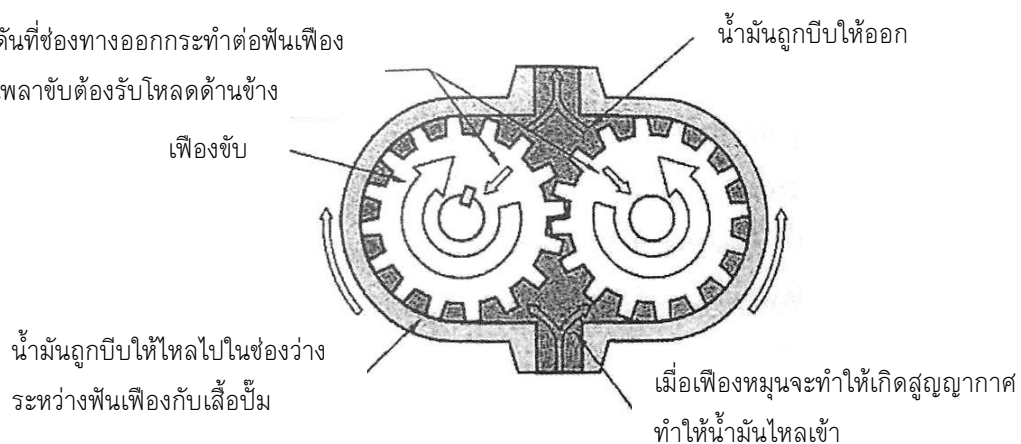
ภาพที่ 2-13 ประเภทของปั๊มในระบบไฮดรอลิก

2.1.5.1 ปั๊มแบบเฟือง

ปั๊มแบบเฟือง (Gear Pump) นิยมใช้กันค่อนข้างมากในระบบไฮดรอลิก เพราะมีโครงสร้างแบบง่าย ๆ และราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับปั๊มชนิดอื่น

ปั๊มแบบเฟืองนอกหรือ **External Gear Pump** ประกอบด้วยเฟืองฟันนอกสองตัว ภาพที่ 2-14 หมุนอยู่ในเลื้อปั๊มชุดเดียวกัน ในขณะที่ขับให้ปั๊มทำงาน เฟืองขับจะหมุนไปขับและขับเฟืองตามให้หมุนในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้น้ำมันจากถังพักถูกดูดเข้ามาในตัวปั๊มและถูกบีบให้ไหลออกทางด้านข้างของเฟืองทั้งสองก่อนที่จะไหลออกสู่ภายนอก

ความดันที่ช่องทางออกกระทำต่อฟันเฟือง
ทำให้เพลาคับต้องรับโหลดด้านข้าง



ภาพที่ 2-14 ปั๊มแบบเฟืองฟันนอก

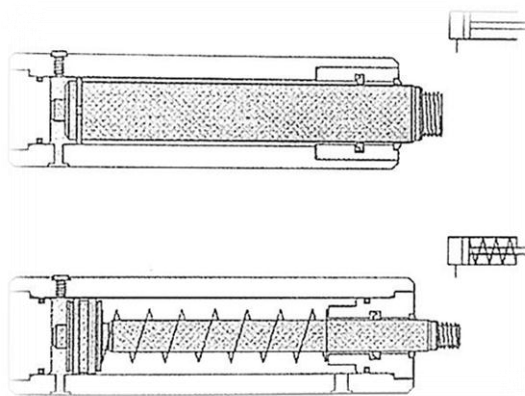
อุปกรณ์การทำงานในระบบไฮดรอลิก โดยทั่วไปจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงาน ของไหลหรือน้ำมัน ให้เป็นพลังงานกล ซึ่งถ้าหากเราจะจัดแบ่งประเภทตามลักษณะของการเคลื่อนที่ และสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ด้วยกันคือ (1) อุปกรณ์ทำงานที่มีลักษณะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ซึ่งโดยทั่วไปจะหมายถึงกระบอกสูบ (Cylinders) (2) อุปกรณ์ทำงานที่มีลักษณะ การเคลื่อนที่เป็นเชิงมุมแต่จะมีการจำกัดการหมุนเอาไว้หรือ (Rotary Actuators) และ (3) อุปกรณ์ทำงานที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเชิงมุมและสามารถหมุนได้รอบตัว ซึ่งในที่นี้หมายถึงมอเตอร์ไฮดรอลิก (Hydraulic Motors)

2.1.6 กระบอกสูบ (Cylinders)

กระบอกสูบ เป็นอุปกรณ์การทำงานที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงเมื่อได้รับพลังงานจากน้ำมัน กระบอกสูบสามารถแบ่งออกได้หลายประเภทด้วยกัน

2.1.6.1 กระบอกสูบทำงานทางเดียว

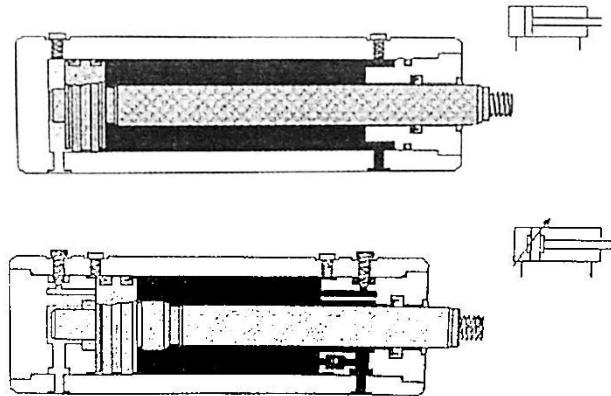
กระบอกสูบทำงานทางเดียวหรือ (Single Acting Cylinder) เป็นอุปกรณ์ทำงานที่รับน้ำมันเข้าทำยกระบอกสูบเพียงด้านเดียว ทั้งนี้เพื่อผลักให้ลูกสูบรวมทั้งก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปผลักดันชิ้นงานหรือชิ้นส่วนทางกล สำหรับตอนที่ลูกสูบเคลื่อนที่กลับจะใช้สปริง หรือบางชนิดอาจใช้ชิ้นงานหรือน้ำหนักของตัวก้านสูบเองเป็นตัวดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่เข้า



ภาพที่ 2-15 กระบอกสูบทำงานทางเดียว

2.1.6.2 กระบอกสูบทำงานสองทาง

กระบอกสูบทำงานสองทางหรือ (Double Acting Cylinder) เป็นอุปกรณ์ทำงานทั้งการที่เคลื่อนออกและการเคลื่อนที่เข้า จะอาศัยความดันของน้ำมันในการผลักดัน ยังมีกระบอกสูบทำงานสองทางอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถลดการกระแทกในการเคลื่อนที่ของลูกสูบกับฝาปิดท้ายได้ โดยทั้งนี้จะอาศัยการอันของน้ำมันก่อนที่จะเคลื่อนสุดช่วงชักในแต่ละด้าน [1]

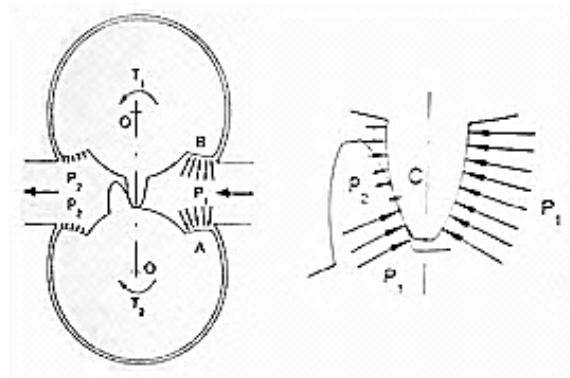


ภาพที่ 2-16 กระบอกสูบทำงานสองทาง

2.1.7 มอเตอร์ไฮดรอลิก (Hydraulic Motors) คืออุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานของไหลให้เป็นพลังงานกลในแนวหมุน (Rotary) เพื่อให้เกิดแรงบิด (Torque) และอัตราการไหล (Flow) มอเตอร์ไฮดรอลิกทำงานได้จากการไม่สมดุลของชุดหมุนซึ่งแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน

2.1.7.1 มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบเฟือง (Gear Motor)

มอเตอร์แบบเฟืองประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ ตัวเรือนมอเตอร์ (Housing) ซึ่งมีช่องน้ำมันเข้า (Inlet Port) และช่องน้ำมันออก (Outlet Port) ประกอบรวมอยู่กับชุดอุปกรณ์การหมุนประกอบด้วยเฟือง 2 ตัวคือ เฟืองขับ (Drive Gear) ซึ่งต่อเข้ากับแกนของมอเตอร์และแกนของโหลด และเฟืองอีกตัวคือ เฟืองตาม (Driven Gear) ซึ่งจะหมุนตามเฟืองขับในทิศทางตรงข้ามกัน

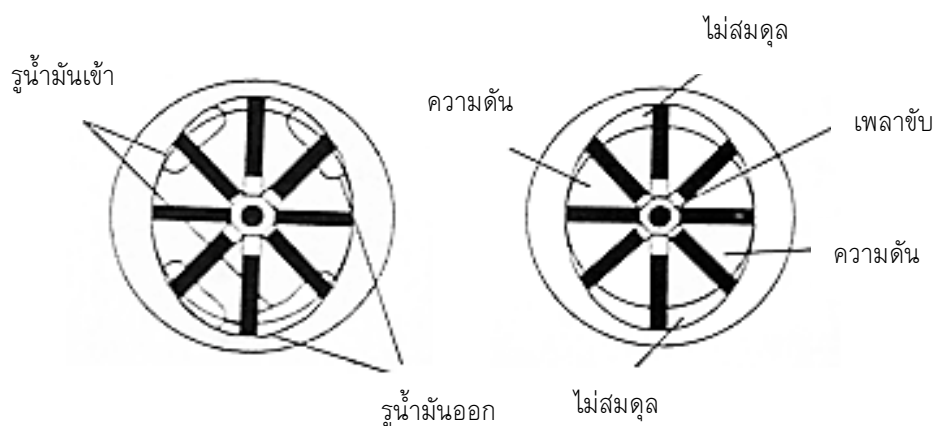


ภาพที่ 2-17 ทิศทางการหมุนของเฟืองมอเตอร์

จากภาพที่ 2-17 ที่เฟือง (จุด C) เมื่อมีความดันของ P_1 เข้ามาในมอเตอร์ ความดันส่วนหนึ่งจะเล็ดลอดออกไปดันเฟือง C ด้านตรงข้าม จึงทำให้ความดันของ P_1 สมดุลกัน ส่วนความดัน P_1 ที่เหลือก็จะสมดุลกับพื้นที่เฟืองที่จุด A เพราะฉะนั้นจึงเหลือความดันของ P_1 ที่จุด B เท่านั้นที่ไม่สมดุลกับความดันใดๆ จึงเป็นความดันที่ทำให้เฟืองหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

2.1.7.2 มอเตอร์แบบเวน (Vane Motor)

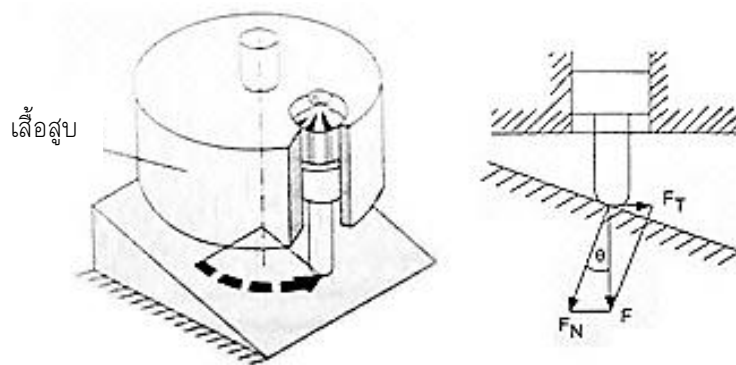
มอเตอร์แบบเวนประกอบไปด้วย ตัวเลื้อ (Body) ซึ่งมีอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบอยู่คือ ช่องน้ำมันเข้าและช่องน้ำมันออก ชุดหมุนซึ่ง ประกอบด้วย โรเตอร์ (Rotor) ใบเวน (vane) วงแหวนลูกเบี้ยว (Can Ring) และแผ่นช่องความดัน (Port Plate) ใบเวน จะสัมผัสอยู่กับวงแหวนลูกเบี้ยว ด้วยความดันของสปริงหรือความดันของน้ำมันภายในระบบคอยดัน ให้สัมผัสอยู่ตลอดเวลา ส่วนโรเตอร์จะอยู่กับแกนมอเตอร์ที่ต่อกับโหลดอีกทีหนึ่งใบเวนของมอเตอร์ จะมีพื้นที่ส่วนที่รับความดันของน้ำมันไม่สมดุลกัน จึงทำให้โรเตอร์หมุนและแกนมอเตอร์หมุนในที่สุด โดยน้ำมันจะออกจากมอเตอร์ทางด้านออก (Outlet Port) ดังจากภาพที่ 2-18



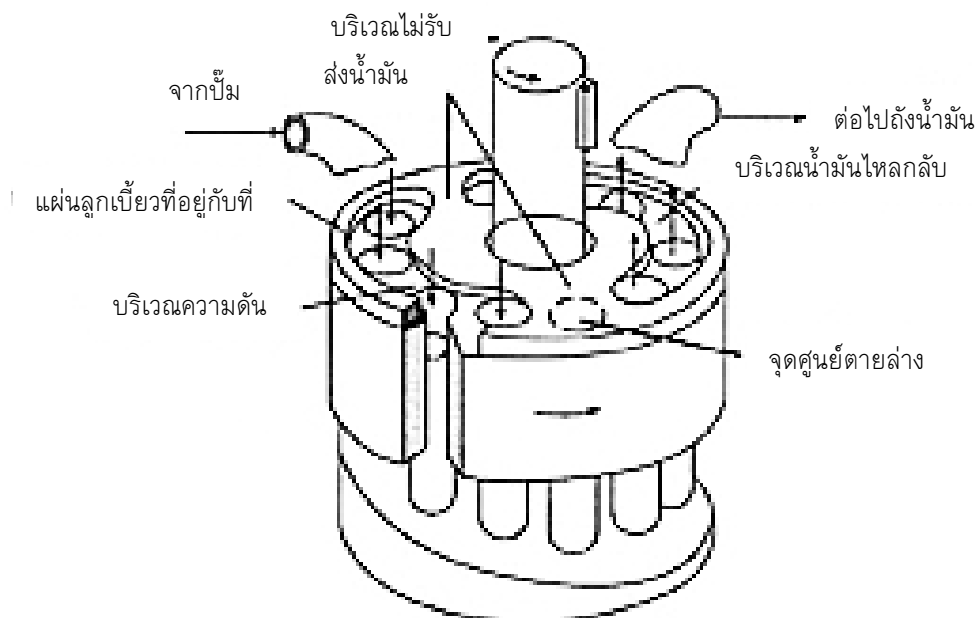
ภาพที่ 2-18 มอเตอร์แบบเวน

2.1.7.3 มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบลูกสูบ

หลักการทำงานของมอเตอร์ไฮดรอลิกชนิดที่ใช้แผ่นเอียง (Swash Plate) ถ้าดูในภาพที่ 2-19 ความดันของ น้ำมันที่เข้ามาดันให้ลูกสูบ เคลื่อนที่ลงด้านล่างนั้นจะทำให้เกิด การหมุน โดยหาแรงบิด (Torque) ได้จากสูตร $Md = Ft \times r$ แรง F หาได้จาก $F = P \times A$ ส่วน $Ft = F \sin \theta$ ($\sin 30 = 0.5$, $\sin 45 = 0.7$) จะเห็นว่าเมื่อลูกสูบถูกดันให้เคลื่อนที่ลง ด้านล่าง จะทำให้ตัวเลื้อสูบ (Drum) หมุน เพราะก้านสูบกระทำอยู่ที่แผ่นเอียง และเพื่อให้ การหมุน เป็นไปอย่างต่อเนื่องจึงจำเป็นต้องมีจำนวนลูกสูบหลายตัว คือ อย่างน้อยที่สุดต้องมี 3 ลูก เมื่อเอาก้อนน้ำหนักใส่เข้าไปในกระบอกสูบด้านซ้ายมือ จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงด้านล่าง (หมุน) เมื่อเคลื่อนลงมาด้านล่างจนสุดช่วงชักแล้ว (Bottom Dead) ถ้าต้องการให้หมุนต่อไป จำเป็นต้องมีลูกสูบเพิ่มเข้ามาอีก 1 ตัว ในจังหวะเริ่มแรกของตัวที่ลงสุดจังหวะ ส่วนอีกตัวหนึ่ง จะต้องเพิ่มเข้ามาเพื่อเตรียมที่จะรับน้ำหนัก ส่วนการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระทำได้ อย่างง่ายๆ คือ เปลี่ยนลูกสูบตัวที่รับน้ำมันให้เป็นลูกสูบที่ทำหน้าที่ส่งน้ำมัน

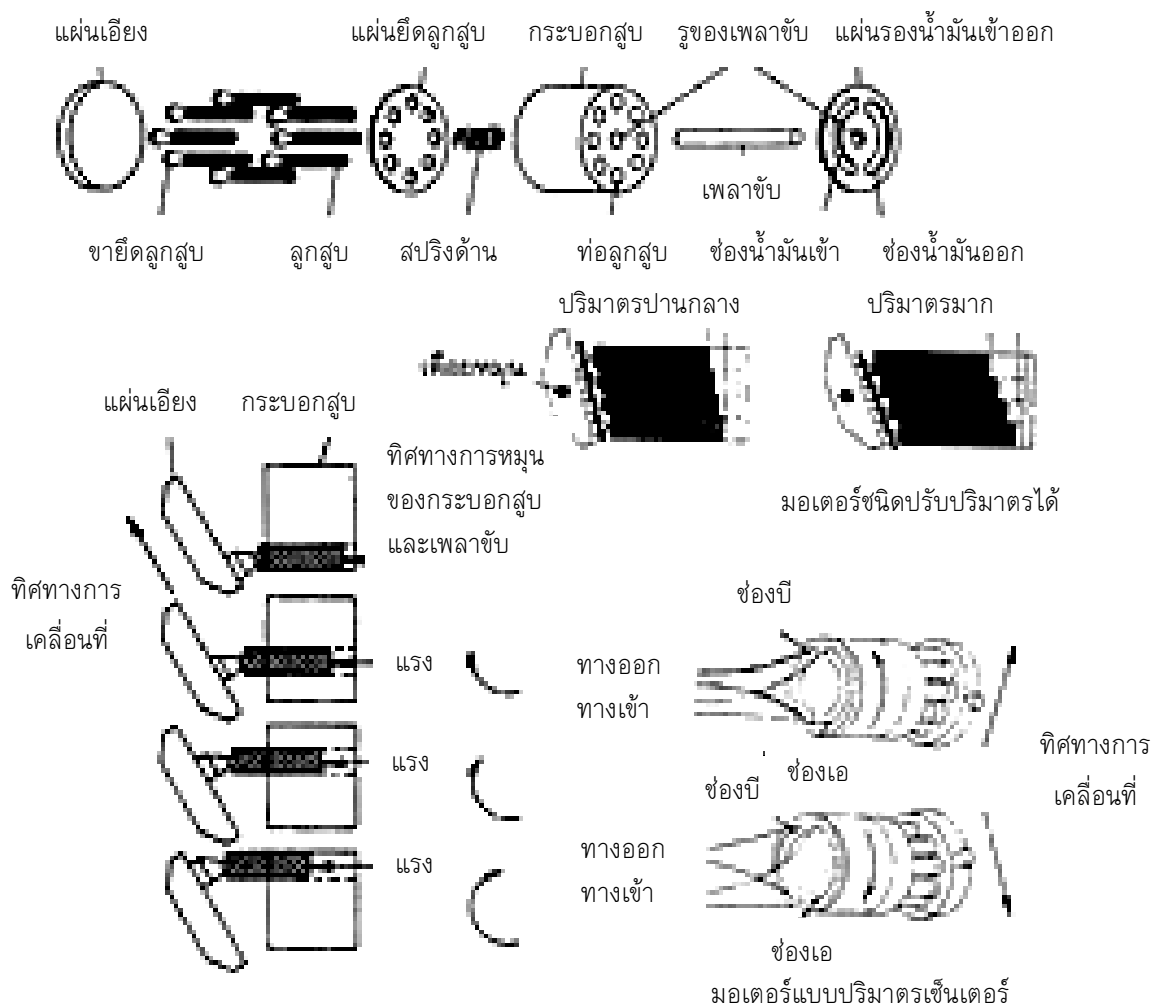


ภาพที่ 2-19 มอเตอร์แบบลูกสูบ



ภาพที่ 2-20 แสดงโครงสร้างภายในของมอเตอร์แบบลูกสูบ

จากภาพที่ 2-20 โครงสร้างของมอเตอร์จากที่กล่าวมาแล้วว่ามีตัวเลื้อสสูบ ซึ่งมีลูกสูบอย่างน้อยที่สุด 3 ตัว ประกอบอยู่เมื่อมีความดันของน้ำมันเข้ามากกระทำกับลูกสูบจะทำให้ความดันนี้รั่วได้ และการรั่วของน้ำมันนี้จำเป็นต้องระบายออกลงถึงน้ำมันต่อไป ส่วนการประกอบภายในของมอเตอร์แบบลูกสูบ จะเห็นว่าด้านความดันจะมีลูกสูบอยู่ 4 ตัว ทำหน้าที่รับความดันของน้ำมันและ ดันให้ลูกสูบหมุน โดยมีลูกสูบตัวหนึ่งอยู่ในตำแหน่งล่างสุด (Bottom Dead Center) ส่วนอีก 4 ลูกสูบจะอยู่ในตำแหน่งส่งน้ำมันกลับถึงน้ำมัน ลูกสูบที่อยู่ในตำแหน่งล่างสุดเป็นตำแหน่งที่ไม่รับน้ำมันและไม่ส่งน้ำมัน หรือเรียกตำแหน่งนี้ว่า Cover Zone

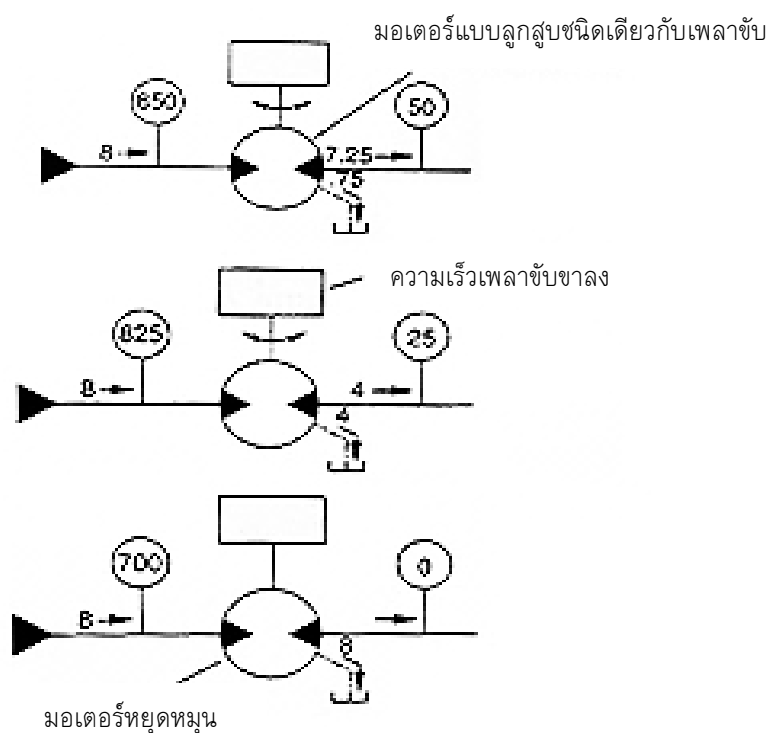


ภาพที่ 2-21 แสดงส่วนประกอบของมอเตอร์แบบลูกสูบ

จากภาพที่ 2-21 ส่วนประกอบของมอเตอร์แบบลูกสูบ จะมีตัวเสื้อ (Housing) ซึ่งมีอุปกรณ์อื่นๆประกอบด้วยคือ ช่องน้ำมันเข้า-ออก แผ่นเอียง (Swash Plate) กระบอกสูบ ลูกสูบพร้อม ขายึด (Shoes) ชุดขายึด (Shoe Plate) สปริง (Spring) แผ่นช่องความดัน (Port Plate) และเพลาชับ (Shaft) ลูกสูบจะสวมอยู่ในกระบอกซึ่งวางในแนวเดียวกับเพลาชับ (Shaft) ของมอเตอร์ แผ่นเอียงจะเป็น ตัวกำหนดว่าจะให้ลูกสูบมีระยะของช่วงชักมากน้อยเพียงไร พร้อมกับเป็นฐานสำหรับยึดลูกสูบด้วยชุดขายึดและสปริง สำหรับแผ่นช่องความดันทำหน้าที่แยกน้ำมันด้านเข้าและด้านออกและยึดติดอยู่กับกระบอกสูบ การหมุนของมอเตอร์เกิดจากความดันของน้ำมันเข้ามาดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ จึงทำให้เกิดแรงบิดที่เพลาคความดันที่เข้ามายังลูกสูบนี้ จะกระทำบนพื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ การเปลี่ยนแปลงการเอียงของแผ่นเอียงจะมีผลทำให้อัตราการรับน้ำมันและส่งน้ำมันแตกต่างกันไป หรือสามารถทำให้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์เปลี่ยนแปลง (หมุนซ้ายหมุนขวาได้) หรือที่เรียกว่า โอเวอร์เซ็นเตอร์ (Over Center) โดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนช่องน้ำมัน เข้าออกมอเตอร์

แบบลูกสูบเท่านั้นที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงบิด ความเร็ว และทิศทางการหมุน ซึ่งมอเตอร์แบบเวนหรือเฟืองไม่สามารถทำได้

2.1.7.4 การลื่นหรือของมอเตอร์ไฮดรอลิก จะทำให้ความเร็วลดลง ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว การรั่วภายในของมอเตอร์ไฮดรอลิกนั้นเกิดจากความดันแตกต่างระหว่างช่องว่างของชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ หรือของอุปกรณ์ชุดเคลื่อนที่ในมอเตอร์ เช่น การรั่วระหว่างเฟือง ระหว่างใบเวน ระหว่างตัวเรือน เป็นต้น การส่งน้ำมันเข้าไปที่อัตราหนึ่งนั้นจะทำให้ความเร็วลดลง เมื่อมีการรั่วเกิดขึ้นความเร็วก็จะลดลงมาก ถ้าหากการรั่วมีมากจนกระทั่งไม่มีความดันเกิดขึ้นเพียงพอที่ชนะแรงเสียดทานของโหลดได้จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน เช่น ป้อนน้ำมันที่อัตรา 8 แกลลอน/นาที ถ้ามีการรั่ว ที่มอเตอร์เท่ากับ 8 แกลลอน/นาที ด้วยความดันทางด้านออกของมอเตอร์จึงเท่ากับศูนย์ จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน ดังภาพที่ 2-22



ภาพที่ 2-22 การลื่นหรือของมอเตอร์ไฮดรอลิก

2.1.7.5 การตรวจสอบการรั่วของมอเตอร์ไฮดรอลิก หมายถึงการเปรียบเทียบน้ำมันไฮดรอลิกที่รั่วออกจากมอเตอร์ไฮดรอลิกกับน้ำมันที่ป้อนเข้าไปจากปั๊ม ถ้าการรั่วออกทางท่อระบายมีมาก ความเร็วของมอเตอร์จะลดลง แต่วิธีนี้นั้นจะไม่สามารถมองเห็นจำนวนน้ำมันที่รั่วออกได้ ให้ทดลองใช้สายยางใส่ต่อเข้ากับรูระบายน้ำมัน ส่วนปลายสายยางให้ต่อลงกลับถึงน้ำมัน จะสามารถมองเห็นการรั่วไหลของน้ำมันจากมอเตอร์ได้หรือใช้วิธีเปรียบเทียบ ความเร็วของมอเตอร์กับคู่มือของผู้ผลิตว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร [6]

ข้อดีของระบบไฮดรอลิก

- สามารถส่งกำลังได้มาก โดยใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก
- สามารถควบคุมการทำงานได้ง่าย
- มีคุณสมบัติหล่อลื่นอยู่ในตัวเอง
- เมื่อเกิดความร้อนขึ้นในระบบ น้ำมันจะเป็นตัวพาความร้อนออกไป
- อายุการใช้งานนาน

ข้อเสียของระบบไฮดรอลิก

- พลังงานไฮดรอลิกไม่พร้อมที่จะใช้งานทันที
- อุปกรณ์ที่ใช้งานต้องผลิตขึ้นอย่างละเอียด ทำให้ราคาแพง
- เกิดมลภาวะ เมื่อเกิดการรั่วของน้ำมัน
- การบำรุงรักษาและตรวจสอบค่อนข้างยุ่งยาก
- มีโอกาสเสียหาย แตกหัก และติดไฟได้

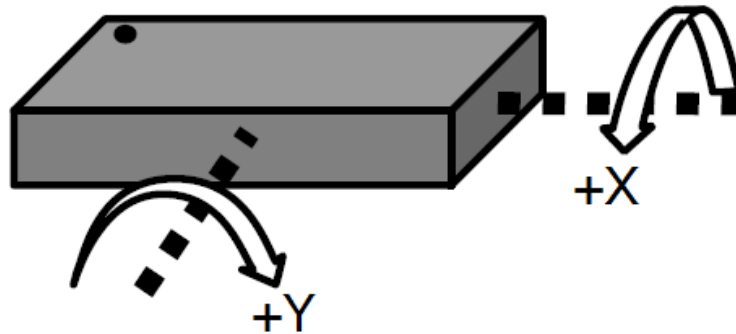
2.2 เซ็นเซอร์วัดความเร่ง

เซ็นเซอร์ 5 แกน (IMU Analog Combo Board - 5 DOF) เซ็นเซอร์ 5 แกน เป็นเซ็นเซอร์วัดแรงกระทำที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ 2 แบบคือ วัดมุมเอียง 2 แกน และ วัดความเร่ง 3 แกน ดังภาพที่ 2-23



ภาพที่ 2-23 บอร์ด IMU-5DOF

2.2.1 ตัววัดมุมเอียง 2 แกน (2 - axis digital MEMS gyroscopes) ไจโรสโคปเป็นเซ็นเซอร์วัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของมุม โดยใช้เบอร์ IDG-500 ในการวัดแกน X และ Y ดังภาพที่ 2-24



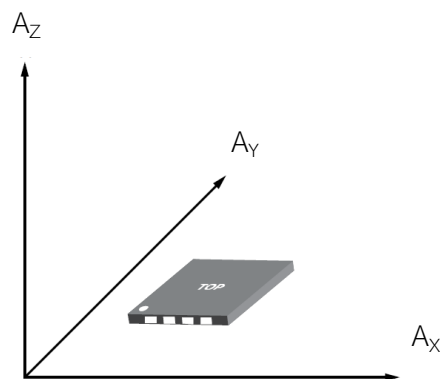
ภาพที่ 2-24 ทิศทางที่ตรวจพบของตัววัดอัตราเชิงมุม

คุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดมุมเอียง IDG-500

- ก. ค่าความละเอียดที่วัดได้ 500 องศาต่อวินาที
- ข. เอาต์พุตเป็นอนาล็อก
- ค. ทำงานได้ที่แรงดัน 2.7 โวลต์ถึง 3.6 โวลต์
- ง. ใช้งานในช่วงอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ถึง 105 องศาเซลเซียส

2.2.2 ตัววัดความเร่ง

ตัววัดความเร่งเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดความเร่ง มีทิศทางการตรวจพบของตัววัดความเร่ง ดังภาพที่ 2-25



ภาพที่ 2-25 ทิศทางที่ตรวจพบของตัววัดความเร่ง

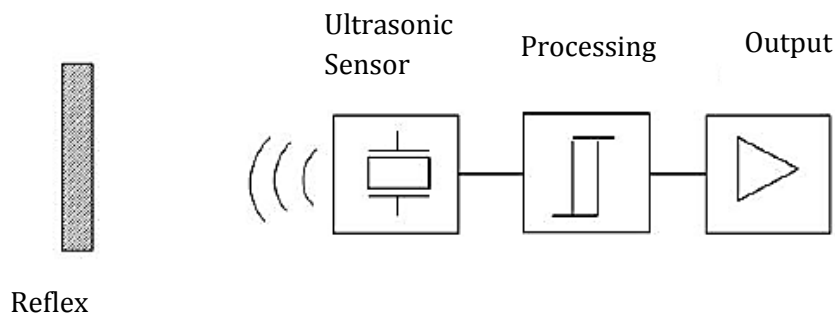
คุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง ADXL335

- ก. ค่าความละเอียดที่วัดได้ ± 3
- ข. เอาต์พุตเป็นอนาล็อก
- ค. ทำงานได้ที่แรงดัน 1.8 โวลต์ถึง 3.6 โวลต์
- ง. ใช้งานในช่วงอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสถึง 85 องศาเซลเซียส

2.3 อุลตราโซนิก

2.3.1 ระบบอุลตราโซนิก หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงเพียงแค่ 15 กิโลเฮิรท์ เท่านั้น แต่พวกที่อายุน้อยๆอาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอุลตราโซนิก จึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิรท์ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุ จำกัดเอาไว้ สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอุลตราโซนิกมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้ โดยเจาะจงเรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่น อย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 กิโลเฮิรท์ ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตร ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียง คลื่น จะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่น แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ใน 38 ย่านอุลตราโซนิก อย่างเช่น 40 กิโลเฮิรท์จะมีความยาวคลื่นในอากาศประมาณ 8 มิลลิเมตร เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มาก คลื่นเสียงจะไม่มี การเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ หรือที่เราเรียกว่ามีทิศทาง การมีทิศทางของคลื่นเสียง ย่านอุลตราโซนิกทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic Remote Control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic Cleaner) โดยให้น้ำสั่น ที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยสังเกต ระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความ ลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบ การรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่าน อากาศความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 กิโลเฮิรท์ เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศ จะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่าง รวดเร็วส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้นๆก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 เมกะเฮิรท์ (MHz) ถึง 10 เมกะเฮิรท์ ขณะที่ความถี่เป็นจิกะเฮิรท์ (GHz) ก็มีใช้กันในหลายการใช้งานที่ ตัวกลางคลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ แต่เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มา เป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอุลตราโซนิกกระจายไปในอากาศ หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้ มีชื่อเรียกว่าอุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการ ที่ใช้งาน

2.3.2 อุลตราโซนิกเซ็นเซอร์หน้าที่การทำงาน และรูปแบบต่างๆ ของอุลตราโซนิก เซ็นเซอร์ประกอบด้วย ตัวตรวจจับด้วยคลื่นอุลตราโซนิก ชุดส่งสัญญาณ ชุดประมวลผล และ ชุดเอาต์พุต ดังภาพที่ 2-26 มักจะใช้เป็นภาครับ และภาคส่ง อาจมีระบบซึ่งประกอบด้วยส่วนหลักๆ แยกกันอยู่ 2 ส่วนในระหว่างการทำงาน เซ็นเซอร์จะทำการส่งสัญญาณเสียงซึ่งเรียกว่า ซาวด์พาร์เซลล์ (Sond Parcels) ให้ขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ ของเวลาทำงานไปเรื่อยๆ จนกระทั่งมีการ รับการสะท้อนครั้งแรกเกิดขึ้น



ภาพที่ 2-26 หลักการทำงานของอัลตราโซนิก

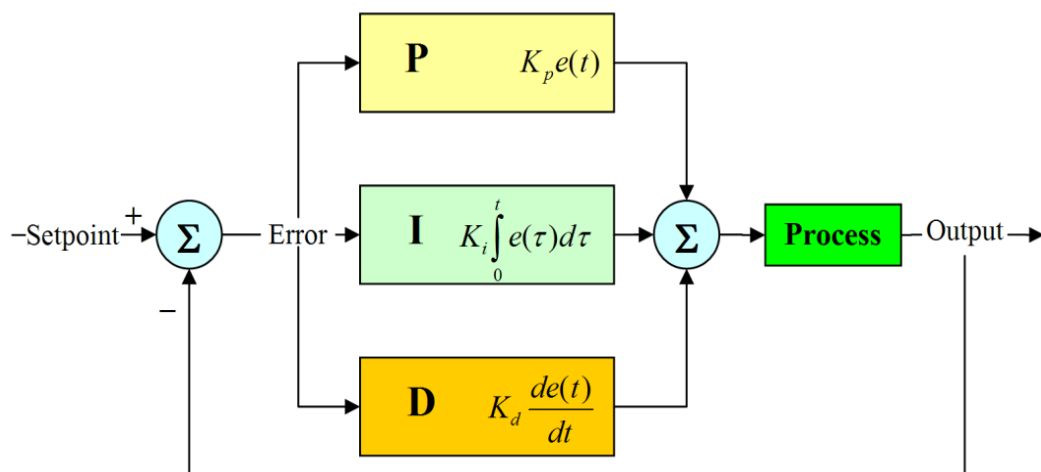
วงจรส่งผ่าน/รับ สำหรับการทำงานเป็นวงจรของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ จะส่งผ่านคลื่นพัลส์เสียงในช่วงเวลาสม่ำเสมอ หรือช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลง คลื่นเสียงที่ปล่อยออกไปจะถูกสะท้อนได้โดยวัตถุที่เหมาะสม โดยเซ็นเซอร์ และระบบการทำงานจะรับการสะท้อนของคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมา (ดังภาพที่ 2-26) ความกว้างของคลื่นพัลส์ของเสียงอยู่ในช่วง 2-200 ไมโครเซต เวลาในการเดินทางของคลื่นพัลส์ของคลื่นเสียงเป็นการวัดระยะห่างจากวัตถุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเซ็นเซอร์ ระยะห่างนี้นำไปแสดงในรูปของ สัญญาณอนาล็อก (Analogue Signal) (เช่น 0-20 mA) สัญญาณลอจิก (Logic Signal) (เช่น สัญญาณลอจิก 8 bit) ตลอดทั้ง ซีเรียลอินเตอร์เฟส (Serial Interface) (RS232) หรือการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงในรูปของสวิสซ์พัลส์ที่เรียกว่า ไทม์เฟรม (Time Frame) เนื่องจากขบวนการดำเนินไปตามเวลาที่คลื่นสะท้อนเดินทาง ไม่ใช่เป็นไปตามความเข้มของคลื่นสะท้อน จึงจัดได้ว่าอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ มีข้อดีเหนือกว่าเซ็นเซอร์แบบออปติคัล (Optical Sensor) เวลาที่คลื่นสะท้อนการเดินทางจะทำให้ขบวนการดำเนินโดยไม่ขึ้นกับความเข้มของคลื่นสะท้อน ตราบเท่าที่วัตถุยังคงสะท้อนคลื่นที่สามารถตรวจจับได้ออกมา ดังนั้นคุณลักษณะการสวิตช์ไม่เปลี่ยนไปแม้ในสภาวะที่การสะท้อนเป็นไปอย่างไม่ดีคลื่นสะท้อนที่อ่อนจะมีผลต่อความถูกต้องในการตรวจจับวัตถุ ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถทำการตรวจจับวัตถุได้โดยความเร็วที่เปลี่ยนไปของคลื่นพัลส์ของเสียง มีผลกระทบต่อพัลส์ การทำงานของสวิตช์ (ระยะทาง) โดยตรงเซ็นเซอร์ทำงานด้วยวงจรเวลาที่คงที่ (เช่น $t = 20 \text{ ms}$) จะส่งคลื่นเสียงออกมาอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นวงจรเวลาจะเป็นตัวกำหนดช่วงและวงจรการทำงานของสวิตช์ของเซ็นเซอร์ การลดสัญญาณรบกวนและสภาวะการทำงาน ผลที่เกิดจากคลื่นรบกวน และการทอดแทรกในการประยุกต์ใช้อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์คือการตรวจจับวัตถุได้แต่ระยะที่ใกล้กับเซ็นเซอร์ และไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีการสะท้อนได้ไม่ดี เนื่องจากความจริงที่ว่า คลื่นอัลตราโซนิกจะสะท้อนได้จากวัตถุเกือบทุกชนิด และง่ายต่อการเบี่ยงเบน วัตถุเหล่านั้นจะทำให้สวิตช์เปิด-ปิด เมื่อเข้าไปใกล้บริเวณที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ ดังกราฟทำนายคุณลักษณะของเซ็นเซอร์

2.4 การควบคุมด้วยพีไอดี

ระบบควบคุม (Control System) คือการจัดองค์ประกอบส่วนต่างๆให้มีการทำงานที่สัมพันธ์ เพื่อบังคับหรือปรับปรุงให้ระบบทำงานตามที่ต้องการพลานต์ (Plant) คือ สิ่งที่ต้องจะควบคุมอาจเป็นเครื่องมือหรือ เครื่องจักรหรือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน ดิสเบอรับลานต์ (Disturbance) คือสัญญาณรบกวนที่เราเข้ามาภายในระบบ ทำให้ค่าเอาต์พุตของระบบเปลี่ยนไป การควบคุมป้อนกลับ (Feedback) คือการพยายามลดค่าแตกต่างระหว่างเอาต์พุตกับค่าอ้างอิงหรือ อินพุต ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) คือระบบที่ควบคุมที่รักษาค่าเอาต์พุตให้ใกล้เคียงกับ ค่าอินพุต โดยมีการเปรียบเทียบสัญญาณทั้งสองนี้ ผลจากการเปรียบเทียบจะเป็นค่าผิดพลาด (Error) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้ป้อนเข้าสู่ตัวควบคุม (Controller) เซอร์โวแมคคาณิกส์ (Servomechanisms) คือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ โดยที่เอาต์พุตอยู่ในรูปของตำแหน่ง (Position) ความเร็ว (Velocity) หรือ อัตราเร่ง (Acceleration) ลักษณะการควบคุมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

- ระบบควบคุมแบบปิด (Open-Loop Control System)
- ระบบควบคุมแบบเปิด (Closed-Loop Control System)

ระบบควบคุมแบบปิด คือ เมื่อระบบควบคุมเปิดไม่สามารถให้ความแม่นยำในการควบคุมได้ ดังนั้นจึงมีการพิจารณาที่จะนำสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งมีผลโดยตรงกับระบบควบคุม มาใช้งานโดยการนำสัญญาณเอาต์พุตจากระบบป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ ซึ่งมีผลต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองที่นำมาเปรียบเทียบกับนั้น จะเป็นสัญญาณค่าผิดพลาดเพื่อที่จะใช้เป็นสัญญาณป้อนกลับเข้าสู่ตัวควบคุมให้ตัวควบคุมนำไปสร้างสัญญาณควบคุมใหม่ เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบและทำให้เอาต์พุต ของระบบเข้าสู่ค่าที่เราต้องการ ดังภาพที่ 2-27



ภาพที่ 2-27 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบปิด พีไอดี

2.4.1 ตัวควบคุมพีไอดี (PID Controller) ประกอบด้วยภาคต่างๆ ดังนี้

2.4.1.1 ตัวควบคุมแบบพี (Proportional-action controller : P Controller)

หรือที่เรียกว่า การควบคุมแบบสัดส่วน เป็นการควบคุมซึ่งมีการปฏิบัติการแก้ไขความผิดพลาดโดยให้สัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความผิดพลาด เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$m = K_p e \quad (2-1)$$

Take Laplace สมการที่ 2-1 แล้วได้ตั้งสมการที่ 2-2

$$M(s) = K_p E(s) \quad (2-2)$$

โดยที่ m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด (Manipulating Variable)

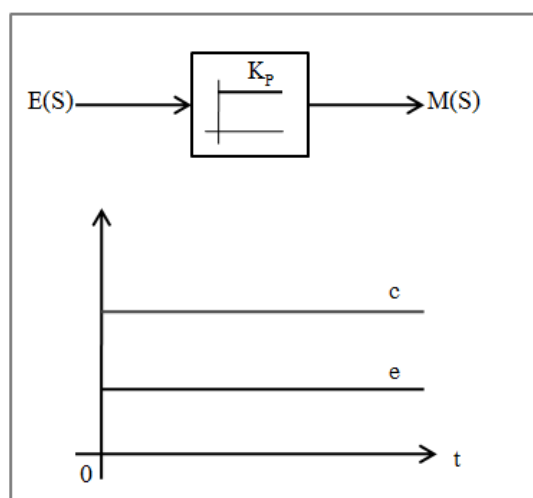
e คือ ค่าความผิดพลาด (Error)

K_p คือ อัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอัตราส่วน (Proportional Gain)

$E(s)$ คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง (Actuating Error)

$M(s)$ คือ เอาต์พุต (Output)

จากสมการสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 2-28



ภาพที่ 2-28 ไดอะแกรมเวลาของขั้นตอนการตอบสนอง (กระทำตามสัดส่วน)

คุณลักษณะที่สำคัญของการควบคุมแบบสัดส่วน คือ จะมีผลตอบสนองต่อสัญญาณอินพุต (Actuating Error; e) แบบทันทีขนาดของเอาต์พุต (Manipulating Variable; m) นอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณอินพุตแล้วยังขึ้นกับอัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอัตราส่วน (Proportional Gain; K_p) จะเห็นว่าค่าของสัญญาณเอาต์พุตจะคงอยู่ได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณอินพุต หรือค่าความผิดพลาดปรากฏอยู่ในสภาวะสม่ำเสมอเท่านั้น (Steady-State Error) ซึ่งเท่ากับ $e_{ss} = \frac{m_{ss}}{K_p}$ (Steady-State;ss)

การควบคุมแบบสัดส่วนต้องการค่าความผิดพลาด เพื่อกำเนิดสัญญาณเอาต์พุตสำหรับกระบวนการ (Process or Plant) ดังนั้นจึงกล่าวว่า การควบคุมแบบสัดส่วนไม่สามารถกำจัดค่าความผิดพลาดของระบบที่ถูกใช้ให้ควบคุมให้หมดได้ แต่เนื่องจากการควบคุมแบบสัดส่วนตอบสนองต่อสัญญาณอินพุตแบบฉับพลัน จึงทำให้มีความไวในการควบคุมระบบซึ่งถือได้ว่าเป็นคุณสมบัติเด่นของการควบคุม แบบสัดส่วน

2.4.1.2 การควบคุมแบบดี (Derivative Controller : D Controller) หรือที่เรียกว่า การควบคุมแบบอนุพันธ์ เป็นการควบคุมซึ่งมีการปฏิบัติการเพื่อแก้ไขความผิดพลาด โดยให้สัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการอนุพันธ์ของค่าความผิดพลาด (Time Integral of the Error) เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

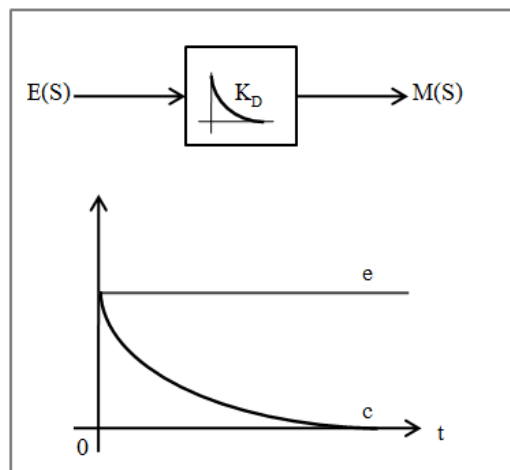
$$m = K_d \left(\frac{de}{dt} \right) \quad (2-3)$$

Take Laplace สมการที่ 2-3 แล้วได้ตั้งสมการที่ 2-4

$$M(s) = K_d S[E(s)] \quad (2-4)$$

โดยที่ m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด
 e คือ ค่าความผิดพลาด
 K_d คือ อัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอนุพันธ์
 $E(s)$ คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง
 $M(s)$ คือ เอาต์พุต

จากสมการสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังภาพที่ 2-29



ภาพที่ 2-29 ไดอะแกรมเวลาของขั้นตอนการตอบสนอง (การกระทำอนุพันธ์)

จากสมการ 2-3 จะเห็นว่าการแก้ไขค่าผิดพลาดเป็นอัตราของการเปลี่ยนแปลงความผิดพลาด ดังนั้นการควบคุมแบบอนุพันธ์จะให้สัญญาณเอาต์พุต (Manipulating Variable : m) ที่เกิดจากการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตเท่านั้น และจะไม่มีผลต่อสัญญาณอินพุตหรือค่าความผิดพลาดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรืออยู่ในสภาวะคงที่ การควบคุมแบบอนุพันธ์ทำให้ระบบสามารถที่จะแก้ไขความผิดพลาด ก่อนที่ค่าความผิดพลาดจะมีมากขึ้นแต่จะไม่รับรู้การมีอยู่ของค่าความผิดพลาดที่อยู่ในสภาวะคงที่ ดังนั้นการควบคุมแบบอนุพันธ์เพียงอย่างเดียว จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการควบคุมระบบการชดเชยข้อผิดพลาดดังกล่าว ทำให้ได้โดยใช้การควบคุมแบบอนุพันธ์ร่วมกับการควบคุมแบบสัดส่วน และการควบคุมแบบปริพันธ์ เพื่อทำให้คุณสมบัติโดยรวมของการควบคุมดีขึ้น

2.4.1.3 ตัวควบคุมแบบไอ (Integral-Action Controller : I Controller) หรือที่เรียกว่า การควบคุมแบบปริพันธ์ เป็นการควบคุมซึ่งมีการปฏิบัติการเพื่อแก้ไขความผิดพลาด โดยให้สัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการอินทิกรัล ของค่าความผิดพลาด (Time Integral Of The Error) เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

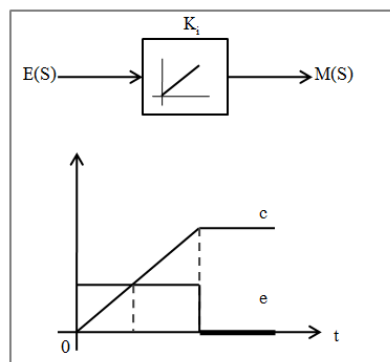
$$m = K_i (\int e dt) \quad (2-5)$$

Take Laplace สมการที่ 2-5 แล้วได้ตั้งสมการที่ 2-6

$$M(s) = \frac{K_i [E(s)]}{S} \quad (2-6)$$

โดยที่ m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด
 e คือ ค่าความผิดพลาด
 K_p คือ อัตราการขยายของตัวควบคุมแบบปริพันธ์
 $E(s)$ คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง
 $M(s)$ คือ เอาต์พุต

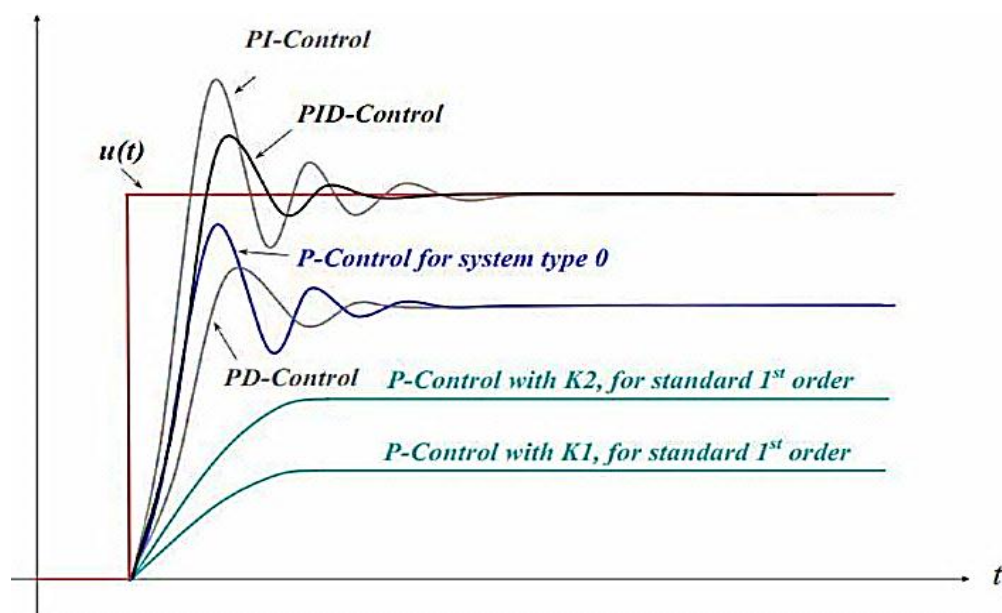
จากสมการสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังภาพที่ 2-30



ภาพที่ 2-30 ไดอะแกรมเวลาของขั้นตอนการตอบสนอง (ตัวกระทำปริพันธ์)

จากสมการ 2-6 จะเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุต (Manipulating Variable : m) เป็นค่าสะสมของสัญญาณอินพุต ตราบใดที่ยังมีสัญญาณอินพุตหรือค่าความผิดพลาดปรากฏอยู่ ค่าของสัญญาณเอาต์พุตจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ค่าของสัญญาณเอาต์พุตจะหยุดเปลี่ยนแปลงและรักษาค่าให้คงที่ไว้เมื่อค่าความผิดพลาดเท่ากับศูนย์ (Error ; $e = 0$) ความเร็วการเพิ่มขึ้นของสัญญาณเอาต์พุตนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของค่าความผิดพลาดแล้วยังขึ้นกับการควบคุมแบบปริพันธ์ คุณสมบัติสำคัญของการควบคุมแบบปริพันธ์ (Integral reset time ; T_i) จะเห็นได้จากการอนุพันธ์สมการ B ซึ่งจะได้ $\left(\frac{dm}{dt}\right) = K_i(e)$ แสดงให้เห็นว่า อัตราการแก้ไขความผิดพลาด เป็นสัดส่วนกับค่าความผิดพลาด ดังนั้นตัวควบคุมแบบปริพันธ์จึงสามารถทำการแก้ไขความผิดพลาดของระบบจนกระทั่งไม่มีความผิดพลาดเหลืออยู่ แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้การตอบสนองของระบบช้าลง เมื่อเทียบกับการควบคุมแบบสัดส่วนแล้ว จะเห็นว่าการควบคุมแบบปริพันธ์มีคุณสมบัติของการหน่วงเวลารวมอยู่

เปรียบเทียบผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบต่างๆ ดังภาพที่ 2-31



ภาพที่ 2-31 ผลการตอบสนองของตัวควบคุมแบบต่างๆ

ตารางที่ 2-2 ผลกระทบของค่าเกนในตัวควบคุมแบบ พีไอดี ต่อการตอบสนองของระบบ

ค่าเกนที่ ของตัวควบคุม	ช่วงเวลาดำเนิน (Rise Time : T_r)	โอเวอร์ชูตสูงสุด (Maximum Overshoot : M_p)	เวลาเข้าสู่ Set point (Setting Time : T_s)	ค่าความผิดพลาด ณ สถานะคงตัว (Steady state error: e_{ss})
K_p	ช่วยลดเวลา T_r	ถ้าปรับมาก M_p จะเพิ่มขึ้น	เปลี่ยนแปลง น้อย มาก	ช่วยลด e_{ss} ลง
K_i	ช่วยลดเวลา T_r	ถ้าปรับมาก M_p จะเพิ่มขึ้น	ถ้าปรับมากทำให้ T_s เพิ่มขึ้น	ช่วยกำจัด e_{ss} จนหมดไป
K_d	เปลี่ยนแปลง น้อยมาก	ช่วยลด M_p	ลดลง	เปลี่ยนแปลง น้อยมาก

จากตารางที่ 2-2 จะเห็นได้ว่าค่าเกน K_p จะทำให้ช่วงเวลาดำเนิน (Rise time) ลดลง และลดค่าความผิดพลาด ณ สถานะคงตัว แต่ไม่สามารถกำจัดค่าความผิดพลาด ณ สถานะคงตัวให้หมดได้ ค่าเกน K_i จะมีหน้าที่หลักในการลดค่าความผิดพลาด ณ สถานะคงตัวให้หมดไป แต่การเพิ่มค่าเกน K_i มากเกินไปจะทำให้ผลการตอบสนองชั่วคราวของระบบเสียไปได้ ส่วนค่าเกน K_d มีหน้าที่หลักในการลดโอเวอร์ชูตสูงสุดลง และ ทำให้ผลการตอบสนองชั่วคราวของระบบดีขึ้น

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Mega 2560)

2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ที่มีหน่วยประมวลผลและความจำขนาดเล็กภายในตัวเอง สามารถรับส่ง ข้อมูลได้ทั้งแบบดิจิตอลและอนาล็อก ใช้พลังงานน้อย ทำให้เป็นที่นิยมในการใช้งานในรูปแบบที่เรียกว่า Embedded เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะทั้งหลาย โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.5.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) ทำหน้าที่ประมวลผลทุกอย่างเหมือนกับ ซีพียู ในคอมพิวเตอร์

2.5.1.2 หน่วยความจำ (Memory) มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลต่างๆ แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) โดยที่โปรแกรมเมโมรี่ นี้จะเก็บข้อมูลหลักของโปรแกรมเอาไว้เหมือนฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) ของคอมพิวเตอร์ นั่นหมายความว่า ต่อให้ไม่ได้จ่ายไฟเลี้ยงข้อมูลก็ยังคงอยู่ แต่หน่วยความจำข้อมูลนี้ จะทำหน้าที่คล้ายๆ กระดาษทด คือเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราว ฉะนั้นถ้าไม่ได้จ่ายไฟเลี้ยงข้อมูลก็จะหายไป

2.5.1.3 ส่วนติดต่อภายนอก (Port) มี 2 แบบ คือ อินพุต กับ เอาต์พุต อินพุตคือตัวที่จะต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อที่จะรับข้อมูลเข้ามา เช่น สวิตช์ (Switch), ตัวตรวจจับ ต้องมาติดต่อที่อินพุตเพราะจะเป็นตัวส่งข้อมูล เอาต์พุตจะเป็นตัวที่จะต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อส่งข้อมูลออกไป อย่างเช่น หลอดไฟ แอลอีดี (LED) หน้าจอ แอลซีดี (LCD) และส่วนติดต่อภายนอก ต้องมาติดต่อที่ เอาต์พุต

2.5.1.4 ช่องทางเดินของสัญญาณ (Bus) คือ เส้นทางที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู , หน่วยความจำ และส่วนติดต่อภายนอก เหมือนถนนที่เอาไว้ให้รถวิ่งนั่นเอง ซึ่งแบ่งเป็น ช่องทางเดินของสัญญาณข้อมูล (Data Bus) การติดต่อช่องทางเดินของสัญญาณ (Address Bus), และ การควบคุมช่องทางเดินของสัญญาณ (Control Bus)

2.5.2 Arduino (อ่านว่า อา-ดู-อิ-โน้ หรือเรียก อาดูยโน้ ก็ได้) คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นแบบที่เรียกว่า **Open Hardware** กล่าวคือ **Arduino** อุปกรณ์ที่มีแบบส่วนประกอบเป็นมาตรฐานที่เปิดเผย หมายความว่า เราสามารถทำเองโดยใช้แบบที่มีการเปิดเผยทั่วไปก็ได้ หรือสามารถซื้อหาได้ง่าย มีราคาถูก มีซอฟต์แวร์ให้ใช้งานฟรี สามารถนำไปใช้งานได้ทั่วไป หรือแบบธุรกิจได้โดยไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ เป็นรูปแบบที่มีข้อมูลมากที่สุดบนอินเทอร์เน็ต การพัฒนาก็ง่าย เพราะมีตัวอย่างมากมาย และไม่ต้องเขียนโปรแกรมในรูปแบบ **Low Level** หมายความว่า เราสามารถใช้คำสั่งเขียนโปรแกรมได้เสมือนโปรแกรมภาษาชั้นสูงทั่วไป

วิธีการเขียน **Arduino** เบื้องต้น

กำหนดฟังก์ชันขึ้นมาสองตัวคือ

void setup()

```
{
}
```

void

```
{
}
```

loop()

ซึ่ง **setup()** เป็นเหมือนกับ **Constructor** ของคลาสไว้สำหรับกำหนดค่าเบื้องต้นในครั้งแรกให้กับตัวแปรต่างๆหรือเป็นการกำหนด **pinMode** ให้เป็น **OUTPUT** หรือ **INPUT** ส่วน **loop()** จะเป็นส่วนของโปรเซสที่เราต้องการให้ทำงาน โดยที่เมื่อทำงานจนถึง **}** (ปิดปีกาปิด) แล้วมันจะย้อนกลับขึ้นไปทำงานที่ **{** (ปีกาเปิด) ใหม่อีกครั้งเป็น **loop** ที่ทำงานไม่มีวันจบ

2.6 การใช้งาน LabVIEW 2011

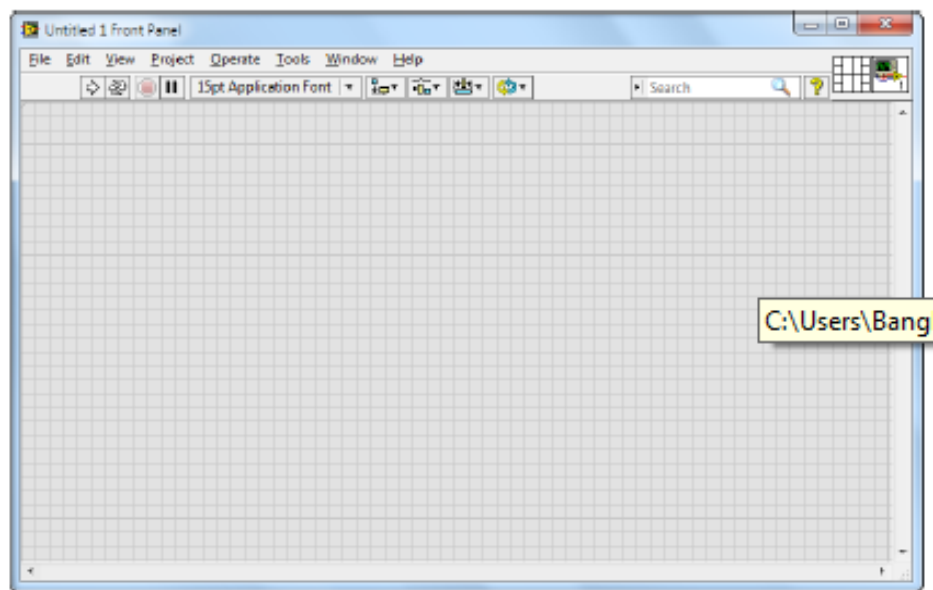
LabVIEW คือ ชุดพัฒนาแอปพลิเคชัน (**Development environment**) จากเนชั่นอินสทรูเม้นท์ เพื่อใช้ในการสร้างระบบการวัด ทดสอบ และควบคุม โดยใช้การเขียนโปรแกรมด้วยโค้ดรูปภาพ (**Graphical programming**) และมีการต่อสายส่งค่าข้อมูลคล้ายกับการวาดโฟลชาร์ตที่เข้าใจง่าย ซึ่งชุดพัฒนาจะมาพร้อมกับชุดฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และวิศวกรรมน้อยแบบสำหรับการวิเคราะห์ ประมวลผลและแสดงข้อมูลรวมถึงความสามารถต่างๆ ในการใช้งานร่วมกับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้ **LabVIEW** ซึ่งออกสู่ตลาดมาตั้งแต่ปี 1986 ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในแทบทุกส่วนของ อุตสาหกรรมและการวิจัยที่ต้องการระบบอัตโนมัติในการวัดและการควบคุม อาทิ เช่น ในอุตสาหกรรม การผลิต อิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ การทหารและอากาศยาน พลังงาน การสื่อสาร เครื่องมือแพทย์ หรือแม้แต่ของเล่นเด็กอย่างเลโก้ ไปจนถึงเครื่องจักร ที่ซับซ้อนที่สุดในปัจจุบัน นอกจาก **LabVIEW** จะถูกใช้งานบนพีซีทั่วไปเพื่อการตั้งสัญญาณหรือควบคุมเครื่องมือ

วัดแล้ว แนวคิดของเนชั่นแนล อินสทรูเมนต์ที่เรียกว่า **Graphical System Design** ยังขยายขีดความสามารถของแพลตฟอร์ม **LabVIEW** ให้สามารถทำการออกแบบได้ทั้งระบบ ตั้งแต่ส่วนของการออกแบบซอฟต์แวร์ การคำนวณ ไปจนถึงการดึงสัญญาณและการติดตั้งลงไบนารีในฮาร์ดแวร์ทั้งแบบวินโดวส์ เรียลไทม์ และ **FPGA** โดย ใช้แพลตฟอร์ม **LabVIEW** เพียงแพลตฟอร์มเดียว จึงทำให้สามารถทำงานต่อ ยอดได้ทันทีเมื่อเวลาที่ เราต้องการย้ายจากการทำงานกับพีซี บินวินโดวส์ไปเป็นฮาร์ดแวร์แบบฝังตัว เป็นต้น ส่วนประกอบของ **LabVIEW**



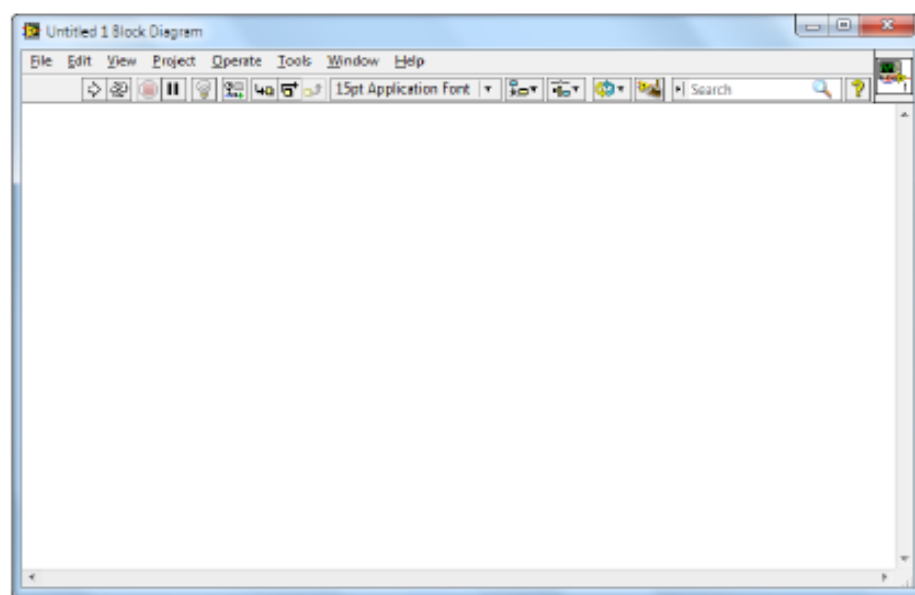
ภาพที่ 2-32 หน้าต่างเริ่มต้นของโปรแกรม

หลังจากติดตั้ง **LabVIEW** และไดร์เวอร์เสร็จตามขั้นตอน เมื่อเริ่มเปิดมาที่หน้าแรก (**Getting Started**) เริ่มต้นทดลองเขียน **LabVIEW** ได้โดยคลิกที่ **Blank VI** ซึ่งทำให้ได้ **VI** เปล่าขึ้นมา และเรียกไฟล์ **LabVIEW** ว่า **VI** ไฟล์ **LabVIEW** ว่า **VI** มีนามสกุลเป็น **.vi**



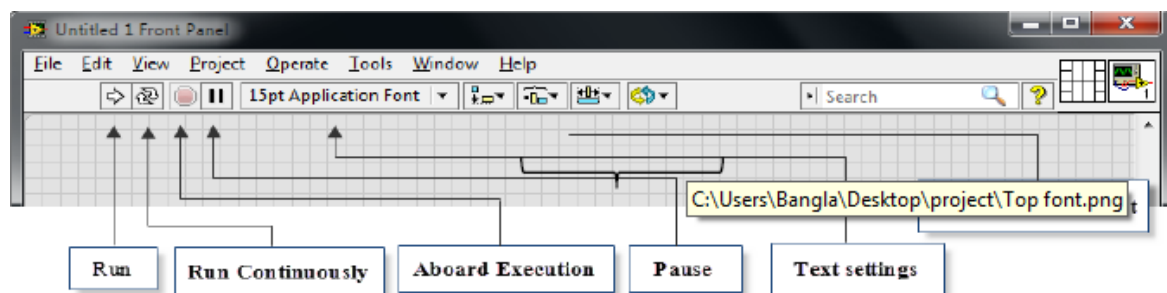
ภาพที่ 2-33 หน้าต่างของ Front Panel

หน้าต่างสำหรับ user interface ที่พื้นเป็นตารางสีเทาเรียกว่า Front Panel ดังภาพที่ 2-33



ภาพที่ 2-34 หน้าต่างของ Block Diagram

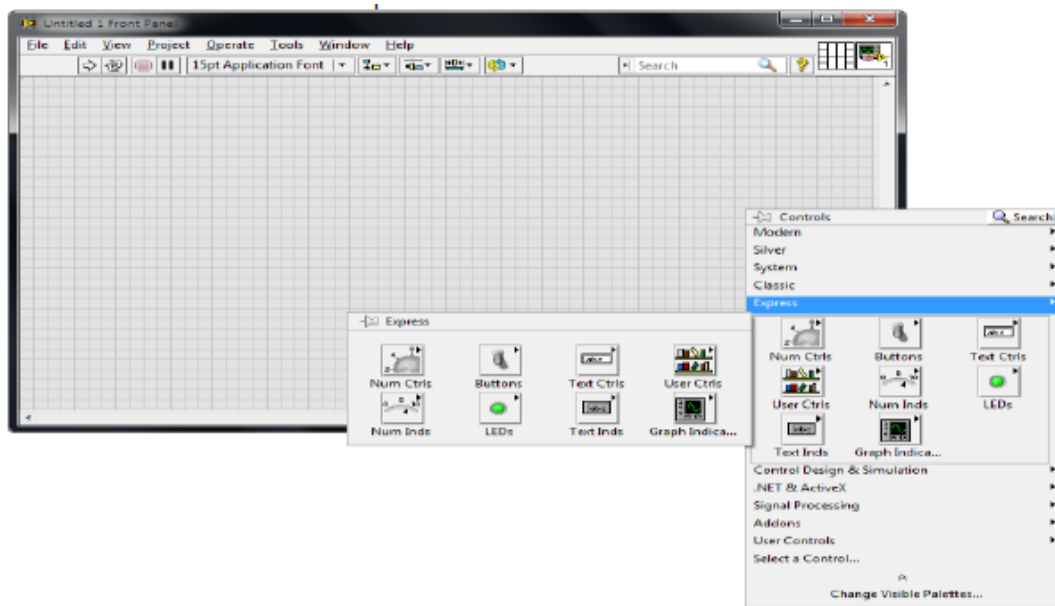
หน้าต่างพื้นเป็นสีขาวสำหรับเขียนโค้ดรูปภาพ เรียกว่า Block Diagram ดังภาพที่ 2-34



ภาพที่ 2-35 แถบเครื่องมือบน Front Panel

แถบเครื่องมือบน Front Panel ประกอบไปด้วยปุ่มต่างๆ ดังภาพที่ 2-35

- | | |
|----------------------------|--|
| Run | สัญลักษณ์เป็นรูปลูกศรชี้ไปทางขวา ใช้สำหรับเริ่มรันโปรแกรม แต่ถ้าโค้ด ยังไม่สมบูรณ์ปุ่มนี้จะกลายเป็นสัญลักษณ์ลูกศรแตกและถ้ากดจะได้รายการ ของข้อผิดพลาดต่างๆ เช่น ยังต่อสายไม่ครบ เป็นต้น |
| Run Continuously | สำหรับสั่งรันแบบวนซ้ำต่อเนื่องใช้ในกรณีที่ต้องการทดสอบโค้ดเล็กๆ แต่ไม่ควรใช้ถ้าไม่แน่ใจว่าโค้ดที่ทดลองรันทำงานอย่างไร เพราะอาจจะทำให้ หยุดโปรแกรมไม่ได้ |
| Abort Execution | ใช้สำหรับยกเลิกการรันแบบทันที ควรใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหยุดด้วยวิธี อื่นได้ ซึ่งอาจจะทำให้โปรแกรมหยุดกลางคันอย่างไม่สมบูรณ์ในกรณีที่ มี การเปิดเรียกใช้ resource เช่น การเปิดไฟล์ หรือเรียกฮาร์ดแวร์ต่างๆ |
| Pause | ใช้เมื่อต้องการหยุด VI ชั่วคราว และเมื่อกดซ้ำ ,VI จะรันต่อไป |
| Text Settings | ใช้สำหรับจัดการเกี่ยวกับตัวหนังสือ เช่น ฟอนต์ ขนาด สี เป็นต้น |
| Objects Arrangement | ปุ่มนี้ใช้สำหรับการจัดเรียง object ให้เป็นระเบียบ และการจัดเรียงลำดับ หน้าหลังในกรณีที่เราวาง object ทับซ้อนกัน |

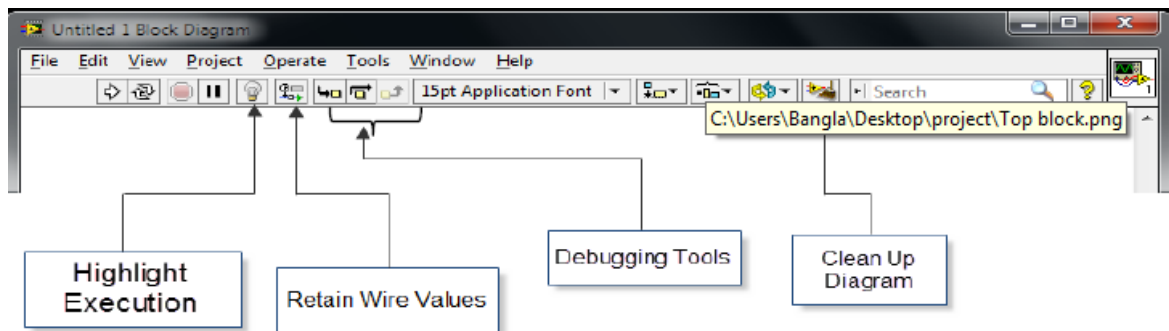


ภาพที่ 2-36 หน้าต่าง Front Panel Controls Palette

การคลิกขวาตรงพื้นที่ว่างของ Front Panel จะเจอกับอุปกรณ์สำหรับการสร้าง user interface ที่เรียกว่า Control Palette ซึ่งมี object ถูกแบ่งเก็บไว้หลายรูปแบบ คือ Modern, Silver, System, และ Classic ดังแสดงในภาพที่ 2-36

Modern	เป็นรูปแบบที่แสดงแสงเงาของ object เป็นแบบสามมิติ
Silver	เป็นรูปแบบที่ออกมาใหม่ เพื่อให้ดูทันสมัยมากขึ้น
System	ใช้การเลียนแบบ object ของวินโดวส์ object ในรูปแบบนี้จะมีลักษณะแบบเดียวกับรีมวินโดวส์บนเครื่องนั้นๆ ซึ่งถ้าเขียนหน้า Front Panel ด้วย object ในรูปแบบนี้ทั้งหมด ผู้ใช้อาจจะดูไม่ออกว่าโปรแกรมเขียนมาจาก LabVIEW
Classic	เป็น object ที่แสดงด้วยกราฟิกง่ายๆ ไม่มีแสงเงา วัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดการทำงานของส่วนแสดงกราฟิกของพีซี

ในแต่ละรูปแบบก็จะแบ่งเป็นชุดตามประเภทของข้อมูล เช่น ส่วนข้อมูล Numeric ภายในก็จะมี object สำหรับแสดงหรือป้อนค่าตัวเลข, มิเตอร์เข็ม, เทอร์โมมิเตอร์, ปุ่มปรับวอลลุ่ม, ระดับน้ำ เป็นต้น และถ้าเป็นแบบ Boolean ก็จะมีปุ่มและสวิตช์แบบต่างๆ และ LED เป็นต้น



ภาพที่ 2-37 แลปเครื่องมือของหน้าต่าง Block Diagram

ส่วนต่างๆ ของ แลปเครื่องมือของหน้าต่าง Block Diagram ดังภาพที่ 2-37

- | | |
|----------------------------|---|
| Highlight Execution | ปุ่มนี้เมื่อกดสัญลักษณ์หลอดไฟจะติด การรันโปรแกรมจะช้ากว่าปกติ และจะมีจุดของข้อมูลไหลตามสายให้ดูที่ละจุด เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของโค้ด |
| Retain Wire Values | จะคงข้อมูลค่าล่าสุดที่ผ่านสายแต่ละเส้นไว้ เพื่อให้สามารถ probe สายตรวจสอบข้อมูลหลังจากจบการรันได้ |
| Debugging Tools | คือเครื่องมือสำหรับดีบั๊กโปรแกรม |
| Clean Up Diagram | สำหรับการจัดระเบียบ object ทุกอย่างที่อยู่บน Block Diagram แบบอัตโนมัติ |