# บทที่ 4

# MATLAB และระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ทดลอง คือ MATLAB (โปรแกรม SIMULINK) และระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (Distributed Control System หรือ DCS) ประวัติการพัฒนาระบบควบคุมจนมาเป็นระบบควบคุมแบบกระจายส่วน การนำระบบควบคุมแบบกระจายส่วนมาใช้ในปัจจุบัน และการสร้างระบบเลียนแบบด้วยอุปกรณ์ทั้งสอง

## 4.1 MATLAB

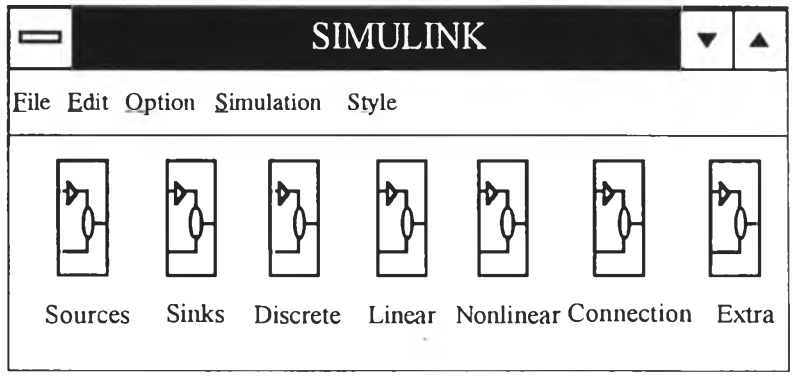
MATLAB ย่อมาจาก MATrix LABoratory เป็นโปรแกรมใช้ในด้านการคำนวณ ที่ได้รวบรวมวิธีการวิเคราะห์เชิงนิวเมอริคอล (Numerical analysis), การคำนวณเชิงแมทริกซ์ (Matrix computation), การประมวลสัญญาน(Signal processing) และกราฟิก (Graphic) การใช้งานจะเป็นระบบโต้ตอบ (Interactive system) ข้อมูลพื้นฐานอยู่ในรูปแบบแมทริกซ์ที่ไม่ต้องกำหนดมิติ (Dimension) นอกจากนี้ MATLAB ยังมีโปรแกรมเสริม เช่น SIMULINK

### 4.1.1 SIMULINK

SIMULINK เป็นโปรแกรมเสริมของ MATLAB โดยได้รวมเอาฟังก์ชันต่างๆ (ที่เรียกว่า M-files) ของ MATLAB จัดอยู่ในรูปแบบทูลบ็อกซ์ (Toolboxes) แต่การทำงานยังอยู่ในสภาวะของ MATLAB สามารถใช้แก้ปัญหาที่มีความเฉพาะนอกเหนือจากการทำงานของ MATLAB เช่น การจำลองระบบที่มีความซับซ้อนแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear complex systems), การประมวลสัญญาน, ออกแบบระบบควบคุม (Control system design), เลียนแบบระบบเชิงไดนามิก (Dynamic systems simulation), การระบุกระบวนการ (System identifications), และข่ายงานนิวรัล (Neural network) เป็นต้น

ก. โครงสร้างของ SIMULINK

โครงสร้างของ SIMULINK ประกอบไปด้วยลิบรารีของฟังก์ชันบล็อก แบ่งเป็นกลุ่มต่างๆ ตามลักษณะพฤติกรรมการใช้งานเดียวกัน ดังตารางที่ 4.1




**รูปที่ 4.1** วินโดว์ลิบรารีทูลบ็อกซ์ของ SIMULINK

ตารางที่ 4.1 แสดงลิบรารีฟังก์ชันบล็อก (Block function Libraries) ของ SIMULINK

| กลุ่มลิบรารี | ฟังก์ชันบล็อก | อธิบายฟังก์ชันบล็อก |
|---|---|---|
| กลุ่ม Source | Clock | แสดงเวลาของระบบ |
| | Constant | กำหนดค่าคงที่ |
| | From File | อ่านข้อมูลของแฟ้มข้อมูล |
| | From Workspace | อ่านข้อมูลจากแมทริกซ์ |
| | Signal Generator | สร้างสัญญานคลื่นรูปแบบต่างๆ |
| | Sine Wave | สร้างสัญญานคลื่นรูปซายน์ |
| | Step Fnc | สร้างฟังก์ชันแบบสเต็พ |
| | White Noise | สร้างน้อยส์แบบแรนดอม |
| กลุ่ม Sinks | Scope | แสดงสัญญานระหว่างดำเนินการ |
| | To File | เขียนข้อมูลลงในแฟ้มข้อมูล |
| | To Workspace | เขียนข้อมูลลงในแมทริกซ์ |
| กลุ่ม Discrete | Discrete State-Space | ระบบดีสครีตสเตตสเปซ |
| | Discrete Transfer Fnc | ฟังก์ชันทรานส์เฟอร์ดีสครีต |
| | Discrete Zero-pole | ระบบดีสครีตที่เป็นซีโร โพล และเกน |
| | Filter | ตัวกรองแบบ HR และ FIR |
| | Unit Delay | สัญญานดีเลย์ของคาบเก็บตัวอย่าง |
| กลุ่ม Linear | Derivative | สัญญานเอาท์พุทจะเป็นอนุพันธ์ของสัญญานอินพุท |
| | Gain | คูณสัญญานอินพุทด้วยค่าคงที่ค่าหนึ่ง |
| | Integrator | อินติเกรทสัญญานตัวหนึ่ง |
| | State-Space | ระบบสเตทสเปซเชิงเส้น |
| | Sum | รวมสัญญานเอาท์พุท |
| | Transfer Fnc | ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันเชิงเส้น |
| | Zero-Pole | กำหนดระบบเชิงเส้นเป็นซีโรโพลและเกน |
| กลุ่ม Nonlinear | Abs | เอาท์พุทเป็นค่าสัมบูรณ์ของค่าอินพุท |
| | Backlash | ฮิสเตอเรซีสของแบบจำลอง |
| | Dead Zone | ขอบเขตของซีโรเอาท์พุท |
| | Fcn | ฟังก์ชันของสัญญานอินพุท |
| | Look Up Table | ตรวจสอบตาราง |
| | MATLAB Fcn | ฟังก์ชัน MATLAB ของสัญญานอินพุท |
| | Product | คูณสัญญานอินพุทเข้าด้วยกัน |
| | Product Limitter | จำกัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาน |

| กลุ่มลิบรารี | บล็อคไดอะแกรม | อธิบายบล็อคไดอะแกรม |
|---|---|---|
| | Relay | สวิทช์ระหว่างค่า 2 ค่า |
| | Saturation | จำกัดสัญญาน |
| | S-function | ทำ S-function ลงในบล็อก |
| | Switch | สวิทช์ระหว่างอินพุท 2 ตัว |
| | Transport Delay | ดีเลย์ของสัญญานอินพุทกำหนดเวลาได้ |
| กลุ่ม Connections | Demux | แยกสัญญานเวคเตอร์ออกเป็นสัญญานสเกลาร์ |
| | Import | ทำการเชื่อมโยงกับอินพุทภาย นอก |
| | Mux | รวมกลุ่มเส้นตรงสเกลาร์ไปเป็นเส้นตรงแบบเวคเตอร์ |
| | Output | เชื่อมโยงกับเอาท์พุทภายนอก |

ข. การสร้างแบบจำลองโดย SIMULINK

แบ่งออกเป็น 2 เฟส คือ การสร้างแบบจำลอง (Model definition) และการวิเคราะห์แบบจำลอง (Model analysis) โดยการทำงานของ SIMULINK จะมีรูปแบบการทำงานเป็นวินโดว์ โดยแต่ละฟังก์ชันจะอยู่ในรูปทูลบ็อกซ์ การสร้างแบบจำลองมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. เข้าสู่ MATLAB ด้วยการเลือกไอคอน MATLAB บนโปรแกรมเมเนเยอร์ของวินโดว์

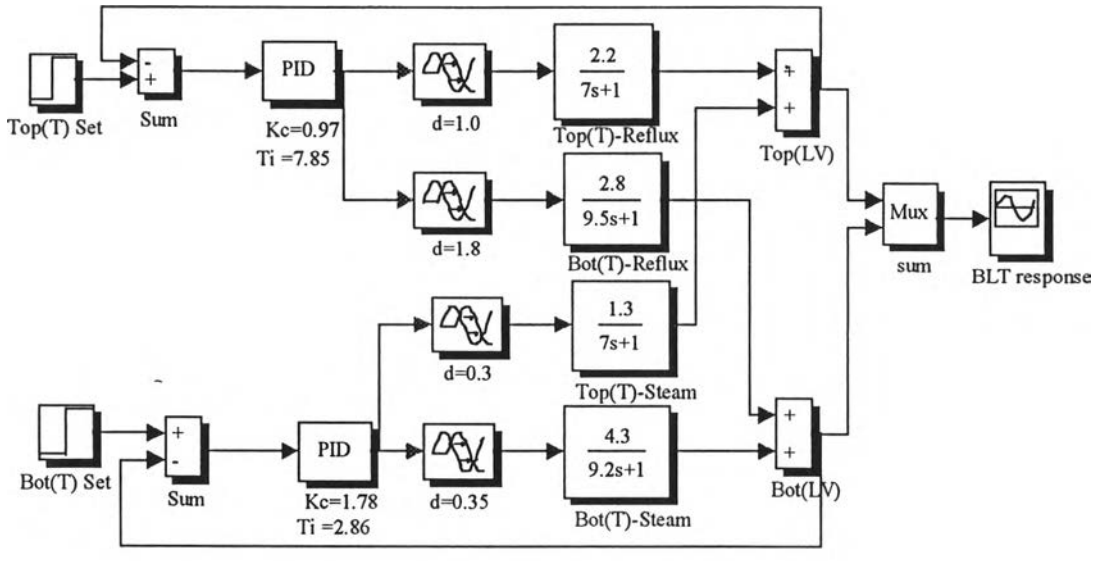
ข. เข้าสู่ SIMULINK โดยการพิมพ์ **C:> simulink** บนเคอร์เซอร์ของ MATLAB ซึ่งจะปรากฏวินโดว์ของ SIMULINK และลิบรารีของฟังก์ชัน ดังรูปที่ 4.1

ค. เปิดวินโดว์สร้างใหม่ แล้วคัดลอก (Copy) ทูลบ็อกซ์ที่อยู่ในกลุ่มลิบรารีตามรูปที่ 4.1 โดยใช้เมาส์ลากแล้วหย่อน (Drag and drop) ลงบนวินโดว์ใหม่

ง. เชื่อมโยงระหว่างบ็อกซ์ตามเงื่อนไขที่ต้องการ

จ. กำหนดพารามิเตอร์ของแต่ละทูลบ็อกซ์ และเริ่มสั่งให้ระบบดำเนินการเลียนแบบ

สามารถทำการวิเคราะห์โดย SIMULINK หรือกำหนดคำสั่งบน MATLAB ซึ่งผลการเลียนแบบจะแสดงบนกราฟิก ตัวอย่างการเชื่อมโยงทูลบ็อกซ์แสดงในรูปที่ 4.2




**รูปที่ 4.2** แสดงตัวอย่างระบบเลียนแบบการกลั่นโดย SIMULINK

## 4.2 ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (Distributed Control System หรือ DCS)

ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน หมายถึง ระบบควบคุมโรงงานที่ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์หลายๆ ตัวต่อกันเป็นระบบ กระจายในส่วนต่างๆ ของโรงงานเพื่อทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการผลิตส่วนย่อย ข้อมูลของกระบวนการของคอมพิวเตอร์ทุกตัวจะถูกส่งผ่านระบบสื่อสารไปเก็บรวมไว้ที่คอมพิวเตอร์ตัวที่ทำหน้าที่อินเตอร์เฟซกับพนักงานควบคุม

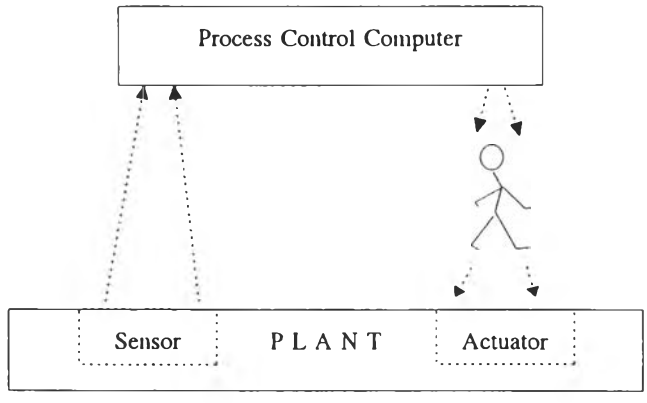
### 4.2.1 การพัฒนาระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

ในสมัยก่อน ระบบควบคุมที่ใช้เป็นแบบแมนวล (Manual) อุปกรณ์วัดคุมจะติดตั้งอยู่ในโรงงาน ต้องให้พนักงานควบคุมที่มีความชำนาญประจำอยู่ตลอดเวลา ต่อมาได้มีการพัฒนา

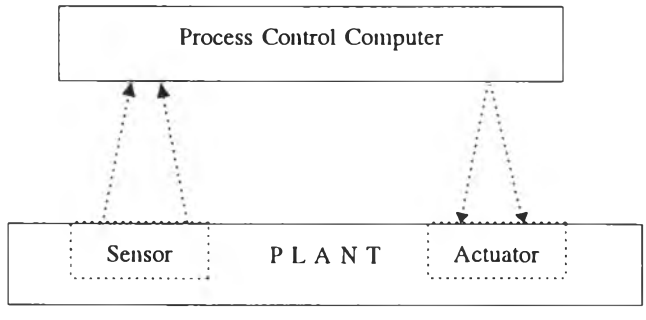
เป็นระบบทางกลนิวเมติกส์ ระบบไฮดรอลิก ระบบไฟฟ้า และเกิดระบบควบคุมรวมศูนย์ (Centralized control system) ขึ้น โดยสัญญานวัดถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ในห้องควบคุม พนักงานจะติดตามและสั่งการภายในห้องควบคุม เมื่อมีการกำหนดมาตรฐานของสัญญานอุปกรณ์วัดจึงมีมาตรฐานเดียวกัน ทำให้การออกแบบ ติดตั้ง ทำงาน และซ่อมแซมได้ง่ายขึ้น

ต้นทศวรรษที่ 50 ได้พัฒนาระบบควบคุมดิจิตัล (Digital control system) ใช้ในระบบควบคุมแบบเก็บข้อมูล (Sampled data control system) แต่ความเชื่อถือยังต่ำ ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ควบคุมกระบวนการผลิต ทั้งมีราคาแพงมากเมื่อเทียบกับระบบควบคุมอะนาล็อก จนกระทั่ง ค.ศ.1959 ได้นำคอมพิวเตอร์ RW-300 มาควบคุมกระบวนการพอลิเมอรไรเซชัน (Polymerization) ในโรงกลั่นน้ำมัน พอร์ทอาร์เธอร์ รัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา แต่คอมพิวเตอร์ยังทำงานได้ช้ามาก มีราคาแพงและความเชื่อถือต่ำ จึงใช้ในการควบคุมซูเปอร์ไวซอรี (Supervisory control) คำนวณเซ็ทพอยท์ของตัวควบคุมเท่านั้น มีการใช้งาน 2 แบบ คือ แบบการนำโดยพนักงาน (Operator guidance mode ) คอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าเซ็ทพอยท์ตัวควบคุม พนักงานจะอ่านค่าเซ็ทพอยท์จากเครื่องคอมพิวเตอร์นำไปปรับที่ตัวควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และแบบควบคุมเซ็ตพอยท์ (Set point control mode) คอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าเซ็ทพอยท์แล้วส่งค่าไปกำหนดแก่ตัวควบคุมโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 4.4

ปัญหาการใช้งานอยู่ที่การโปรแกรม จึงมีการนำมาใช้งานน้อย การโปรแกรมมี 2 แบบ คือ เติมลงในช่องว่าง (Fill-in-blanks programming) และแบบเชิงบล็อก (Block-oriented programming) ซึ่งมีข้อจำกัดเมื่อควบคุมที่ซับซ้อน

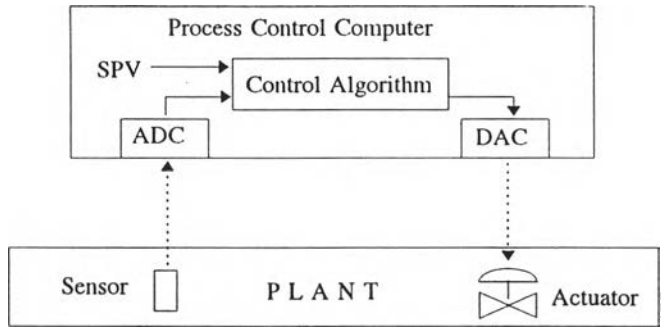



**รูปที่ 4.3** แบบการนำโดยพนักงาน (Operator guidance mode)




**รูปที่ 4.4** แบบการควบคุมเซ็ตพอยท์ (Set-point control mode)

เมื่อผลิตสารกึ่งตัวนำได้ ทำให้คอมพิวเตอร์มีราคาถูกลง เกิดมินิคอมพิวเตอร์ (Mini-computer) ขึ้น ซึ่งมีขนาดเล็กลง แต่ทำงานเร็วขึ้น และความเชื่อถือสูงขึ้น เช่น ระบบ Westinghouse P50, DEC PDP-8 และ DEC PDP-11 ทำให้ใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ยังใช้ในโรงงานขนาดเล็ก และราคายังแพงกว่าระบบควบคุมอะนาล็อกมาก ระบบนี้ จะใช้คอมพิวเตอร์ 1 ตัวแทนที่ตัวควบคุมอะนาล็อก 1 ตัว ดังในรูปที่ 4.5




รูปที่ 4.5 การควบคุมแบบดิจิตัลทางตรง (Direct Digital Control)

ตัววัดจะส่งสัญญานไปยังตัวแปลงสัญญานจากอะนาล็อกเป็นดิจิตัล (ADC) แล้วถูกส่งไปยังอัลกอริธึมควบคุม (Control algorithm) คำนวณคำสั่งควบคุมไปปรับแอกทูเอเตอร์

ข้อดีของระบบควบคุมดิจิตัลทางตรง ได้แก่

ก. สามารถสร้าง แก้ไข และกำหนดค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมได้ง่าย

ข. ตัวควบคุมจูนได้เอง (Self-tuning)

ค. สามารถสร้างลูพควบคุมใหม่ได้ง่าย

ง. สามารถควบคุมด้วยอัลกอริธึมที่ซับซ้อนได้

จ. สามารถควบคุมแบบโมเดลเบส (Model-base control) หาค่าเซ็ทพอยท์ตัวควบคุม

ฉ. สามารถทำการบันทึกและแสดงข้อมูลได้หลายรูปแบบ

ข้อเสียของระบบควบคุมดิจิตัลทางตรงเมื่อใช้คอมพิวเตอร์เพียงตัวเดียว ได้แก่

ก. ระบบมีความปลอดภัยต่ำ หากคอมพิวเตอร์ได้รับความเสียหายจะทำให้ระบบควบคุมทั้งหมดเสียหายไปด้วย

ข. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง, บำรุงรักษา, พนักงานและการโปรแกรมสูงกว่า

ค. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีการทำงานและโปรแกรมได้จำกัด

ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาระบบควบคุมสำรอง โดยเพิ่มคอมพิวเตอร์อีกหนึ่งตัวทำหน้าที่เหมือนกัน ทำให้มีความเชื่อถือมากขึ้น แต่ยังไม่สามารถควบคุมแบบฟังก์ชันลอจิก (Logic function control) และแบบซีเควนซ์ (Sequence control) ได้ ต่อมาวิศวกรบริษัทเจนเนอรัล มอเตอร์ ได้นำตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ (Programable controller) มาใช้ ทำให้สามารถแก้ไขโปรแกรม บำรุงรักษาและซ่อมแซมได้ง่าย ทนทาน เชื่อถือได้สูงขึ้น มีขนาดเล็กลง ราคาถูก และคล้ายคลึงกับระบบรีเลย์เดิม

ตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ถูกแก้ไขเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมแบบซีเควนซ์ในกระบวนการแบบแบทช์ ตัวควบคุมนี้เรียกว่า ตัวควบคุมลอจิกแบบโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller หรือ PLC) แต่ยังทำโปรแกรมได้ยาก ในปี ค.ศ.1972 เกิดไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องแรก สามารถอินเตอร์เฟซระหว่างระบบควบคุมกับพนักงานควบคุมผ่านกราฟิกบนเทอร์มินอล สามารถใช้แลดเดอร์ไดอะแกรมในการโปรแกรมระบบควบคุมซีเควนซ์ ติดตามผลที่แสดงบนตัวควบคุมได้ และคำนวณคำสั่งควบคุมส่งไปยังกระบวนการผลิตได้โดยตรง

ต่อมา มีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีสื่อสารข้อมูล สามารถใช้ในการส่งข้อมูลโต้ตอบภายในระบบ ทำให้ตัวควบคุมสามารถโปรแกรม และทำงานร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น ในช่วงกลางทศวรรษที่ 70 หลายบริษัทได้นำไมโครคอมพิวเตอร์แทนที่ระบบควบคุมอะนาล็อกเดิม และรวมเข้ากับเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร จนกระทั่งพัฒนาเป็น

ระบบควบคุมแบบกระจายส่วน (Distributed Control System)

ในปี ค.ศ.1975 บริษัทฮันนีเวลได้ผลิตระบบควบคุมแบบกระจายส่วนเครื่องแรกที่ประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์จำนวนหลายตัว ทำการควบคุมได้ทั้งแบบลอจิก และซีเควนซ์ (DDC และ PLC)

ช่วงต้นทศวรรษที่ 80 ได้ปรับปรุงมาตรฐานของฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ เพื่อให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าของฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ การอินเตอร์เฟซกับคอมพิวเตอร์มีรูปแบบต่างๆ มากและง่ายขึ้น เช่น แบคเพลน (Back-plane), บัสระยะสั้น-ไกล และ LAN (Local Area Network) เป็นต้น ต่อมาได้พัฒนารูปแบบโมดูล (Modularity concept) เพื่อออกแบบฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ เป็นผลให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายลงได้ ต่อมามีการพัฒนาซอร์ฟแวร์แพคเกจ (Software package) รูปแบบการใช้งานจึงหลากหลาย มีความยืดหยุ่นและใช้ง่ายขึ้น ซอร์ฟแวร์แพคเกจประกอบด้วยฟังก์ชันต่างๆ เช่น กำหนดสภาวะของสัญญาน อินพุท (Input signal conditioning), ตรวจสอบการทำงาน (Validity check), การแปลงหน่วยทางวิศวกรรม (Engineering unit convertion), ทำให้เป็นเชิงเส้น (Linearisation), การกรองและทำสัญญานให้สม่ำเสมอ (Digital filtering และ smoothing) เป็นต้น ฟังก์ชันเหล่านี้มีรูปแบบเป็นบล็อกฟังก์ชัน (Function block) เก็บบันทึกในไลบรารี (Library)

**ตารางที่ 4.2** รายชื่อของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

| ชื่อระบบควบคุม | บริษัทที่พัฒนา |
|---|---|
| ASEA MASTER | ASEA |
| CENTUM | Yokogawa |
| CONTRONIC P | Hartman and Braun |
| DCI 4000 | Fisher and Porter |
| HIACS 3000 | Hitachi |
| LOGISTAT CP 80 | AEG |
| MAX 1 | Leeds & Northrup |
| MICON MDC 200 | VDO |
| MOD 300 | Taylor Instruments |
| NETWORK 90 | Bailey Controls |
| PCS 8000 | Philips |
| PLS 80 | Eckardt |
| PMS | Ferranti |
| PROCONTROL I | BBC |
| PROVOX | Fisher Controls |
| SPECTRUM | Foxboro |
| SYSTEM 6000 | Turnbull Control Systems |
| SYSTEM R53 | Rosemount Engineering |
| TDC 3000 | Honeywell |
| TELEPERM M | Siemens |
| TOSDIC | Toshiba |

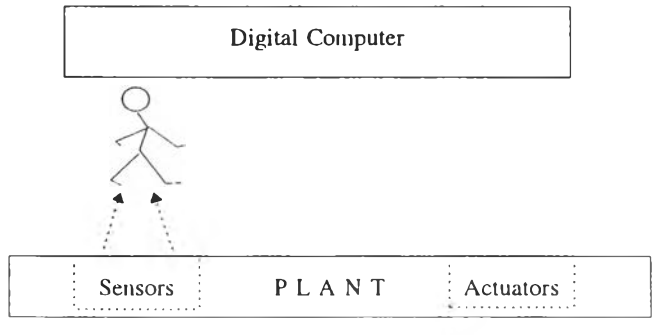
เมื่อชิป (Chip) มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ราคาของชิปถูกลง ระบบควบคุมมีความเชี่ยวชาญมากขึ้น ติดตั้งซอร์ฟแวร์ได้ง่าย ปัจจุบันได้มีระบบควบคุมแบบกระจายส่วนมากกว่า 50 ระบบในตลาด ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และในปัจจุบัน กระบวนการผลิตต่างๆ ได้ทำการติดตั้งระบบควบคุมแบบกระจายส่วน ทั้งติดตั้งแทนที่ระบบควบคุมเดิมและติดตั้งใหม่

### 4.2.2 สถาปัตยกรรมของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

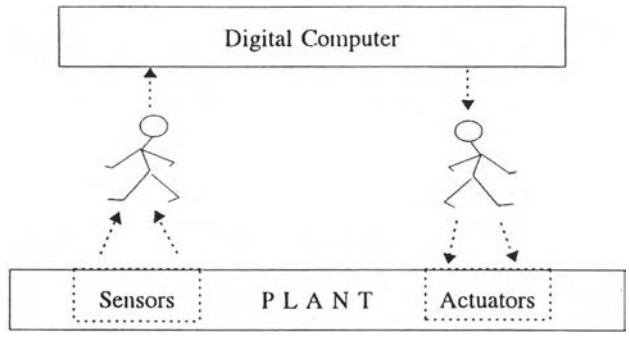
สถาปัตยกรรมของระบบควบคุม หมายถึง การจัดโครงสร้างของระบบควบคุมว่าอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบว่ามีการอินเตอร์เฟซกับอุปกรณ์อื่นอย่างไร การจัดโครงสร้างของฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมอัตโนมัติที่ซับซ้อน

ในยุคเริ่มแรกนั้น พนักงานจะอ่านสัญญานควบคุมจากอุปกรณ์วัด แล้วป้อนข้อมูลที่อ่านได้ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นลักษณะการควบคุมแบบออฟไลน์ (Off-line) คอมพิวเตอร์คำนวณสมดุลมวลสารและพลังงาน สถิติการผลิต ควบคุมแบบออฟไลน์ลูพเปิด (Off-line open-loop) ดังในรูปที่ 4.6

ต่อมาคอมพิวเตอร์สามารถคำนวณค่าเซ็ทพอยท์ของตัวควบคุมและตำแหน่งของแอกทูเอเตอร์ได้ แต่พนักงานยังต้องกำหนดเซ็ทพอยท์ให้ตัวควบคุมเอง เรียกว่าแบบออฟไลน์ลูพปิด (Off-line, closed-loop) ดังรูปที่ 4.7

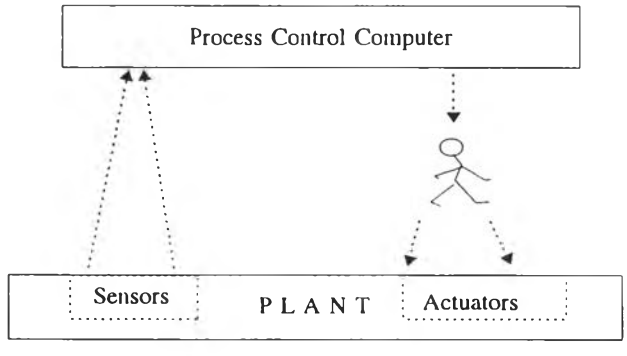



**รูปที่ 4.6** แสดงการควบคุมแบบออฟไลน์ลูพเปิด (Off-line, open-loop)



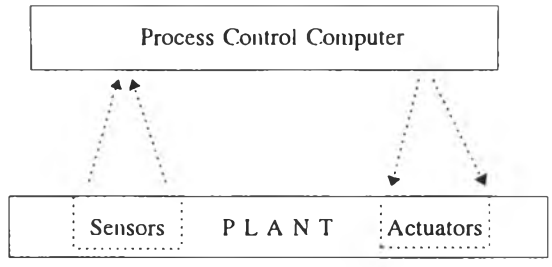

รูปที่ 4.7 แสดงการควบคุมแบบออฟไลน์ลูพปิด (Off-line, closed-loop)

แบบนี้จะมีเดดไทม์ (Dead time) ในการอ่านข้อมูลและปรับแอคทูเอเตอร์มาก จึงมีความเชื่อถือต่ำ เมื่อคอมพิวเตอร์สามารถอินเตอร์เฟซกับกระบวนการผลิตโดยรับสัญญานจากตัววัด แต่ยังส่งคำสั่งไปปรับแอกทูเอเตอร์ไม่ได้ เรียกว่าการควบคุมออนไลน์ลูพเปิด (On-line, open-loop) แสดงในรูปที่ 4.8



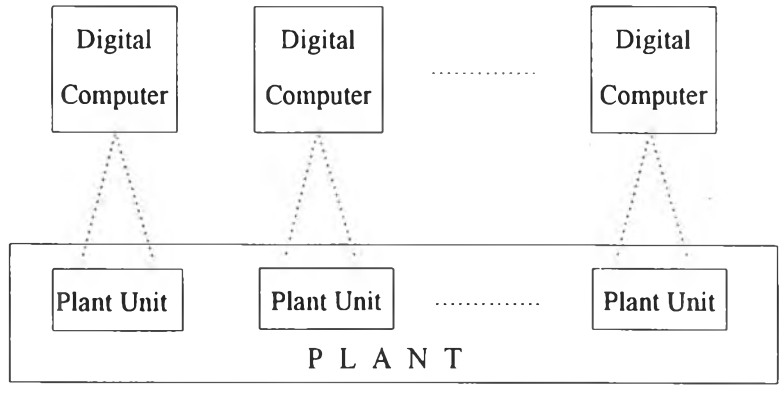

**รูปที่ 4.8** แสดงการควบคุมแบบออนไลน์ลูพเปิด (On-line, open-loop)

ต่อมา สามารถส่งคำสั่งควบคุมไปปรับแอกทูเอเตอร์ได้โดยตรง เรียกว่าการควบคุมออนไลน์ลูพปิด (On-line, closed-loop) ดังรูปที่ 4.9



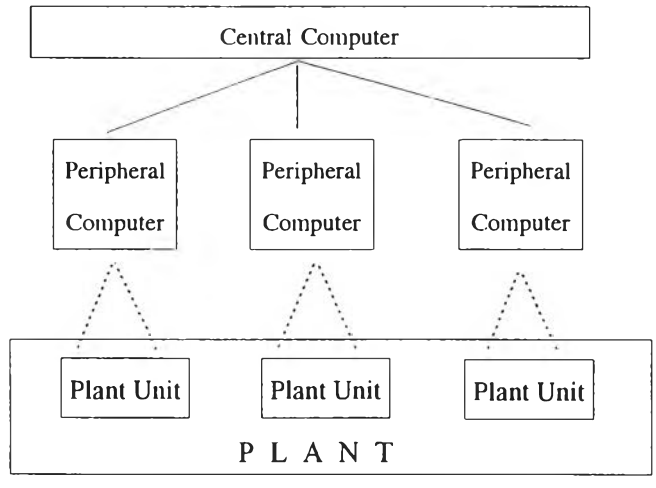

**รูปที่ 4.9** แสดงการควบคุมแบบออนไลน์ลูพปิด (On-line, closed-loop)

คอมพิวเตอร์จะอ่านบันทึกข้อมูล, ประมวลผลข้อมูล, ควบคุมแบบซูเปอร์ไวซอรีหรือควบคุมโดยตรง จึงเรียกว่าคอมพิวเตอร์ดีดิเคต (Dedicated computer) โดยติดตั้งคอมพิวเตอร์กระจายไปในหน่วยงานต่างๆ ภายในโรงงาน เช่น ห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบการอัตโนมัติในโรงงาน แต่ยังไม่มีการอินเตอร์เฟซระหว่างเครื่องโดยตรง แต่ใช้แผ่นบันทึกข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.10



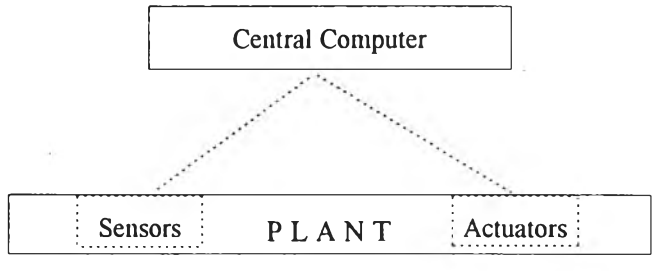

**รูปที่ 4.10** ระบบควบคุมแบบกระจายคอมพิวเตอร์

เมื่อมีศูนย์ข้อมูลทำหน้าที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ที่กระจายจากส่วนต่างๆ เข้าสู่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง สามารถส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่องผ่านทางคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ทำให้ระบบมีขนาดใหญ่ ดังในรูปที่ 4.11




**รูปที่ 4.11** ระบบควบคุมแบบใช้คอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง

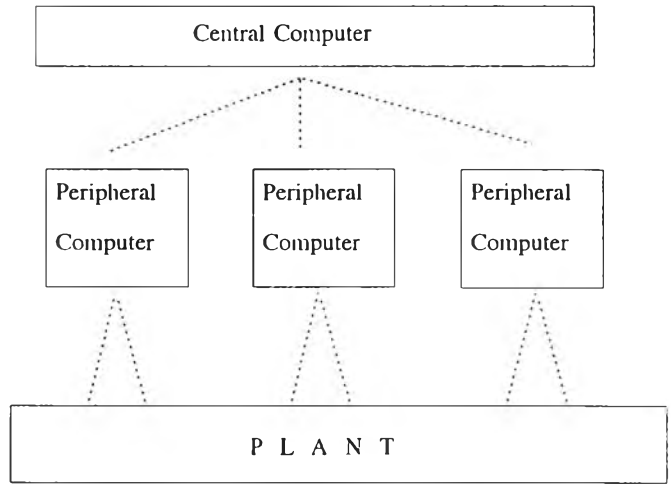
ต่อมา ได้ยุบรวมคอมพิวเตอร์ดีดิเคตและคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางเป็นเครื่องเดียวกัน เรียกว่า คอมพิวเตอร์ศูนย์รวม (Centralized computer) ซึ่งจะอินเตอร์เฟซกับอุปกรณ์วัดคุมทุกตัวในโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.12




**รูปที่ 4.12** ระบบควบคุมแบบศูนย์รวม (Centalized Computer)

แต่คอมพิวเตอร์ศูนย์รวมคำนวณได้ช้า มีความเชื่อถือต่ำและต้องอินเตอร์เฟซกับอุปกรณ์วัดในโรงงานผลิตได้ทุกชนิด ทำให้เครื่องมือวัดหลายร้อยตัวต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ศูนย์รวมเครื่องเดียว หากคอมพิวเตอร์เกิดความเสียหาย จะทำให้ทั้งระบบเสียหาย แนวทางแก้ไขอาจเปลี่ยนมาใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือใช้ระบบควบคุมสำรอง

ต่อมา ได้พัฒนาเทคโนโลยีวงจรควบคุม แบ่งระดับการควบคุมเป็นสองระดับ ได้แก่ ระบบคอมพิวเตอร์กระจาย (Decentralized computer system) ติดตั้งคอมพิวเตอร์กระจายในกระบวนการผลิต และเชื่อมเข้ากับคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง แต่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางจะแก้ปัญหาด้านทำอัตโนมัติที่จุดศูนย์กลางเท่านั้น ดังในรูปที่ 4.13




**รูปที่ 4.13** ระบบควบคุมแบบคอมพิวเตอร์กระจาย

ต่อมาได้พัฒนาระบบอัตโนมัติที่มีคอมพิวเตอร์หลายตัว (Multi-computer automatic system) มีโครงสร้างเดียวกันกับรูปที่ 4.11 สามารถออกแบบเพื่อเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ตามความต้องการใช้งาน แต่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางจะรับภาระมากเกินไป ทำให้การทำออพติไมเซชันข้อมูลแบบโมเดลเบส (Model-base optimization data) ช้าลง

ต่อมาได้เพิ่มคอมพิวเตอร์อินเทอร์มิเดียตเพื่อแบ่งเบาภาระของคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง โดยอินเตอร์เฟซระหว่างคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมกระบวนการผลิตกับคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ทำให้โครงสร้างมีการควบคุม 4 ระดับ และเป็นโครงสร้างพื้นฐานของระบบควบคุมแบบกระจาย

ส่วน ดังรูปที่ 4.14 นอกจากอินเตอร์เฟซกับกระบวนการผลิตแล้ว ยังได้อินเตอร์เฟซกับส่วนต่างๆ ภายในบริษัท ได้แก่ สำนักงาน ห้องปฏิบัติการ อาคารคลังสินค้า เป็นต้น เรียกว่า ระบบประมวลผลข้อมูล (Information processing system)

จนทศวรรษที่ 70 ได้พัฒนาระบบควบคุมแบบกระจายส่วน แบ่งระดับการอัตโนมัติในแนวดิ่ง เรียกว่า ระดับฟังก์ชันนอล (Functional levels) ระดับล่างสุดเป็นส่วนที่ควบคุมกระบวนการผลิตโดยตรง ส่วนระดับสูงสุดเป็นคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ดังแสดงในรูปที่ 4.14

รายละเอียดของระดับฟังก์ชันนอล (Functional levels) มีดังต่อไปนี้

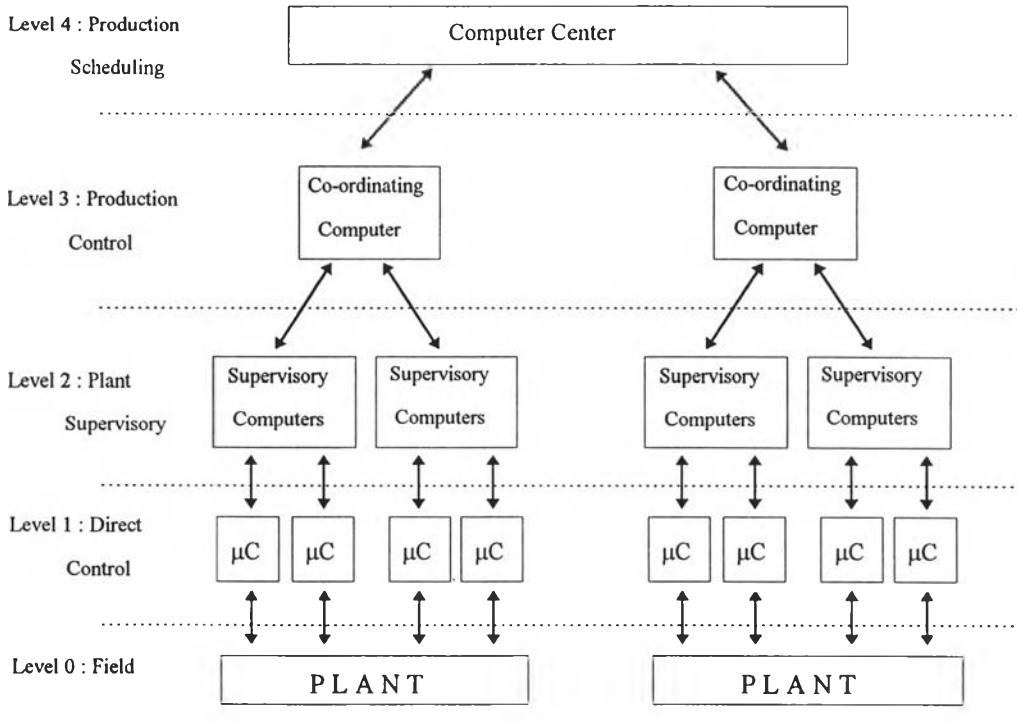
ก. ระดับควบคุมกระบวนการโดยตรง (Direct process control) อินเตอร์เฟซกับอุปกรณ์วัดในกระบวนการผลิต มีฟังก์ชันการควบคุมเฉพาะอย่าง ได้แก่

- การเก็บข้อมูล (Data acquisition)
- การตรวจสอบข้อมูล (Data check)
- การติดตามการทำงานในกระบวนการผลิต (Plant monitoring)
- ควบคุมแบบลูพปิดและลูพเปิด (Open and closed loop control)
- รายงานข้อมูล (Reporting)

ข. ระดับควบคุมซูเปอรไวซอรี (Plant supervisory control) เพื่อกำหนดค่าเซ็ทพอยท์แก่ระดับควบคุมกระบวนการโดยตรง

- ติดตามสมรรถนะของกระบวนการผลิต (Plant performance monitoring)
- ประสานงานภายในโรงงาน (Plant co-ordination)

- ควบคุมการทำออฟติมัลกระบวนการผลิต (Optimal process control)
- ควบคุมแบบอะแดพทีฟ (Adaptive control)
- ตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้น (Failure detections)



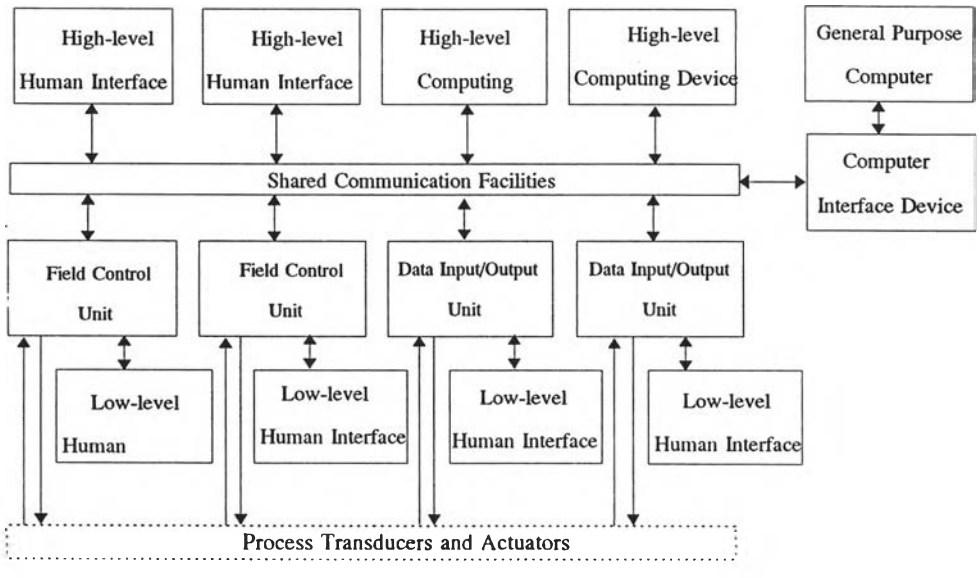

**รูปที่ 4.14** แสดงโครงสร้างระบบควบคุมแบบกระจาย

ค. ระดับควบคุมและทำแผนการผลิต (Production scheduling and control)

- การจัดส่งผลิตภัณฑ์ (Production dispatching)
- ควบคุมสินค้าคงคลัง (Inventory control)
- ควบคุมกระบวนการผลิต (Production supervision)
- ปรับปรุงแผนการผลิต (Production re-scheduling)
- รายงานข้อมูลการผลิต (Production reporting)

ง. ระดับการจัดการโรงงาน (Plant management)

- วิเคราะห์ด้านลูกค้าและการตลาด (Market and customer analysis)
- ทำสถิติด้านการสั่งซื้อและการขาย (Orders and sales statistics)
- การจัดส่งตามการสั่งซื้อ (Order dispatching)
- วางแผนการผลิต (Production planning)
- ตรวจสอบเทอมต่างๆ (Terms supervision)
- สำรวจด้านการเงิน (Financial surveys)




**รูปที่ 4.15** ภาพรวมของสถาปัตยกรรมระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

จากรูปที่ 4.15 แสดงส่วนประกอบของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน โดยแต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

ก. หน่วยควบคุมกระบวนการ (Field Control Unit หรือ FCU) เป็นอุปกรณ์ที่ทำการควบคุมลูพปิด (Closed loop control) อุปกรณ์นี้จะต่อเข้ากับกระบวนการโดยตรง รับสัญญาน

จากอุปกรณ์วัดในกระบวนการ แล้วคำนวณคำสั่งควบคุม ตามอัลกอริธึมควบคุมของพนักงาน ส่งคำสั่งควบคุมกลับไปปรับวาล์วควบคุมเพื่อให้ตัวแปรควบคุมเป็นไปตามต้องการ

ข. หน่วยอินเตอร์เฟซผู้ควบคุมระดับล่าง (Low-Level Human Interface ; LLHI) เป็นอุปกรณ์ที่พนักงานควบคุมหรือวิศวกรทำการโต้ตอบกับหน่วยควบคุมกระบวนการ เพื่อเปลี่ยนค่าเซ็ทพอยท์, เปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างควบคุม (Control configuration) หรือปรับค่าพารามิเตอร์ หน่วยนี้จะอินเตอร์เฟซโดยตรงกับกระบวนการผลิต

ค. หน่วยรับ/ส่งข้อมูล (Data Input/Data Output Unit ; DIDO) เป็นอุปกรณ์ที่อินเตอร์เฟซกับกระบวนการ ทำหน้าที่รับส่งข้อมูล

ง. หน่วยอินเตอร์เฟซผู้ควบคุมระดับบน (High Level Human Interface ; HLHL) เป็นชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คล้ายกันกับหน่วยอินเตอร์เฟซกับผู้ควบคุมระดับล่าง แต่ขอบเขตความสามารถและการใช้งานมากกว่าและใช้ง่าย หน่วยนี้ยังอินเตอร์เฟซกับอุปกรณ์อื่นโดยผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารร่วม

จ. อุปกรณ์คำนวณระดับบน (High Level Computing Device ; HLCD) เป็นชุดอุปกรณ์ที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ทำหน้าที่จัดการแทนคอมพิวเตอร์ควบคุมโรงงาน (Plant computer) อินเตอร์เฟซกับอุปกรณ์อื่นๆ ทางอุปกรณ์ระบบสื่อสารร่วม

ฉ. อุปกรณ์อินเตอร์เฟซกับคอมพิวเตอร์อื่น (Computer Interface Device ; ID) เป็นชุดอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์ทั่วไป และอินเตอร์เฟซกับอุปกรณ์อื่นๆ ในระบบควบคุมผ่านทางระบบสื่อสารร่วม

ช. ระบบสื่อสารร่วม (Share communication facilities) เป็นอุปกรณ์และซอฟท์แวร์ระบบสื่อสาร แบ่งเป็นหลายระดับ ทำให้อุปกรณ์ทั้งหมดสามารถสื่อสารใช้ข้อมูลร่วมกันได้ ระบบสื่อสารร่วมนี้จะไม่รวมช่องสัญญานสื่อสารที่อินเตอร์เฟซระหว่างอุปกรณ์เฉพาะ หรือระหว่างชิ้นส่วนเครื่องมือภายในตัวอุปกรณ์

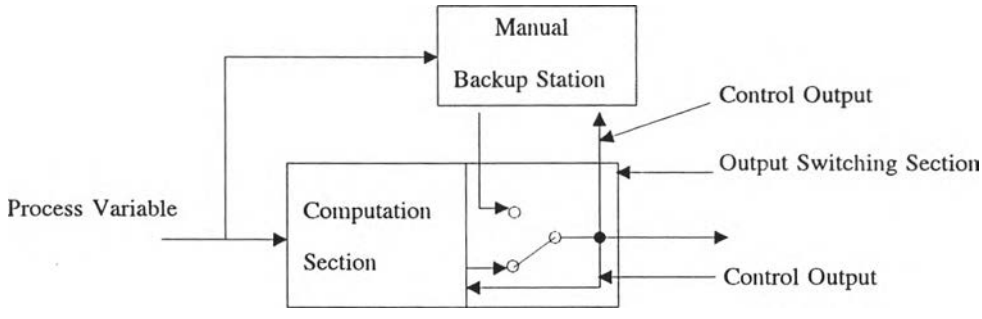
**4.2.3 ความเชื่อถือของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน**

ต้องให้กระบวนการผลิตดำเนินการอย่างต่อเนื่องและมีความปลอดภัย เพื่อหลีกเลี่ยงการหยุด.โรงงานอันจะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมาก อีกทั้งอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุและทรัพย์สินเสียหาย ระบบควบคุมต้องมีความเชื่อถือในระดับสูงสุด แนวทางได้แก่ เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีๆ เพื่อเพิ่ม Mean Time Between Failure (MTBF) แก่ระบบ อย่างไรก็ดีระบบควบคุมมี.โอกาสเสียได้ จึงต้องมีระบบควบคุมสำรองเมื่อระบบหลักเสียจะทำให้กระบวนการดำเนินต่อไปได้ ดังนั้น ความมั่นคงของระบบควบคุมแบบกระจายส่วนเป็นสิ่งที่สำคัญ เพื่อให้ระบบควบคุมทำอัต.โนมัติมากที่สุด เมื่อมีความเสียหายบางจุดจะไม่ต้องให้ระบบควบคุมหลุดจากระบบอัต.โนมัติทั้งหมด มีกลไกให้พนักงานเข้าซ่อมแซมส่วนเสียหาย การส่งคำสั่งควบคุมต้องปลอดภัยทั้งอัต.โนมัติและแมนวล สามารถชัทดาวน์ได้อย่างปลอดภัย ในปัจจุบันนี้ สามารถดำเนินการเหล่านี้ได้.โดยใช้การควบคุมแบบลอจิกและแบบซีเควนซ์

รูปแบบของระบบความปลอดภัย มีอยู่ 3 แบบ ตามความซับซ้อน ดังนี้

ก. แมนวลแบ็คอัพ (Manual backup) หน่วยควบคุมกระบวนการจะควบคุมได้เพียง 1 หรือ 2 ลูพ เมื่อหน่วยควบคุมกระบวนการเสีย พนักงานสามารถเข้าควบคุมแบบแมนวลได้

ระบบนี้จะต่อสัญญานควบคุมที่ส่งออกป้อนกลับยังสถานีแมนวลสำรอง (Manual backup station) และส่วนอัลกอริธึมของตัวควบคุม ส่วนที่ไม่ทำงานก็จะติดตามคำสั่งควบคุมที่ส่งออกตลอดเวลา จึงไม่เกิดการบั๊มพ์ (Bump) เมื่อเปลี่ยนโหมดควบคุม แต่วิธีนี้มีความเชื่อถือต่ำ เช่น กรณีมีลูพควบคุมจำนวนมาก เช่น 5 ลูพขึ้นไปแสดงในรูปที่ 4.16

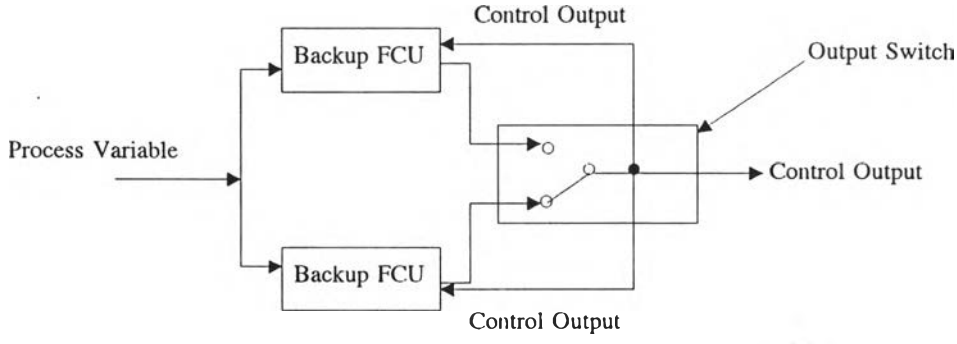



**รูปที่ 4.16** แสดงระบบความปลอดภัยแบบแมนวลแบ็คอัพ

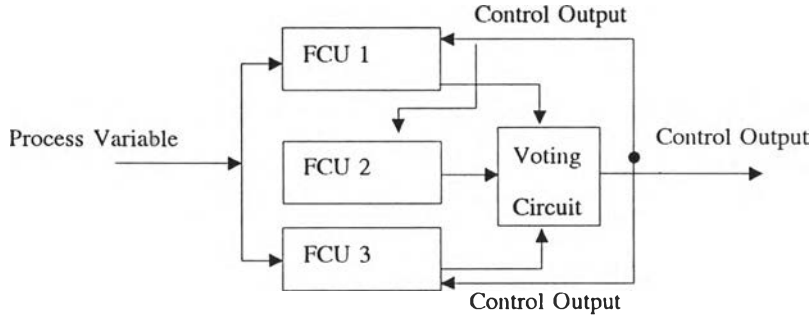
ข. มีตัวควบคุมสำรอง (Standby redundant controller) จะมีหน่วยควบคุมกระบวนการสำรองอีกหนึ่งตัว สามารถทำงานแทนหน่วยควบคุมกระบวนการหลักที่เสีย ดังนั้นยังคงมีการควบคุมแบบอัตโนมัติต่อไป และเหมือนกับแบบที่ 1 ซึ่งคำสั่งควบคุมที่ส่งออกจะถูกส่งป้อนกลับไปยังหน่วยควบคุมกระบวนการทั้งสองตัว เพื่อไม่ให้เกิดการบั๊มพ์เมื่อเปลี่ยน หน่วยควบคุมกระบวนการ แสดงในรูปที่ 4.17

ค. มีตัวควบคุมทำงาน (Controller active) หลายๆ ตัวทำงานพร้อมกัน ทั้งการอ่านข้อมูล คำนวณตามอัลกอริธึม แต่ในการส่งคำสั่งควบคุมจะต้องมีวงจรโวติ้ง (Voting circuit) เพื่อเลือกคำสั่งควบคุมจากหน่วยควบคุมกระบวนการเพียงตัวเดียว และคำสั่งควบคุมที่ส่งออกจะถูกป้อนกลับเข้าหน่วยควบคุมกระบวนการทุกตัว เพื่อเปรียบเทียบคำสั่งควบคุมที่ตัวนั้น

สร้างขึ้นกับที่ป้อนกลับมา แสดงในรูปที่ 4.18




**รูปที่ 4.17** แสดงระบบความปลอดภัยแบบตัวควบคุมทำซ้ำสำรอง




**รูปที่ 4.18** แสดงระบบความปลอดภัยแบบตัวควบคุมทำงานหลายตัว

กรณีระบบควบคุมแบบอะนาล็อก จะมีระบบป้องกันคล้ายคลึงกัน ใน 1 ลูพจะมีตัวควบคุม 1 ตัว ส่วนอินเตอร์เฟซพนักงาน 1 ตัว เมื่อตัวควบคุมเสียจะไม่ส่งผลกระทบต่อลูพอื่น พนักงานสามารถเข้าควบคุมแบบแมนวลจนกว่าจะซ่อมตัวควบคุมเสร็จ กรณีที่ลูพควบคุมมีความเร็วมาก อาจสูญเสียการควบคุมอัตโนมัติในช่วงสั้นๆ เกิดความไม่ปลอดภัยในโรงงาน จึงต้องมีตัวควบคุมสำรองแบบที่ 2 หรือ 3

การทำงานของระบบตัวควบคุมสำรอง ซึ่งมีหน่วยควบคุมกระบวนการ 2 ตัว ดังในรูปที่ 4.17 นั้น มีเพียงตัวเดียวที่แอ็กทีฟในเวลาหนึ่งๆ ส่วนอีกตัวหนึ่งจะทำงานแทนเมื่อตัวแรก

เสีย ส่วนของโปรเซสเซอร์และหน่วยความจำในหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ที่อยู่ในหน่วยควบคุมกระบวนการตัวที่สองเท่านั้นที่ทำสำรอง ส่วนวงจร I/O จะไม่ทำสำรอง วิธีการนี้มีความเหมาะสมเมื่อมีลูพควบคุมจำนวนมาก ถ้าหน่วยประมวลผลกลางของหน่วยควบคุมกระบวนการตัวแรกเสีย จะมีผลกระทบต่อคำสั่งควบคุมทั้งหมด แต่จากนั้น หน่วยควบคุมกระบวนการตัวที่สองจะเข้าทำหน้าที่แทน

หน่วยประมวลผลกลางตัวแรกจะอ่านอินพุท แล้วคำนวณตามอัลกอริธึมควบคุม เพื่อสร้างสัญญานควบคุมส่งออกไป ผู้ควบคุมจะเป็นผู้กำหนดหน่วยประมวลผลกลางตัวไหนเป็นตัวหลักด้วยวงจรเลือกลำดับ (Priority arbitrator) เมื่อเริ่มทำงาน ตัวเลือก (Arbitrator) จะติดตามการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางตัวหลัก เมื่อพบความเสียหาย ตัวเลือกจะเปลี่ยนลำดับมาให้หน่วยประมวลผลกลางตัวที่สองที่สำรองอยู่ ระหว่างที่ตัวหลักทำงานอยู่ ตัวสำรองอัพเดทข้อมูล (Update memory) ภายในตลอด โดยอ่านจากตัวแรกผ่านทางตัวเลือก ขณะที่ทั้งสองอินเตอร์เฟซกัน เฉพาะตัวแรกเท่านั้นที่แอ็กทีฟ รับ/ส่งข้อมูลต่างๆ อินเตอร์เฟซกับพนักงานและส่วนวิศวกรรมทางหน่วยดิสเพลย์วีดีโอซีอาร์ที (CRT-based video display unit) ผ่านระบบสื่อสารร่วม หน่วยประมวลผลกลางตัวแรกเท่านั้นที่รับคำสั่งควบคุม (Control command) หรือเปลี่ยนโครงสร้างควบคุม (Configuration) และการจูน

การตรวจสอบแบบออนไลน์ (On-line Diagnostic) การทำงานของ หน่วยควบคุมกระบวนการว่าเสียหรือใกล้จะเสีย สามารถทำการตรวจสอบเมื่อหน่วยควบคุมกระบวนการเริ่มทำงาน หรือสภาวะทำงานปกติ หรือทำเป็นครั้งคราว นอกจากนี้มีการตรวจสอบการทำงาน

ของเครื่องแปลงสัญญานอะนาล็อกเป็นดิจิตัลว่าปรับแต่งถูกต้องหรือไม่ การตรวจสอบสิ่งที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำ ROM/EAROM ว่าจะไม่เกิดความผิดพลาดเมื่อจะทำการโปรแกรม นอกจากนี้ก็มีกลไกตรวจสอบ Watchdog timer test เพื่อให้หน่วยควบคุมกระบวนการหยุดทำงานเมื่อโปรเซสเซอร์ทำงานไม่ถูกต้อง โดยที่ไทม์เมอร์ (Timer) จะเป็นตัวตรวจสอบความปลอดภัยของการสร้างคำสั่งควบคุม

การดำเนินการของหน่วยควบคุมกระบวนการเมื่อพบว่ามีความผิดพลาด คือ

ก. หน่วยควบคุมกระบวนการ จะส่งสัญญานเตือนภัย รายงานความเสียหายและความเสียหาย อินเตอร์เฟซยังผู้ควบคุมระดับล่างและระดับบน รวมทั้งส่วนอัลกอริธึม

ข. หน่วยควบคุมกระบวนการ จะสั่งให้คอนแทคเอาท์พุท (Contact output) เพื่อให้ฮาร์ดแวร์แสดงความเสียหายในกรณีที่ไม่สามารถอินเตอร์เฟซกับส่วนอื่นๆได้

ค. หน่วยควบคุมกระบวนการสามารถหยุดตัวเองลงมาตามลำดับไม่ว่าจะเป็นความเสียหายแบบใด ระบบป้องกันจะเริ่มทำงานทันที

### 4.2.4 การจำลองกระบวนการของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

ในลิบรารีของตารางที่ 1 ภาคผนวก ก จะมีฟังก์ชันอุปกรณ์ (Instrument function) ที่สามารถใช้เป็นแบบจำลองแทนลักษณะของกระบวนการได้ เช่น DLAY แทนกระบวนการอันดับหนึ่งมีเดดไทม์ (First order plus deadtime) เป็นต้น แล้วกำหนดพารามิเตอร์ภายน DLAY จากนั้นทำการเชื่อมโยงกับฟังก์ชันอุปกรณ์ตัวอื่นๆ เช่น ตัวควบคุมแบบพีไอดี (PID) ทำให้วิศวกรหรือพนักงานควบคุมได้ศึกษาหรือฝึกอบบรมก่อนที่จะทำการตัดสินใจในดำเนินการ

ใดๆลงไป เช่น การเปลี่ยนพารามิเตอร์ตัวควบคุม หรืออัลกอริธึมควบคุมกับกระบวนการผลิตจริง

ผู้ใช้งานที่ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญการโปรแกรมก็สามารถสร้าง หรือกำหนดรูปแบบของอัลกอริธึมควบคุมได้โดยง่าย ภาษาควบคุมที่ใช้อยู่ในรูปซอฟท์แวร์มี 2 แบบ คือ

- ภาษาควบคุมระดับสูง เช่น FORTRAN หรือ BASIC
- ภาษาควบคุมแบบเชิงบล็อก (Block-oriented language) ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับฮาร์ดแวร์โมดูล (Hardware module) ของระบบควบคุมแบบเดิม จึงใช้ง่าย ทำให้คนที่ไม่คุ้นกับการโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถสร้างและปรับแต่งระบบควบคุมได้ โดยมีขั้นตอนเหมือนกับระบบเดิม ฟังก์ชันบล็อกจะมีรูปแบบโมดูลซอฟท์แวร์ (Software module) โดยเลือกอุปกรณ์จากลิบรารีมาแล้วเชื่อมโยงต่อกัน ด้วยเหตุนี้ วิธีของฟังก์ชันบล็อกจึงได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ฟังก์ชันอื่นๆ ได้แก่

ก. ฟังก์ชันอุปกรณ์ เช่น บล็อกอะนาล็อกไทม์ดีเลย์ (Analog time delay block) ซึ่งใช้ควบคุมกระบวนที่มี Transport delay, ใช้ใน Adapt block (ปรับค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันบล็อกหนึ่งโดยการคำนวณข้างนอก หรือสัญญานที่ส่งเข้ามา) และการคำนวณที่ซับซ้อน (เช่น ฟังก์ชันเอ็กโปเนนเชียล และ แมทริกซ์)

ข. ฟังก์ชันเป็นซอฟท์แวร์ที่ทำงานแทนฮาร์ดแวร์เดิม สามารถเปลี่ยนโครงสร้างระบบควบคุมได้ง่ายโดยไม่ต้องมีการโยงสายไฟหรือซื้ออุปกรณ์มาเพิ่ม

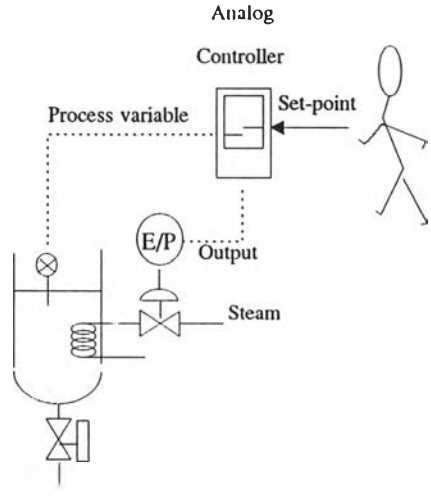
ค. ความสามารถในการคำนวณของตัวควบคุมดิจิตัล ที่ทำการเปลี่ยนค่าเซ็ทพอยท์เข้าให้เป็นตัวเลขในหน่วยต่างๆ เช่น จาก มิลลิแอมแปร์ (mA) หรือ โวลท์ (Volt) ไปเป็น องศาเซลเซียส หรือเอทีเอ็ม (ATM) ระบบควบคุมและการคำนวณทั้งหมดทำในหน่วยวัดโดยตรง ทำให้ไม่ต้องทำสเกล (Scaling) เหมือนในระบบควบคุมเดิม

**4.2.5 การนำระบบควบคุมแบบกระจายส่วนมาใช้**

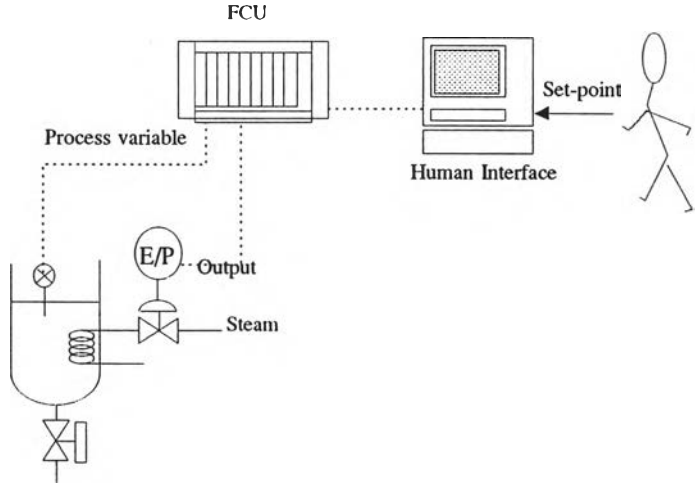
ระบบนี้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตด้วยการควบคุมแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) การควบคุมแบบซีเควนซ์ (Sequence control)

ก. การควบคุมแบบป้อนกลับ (Fedback Control) เดิมใช้ตัวควบคุมแบบอะนาล็อก ดังในรูปที่ 3.19 ผู้ใช้จะกำหนดค่าเซ็ทพอยท์แก่ตัวควบคุมอะนาล็อก เมื่อตัวควบคุมรับสัญญานควบคุม (Process variable) จากตัววัดสัญญาน แล้วตัวควบคุมรับสัญญานเข้ามาแล้วคำนวณคำสั่งควบคุมตามอัลกอริธึมที่กำหนดไปปรับวาล์วควบคุมของไอน้ำ

ระบบควบคุมแบบกระจายส่วนจะรับสัญญานที่วัดจากกระบวนการผลิตมาทำการคำนวณตามอัลกอริธึมควบคุมที่กำหนดโดยพนักงาน แล้วส่งคำสั่งควบคุมไปปรับวาล์ว แต่พนักงานจะกำหนดค่าเซ็ทพอยท์แก่ฟังก์ชันตัวควบคุมในหน่วยควบคุมกระบวนการ และติดตามการควบคุมผ่านทางส่วนอินเตอร์เฟซกับผู้ใช้ (Human interface) ดังแสดงในรูปที่ 4.20

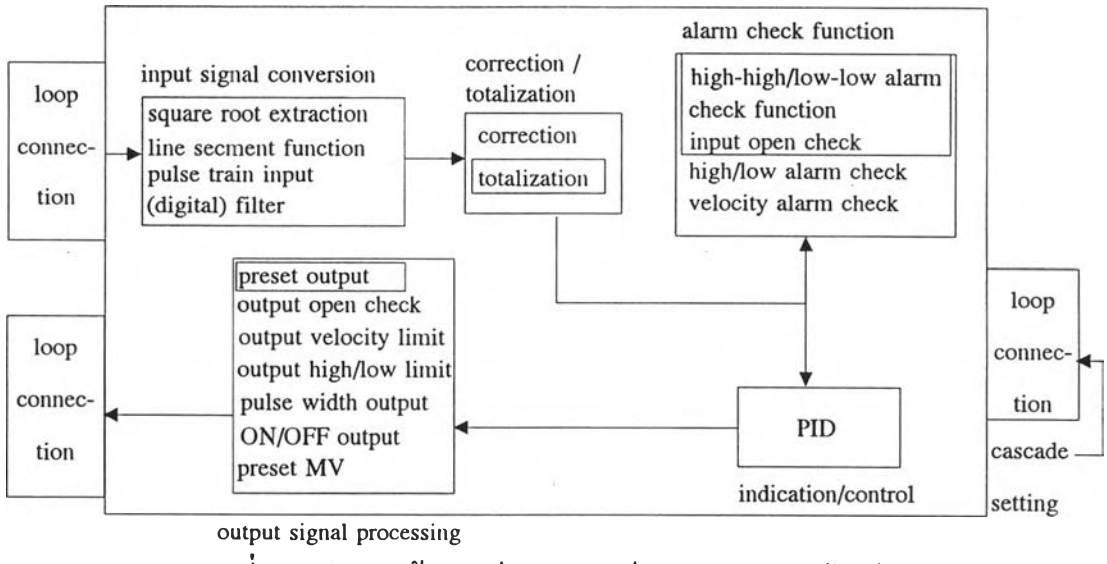



**รูปที่ 4.19** แสดงการควบคุมในแบบอะนาล็อก




**รูปที่ 4.20** แสดงการควบคุมด้วยระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ก. มีฟังก์ชันซอร์ฟแวร์ที่แทนเครื่องมืออะนาล็อกในระบบเดิม เช่น ตัวควบคุมและอินดิเคเตอร์




**รูปที่ 4.21** โครงสร้างฟังก์ชันอุปกรณ์ของตัวควบคุมพีไอดี

ข. การควบคุมแบบซีเควนซ์ (sequence control)

การควบคุมแบบนี้ จะดำเนินการควบคุมตามซีเควนซ์ที่วิศวกรกำหนดตามเงื่อนไข หน่วยควบคุมกระบวนการจะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการควบคุมแบบซีเควนซ์ หรือทั้งควบคุมแบบป้อนกลับและควบคุมแบบซีเควนซ์ร่วมกันด้วย โดยกำหนดวิธีการควบคุมลงในแบบฟอร์มที่เป็นตาราง ตัวอย่าง เช่น ฟังก์ชัน Batch status indicator ใช้ในการเติดตามและเปลี่ยนตำแหน่ง (Status) การควบคุมกระบวนการแบทช์ และฟังก์ชันอุปกรณ์สวิทช์ (Switch instrument) ใช้ในการติดตามและควบคุมวาล์วออนออฟ (On-off) และมอเตอร์