# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 หลักการและเหตุผล

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(กฟภ.) เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้กระแสไฟฟ้าในส่วนภูมิภาค ได้แก่ประชาชน หน่วยงานภาครัฐ เอกชน นิคมอุตสาหกรรมในต่างจังหวัด การรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ การวางแผนบำรุงรักษา และปรับปรุงเครื่องมืออุปกรณ์ในระบบจำหน่ายให้มีความพร้อมในการใช้งาน เหมาะสมกับสภาวะอากาศสำหรับเมืองไทยเป็นสิ่งที่หน่วยงานของ กฟภ. ให้ความสำคัญในการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในส่วนของหน่วยงานหรือองค์กรที่มีความจำเป็นต้องรักษาความน่าเชื่อถือของระบบการจ่ายไฟฟ้าให้ให้มีเสถียรภาพสูง ได้แก่ โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม และพระราชวังในต่างจังหวัดที่ กฟภ. รับผิดชอบ เช่น พระตำหนักภูพิงค์ราชนิเวศ พระตำหนักศิริยาลัย พระราชวังไกลกังวล และพระตำหนักอื่นๆ เป็นต้น เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องขณะที่พระบรมวงศานุวงศ์ทรงประทับอยู่ ทาง กฟภ. ได้ติดตั้งระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายสายส่งแรงสูงแบบอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch, ATS) ที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยระบบดังกล่าวจะทำหน้าที่ถ่ายโอนจากระบบจ่ายไฟฟ้าหลักที่เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องไปยังระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองเพื่อลดผลกระทบทำให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายที่นำเข้าจากต่างประเทศผ่านการใช้งานมาเป็นระยะเวลานานหลายสิบปี ซึ่งชิ้นส่วนสำคัญบางชิ้นได้เลิกการผลิตไป ทำให้มีปัญหาในการซ่อมบำรุง การสั่งนำเข้าระบบใหม่ที่ผลิตจากต่างประเทศมีราคาสูงมาก ดังนั้น กฟภ. โดยหน่วยงานกองบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าจึงได้พัฒนาระบบถ่ายโอนแหล่งจ่ายแรงดันสูงขึ้นมาเอง โดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น รีเลย์ แมกเนติคคอนแทคเตอร์ รีเลย์ตั้งเวลา และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถใช้งานทดแทนระบบที่นำเข้าจากต่างประเทศได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามก็ยังประสบปัญหาความยุ่งยากเมื่อเกิดการชำรุดเสียหาย เนื่องจากอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเองไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ร้อนและชื้น และระบบค่อนข้างซับซ้อน จึงจำเป็นต้องให้ผู้พัฒนาเป็นผู้ตรวจสอบและแก้ไขเท่านั้น การปรับปรุงการทำงานให้มีความยืดหยุ่นทำได้ยาก ดังนั้นการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงต้องการพัฒนาระบบดังกล่าวขึ้นมาโดยอาศัยความร่วมมือกับอาจารย์และนักวิจัยจากสาขาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้งานเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่น ทนทาน ง่ายต่อการตรวจสอบ แก่ไข และบำรุงรักษา

กองบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้ เชิญ รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์ และคณะนักวิจัยเข้าเยี่ยมชมและศึกษาระบบถ่ายโอนแหล่งจ่ายแรงดันสูง ที่ใช้ในการจ่ายไฟฟ้าให้กับพระราชวังบางประอิน

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และเข้าร่วมประชุม เพื่อศึกษาแนวทางในการออกแบบระบบพัฒนาระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงดันสูงอัตโนมัติควบคุมด้วยเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ และจะขยายผลเพื่อนำไปใช้ในหน่วยงานอื่นที่อยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้แก่ พระตำหนักในต่างจังหวัดทั้งหมด รวมไปถึง โรงพยาบาล และหน่วยงานภาครัฐและเอกชน

เครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller, PLC) ถูกออกแบบให้มีฟังก์ชั่นการทำงานที่หลากหลาย เช่น ฟังก์ชั่นทางตรรก ฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ ฟังก์ชั่นตัวตั้งเวลา ตัวนับ การติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก และถูกออกแบบให้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ร้อนและชื้น ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในการควบคุมทำงานเครื่องจักรอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกระบบควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้มาพัฒนาใช้กับระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงสูงแบบอัตโนมัติ

**1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงสูงแบบอัตโนมัติควบคุมด้วยเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้
2. นำระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานที่พระตำหนักสิริยาลัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และขยายผลเพื่อนำไปใช้ในหน่วยงานอื่นที่อยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

**1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย**

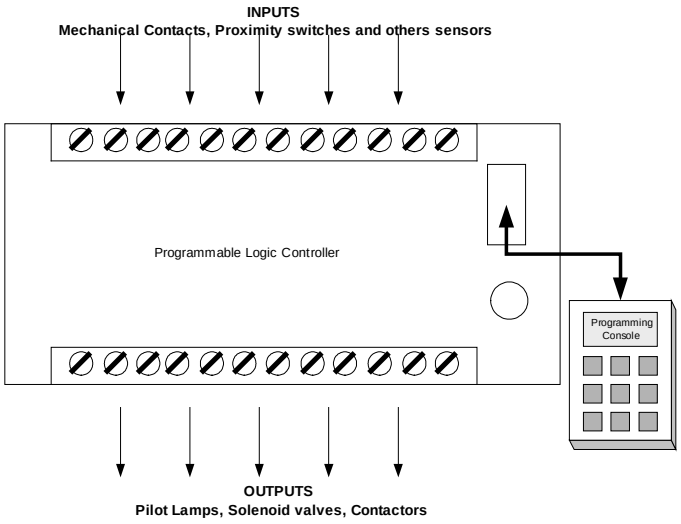
ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมการเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงแบบอัตโนมัติควบคุมด้วยเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

ได้ระบบต้นแบบสำหรับการเปลี่ยนแหล่งจ่ายสายส่งแรงสูงแบบอัตโนมัติควบคุมด้วยเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ ที่จะนำไปใช้จริงกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller :PLC)คือเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบให้ทำหน้าที่เฉพาะด้าน เครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้นี้มีระบบการทำงานเป็นแบบดิจิตอล ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม โดยที่ผู้ใช้สามารถโปรแกรมรูปแบบการทำงาน เงื่อนไข และชุดคำสั่งต่างๆ ลงในหน่วยความจำได้ ในชุดคำสั่งประกอบไปด้วย ฟังก์ชันการทำงานทางลอจิก ฟังก์ชันแบบไล่ลำดับขั้น ฟังก์ชันตัวตั้งเวลาตัวนับจำนวน ฟังก์ชันทางการคำนวณ และฟังก์ชันพิเศษอื่นๆ เพื่อใช้ในการควบคุม ผ่านอุปกรณ์ อินพุท เอาท์พุท แบบดิจิตอลหรืออนาลอก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องจักรหรือกระบวนการที่ทำการควบคุม




**รูปที่ 2.1** ลักษณะการควบคุมของเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้

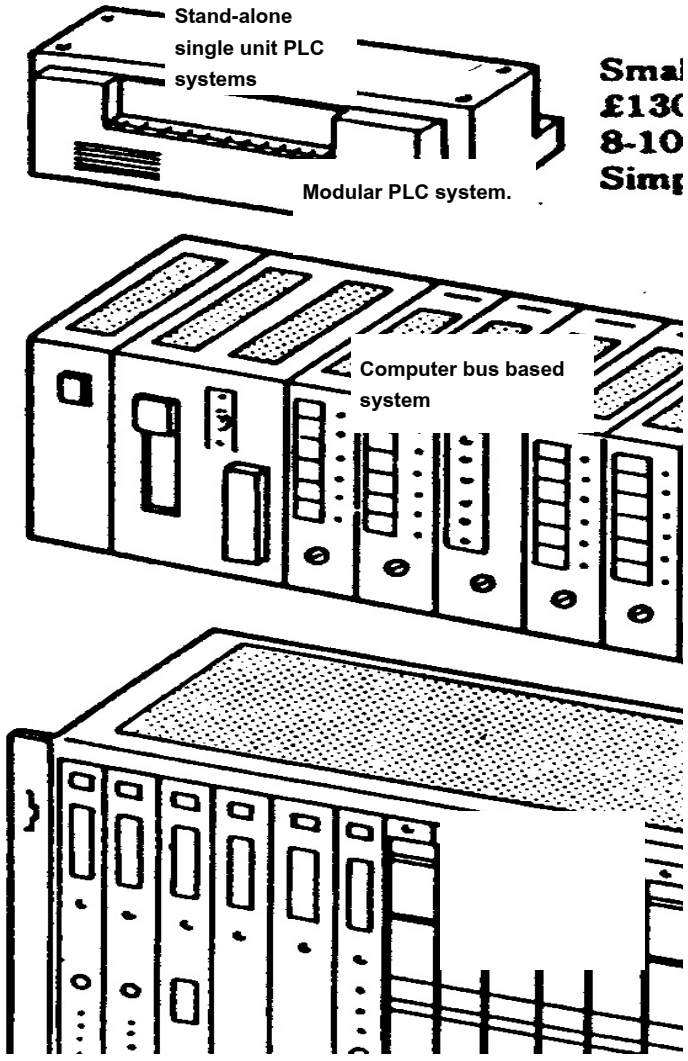
ระบบควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้เป็นระบบที่มีความยืดหยุ่นสูงมาก เนื่องจากผู้ใช้สามารถแก้ไขดัดแปลง โปรแกรมเพิ่มเติมลงในหน่วยความจำ ตามเงื่อนไขการทำงานของเครื่องจักร โดยไม่จำเป็นต้องต่อวงจรทางไฟฟ้าใหม่เหมือนกับระบบเดิมๆที่ใช้การออกแบบวงจรรีเลย์หรือวงจร ลอจิกเกทอาจกล่าวได้ว่า เครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้เป็นคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้ทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ และมีจุดเด่นซึ่งเป็นข้อแตกต่างจากคอมพิวเตอร์ทั่วไปดังนี้

1. การโปรแกรมจะเกี่ยวข้องกับเงื่อนไขการควบคุมทางลอจิกและคำสั่งแบบฟังก์ชันบล็อก
2. การเชื่อมต่อทางวงจรกับอุปกรณ์ภายนอกจะถูกรวมอยู่ภายในตัวควบคุม

3. เครื่องควบได้ถูกออกแบบมาให้ทนทานต่อแรงสั่นสะเทือน อุณหภูมิ ความชื้น และ สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า

**2.1 ประเภทของระบบควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้**

การแบ่งประเภทของระบบควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้จะแบ่งตามขนาดหรือจำนวนจุดที่ใช้ในการควบคุมดังนี้




**รูปที่ 2.2** ประเภทของเครื่องควบคุแบบตรรกที่โปรแกรมได้

**1. เครื่องควบคุมขนาดเล็ก หรือ Stand-alone single unit PLC systems.**

เป็นเครื่องควบคุมขนาดเล็กที่มีจำนวนจุดควบคุมของอินพุทและเอาท์พุทที่จำกัด ถูกติดตั้งมากับตัวเครื่องควบคุม แต่สามารถขยายจุดควบคุมโดยเพิ่มโมดูลขยาย (Expansion module) ได้ประมาณ 8 – 100 I/O เหมาะกับระบบที่แยกส่วนและความซับซ้อนในการทำงานไม่มาก

**2. เครื่องควบคุมขนาดกลาง หรือ Modular PLC system.**

เป็นเครื่องควบคุมขนาดกลางที่ส่วนต่างๆเป็นโมดูลออกจากกันเช่น โมดูลอินพุท โมดูลเอาท์พุท โมดูลอนาลอก โมดูลประมวลผลกลาง โมดูลแหล่งจ่ายไฟ และ โมดูลพิเศษ เช่น โมดูลสำหรับการติดต่อสื่อสาร โมดูลภาษาระดับสูงสำหรับการคำนวณ โมดูลสำหรับการควบคุมตำแหน่ง ซึ่งโมดูลต่างๆ จะถูกประกอบลงบนแผงบัสข้อมูลหลัก (Bus back-plane) ผู้ใช้สามารถเลือกโมดูลได้หลากหลายตามความเหมาะสมของการทำงาน นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันการทำงานพิเศษจำนวนมาก นิยมใช้กับระบบที่ความซับซ้อนสูง

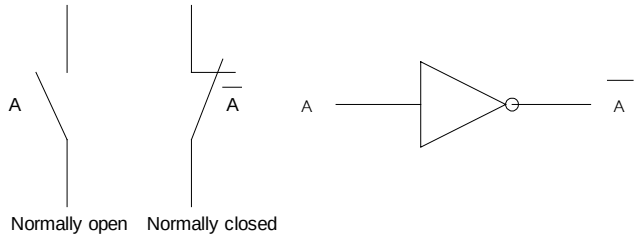
**3. เครื่องควบคุมขนาดใหญ่ หรือ Computer bus based system.**

ระบบนี้ถึงแม้ว่าจะไม่ได้อยู่ในกลุ่มที่จะเรียกว่าเป็น เครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้(PLC) แต่ก็มีการทำงานที่คล้ายกันคือใช้ในการควบคุมกระบวนการในงานอุตสาหกรรม เรียกว่าเป็นคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม (Industrial Computer) ถูกออกแบบให้มีช่องเสียบแผงวงจร (Bus back-plane/Rack) ในรูปแบบต่างๆ เช่นแผงหน่วยประมวลผล แผงการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย แผงของหน่วยอินพุทเอาท์พุทแบบดิจิตอลหรือแบบอนาลอก และระบบนี้เองได้ถูกพัฒนาให้เป็นมาตรฐานสากล เช่น STE bus (Euro-card) และ VME bus ภาษาที่ใช้ในการโปรแกรมจะเป็นภาษาระดับสูง เช่น ภาษาซี หรือ ภาษาปาสคาล เป็นต้น

**2.2 ตรรกะ (LOGIC)**

พิจารณาจากคำว่า Logic ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชื่อ Programmable Logic Controller เนื่องมาจากว่าการเขียนหรือออกแบบโปรแกรมอยู่บนพื้นฐานของการสร้างเงื่อนไขทางดิจิตอลลอจิก เพื่อโยงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทของระบบที่ทำการควบคุม ดังนั้นในเนื้อหาส่วนนี้จะเป็นการทบทวนเรื่อง Logic ที่เกี่ยวข้องกัน

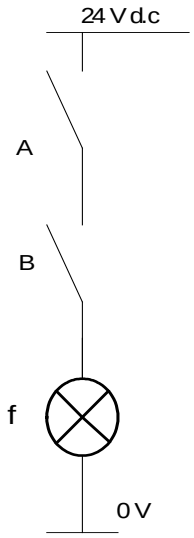
ตรรกะหรือลอจิกได้กล่าวถึงสถานะที่เกิดขึ้น 2 สถานะ คือ จริง กับ เท็จ ถ้ามองในทางวงจรไฟฟ้าก็คือ ON กับ OFF หรือ 1 กับ 0 ในระบบเลขฐานสอง ถ้ากำหนดให้ A เป็นตัวแปรบูลีนซึ่งแทนสถานะของสวิทช์ เมื่อ สวิทช์อยู่ในสภาวะเปิด (ON) จะได้ว่า A=1 และอยู่ในสภาวะปิด (OFF) จะได้ว่า A=0 นอกจากนี้หน้าสัมผัสของสวิทช์ยังมีสองแบบ คือ ปกติเปิด หรือ Normally Open เราแทนด้วย N/O และ ปกติปิด หรือ Normally Close เราแทนด้วย N/C หน้าสัมผัสแบบ N/O จะให้สถานะปกติ แต่หน้าสัมผัสแบบ N/C จะให้สถานะตรงกันข้าม ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสัญลักษณ์ของตัวแปรบูลีน ฟังก์ชั่น NOT ได้ดังนี้



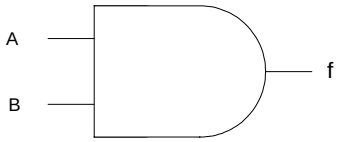

| ตำแหน่งสวิทช์ | A | $\overline{A}$ |
|---|---|---|
| ON | 0 | 1 |
| OFF | 1 | 0 |

**รูปที่ 2.3** ฟังก์ชั่น NOT

ลอจิก AND สามารถอธิบายได้ด้วยวงจรสวิทช์ที่ต่อแบบอนุกรมกันดังรูปที่ 2.4 จากรูปหลอดไฟ (Lamp) จะสว่างได้สวิทช์ทั้งสองคือ A และ B จะต้องอยู่ในสถานะ ON สามารถเขียนเป็นสมการบูลีนได้ว่า f = A.B

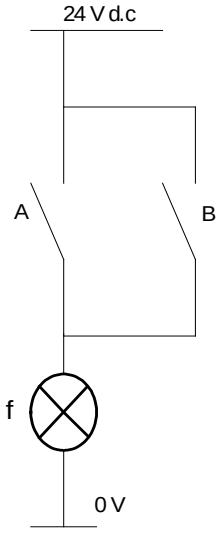



| A | B | f=A.B |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

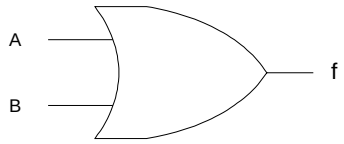



**รูปที่ 2.4** ฟังก์ชั่น AND

ลอจิก OR สามารถอธิบายได้ด้วยวงจรสวิทช์ที่ต่อแบบขนานกันดังรูปที่ 2.5 จากรูปหลอดไฟ (Lamp) จะสว่างได้ก็ต่อเมื่อสวิทช์ A หรือ B อันใดอันหนึ่งหรือทั้งสองอันจะต้องอยู่ในสถานะ ON สามารถเขียนเป็นสมการบูลีนได้ว่า f = A+B




| A | B | f=A+B |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |




**รูปที่ 2.5** ฟังก์ชั่น OR

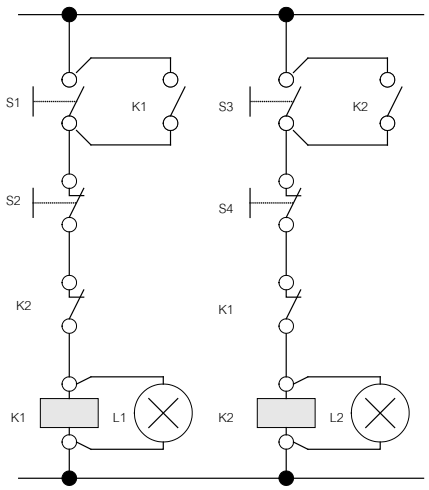
**2.3 โปรแกรมแลดเดอร์ (Ladder Diagrams)**

เครื่องควบคุมพีแอลซีได้ถูกพัฒนาเพื่อตอบสนองความยืดหยุ่นในการทำงาน เมื่อเทียบกับการออกแบบระบบควบคุมแบบดั้งเดิมที่อาศัยการออกแบบวงจรรีเลย์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงแก้ไขทำได้ยาก ต่างจากระบบที่ควบคุมด้วยพีแอลซีเนื่องจากว่าสามารถแก้ไขโปรแกรมตามเงื่อนไขของระบบได้ แต่อย่างไรก็ตามระบบควบคุมที่ใช้การออกแบบวงจรรีเลย์ได้เป็นที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายมานานจึงเป็นเหตุผลให้การออกแบบวิธีการโปรแกรมลงบนเครื่องควบคุมพีแอลซีที่เรียกว่า “Ladder Diagrams” มีลักษณะคล้ายกับการออกแบบวงจรรีเลย์ เราสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของ อุปกรณ์อินพุท (Inputs) เทียบได้กับหน้าสัมผัสของสวิทช์ (Contacts) อุปกรณ์เอาท์พุท (Outputs) เทียบได้กับคอยล์ของรีเลย์ (Coils) หน่วยความจำภายในแบบบิต (Internal memory: Bit) เทียบได้กับรีเลย์ช่วย (Auxiliary relays)

การควบคุมเครื่องจักรในการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทจะมีการควบคุมแบบลำดับ (Sequence Control) หรือเงื่อนไขทางลอจิก (Logic Control) อยู่เสมอ เช่น การควบคุมการสตาร์ทของมอเตอร์ การควบคุมสายพานลำเลียง ระบบกำจัดน้ำเสีย การควบคุมแบบนี้มักจะใช้รีเลย์ แม่เหล็กไฟฟ้า ตั้งเวลา คอนแทคเตอร์ ลิมิตสวิทช์ ปุ่มกด โซลินอยวาล์ว หรืออาจเรียกอุปกรณ์เหล่านี้ว่าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงกล เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการนำมาประกอบเป็นวงจรในตู้ควบคุมซึ่งใช้กันมานานในอดีต

หัวข้อนี้จะเสนอการประยุกต์ใช้งานเพื่อควบคุมเครื่องจักร ซึ่งใช้มอเตอร์ 2 ตัว M1 และ M2 โดยมอเตอร์ทั้งสองจะทำงานไม่พร้อมกัน ถ้าขณะที่ M1 ทำงานอยู่ต้องการให้ M2 ทำงานจะต้องหยุด M1 ก่อน

หรือถ้า M2 ทำงานอยู่จะต้องหยุดก่อนเมื่อต้องการให้ M1 ทำงาน สามารถออกแบบระบบและเขียนเป็นวงจรรีเลย์ (Relay diagram) ได้ดังนี้




**รูปที่ 2.6** Relay diagram ของระบบควบคุมมอเตอร์

จากรูปของ Relay Diagram ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่อไปนี้

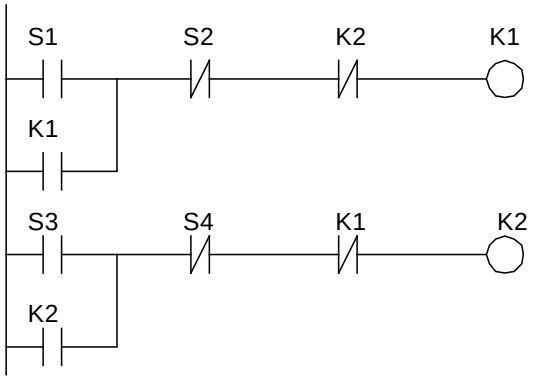
- S1,S3 คือ Push Switch แบบ N/O ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ M1 และ M2 ตามลำดับ
- S2,S4 คือ Push Switch แบบ N/C ควบคุมการหยุดของมอเตอร์ M1 และ M2 ตามลำดับ
- K1,K2 คือ คอยล์ของแมคเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) ควบคุมการหยุดของมอเตอร์ M1 และ M2 ตามลำดับ
- L1,L2 คือ หลอดแสดงผลการทำงานของมอเตอร์ M1 และ M2 ตามลำดับ

ระบบนี้เมื่ออยู่ในสภาวะเริ่มต้นจะไม่มีมอเตอร์ตัวใดหมุน เมื่อทำการกด S1 จะทำให้มีกระแสไหลที่คอยล์ K1 ทำให้มอเตอร์ M1 หมุนและในขณะเดียวกันหน้าสัมผัสของK1 ทุกตัวจะทำงานนั่นคือ หน้าสัมผัสแบบ N/C จะตัดวงจร ส่วนหน้าสัมผัสแบบ N/O จะต่อวงจร ถึงแม้ว่าเราจะปล่อยมือจากการกดสวิทช์ S1 ก็ตาม M1 ก็ยังคงหมุนต่อไปเพราะมีหน้าสัมผัสแบบ N/O ของ K1 มาต่อขนานอยู่กับ S1 ทำหน้าที่แทน S1 นั่นเอง ณ. เวลานี้ถ้าเราต้องการกด S3 เพื่อให้ M2 หมุนก็ไม่สามารถทำได้เนื่องจากมี หน้าสัมผัส N/C ของ K1 ต่ออนุกรมอยู่ทำให้คอยล์ K2 ไม่ได้รับกระแสไฟฟ้า จนกว่าเราจะกด S2 เพื่อตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ K1 ก่อน ซึ่งจะทำให้ M1 หยุดหมุน กรณีของ M2 ก็เช่นเดียวกัน

ในการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริงจะต้องมีการเดินสายไฟระหว่างอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งจะยุ่งยากมากถ้าหากเงื่อนไขการทำงานมีความซับซ้อน ระบบไม่ยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ยากและสิ้นเปลืองพลังงาน

สูง เมื่อเทคโนโลยีทางด้านอีเลคทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ เจริญก้าวหน้ามากขึ้น จึงเกิดแนวความคิดที่จะนำระบบคอมพิวเตอร์มาควบคุมเครื่องจักร แทนรีเลย์ระบบเดิม ซึ่งมีข้อเสียในเรื่องการสิ้นเปลืองพลังงาน การตอบสนองต่อการควบคุมช้ามาก การติดตั้งและบำรุงรักษาทำได้ยาก และขาดความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบ

เครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ถูกพัฒนาขึ้นมาบนพื้นฐานเทคโนโลยีอีเลคทรอนิกส์ที่เรียกว่า"ไมโครโปรเซสเซอร์"(Microprocessor) มีพอร์ทอินพุทเอาท์พุทที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอก มีภาษาในการโปรแกรมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เรียกว่า แลดเดอร์ (Ladder Diagram) ซึ่งดัดแปลงมาจากวงจรรีเลย์ (Relay diagram) จุดประสงค์ก็เพื่อจะให้ผู้ที่เคยใช้ระบบรีเลย์ สามารถเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ ได้ไม่ยากโดยอาศัยหลักการความเข้าใจเดิม จึงเป็นเหตุให้เครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ได้รับความนิยมในเวลาอันรวดเร็ว จากตัวอย่างเดิมซึ่งใช้ระบบรีเลย์ควบคุมมอเตอร์ เมื่อเปลี่ยนมาเป็นระบบเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้โดยเขียนเป็น ภาษาแลดเดอร์ซึ่งประกอบด้วยหน้าสัมผัส และ คอยล์ ทางด้านซ้ายและขวาเปรียบเสมือนแหล่งจ่ายไฟฟ้า ส่วนประกอบต่างๆอธิบายได้ดังนี้




**รูปที่ 2.7** แสดง Ladder Diagram

จากโปรแกรมแลดเดอร์ในรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่ามีความคล้ายคลึงกับวงจรรีเลย์แต่จะแตกต่างกันที่สัญญาลักษณ์ที่ใช้ นอกจากนี้แล้วเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ ยังรวมเอาฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ เช่น ตัวตั้งเวลา ตัวนับ การหมุนวนข้อมูล การเคลื่อนย้ายข้อมูล และอื่นๆจำนวนมากเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเขียนโปรแกรมที่มีความสลับซับซ้อน และ ข้อดีอีกประการคือสามารถแก้ไขปรับเปลี่ยนโปรแกรมการทำงานได้ง่าย

นอกจากนี้ยังมีรูปแบบอื่นๆสำหรับการโปรแกรมลงบนเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้ซึ่งมีการกำหนดเป็นมาตรฐานสากลโดย IEC(International Electro technical Commission) ในรายละเอียดของ IEC 1131-3 ได้กำหนดภาษาที่ใช้ในการโปรแกรมไว้ 5 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบกราฟิก (Graphical languages)

- Ladder Diagram (LD)
- Function Block Diagram (FBD)
- Sequential Function Chart (SFC)

รูปแบบข้อความ (Textual programming languages)

- Structured Text (ST)
- Instruction List (IL)

ปัจจุบันเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้สามารถใช้ในงานควบคุมได้อย่างกว้างขวางมากขึ้นเช่น การควบคุมที่เป็นอนาลอก สำหรับการควบคุมกระบวนการทางพลศาสตร์ (Dynamics Process) การจัดการฐานข้อมูล การสื่อสารข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น ระบบโครงข่าย (LAN) ระบบควบคุมระยะไกล และการเชื่อมต่อกับระบบอัตโนมัติอื่นเช่น เครื่องควบคุมประมวลผลเชิงเลข (CNC) อุปกรณ์วัดคุมทางอุตสาหกรรม หุ่นยนต์ เป็นต้น

# บทที่ 3
# การออกแบบระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายอัตโนมัติ

## 3.1 ระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch, ATS)

ระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายอัตโนมัติ Automatic Transfer Switch หรือเรียกย่อๆว่า ระบบ ATS เป็นระบบที่ใช้ในการสับเปลี่ยนแหล่งจ่ายที่ใช้งานตามปกติ เป็นระบบจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง เช่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ในสภาวะฉุกเฉิน เช่น กรณีไฟจากแหล่งจ่ายหลักขัดข้อง โดยมีอุปกรณ์ที่ควบคุมการทำงานเป็นสมองที่ใช้ในการรับรู้สภาวะ และสั่งการอุปกรณ์ที่ใช้ในการสับเข้า ออกทั้งสองแหล่งจ่าย โดยส่วนมากเป็นเซอร์กิตเบรคเกอร์ (Circuit Breakers) สองตัวสัญญาณสั่งการจากอุปกรณ์ควบคุม

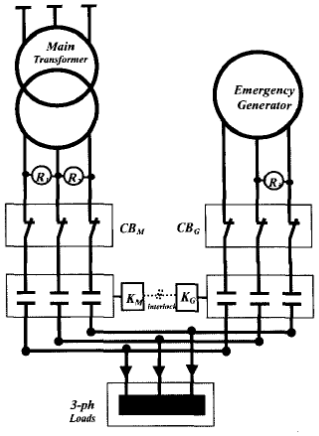
**รูปที่ 3.1** ระบบ ATS ที่ประกอบด้วยเซอร์กิตเบรคเกอร์ 2 ตัว

สถานที่ที่เหมาะกับการติดตั้งระบบ ATS ได้แก่ โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า ขนาดใหญ่ โรงงานบางประเภทที่ต้องใช้ไฟอย่างต่อเนื่องเช่นการแช่อาหารสด จากสถานที่ต่างๆเหล่านี้บางสถานที่ เช่น โรงพยาบาลระบบ ATS มีความสำคัญมากต่อความเป็นความตายของชีวิตผู้ป่วยเนื่องจากเครื่องมือแพทย์เกือบทุกชนิดต้องการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นความพร้อมในการทำงานของระบบ ATS จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง หน่วยงานต่างๆจึงควรมีการดูแลและเตรียมพร้อมระบบไว้อย่างดีโดยการวางแผนให้ มี

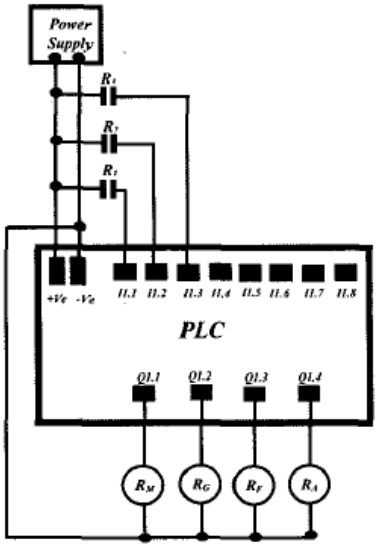
การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance Automatic Transfer Switch) เป็นประจำ ระบบนี้เป็นระบบ ATS ที่ใช้ในระบบแรงดันต่ำซึ่งผ่านหม้อแปลงแรงสูงมาแล้ว

### 3.2 ระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายอัตโนมัติด้วยเครื่องควบคุมทีโปรแกรมได้

จากการสืบค้นงานวิจัย ***Dr. Hamdy Ashour***, 2004 ได้พัฒนาระบบควบคุมด้วย PLC เพื่อใช้ในการควบคุมระบบ ATS สำหรับสลับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้ามายังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังรูปที่ 3.2 และ 3.3




**รูปที่ 3.2** วงจรจ่ายกำลังของระบบ ATS




**รูปที่ 3.3** วงจรควบคุมของระบบ ATS

**3.3 ระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายอัตโนมัติแรงสูง**

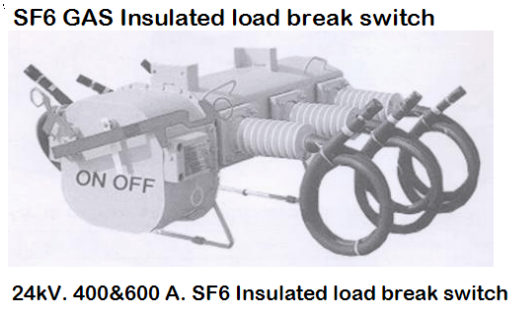
ระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายอัตโนมัติแรงสูง เป็นระบบที่ใช้ในการสับเปลี่ยนแหล่งจ่ายจากสายส่งแรงสูงหลักไปยังสายส่งไฟฟ้าสำรอง ในสภาวะฉุกเฉิน เช่น กรณีไฟจากแหล่งสายส่งหลักขัดข้อง โดยมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับความผิดปกติของแรงดันและกระแสไฟฟ้าของสายส่ง จากนั้นจึงสั่งการอุปกรณ์ที่ใช้ในการสับเข้า-ออกทั้งสองแหล่งจ่าย โดยอุปกรณ์ตัดตอนชนิดนี้ถูกออกแบบให้ใช้กับระบบแรงดันสูง ซึ่งทำให้ระบบนี้มีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศเท่านั้น ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในพระราชวังบางประอิน

**รูปที่ 3.4** ระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายอัตโนมัติแรงสูง

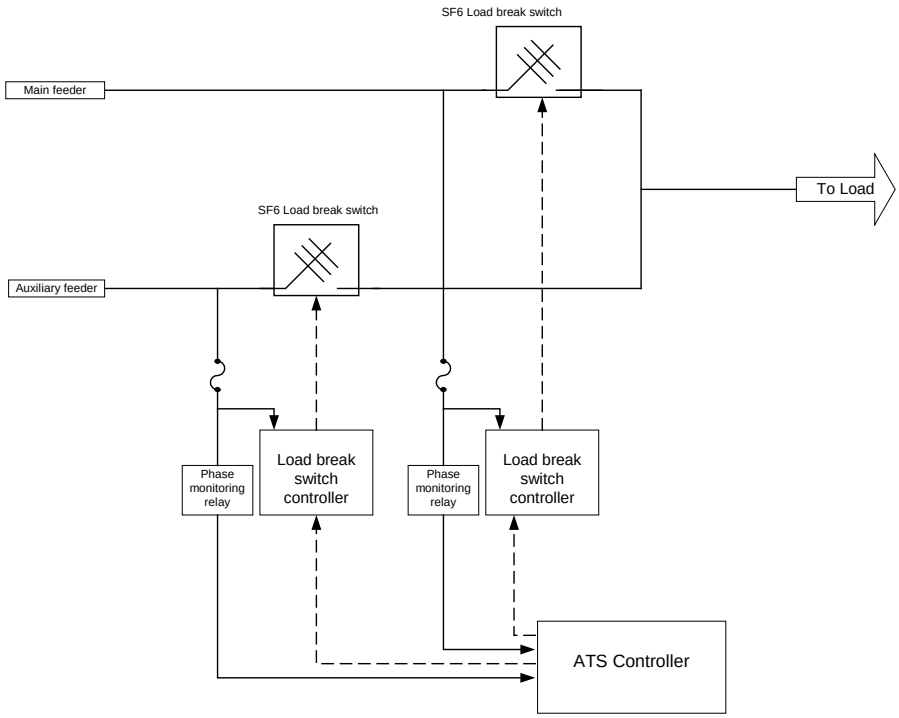
**3.4 ระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายอัตโนมัติแรงสูงควบคุมด้วยเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้**

ระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายอัตโนมัติแรงสูงที่ทำการออกแบบขึ้นมาแทนระบบเก่า เป็นระบบที่ใช้ในการสับเปลี่ยนแหล่งจ่ายจากสายส่งแรงสูงหลักไปยังสายส่งไฟฟ้าสำรอง ในสภาวะฉุกเฉิน เช่น กรณีไฟจากแหล่งสายส่งหลักขัดข้อง โดยมีเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตัดตอนระบบแรงสูงดังแสดงในรูปที่ 3.6 โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก (Main feeder) และแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง (Auxiliary feeder) จะทำหน้าที่ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าแรงสูงผ่าน อุปกรณ์ตัดตอนแรงดันสูงก่อนเข้าสู่หม้อแปลงเพื่อป้อนให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร

โดยปกติการตัดตอนระบบแรงสูงในสายส่งทำได้โดยใช้อุปกรณ์ SF6 Load Break Switch ซึ่งภายในประกอบด้วยมอเตอร์และวงจรควบคุมทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนหน้าสัมผัสแรงดันสูงโดยมีก๊าซ SF6 เป็นตัวดับการอาร์ค ดังรูปที่ 3.5

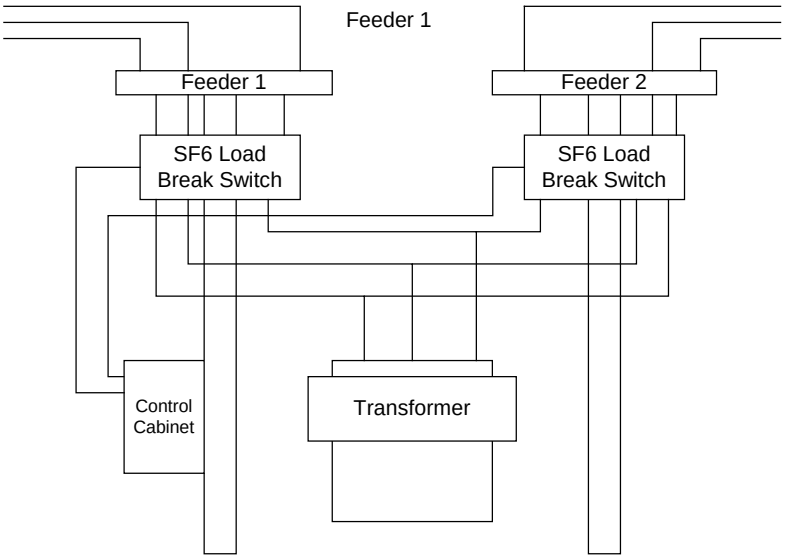



**รูปที่ 3.5** SF6 Load Break Switch



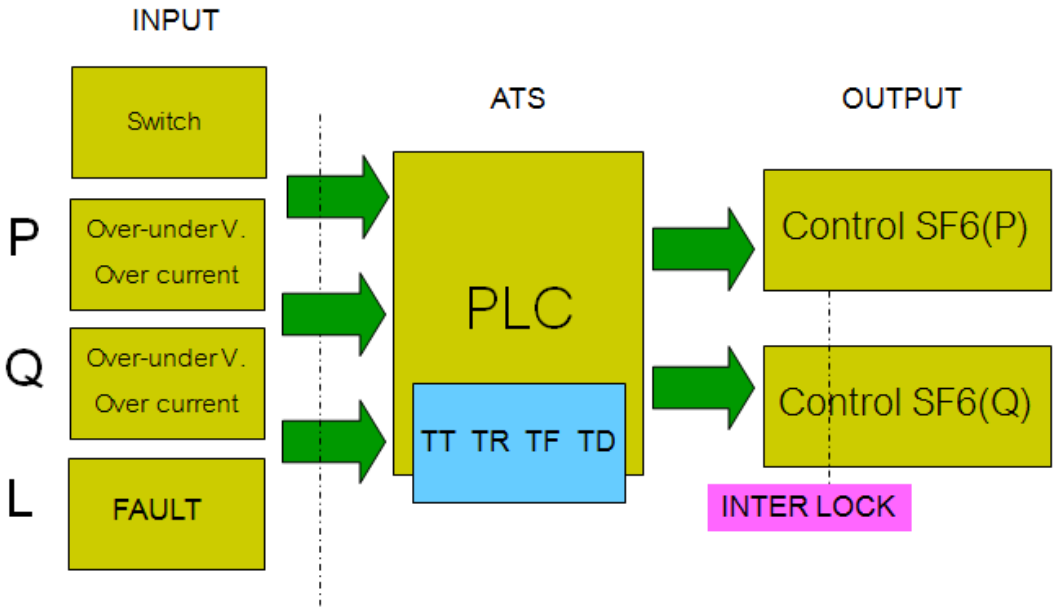

**รูปที่ 3.6** แผนภาพแสดงการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ ATS

การออกแบบระบบตัดตอนแรงสูงสำหรับ 2 สายส่งทำได้โดยการเลือกแหล่งจ่ายจากสายส่งอันใดอันหนึ่งจากการส่งสัญญาณควบคุมให้กับ SF6 Load Break Switch ทั้งสองตัวดังรูปที่ 3.7 โดยต้องมีการอินเตอร์ล็อคระบบไม่ให้ทำงานพร้อมกันโดยเด็ดขาด




**รูปที่ 3.7** ระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงสูงแบบอัตโนมัติควบคุมด้วย PLC

ส่วนประกอบของระบบเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงสูงแบบอัตโนมัติควบคุมด้วยเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้ คือ อุปกรณ์ตรวจวัดแรงดัน กระแสไฟฟ้า และ เฟส (Phase Monitor Relay) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทางด้านอินพุทของเครื่องควบคุม ทันทีที่เกิดความผิดปกติขึ้นเครื่องควบคุมจะประมวลผลและส่งสัญญาณมาให้ อุปกรณ์ตัดตอนแรงสูง SF6 Load Break Switch ทำการตัดต่อการจ่ายกำลังแรงดันสูงดังแสดงในแผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในรูปที่ 3.8




**รูปที่ 3.8** แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบ ATS

อุปกรณ์ตรวจสอบแรงดันและเฟสผิดปกติ (Under & Over Voltage Protection Relay and Phase Monitor Relay / Current Relay) แบบ 3 เฟส สำหรับป้องกันไฟตก-ไฟเกิน และตรวจสอบเฟสของระบบไฟ 3 เฟส 4 สาย

มีคุณสมบัติดังนี้

- รีเลย์สำหรับป้องกันไฟตกไฟเกินและตรวจสอบเฟส สำหรับระบบไฟ 3 เฟส
- มีปุ่มแยกปรับไฟตกระหว่าง 80 ถึง 95% โวลต์ และไฟเกินระหว่าง 105 ถึง 120% โวลต์
- เช็คลำดับเฟส (phase sequence) ของระบบไฟ 3 เฟส ป้องกันมอเตอร์หมุนผิดทิศทาง
- เช็คเฟสขาดหาย (phase beaking) ในเฟสใดเฟสหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งเฟสถึงแม้ว่าจะมีไฟย้อนกลับมาจากมอเตอร์ (back e.m.t ) เนื่องจากมอเตอร์เดินตัวเปล่า
- เหมาะสำหรับใช้ป้องกันโหลดในระบบไฟ 3 เฟสเสียหาย เนื่องจากไฟตกไฟเกินลำดับเฟสไม่ถูกต้อง และเฟสขาดหาย

หลักการทำงาน

เมื่อขนาดแรงดันอยู่ในสภาวะปกติ (ไม่เกินกว่าค่า UL ที่ตั้งไว้ และไม่ต่ำกว่าค่า LL ที่ตั้งไว้) มีลำดับเฟส (phase sequence) ถูกต้อง RST และไฟมาครบทุกเฟส หน้าคอนแทครีเลย์ (Contact Relay) จะทำงานโดยมีหลอด LED ติดเพื่อแสดงว่า รีเลย์ (Relay) ทำงานแล้ว แต้ถ้าเกิดแรงดันไฟตก-ไฟเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ มีลำดับไฟส (phase sequence) ไม่ถูกต้อง และมีเฟสขาดหาย หน้าคอนแทครีเลย์ (Contact Relay) จะหยุดทำงาน เพื่อตัดวงจรออกจากระบบ และ หลอด LED จะดับแสดงว่ารีเลย์ (Relay) หยุดการทำงาน

การทำงานทั่วไป ในสภาวะปกติแหล่งจ่ายหลักจะกำหนดให้จ่ายกระแสไฟฟ้า เมื่อพบความผิดปกติจากการตรวจสอบแรงดันและกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟส โดยมีการหน่วงเวลาในการตรวจจับ จนกระทั่งพบว่ามีความผิดปกติแบบถาวร เครื่องควบคุมจะสั่งการให้ตัดสายส่งหลักออก จากนั้นจะส่งให้สายส่งสำรองเชื่อมต่อเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าแทน และเมื่อสายส่งหลักเข้าสู่สภาวะปกติระบบควบคุมก็จะสั่งให้อุปกรณ์ตัดตอนตัดกลับมาเป็นแหล่งจ่ายหลัก ระบบการทำงานที่ซับซ้อนมากกว่านี้ การตั้งเวลาและเงื่อนไขต่างๆ สามารถทำได้อย่างสะดวกโดยการแก้ไขโปรแกรมแลดเดอร์ในเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้

# บทที่ 4
# การติดตั้งและการทดสอบระบบATS

## 4.1 การติดตั้งสวิชท์ตัดตอนแรงดันสูง

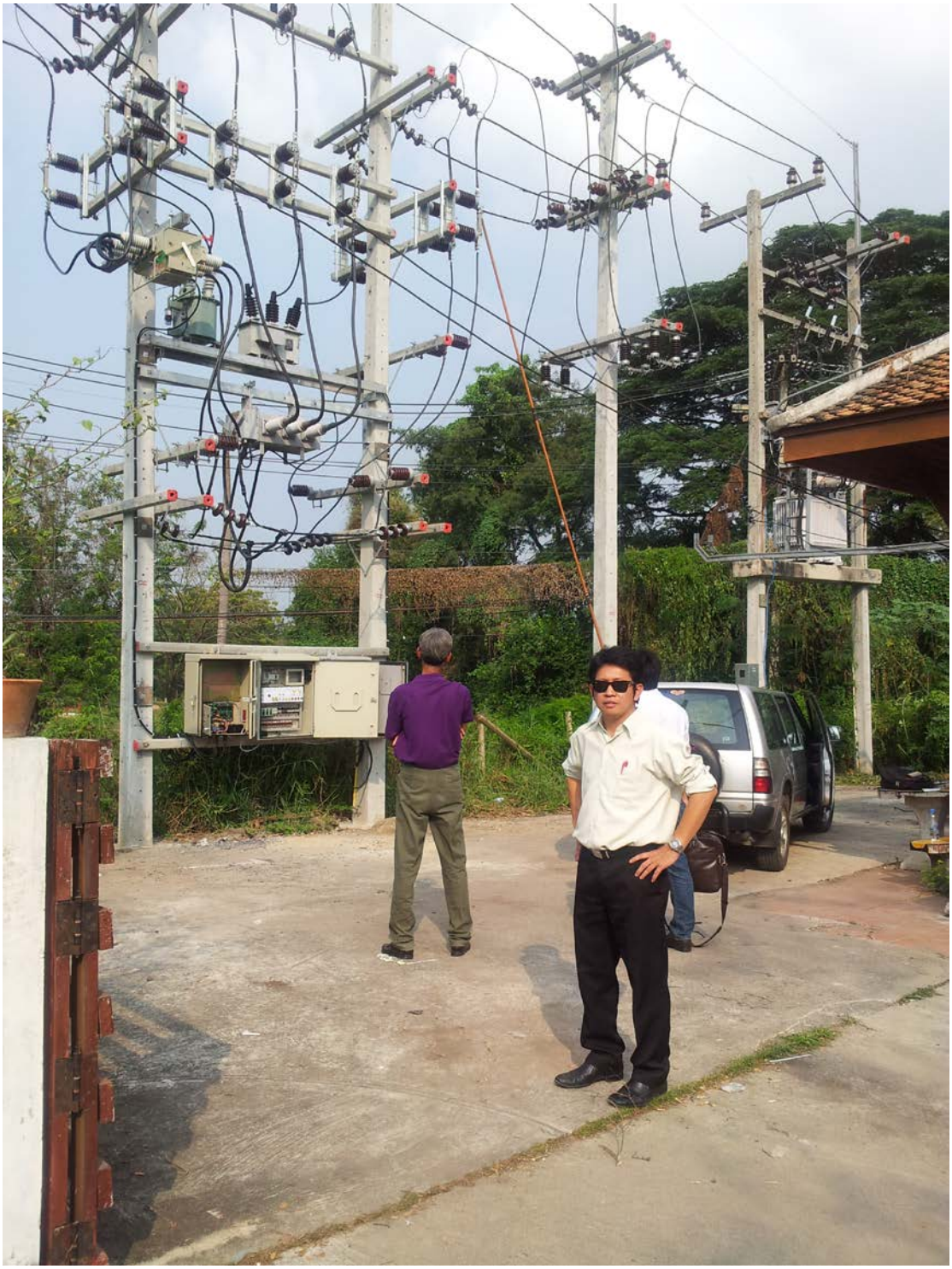
**รูปที่ 4.1** การติดตั้ง ทดสอบ และใช้งานจริงที่พระตำหนักสิริยาลัย จ.พระนครศรีอยุธยา

**รูปที่ 4.2** การติดตั้งระบบตัดตอนแรงดันสูง 1

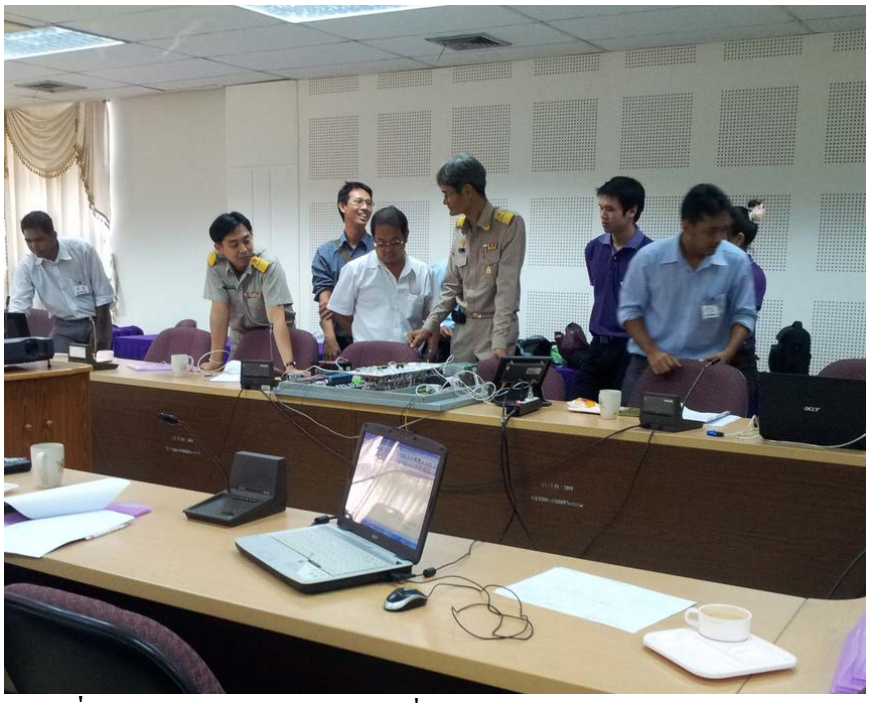
**รูปที่ 4.3** การติดตั้งระบบตัดตอนแรงดันดันสูง 2

**รูปที่ 4.4** การติดตั้งทดสอบเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้

**รูปที่ 4.5** การปรับแก้โปรแกรมในเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้

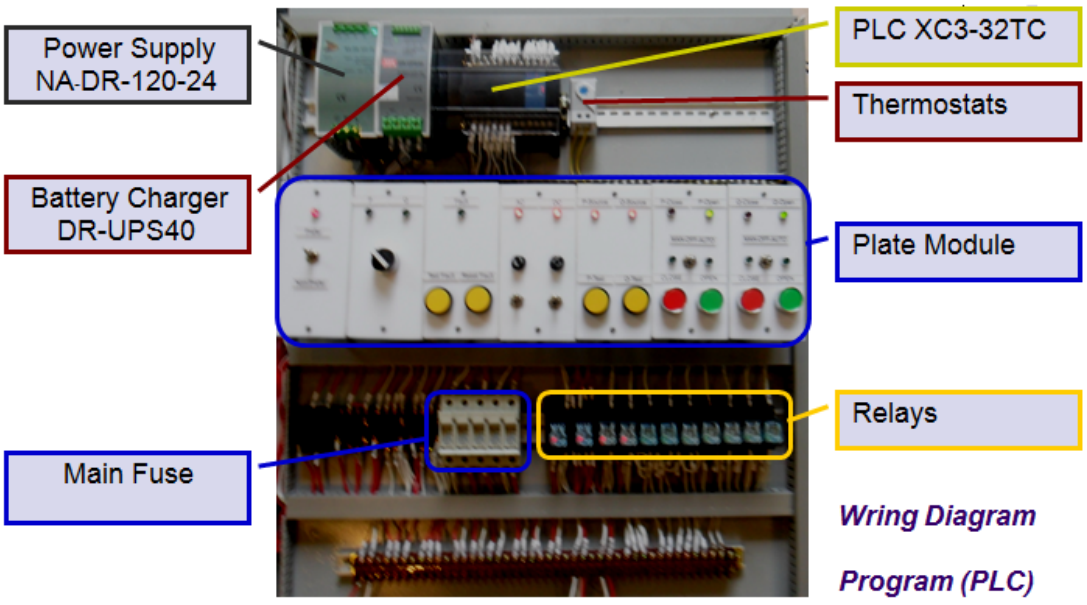


**รูปที่ 4.6** การติดตั้งและทดสอบการทำงานของระบบ ATS ขั้นตอนสุดท้าย

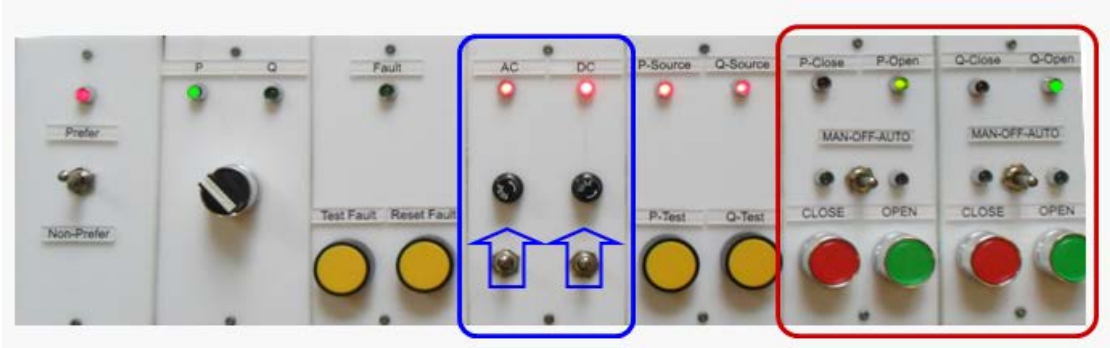


**รูปที่ 4.7** การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องระบบควบคุมการทำงานของ ATS

## 4.2 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุม ATS

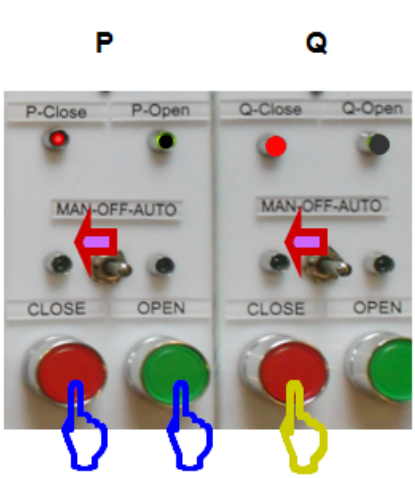



**รูปที่ 4.8** การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม




**รูปที่ 4.9** แผงหน้าปัดควบคุมการทำงาน

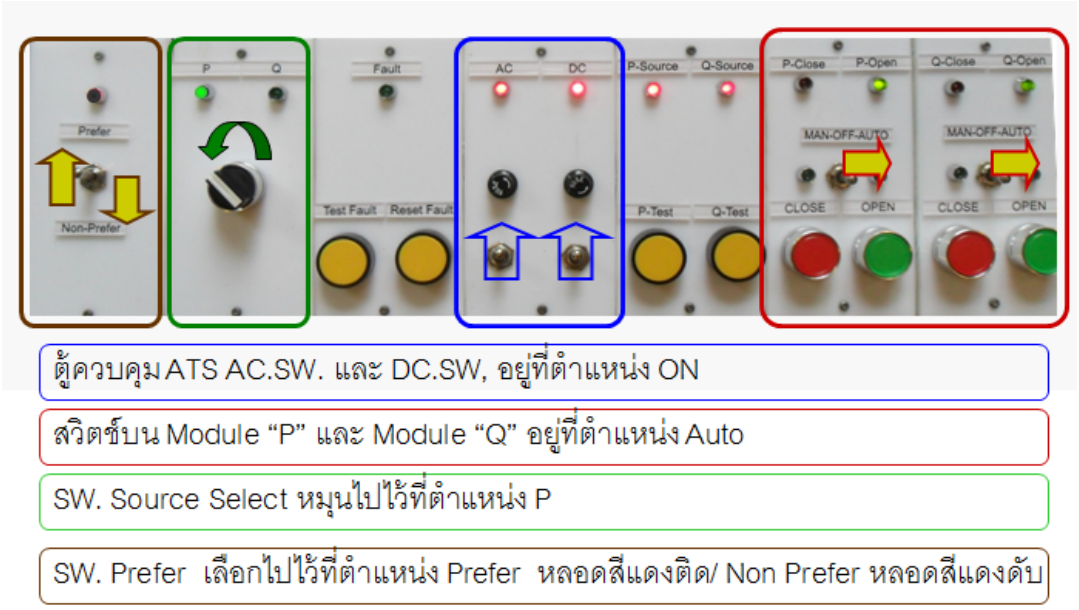
ตู้ควบคุม ATS AC.SW. และ DC.SW, อยู่ที่ตำแหน่ง ON สวิตช์บน Module “P” และ Module “Q” อยู่ที่ตำแหน่ง OFF ขณะนี้ SF6 อยู่ที่สถานะ Open ทั้งหมด (หลอด Open สีเขียว บน Module ทั้ง2 ติดสว่าง)




ที่ Module “P” และ Module “Q”
โยกสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง Manual

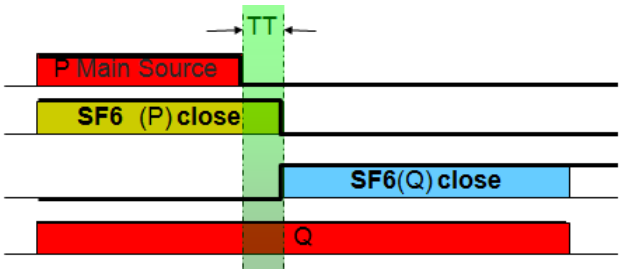
ถ้าต้องการ Close SF6 ตัวไหนก็กดสวิตช์
Close (สีแดง) บน Module ของตัวนั้น
(“P” หรือ “Q” )
เมื่อกดสวิตช์ Close แล้วหลอด Close (สีแดง)
ของตัวนั้นก็ติดสว่าง

แต่ระหว่าง SF6 “P” กับ SF6 “Q” ตัวใดตัวหนึ่ง close อยู่
จะไม่สามารถ Close อีกตัวได้ เพราะ Inter Lock กันอยู่

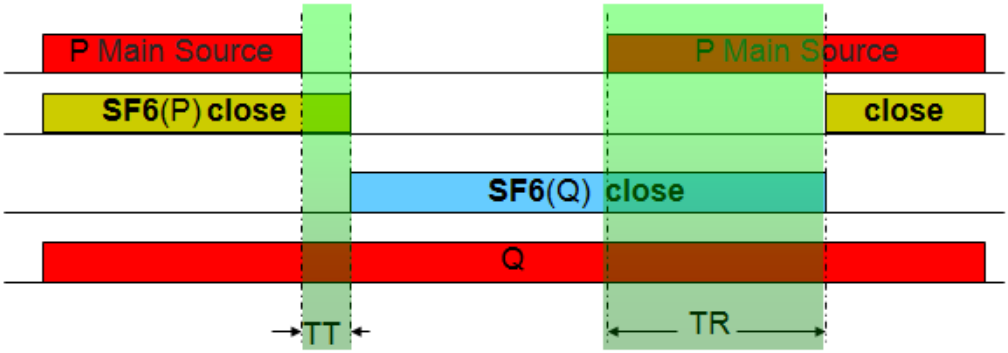



| | | |
|---|---|---|
| Transfer Timer | “TT” | 2 วินาที |
| Restore Timer | “TR” | 180 วินาที |
| Delay Timer | “TD” | 7 วินาที |
| Auto Fault Reset Timer | “TF” | 10 วินาที |

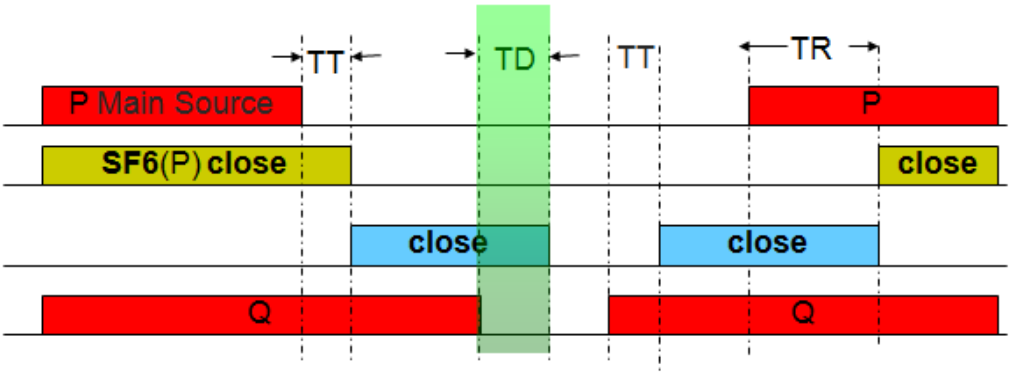
Transfer Timer “TT” เป็น Timer หน่วงเวลาในการสั่ง OPEN SF6 Main Source เมื่อไฟดับ และไปสั่ง Close SF6 (Stand By) ที่รับไฟจากแหล่งจ่ายไฟสำรอง เข้าไปแทนเพื่อจ่ายไฟให้โหลด

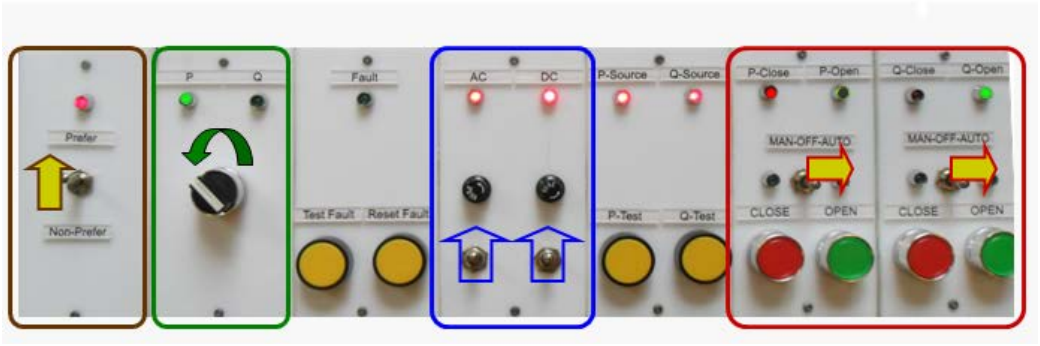



Restore Timer “TR” เป็น Timer หน่วงเวลาในการ Restore กลับ เมื่อ Main Source มีไฟจ่ายกลับมาปกติ




Timer Delay “TD” เป็น Timer หน่วงเวลา Close ATS เมื่อไม่มีไฟจ่ายมาตามปกติ



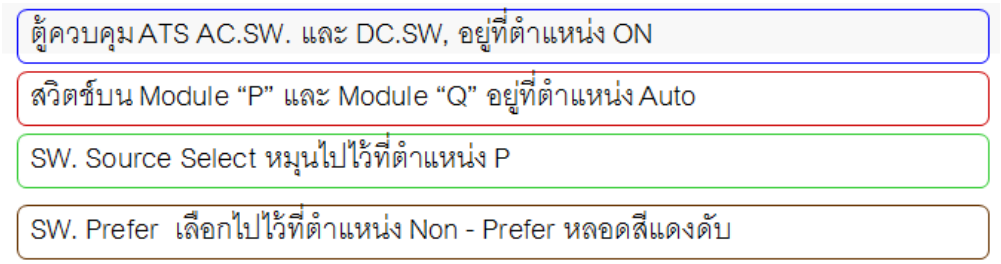




**Transfer Timer “TT” = 2Sec Restore Timer “TR” =180 วินาที**

ถ้าตั้งสวิตช์ Source Select ไว้ที่ “Q” การทดสอบการทำงานก็ให้ทำตามขั้นตอนเหมือนเดิม เพียงแต่กดที่สวิตช์ “Q”-Test ก็จะกลับไปทำงานตามฟังก์ชั่นเดิม

**ไฟดับทั้ง 2 ฟีดเดอร์ (กด P-Test/Q-Test)**

เมื่อฟีดเดอร์ไหนมาก่อน SF6 ของฟีดเดอร์นั้นก็จะ Close ก่อน เช่น ตามตัวอย่างนี้เราตั้งสวิตช์ Source Select ไว้ที่ตำแหน่ง “P” เมื่อไฟดับทั้ง 2 ฟีดเดอร์ และเมื่อฟีดเดอร์ “Q” มีไฟมาก่อนก็จะสั่งให้ SF6 “Q” Close เข้าไปก่อน และเมื่อฟีดเดอร์ “P” มีไฟมา Timer “TR” ก็จะสั่ง Open SF6 “Q” และสั่ง Close SF6 “P” (ทำให้ไฟกระพริบอีก 1 ครั้ง)




**Transfer Time “TT” = 2 Sec** Restore Timer “TR” =180 วินาที ไม่มีผล ไม่กลับไปแหล่งจ่ายหลัก ลดการเกิดไฟกระพริบได้ 1 ครั้ง

- การทดสอบให้ตู้ควบคุม ATS ทำงานแบบ Auto นี้ นอกจากการกดที่สวิตช์ Test แล้ว ยังสามารถทดสอบโดยการปลด Drop Fuse แรงสูงของแต่ละฟีดเดอร์ก็ได้ แต่วิธีนี้อาจจะยุ่งยากเพราะต้องใช้ไม้ชักฟิวส์ หรือทดสอบโดยการดึง Main Fuse ในตู้ควบคุม ATS ก็ได้
- ถ้าต้องการ Test ว่าไฟ ฟีดเดอร์ “P” ดับ ก็ให้ดึง Fuse “PA” หรือ Fuse “PC” หรือทั้ง 2 ตัวก็ได้
- ในทำนองเดียวกัน ต้องการ Test ว่าให้ไฟฟีดเดอร์
  “Q” ดับ ก็ให้ดึง Fuse “QA”หรือ Fuse “QC” หรือทั้ง 2 ตัวก็ได้
  **ขึ้นอยู่กับว่าสวิตช์ Source Select อยู่ที่ตำแหน่งใด
- ถ้าต้องการทดสอบว่าไฟดับทั้ง 2 ฟีดเดอร์ ก็ให้ดึง เฉพาะ Fuse Common Y ตัวเดียว หรือจะดึงออกทั้ง 5 ตัวก็ได้

**ลักษณะการเกิดฟอลท์มี 2 แบบคือ**

1. ฟอลท์ชั่วคราว เป็นการลัดวงจรชั่วครู่แล้วหายไป เช่น ลมพัดใบไม้แตะสายไฟฟ้า
2. ฟอลท์ถาวร เช่น สายขาดตกจากเสา หรือต้นไม้ล้มทับสาย

Auto Fault Reset Timer“TF” (10 วินาที) เป็น Timer หน่วงเวลาเมื่อเกิด Fault ด้านโหลด จะไปบล็อก ไม่ให้ ATS ทำงานตามฟังก์ชั่น เมื่อเกิด Fault ไม่ถึง 10 วินาที (TF) ถือเป็น ฟอลท์ชั่วคราว

Auto Reset Fault รอจนมีการเคลียร์ Reset Fault ATS จะทำงานตามปกติ

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีในการออกแบบสำหรับการเปลี่ยนแหล่งจ่ายสายส่งแรงสูงแบบอัตโนมัติควบคุมด้วยเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ และพัฒนาระบบต้นแบบด้วยเทคโนยีที่สามารถหาได้ให้เหมาะสมกับการใช้งานภายในประเทศ ลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ จากการพัฒนาระบบนี้ขึ้นมาโดยอาศัยความร่วมมือกับอาจารย์และนักวิจัยจากสาขาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้งาน เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่น ทนทาน ง่ายต่อการตรวจสอบ แก้ไข และบำรุงรักษา โดยระบบต้นแบบนี้ได้นำไปติดตั้งและใช้งานจริงที่พระตำหนักสิริยาลัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ตั้งแต่เดือน สิงหาคม พศ.2555 จนถึงปัจจุบัน

# บรรณานุกรม

[1] Hamdy Ashour, “Automatic transfer switch (ATS) using programmable logic controller (PLC)” Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics, 2004. ICM '04. Publication Year: 2004 , Page(s): 531 - 535

[2] Taweepol Suesut, Viriya Kongratana, Vittaya Tipsuwanporn and Suphan Kulphanich, “A Technique to Expand the I/O of the PLC Using Remote I/O module”, The 14 th Korea Automatic Control Conference, pp E-61 –64, Korea OCT 1999

[3] T.Suesut , P.Rerngruen, V.Tipsuwanporn, S.Kulphanich and S.Chuenarom,
“Design of the PLC network Using Remote I/O module Application for A multi group of machine”, The 3rd Asian Control Conference pp2818-2821, Shanghai, China, July 2000

# ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

**ประวัติส่วนตัว**

ชื่อ-สกุล รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์

เพศ ☑ชาย ☐หญิง วันเดือนปีเกิด 18 เมษายน 2515 อายุ 41 ปี

สถานภาพ ☑โสด ☐ สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

**ประวัติการศึกษา**

| ชื่อย่อปริญญา | สาขา | สถาบันที่จบ | ปีที่จบ |
|---|---|---|---|
| วศ.บ. | วิศวกรรมการวัดคุม | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 2539 |
| วศ.ม | วิศวกรรมไฟฟ้า | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 2541 |
| Dr.Mont | Automation Engineering | University of Leoben, Austria | 2551 |

**สาขาที่ชำนาญพิเศษ**

- การออกแบบเครื่องจักรและระบบโรงงานอัตโนมัติ
- การวัดคุมทางอุตสาหกรรม
- การวัดและทดสอบ
- ระบบตรวจสอบด้วยมาชีนวิชั่น ประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิต อุตสาหกรรมอาหาร

**ประสบการณ์ภาคอุตสาหกรรม**

- ที่ปรึกษาในการออกแบบ สร้างเครื่องตรวจสอบคุณภาพของตัวเก็บประจุกำลังในโรงงานพานาโซนิคมัสซึชิตะประเทศไทย จำกัด
- ที่ปรึกษาในการออกแบบ ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานเครือระยองพาเนล
- ที่ปรึกษาในการออกแบบติดตั้งระบบแสดงผลแจ้งการทำงานในโรงงานฮอนด้านแมนูแฟคเจอริ่งประเทศไทย

**ผลงานทางวิชาการ**

**ตำรา**

1. ทวีพล ซื่อสัตย์ 2545, การวิจัยดำเนินงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 178 หน้า

2. นวภัทรา หนูนาค และ ทวีพล ซื่อสัตย์, 2555, การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 316 หน้า

3. ยุทธพงศ์ ทัพผดุง, ธีระวัฒน์ หนูนาค, ทวีพล ซื่อสัตย์ และ นวภัทรา หนูนาค 2555, การใช้เทคโนโลยีกล้องถ่ายภาพความร้อนอย่างมืออาชีพ, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 120 หน้า

**ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ (International Publications)**

- N.Nunak and **T.Suesut**, "Measuring geometric mean diameter of fruit and vegetable using computer vision", *Songklanakarin Journal Science Technology* 2010, มี impact factor

**ผลงานวิชาการ International Proceeding**

**Selected Presentations**

- Navaphattra Nunak and **Taweepol Suesut**, "Design of an Instrument for Concentration Control of Sugar Solution during Osmotic Process", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- Navaphattra Nunak, Teerawat Nunak and **Taweepol Suesut**, "Identification of Thermal Distribution in Liquid during Ohmic Heating Process by Infrared Thermography", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- Navaphattra Nunak and **Taweepol Suesut**, "Evaluation of White Shrimp Freshness during Iced Storage by Computer Vision", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- Navaphattra Nunak and **Taweepol Suesut**, "Fish Species Sorting and Size Estimation using Laser Light Sectioning", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- Navaphattra Nunak and **Taweepol Suesut**, "Electrical Conductivity of Bonito Tuna during Ohmic Thawing", International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind, Nakhon Ratchasima, Thailand, 1st – 3rd April, 2009

- Nunak N. and **Taweepol S.** (2007). Measuring Geometric Mean Diameter of Fruit and Vegetable using Computer Vision. “PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment-ICEE-2007”, 10-11. May 2007, Phuket.
- **Taweepol Suesut** and Banchar Mongkhoin, “Demand Forecasting Approach Inventory Control for CIMS” , 2004 8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Kunming,China, 6-9 December 2004
- **T.Suesut**, P.Inban, P.Nilas, P.Rerngerun and S.Gulphanich, “Interpretation Petri Net model to IEC 1131-3:LD For Programmable Logic Controller”, 2004 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics, Singapore, 1-3 December, 2004
- **T.Suesut**, V.Tipsuwanporn, P.Nilas, P. Rerngereun and A.Numsonran, “Multi-level Contract Net Protocol based on Holonic Control system Implement to Industrial Network”, 2004 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics, Singapore, 1-3 December, 2004
- **Taweepol Suesut**, Sathit Intajag and Prapas Roeuruen, “Design of Automatic Warehouse and Inventory control under HMS concept”, ICCAS 2004 International Conference on Control, Automation and Systems, Bangkok, Thailand 25-27 August, 2004
- Phonphithak, P.Pannil, **T.Suesut**, R. Masuchun and P. Julsereewong, “Self-Tuning PID Controller Based on PLC”, ICCAS 2004 International Conference on Control, Automation and Systems, Bangkok, Thailand 25-27 August, 2004
- **T.Suesut**, P.Inban, A.Numsomran and V.Tipsuwanporn, “Redundant System based PLC Network for High Priority Process”, ICCAS 2003 International Conference on Control, Automation and Systems, Gyeongju, Korea 22-25 October, 2003
- **T.Suesut**, C. Hankarjonsook, N.Tammarugwattana and K.Tirasesth, “Internet Based for Computer Integration Manufacturing System”, ICCAS 2003 International Conference on Control, Automation and Systems, Gyeongju, Korea 22-25 October, 2003
- V.Tipsuwanporn, J.Anotaiadikoon, S.Gulpanich, V.Kongratana and **T.Suesut**, “Automation Cleaning Reverse Osmosis System based on Computer Analysis”, PSE Asia 2002 International Symposium on Design, Operation and Control of Chemical

  Process, Taipei, Taiwan 4-6 December, 2002

- **T. Suesut**, V.Tipsuwanporn, S.Gulphanich, J.Rodcumtui and P. Sukprasert, “A Design of Automatic Warehouse for Internet Based System”, 2002 IEEE International Conference on Industrial Technology, Bangkok, Thailand 11-14 December, 2002
- V.Tipsuwanporn, A.Sangrayub, **T. Suesut**, A. Numsomran and S.Gulphanich, “Development of PLC Fiber-optic Network for Redundant System”, 2002 IEEE International Conference on Industrial Technology, Bangkok, Thailand 11-14 December, 2002
- **Taweepol Suesut**, Viriya Kongratana, Vittaya Tipsuwanporn and Suphan Kulphanich, “ A Technique to Expand the I/O of the PLC Using Remote I/O module” , The 14 th Korea Automatic Control Conference, pp E-61 –64, Korea OCT 1999
- **T.Suesut** , P.Rerngruen, V.Tipsuwanporn, S.Kulphanich and S.Chuenarom, “ Design of the PLC network Using Remote I/O module Application for A multi grup of machine”, The 3rd Asian Control Conference pp2818-2821, Shanghai, China, July 2000

**ทุนวิจัยที่เคยได้รับ**

**<u>หัวหน้าโครงการวิจัย</u>**

- การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบเนื้อสัมผัสและความเค็มของแมงกะพรุนดอง(ปีพ.ศ. 2552)
- การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์วัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของน้ำกระเจี๊ยบในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน (ปีพ.ศ.2552)

**<u>ผู้ร่วมโครงการวิจัย</u>**

- การออกแบบและพัฒนาเครื่องขจัดน้ำออกจากไชโป้วหลังกระบวนการล้าง (ปีพ.ศ.2552)
- การศึกษาหาวิธีแก้ปัญหาสภาพหัวเหลืองของกุ้งแดงหลังละลาย (ปีพ.ศ.2552)
- การพัฒนาระบบการแปรรูปขิงผงแบบอัตโนมัติในระหว่างกระบวนการระเหยน้ำ (ปีพ.ศ.2552)

**<u>งานวิจัยที่เคยได้รับ</u>**

- การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบเนื้อสัมผัสและความเค็มของแมงกะพรุนดอง
- แหล่งทุน: โครงการ IRPUS สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2552
- การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์วัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของน้ำกระเจี๊ยบในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน
- แหล่งทุน: โครงการ IRPUS สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2552
- การศึกษาหาวิธีแก้ปัญหาสภาพหัวเหลืองของกุ้งแดงหลังละลาย

- แหล่งทุน: โครงการ IRPUS สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2552
- การพัฒนาระบบการแปรรูปขิงผงแบบอัตโนมัติในระหว่างกระบวนการระเหยน้ำ
- แหล่งทุน: โครงการ IRPUS สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2552
- การผลิตน้ำมันระเหยจากกระบวนการแปรรูปขิงผงในระหว่างกระบวนการระเหยน้ำ
- แหล่งทุน: โครงการ IRPUS สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2552

**งานวิจัยที่กำลังทำ**

- ชื่อโครงการ การวัดค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีอินฟราเรดในอุปกรณ์จำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (หัวหน้าโครงการ)
- แหล่งทุน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 2553
- ชื่อโครงการ การออกแบบเครื่องมือวัดความเข้มข้นและพัฒนาระบบควบคุมในกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยวิธีออสโมติค (หัวหน้าโครงการ)
- แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2552