ระบบควบคุมและป้องกันไฟส่องสว่างถนนด้วยระบบแขนกล
ขับเคลื่อนเซอร์กิตเบรกเกอร์อัตโนมัติและแจ้งเตือนการทำงาน
ด้วยระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง

นายธาดาพงศ์ แท่นแก้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2566

CONTROL AND PROTECTIVE STREET LIGHT ELECTRIC LOAD AUTONOMOUS SYSTEM WITH HANDLE MOTOR DRIVE CIRCUIT BREAKER AND NOTIFICATION OPERATION SYSTEM BY INTERNET OF THINGS

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

THADAPONG THANKAEW

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Mechatronics Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2023

ระบบควบคุมและป้องกันไฟส่องสว่างถนนด้วยระบบแขนกลขับเคลื่อนเซอร์กิต เบรกเกอร์อัตโนมัติและแจ้งเตือนการทำงานด้วยระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....

(รศ. ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล)

ประธานกรรมการ

....

(ผศ. ดร.อุเทน ลีตน)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

....

(รศ. ดร.กาณฑ์ เกิดชื่น)

กรรมการ

....

(รศ. ดร.ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์)

รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ

....

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ธาดาพงศ์ แท่นแก้ว : ระบบควบคุมและป้องกันไฟส่องสว่างถนนด้วยระบบแขนกลขับเคลื่อนเซอร์กิตเบรกเกอร์อัตโนมัติและแจ้งเตือนการทำงานด้วยระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (CONTROL AND PROTECTIVE STREET LIGHT ELECTRIC LOAD AUTONOMOUS SYSTEM WITH HANDLE MOTOR DRIVE CIRCUIT BREAKER AND NOTIFICATION OPERATION SYSTEM BY INTERNET OF THINGS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุเทน ลีตน, 110 หน้า.

คำสำคัญ: ระบบควบคุมไฟส่องสว่าง/แขนกลอัตโนมัติ/อุปกรณ์ตัดต่อ/แรงดันไฟฟ้า/การแจ้งเตือนการทำงานระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงปัญหาที่บริษัท มณฑรักษ์เอ็นจิเนียริ่ง จำกัดได้พบเจอและได้รับการร้องขอจากผู้ใช้คือระบบแสงสว่างบนท้องถนนชำรุดหรือเกิดความเสียหาย สาเหตุหลักของไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนนชำรุดนั้นเกิดมาจากระบบควบคุมการปิดเปิดไฟฟ้าอัตโนมัติซึ่งปกติจะใช้แสงสว่างในการปิดหลอดไฟฟ้าในตอนกลางวัน และเปิดหลอดไฟฟ้าในเวลากลางคืน ซึ่งระบบควบคุมโคมไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนนแบ่งเป็น 2 แบบคือ 1. Lighting control relay and safety switch: จะเป็นระบบที่ใช้สวิตช์แสงแดด เป็นตัวตรวจจับแสงและวงจรถูกต่อไปให้ออกแบบในการปิด-เปิด โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญคือ Safety Switch และ Magnetic Contactor ซึ่งขดลวดของ Magnetic Contactor จะต่อกับระบบไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่ระบบไฟฟ้าสาธารณะนั้นอุปกรณ์ตัดต่อนี้ถูกติดตั้งอยู่ที่เสาไฟฟ้า และต้องเจอกับสภาพแวดล้อมทั้งฝน ฝุ่น แรงดันไฟฟ้าไม่คงที่ และการเกิดฟ้าผ่าจึงทำให้รีเลย์เกิดการเสียหายทำให้ไม่สามารถเปิด-ปิดไฟฟ้าทั้งระบบ 2. Lighting control panel with magnetic contactor จะมีอุปกรณ์ที่สำคัญคือ Main Circuit Breaker และ Magnetic contactor โดยมีหลักการทำงานคือจะมีอุปกรณ์ป้องกันหลักคือ Main Circuit Breaker ที่ต่อไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานเพื่อป้องกันกระแสเกิน ส่วนระบบควบคุมจะใช้สวิตช์แสงแดดเพื่อรับสัญญาณมาให้วงจรควบคุม เพื่อควบคุมการทำงานของ Magnetic Contactor ในการจ่ายไฟฟ้าให้กับท้องถนน ข้อดีคือเมื่อเกิดการลัดวงจรมี Main Circuit Breaker ตัดวงจร และการซ่อมบำรุงทำได้ง่ายและสะดวกกว่าระบบ Lighting control relay and safety switch แต่ก็มีปัญหาที่เกิดความเสียหายกับ Magnetic Contactor เช่นเดียวกับระบบ Lighting control relay and safety switch อีกทั้งยังมีระบบแจ้งเตือนการทำงานเพื่อให้เกิดความรวดเร็วและทันท่วงทีในการเข้าไปซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์

สาขาวิชา วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ | ลายมือชื่อนักศึกษา ธาดาพงศ์

ปีการศึกษา 2566 | ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

THADAPONG THANKAEW : CONTROL AND PROTECTIVE STREET LIGHT ELECTRIC LOAD AUTONOMOUS SYSTEM WITH HANDLE MOTOR DRIVE CIRCUIT BREAKER AND NOTIFICATION OPERATION SYSTEM BY INTERNET OF THINGS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. UTHEN LEETON, Ph.D., 110 PP.

Keywords: Lighting control system/Autonomous Handle Drive/Safety switch/Voltage/ Notification operation system by Internet of things

This research demonstrated the problem at Montharak Engineering company limited. It has been encountered and requested by users that the street lighting system is broken or damaged. The main cause of street lighting failure is caused by the automatic on-off control system, which normally uses lighting to turn off the lamps during the day and turn on the light bulb at night The control system for electric lighting on the road is divided into 2 types. 1. Lighting control relay and safety switch: It will be a system that uses a sunlight switch. It is a light detector and the circuit is further designed to turn on and off. There are important devices such as Safety Switch and Magnetic Contactor, in which the coil of Magnetic Contactor is connected to the electrical system all the time. While in the public power system, this cutting device is installed on the electricity pole and must face the environment, including rain, dust, unstable voltage, and lightning. As a result, the relay is damaged, making it impossible to turn on-off the entire system. 2. Lighting control panel with magnetic contactor: There is important equipment which is the Main Circuit Breaker and Magnetic contactor. The working principle is that there will be a main protection device, Main Circuit Breaker, that connects electricity from the main power supply to prevent overcurrent. As for the control system, it uses a sunlight switch to receive signals for the control circuit. To control the operation of the Magnetic Contactor in the power supply to the road. The advantage is that when a short circuit occurs, there is a Main Circuit Breaker to cut off the circuit and maintenance is easier and more convenient than the Lighting control relay and safety switch system. But there is a problem of damage to the Magnetic Contactor as well as the Lighting control relay and safety switch system.

There is also an operating system that will notify you of the results when the device fails.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Mechatronics Engineering

Academic Year 2023

Student's Signature ....

Advisor's Signature ....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ขอขอบคุณ นายมณเฑียร เลี้ยงศิริ ประธานกรรมการบริหารโรงงาน บริษัท มณฑรักษ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 15/4 หมู่ 3 ต.ขวัญเมือง อ.บางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา 13220 ได้จดทะเบียนบริษัทเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2558 เลขทะเบียนเลขที่ 0145558003196 ซึ่งมีพนักงานประมาณ 20 คน ดำเนินกิจการในการผลิตระบบควบคุมหลอดไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนน ที่ให้โอกาสเปิดรับนักศึกษาเข้ามาทำวิจัยในโรงงาน เพื่อปรับปรุงแนวโน้มประสิทธิภาพด้านการจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุเทน ลีตน ซึ่งเป็นที่ปรึกษาของวิทยานิพนธ์ รวมทั้งสละเวลาให้คำแนะนำ และความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับแนวทางการทำวิจัย การปรับปรุงและนำเสนองาน ทำให้ผู้จัดทำได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและสามารถนำมาใช้วิเคราะห์วางแผน รวมทั้งแผนงานต่าง ๆ และสรุปข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมาก

อนึ่ง ผู้จัดทำหวังว่า งานโครงงานนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดี ทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ จนทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้จัดทำรับผิดเพียงเพื่อนำไปปรับปรุงในการทำวิจัยครั้งต่อไป และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

ธาดาพงศ์ แท่นแก้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) .... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) .... ข
กิตติกรรมประกาศ .... ง
สารบัญ .... จ
สารบัญตาราง .... ฌ
สารบัญรูป .... ญ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2 ปริทัศน์วรรณกรรม ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 บทนำ 6
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้า 6
2.2.1 ความหมายของมอเตอร์ 7
2.2.2 ชนิดของมอเตอร์ 8
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) 8
2.3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกลเฟสมอเตอร์มี 5 แบบ 9
2.3.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 11
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (direct current motor) 13
2.4.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 14
2.4.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ 14
2.4.3 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 16
2.5 ทฤษฎีทางด้านเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Mold Case Circuit Breaker) 17

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.1 ประเภทของเซอร์กิตเบรกเกอร์.......17
2.5.2 หลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker).......22
2.5.3 วิธีการเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker).......24
2.6 ทฤษฎีทางด้านแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Switching Power Supply).......25
2.6.1 หลักการทำงาน Switching Power Supply.......25
2.6.2 ประเภทของ Switching Power Supply.......26
2.7 ทฤษฎีทางด้าน Programmable logic Control : PLC.......26
2.7.1 หลักการทำงาน Programmable logic Control : PLC.......27
2.7.2 ประเภทของ Programmable logic Control : PLC.......33
2.7.3 องค์ประกอบของ Programmable logic Control : PLC.......34
2.7.4 หน่วยความจำของ Programmable logic Control : PLC.......37
2.8 ทฤษฎีทางด้าน Solid State Relay : SSR.......37
2.8.1 หลักการทำงาน Solid State Relay : SSR.......38
2.8.2 คุณสมบัติของ Solid State Relay : SSR.......38
2.8.3 การเลือกใช้ Solid State Relay : SSR.......39
2.8.4 สรุป.......39
3 **วิธีการดำเนินงานวิจัย**.......41
3.1 ผังการดำเนินงาน.......41
3.2 ขั้นตอนการดำเนินทำโครงงานและการออกแบบทางกล.......42
3.2.1 ศึกษาข้อมูลการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนน.......42
3.2.2 ออกแบบโหมดการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ ของโครงงานวิจัย.......44
3.2.3 คำนวนมอเตอร์.......46
3.2.4 การทดสอบแรงบิดที่ใช้จริงกับมอเตอร์.......47
3.2.5 ตู้ควบคุมไฟถนนแบบใหม่ที่ออกแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWorks.......48
3.2.6 ประกอบตู้ควบคุมไฟถนน.......49
3.2.7 ทำเครื่องสำหรับทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ.......50
3.2.8 การทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ.......51

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การออกแบบทางไฟฟ้าและการทดสอบด้วยโปรแกรม CADSIM 3.0 53
3.4 การคำนวณขนาดกระแสและการเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดสายไฟ 54
3.5 การออกแบบการแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ด้วยระบบ Internet of Things (IOT)..........55
3.5.1 การเลือกอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อกับระบบ..........55
3.5.2 การเลือกใช้ Port และข้อมูลทางเทคนิคของ Mini PLC-32u..........56
3.5.3 การทดสอบการทำงานของระบบ IOT..........57
3.5.4 การออกแบบทางไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อกับระบบ IOT เพิ่มเติม..........57
3.6 การคำนวณต้นทุนในการผลิตและต้นทุนในส่วนซัพพอร์ทเปรียบเทียบ..........58
3.7 การปรับความไวต่อแสงของเซ็นเซอร์ Light Dependent Resistor: LDR..........61
3.8 สรุป..........61
4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล..........62
4.1 บทนำ..........62
4.2 ผลการทดสอบโหมดการทำงานแบบ Manual และ โหมด Auto..........66
4.3 ผลการทดสอบตามมาตรฐานสากล IEC 61439-1:2011..........68
4.4 ผลการทดสอบระบบโดยการติดตั้งใช้งานจริง..........71
4.5 ผลการทดสอบระบบ IOT..........72
4.6 สรุป..........73
5 บทสรุป..........74
5.1 ปัญหาที่พบ..........74
5.2 แนวทางการแก้ปัญหา..........74
5.3 การยื่นอนุสิทธิบัตร..........74
5.4 การยื่นคำขอบัญชีนวัตกรรมไทย..........74
5.5 ข้อเสนอแนะ..........75
รายการอ้างอิง..........77
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. วงจรไฟฟ้า อุปกรณ์และแบบของตู้ควบคุมไฟถนนฯ..........78

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข. เครื่องทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ..81
ภาคผนวก ค. การตั้งค่า Sinotimer และ Digital Timer Switch 86
ภาคผนวก ง. การตั้งค่าและการใช้งาน Mini PLC-32u..90
ภาคผนวก จ. รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในขณะศึกษา...............104
ประวัติผู้เขียน..110

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ผลทดสอบแรงบิดของมอเตอร์ 47
3.2 ต้นทุนในการผลิตตู้แบบเดิม 58
3.3 ต้นทุนในการผลิตตู้แบบใหม่ 59
4.1 ผลทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ โหมด Manual 66
4.2 ผลทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ โหมด Auto 67
4.3 ผลทดสอบตามมาตรฐานสากล IEC 61439-1:2011 68
4.4 Clearance and creepage distance measurements 69
4.5 Temperature rise 69

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 การเกิดการเสียหายของระบบ Lighting control relay and safety switch.....2
1.2 ปัญหาที่พบบ่อยของระบบ Lighting control relay and safety switch.....2
1.3 ระบบ Lighting control panel with magnetic contactor.....3
2.1 แผนภูมิชนิดของมอเตอร์.....8
2.2 สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split-phase motor).....9
2.3 คาปาซิสเตอร์มอเตอร์.....9
2.4 ลีพัลชั่นมอเตอร์.....10
2.5 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์.....10
2.6 เช็ดเดดโพลมอเตอร์.....11
2.7 ขดลวดและการต่อขดลวดตัวนำมอเตอร์ 3 เฟส.....11
2.8 โรเตอร์อินดักชั่นมอเตอร์แบบกรงกระรอก.....12
2.9 อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด.....13
2.10 ซิงโครนัสมอเตอร์.....13
2.11 โครงสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....14
2.12 Serie DC Motor.....15
2.13 Shunt DC Motor.....16
2.14 Compound Motor.....16
2.15 เบรกเกอร์แบ่งตามพิกัดแรงดันไฟฟ้า.....18
2.16 Miniature Circuit Breakers (MCBs).....19
2.17 Residual Current Devices (RCDs).....20
2.18 Molded Case Circuit Breakers (MCCB).....21
2.19 Air Circuit Breakers (ACB).....21
2.20 Thermal Trip.....22
2.21 Magnetic Trip.....23
2.22 Electronic Trip.....23

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.23 แผนผัง Switching Power Supply 25
2.24 Switching Power Supply 26
2.25 วงรอบการทำงานของ PLC 28
2.26 แสดงลำดับในการประมวลผลแลดเดอร์ 29
2.27 แสดงสภาวะเริ่มต้นคือสวิตซ์ PB1 และ PB2 30
2.28 แสดงสภาวะที่สวิตซ์ PB1 ถูกกดซึ่งจะทำให้หน่วยความจำอินพุต 30
2.29 แสดงสภาวะของวงรอบการทำงานของ PLC ในรอบถัดไป 31
2.30 แสดงสภาวะเมื่อปล่อยสวิตซ์ PB1 31
2.31 แสดงสภาวะที่มีการกดสวิตซ์ PB2 32
2.32 แสดงสภาวะในรอบการทำงาน (Scan) 32
2.33 แสดงสภาวะเมื่อปล่อยสวิตซ์ PB2 33
2.34 พีแอลซีแบบบล็อก 34
2.35 พีแอลซีแบบโมดูลล่าร์ 34
2.36 สถาปัตยกรรมของระบบคอมพิวเตอร์ 35
2.37 สถาปัตยกรรมของระบบคอมพิวเตอร์ในรูปแบบอินพุต/เอาต์พุต 35
2.38 แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ของ PLC 36
2.39 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำ 37
2.40 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำ 38
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 42
3.2 ตู้ไฟถนนที่พบได้ทั่วไปแบบดั้งเดิม 43
3.3 วงจรการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ 44
3.4 โหมดการทำงานบน Selector Switch 44
3.5 ตัวอย่างตู้ควบคุมไฟถนนแบบใหม่ที่ใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ 45
3.6 เซอร์กิตเบรกเกอร์ ON 45
3.7 เซอร์กิตเบรกเกอร์ OFF 45
3.8 ตัวอย่างการคำนวณ 46
3.9 การเพิ่มน้ำหนักเพื่อเพิ่มแรงบิด 47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.10 Front View โดยโปรแกรม SolidWorks 48
3.11 Isometric projection โดยโปรแกรม SolidWorks 49
3.12 วางรางใส่สายไฟ 49
3.13 ประกอบแผ่นเหล็กวางอุปกรณ์ 49
3.14 หาตำแหน่งวางอุปกรณ์ 50
3.15 ประกอบอุปกรณ์ 50
3.16 ขันน็อตยึดอุปกรณ์ 50
3.17 ประกอบตู้เรียบร้อย 51
3.18 เครื่องทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ 52
3.19 เซอร์กิตเบรกเกอร์ ON 52
3.20 เซอร์กิตเบรกเกอร์ OFF 53
3.21 เบรกเกอร์หลัก ON 53
3.22 เบรกเกอร์หลัก OFF 53
3.23 แบบวงจรทางไฟฟ้าในการควบคุมไฟตู้ถนนด้วยแขนกล 54
3.24 Mini PLC-32u 56
3.25 ข้อมูลทางเทคนิคของ Mini PLC-32u 56
3.26 การทำงานของระบบ IOT 57
3.27 แบบวงจรทางไฟฟ้าในการควบคุมไฟตู้ถนนด้วยแขนกลเพิ่ม PLC ควบคุม 58
3.28 การใช้โมดูล LDR ร่วมกับบอร์ด Arduino 61
4.1 การจำลองระบบด้วยการบิด selector switch มายังตำแหน่ง Manual 63
4.2 การจำลองระบบด้วยการบิด selector switch มายังตำแหน่ง Auto ทำงานด้วย Photo Senser 63
4.3 การจำลองระบบด้วยการบิด selector switch มายังตำแหน่ง Auto ทำงานด้วย Timer ... 64
4.4 การทำงานของเซนเซอร์แสง LDR ร่วมกับ magnetic Contactor 64
4.5 แนวคิดในการปิดหรือปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้วยแขนกล 65
4.6 ตัวอย่าง phase Protection รุ่น SINOTIMER SVP-916 230โวลต์ 63 A 65
4.7 หน้าต่าง HMI การทดสอบสมรรถนะของตู้ควบคุมไฟถนนด้วยแขนกล 66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.8 การทดสอบจากการติดตั้งที่จังหวัดอ่างทาง 71
4.9 การทดสอบจากการติดตั้งที่จังหวัดพิษณุโลก 71
4.10 การทดสอบจากการติดตั้งที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 72
4.11 การแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ 73
5.1 การตรวจจับกระแสด้วย Current Transformer 75
5.2 มาตรฐานสายไฟในปัจจุบัน 76

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ระบบแสงสว่างในที่สาธารณะ และโคมไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนนเป็นสิ่งสำคัญมากอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน เนื่องจากหากเกิดไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนนชำรุดหรือเกิดความเสียหายเป็นสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งในการเกิดอุบัติเหตุ จากการศึกษาพบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน คือ ระดับความสว่างของไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนน [1] รวมถึงการก่ออาชญากรรมบนท้องถนนด้วย จึงมีการออกแบบระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างหลายแบบทั้งที่เป็นระบบพลังงานแสงอาทิตย์ [2], ระบบควบคุมแบบศูนย์กลาง [3] หรือระบบควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ [4] ก็ตาม ระบบไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนนจะต้องมีเสถียรภาพ (Reliability) ไม่เกิดความเสียหายได้ง่าย ซึ่งสาเหตุหลักของไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนนไม่ติดนั้นเกิดมาจากระบบควบคุมการปิดเปิดไฟฟ้าอัตโนมัติซึ่งปกติจะใช้แสงสว่างในการปิดหลอดไฟฟ้าในตอนกลางวัน และเปิดหลอดไฟฟ้าในเวลากลางคืน ระบบควบคุมโคมไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนนแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1.1.1 Lighting control relay and safety switch: จะเป็นระบบที่ใช้สวิตช์แสงแดดเป็นตัวตรวจจับแสงและวงจรถูกต่อไปให้ออกแบบในการปิด-เปิด โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ Safety Switch และ Magnetic Contactor ซึ่งขดลวดของ Magnetic Contactor จะต่อกับระบบไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่ระบบไฟฟ้าสาธารณะนั้นอุปกรณ์ตัดต่อนี้ถูกติดตั้งอยู่ที่เสาไฟฟ้า และต้องเจอกับสภาพแวดล้อมทั้งฝน ฝุ่น แรงดันไฟฟ้าไม่คงที่ และการเกิดฟ้าผ่า จึงทำให้รีเลย์เกิดการเสียหายทำให้ไม่สามารถเปิด-ปิดไฟฟ้าทั้งระบบ โดยมีปัญหาที่พบบ่อย คือ

1) เมื่อแรงดันไฟฟ้าผิดปกติ เช่น เกิดแรงดันตก จะมีผลทำให้ชุดคอยล์ของ Magnetic Contactor เสียหาย

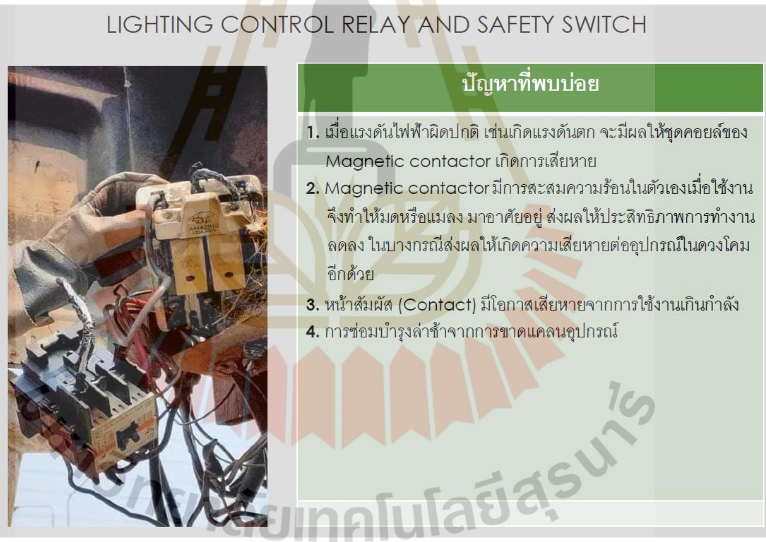
2) Magnetic Contactor มีการสะสมความร้อนจากการทำงาน ทำให้ชุดคอยล์ของ Magnetic Contactor เสียหาย

3) สัตว์ประเภท มด หรือแมลง เข้าไปทำให้ชุดคอยล์ของ Magnetic Contactor เสียหาย

4) สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติอื่น ๆ เช่นความชื้น ฝุ่น เข้าไปทำให้ชุดคอยล์ของ Magnetic Contactor เสียหาย

5) หน้าสัมผัส (contact) ของ Magnetic Contactor ใช้งานเกินกำลังผลของการเสียหายของระบบ Lighting control relay and safety switchดังแสดงในรูปที่ 1.1 และปัญหาที่พบบ่อยของระบบ Lighting control relay and safety switch ดังรูปที่ 1.2

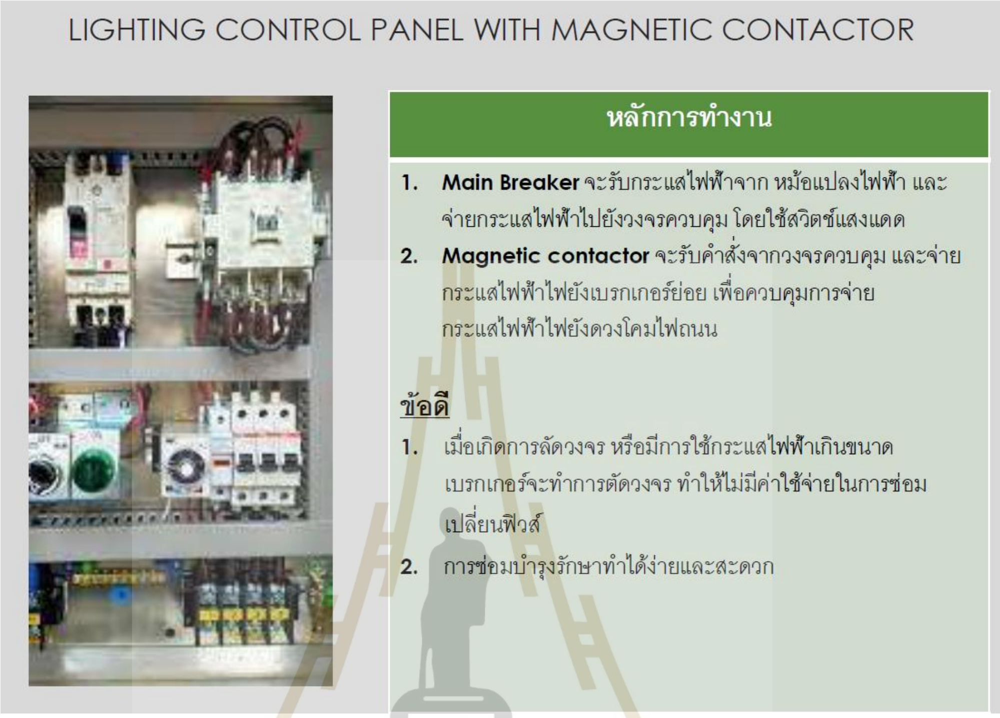
รูปที่ 1.1 การเกิดการเสียหายของระบบ Lighting control relay and safety switch



รูปที่ 1.2 ปัญหาที่พบบ่อยของระบบ Lighting control relay and safety switch

1.1.2 Lighting control panel with magnetic contactor: จะมีอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ Main Circuit Breaker และ Magnetic contactor โดยมีหลักการทำงาน คือ จะมีอุปกรณ์ป้องกันหลัก คือ main circuit breaker ที่ต่อไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานเพื่อป้องกันกระแสเกิน ส่วนระบบควบคุมจะใช้สวิตช์แสงแดดเพื่อรับสัญญาณมาให้วงจรควบคุม เพื่อควบคุมการทำงานของ Magnetic Contactor ในการจ่ายไฟฟ้าให้กับท้องถนน ข้อดี คือ เมื่อเกิดการลัดวงจรมี main circuit breaker ตัดวงจร และการซ่อมบำรุงทำได้ง่ายและสะดวกกว่าระบบ Lighting control relay

and safety switch แต่ก็มีปัญหาที่เกิดความเสียหายกับ Magnetic Contactor เช่นเดียวกับระบบ Lighting control relay and safety switch



รูปที่ 1.3 ระบบ Lighting control panel with magnetic contactor

การทำงานด้วยชุดป้องกัน ปัญหาใหญ่ที่พบเจอคือ การถูกลักขโมยสายไฟฟ้าในยามวิกาลหรืออาจจะในเวลาปกติ ทำให้ระบบการจ่ายไฟของระบบแสงสว่างของถนนบกพร่อง หรือเกิดจากแรงสั่นสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านอยู่ตลอดเวลาของยานพาหนะ แรงสั่นสะเทือนจากธรรมชาติ เช่น แผ่นดินไหว พายุฝนฟ้าคะนอง ฟ้าผ่า นอกจากนี้ อาจเกิดจากการติดตั้งอุปกรณ์ที่ไม่ดีของเจ้าหน้าที่ อาจเกิดจากตัวยึดอุปกรณ์หลุดหลวม ไม่มีประสิทธิภาพหรือเสื่อมอายุการใช้งาน และแรงดันไฟฟ้าที่ไม่มีคุณภาพ เช่น แรงดันไฟฟ้าเกิน แรงดันไฟฟ้าต่ำ กว่าค่ามาตรฐานที่การไฟฟ้ากำหนด อาจทำให้หลอดไฟได้รับความเสียหายได้ และปัญหาที่เป็นประเด็นที่สุดอันเกิดจากภัยของมนุษย์ที่ลักขโมยตัดสายไฟฟ้าหรือดวงโคมไฟส่องสว่างบนถนน ซึ่งทำให้หน่วยงานภาครัฐ โดยเฉพาะคู่ค้ากับบริษัทได้รับความเดือนร้อน และบุคคลที่เดือนร้อนมากกว่าคือประชาชนทั่วไปที่ใช้รถใช้ถนน อีกทั้งภาครัฐเสียงบประมาณในการแก้ไขซ่อมแซม ในกรณีที่ระบบไฟฟ้าถนนถูกตัดสายไฟฟ้ามากว่า 100 ล้านบาทต่อปีของทั้งประเทศถึงแม้ว่าจะมีบทลงโทษที่รุนแรงแล้วก็ตาม ก็ยังมีบุคคลที่ประสงค์ร้ายกระทำการลักขโมยสายไฟฟ้า ส่วนผู้ที่กระทำความผิดก็เป็นสาเหตุหลักของปัญหาสำหรับกรมทางหลวงหรือ

หน่วยงานที่ดูแลเรื่องความสว่างบนนท้องถนนอีกด้วย เพราะจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด Magnetic Contactor (MCTT) ตลอดเวลาแรงดันตกก็มีผลต่อระบบเช่นเดียวกันทำให้ชุดขดลวดไหม้ ดังนั้น ระบบจะต้องถูกปรับปรุงในด้านย่าน ด้วยสาเหตุดังกล่าวมาข้างต้นทาง บริษัท มณฑรักษ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ซึ่งจำหน่ายผลิตภัณฑ์ตู้ควบคุมไฟส่องสว่างบนถนน จึงได้เล็งเห็นสาเหตุของปัญหาที่กรมทางหลวงพบเจออยู่เป็นประจำ เพื่อที่จะมาพัฒนาระบบตรวจจับคุณภาพทางไฟฟ้า เพื่อป้องกันหลอดไฟฟ้าได้รับความเสียหายหากแรงดันไฟฟ้าต่ำหรือเกินกว่าค่ามาตรฐาน รวมถึงระบบการตรวจจับการลักขโมยสายไฟฟ้า เพื่อแจ้งเตือนแก่ผู้ดูแลระบบและส่งสัญญาณเสียงเตือนให้ผู้ที่กระทำการลักขโมยสายไฟฟ้าได้ตื่นตกใจ เป็นการป้องปรามไม่ให้กระทำความผิดเกิดขึ้น และประสบปัญหาเกิดการเสียหายของ Magnetic Contactor (MCTT) ที่เกิดจากการต่อไฟฟ้าเข้าขดลวดของ Magnetic Contactor (MCTT) ตลอดเวลา และทั้งนี้ยังต่อมีระบบป้องกันวงจร Mold Case Circuit Breaker (MCCB) อีกด้วย บริษัทฯ จึงมีความต้องการให้มหาวิทยาลัยฯ วิจัยและพัฒนา ระบบควบคุมหลอดไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนนโดยไม่ต้องใช้ระบบ Magnetic Contactor (MCTT)

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 ออกแบบระบบควบคุมและป้องกันโหลดแสงสว่างไฟถนนอัตโนมัติด้วยแขนกลขับเคลื่อนผ่าน Main Circuit Breaker เพื่อไม่ต้องใช้ระบบ Magnetic Contactor เมื่อเกิดการลัดวงจร Main Circuit Breaker จะต้องทำงานในการป้องกันได้ปกติ มีระบบป้องกันวงจรย่อย (MCCB) สำหรับจ่ายโหลดดวงโคมไฟฟ้าบนท้องถนน มี Phase protection ป้องกันในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าผิดปกติ มีฟังก์ชันหน่วงเวลาเพื่อยืดอายุการใช้งานของไฟถนน

1.2.2 สร้างเครื่องต้นแบบระบบระบบควบคุมและป้องกันโหลดแสงสว่างไฟถนนอัตโนมัติด้วยแขนกลขับเคลื่อนผ่าน Main Circuit Breaker

1.2.3 เพื่อแก้ปัญหาขดลวดที่มีความร้อนสะสมซึ่งทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์และตู้ควบคุม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ใช้ข้อมูลพฤติกรรมโหลดการทำงานด้วย Magnetic Contactor (MCTT) ในการควบคุมจ่าย กระแสไฟฟ้าผ่านปัญหาคือ กระแสไฟฟ้าจ่ายแช่ขดลวดทำให้ขดลวดร้อนและปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าตก

1.3.2 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการขับให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานผ่านแขนกลเป็นง่ามในการโยกคันโยกของเบรกเกอร์ให้เปิดหรือปิดวงจร

1.3.3 ใช้ LDR ในการรับแสงเพื่อควบคุมการทำงานให้เป็นแบบอัตโนมัติ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถออกแบบระบบระบบควบคุมและป้องกันโหลดแสงสว่างไฟถนนอัตโนมัติด้วยแขนกลขับเคลื่อนผ่าน Main Circuit Breaker เพื่อลดความเสียหายจากระบบ Magnetic Contactor

1.4.2 ได้เครื่องต้นแบบระบบระบบควบคุมและป้องกันโหลดแสงสว่างไฟถนนอัตโนมัติด้วยแขนกลขับเคลื่อนผ่าน Main Circuit Breaker

1.4.3 เครื่องต้นแบบระบบระบบควบคุมและป้องกันโหลดแสงสว่างไฟถนนอัตโนมัติด้วยแขนกล ขับเคลื่อนผ่าน Main Circuit Breaker มีคุณสมบัติทางด้านสมรรถนะ และความปลอดภัยตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

1.4.4 ยื่นขอจดทะเบียนนวัตกรรม หรือ สิทธิบัตร หรือ อนุสิทธิบัตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรม ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

บริษัท มณฑรักษ์เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 15/4 หมู่ 3 ต.ขวัญเมือง อ.บางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา 13220 ได้จดทะเบียนบริษัทเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2558 เลขทะเบียนเลขที่ 0145558003196 ซึ่งมีพนักกงานประมาณ 20 คน

ลักษณะการประกอบธุรกิจ มณฑรักษ์เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ดำเนินกิจการในการผลิตระบบควบคุมหลอดไฟฟ้าให้แสงสว่างบนท้องถนนซึ่งเป็นระบบการควบคุมด้วย Magnetic Contactor (MCTT) โดยมีวัตถุประสงค์ของบริษัทข้อที่ 22 ประกอบกิจการรับเหมา ติดตั้ง ตรวจสอบ แก้ไข ดัดแปลง ซ่อมแซม บำรุงรักษา ระบบไฟฟ้า ระบบประปาและระบบสุขาภิบาลอื่นทุกประเภท ข้อ 23 จัดจำหน่าย ตัด พับ ขึ้นรูป เชื่อมประกอบตู้เหล็ก ระบบตู้ไฟฟ้า ข้อที่ 24 ปรับปรุงระบบจำหน่ายแรงสูงและแรงต่ำทั้งภายในและนอกอาคาร ข้อที่ 25 ซื้อจำหน่ายวัสดุแรงสูงและแรงต่ำทุกชนิด เช่น หม้อแปลง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตู้จ่ายกระแสไฟฟ้า ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า และข้ออื่น ๆ ทั้ง 28 ข้อ ดังเอกสารหนังสือรับรองของกรมพัฒนากิจการค้า กระทรวงพานิชย์

สำหรับงานวิจัยของโรงงานจะเน้นด้านการวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงระบบควบคุมและป้องกันโหลดแสงสว่างไฟถนนจากการใช้แขนกลขับเคลื่อนผ่าน Mold Case Circuit Breaker (MCCB) แทนระบบ Magnetic Contactor (MCTT) เป็นหลัก เนื่องจากในแต่ละปี บริษัทได้เสียค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปตรวจสอบ และซ่อมแซ่ม Magnetic Contactor (MCTT) ที่เกิดความเสียหายจากการสะสมความร้อนและเกิดจากสภาวะแรงดันไฟฟ้าตกของแหล่งจ่าย อีกทั้งยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บสต็อกอะไหร่ของ Magnetic Contactor (MCTT) เพื่อให้รวดเร็วและทันต่อความต้องการของลูกค้า และป้องกันการถูกร้องเรียนจากกรมทางหลวงหรือหน่วยงานที่นำไปติดตั้งอีกด้วย

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันทั้งภายในบ้านที่ทำงานสถานที่ต่าง ๆ และมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่าง ๆ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทำงานร่วมกับเครื่องจักรกลในการอุตสาหกรรม หรือแม้กระทั่งในงานที่ต้องใช้การเคลื่อนที่ด้วยการหมุน โดยที่มอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงาน ดังนั้น เราจึงควรทราบถึงความหมายของมอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุมมอเตอร์

2.2.1 ความหมายของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึง เครื่องกลไฟฟ้า ที่มีการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เปลี่ยนเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าจัดว่าเป็นเครื่องต้นกำลังอย่างหนึ่งซึ่งมีความสำคัญมากและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดทั้งในอาคาร บ้านเรือน สถานประกอบการต่าง ๆ และในโรงงานอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป ทั้งนี้ เพราะว่าพลังงานไฟฟ้านั้นเป็นพลังงานที่มีความสะดวกในการที่จะแปรรูปเป็นพลังงานรูปอื่น นอกจากนั้นยังมีราคาที่ถูก เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่ได้จากแหล่งอื่น ๆ

มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึง เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เปลี่ยนมาเป็นพลังงานกลจึงถูกนำไปใช้เป็นต้น กำลังในอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ มากมาย ในอาคารบ้านเรือน และในโรงงานอุตสาหกรรม มอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อแบ่งตามประเภทของพลังงานที่จ่ายให้กับมอเตอร์มี 2 ชนิด

มอเตอร์ หมายถึง เครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนเคลื่อนที่

มอเตอร์ หมายถึง เครื่องกลเพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลนี้ พลังงานไฟฟ้าไม่ได้นำเข้าสู่โรเตอร์ของมอเตอร์โดยตรง แต่ได้จากการเหนี่ยวนำหรือเรียกว่า อินดั๊กชั่น

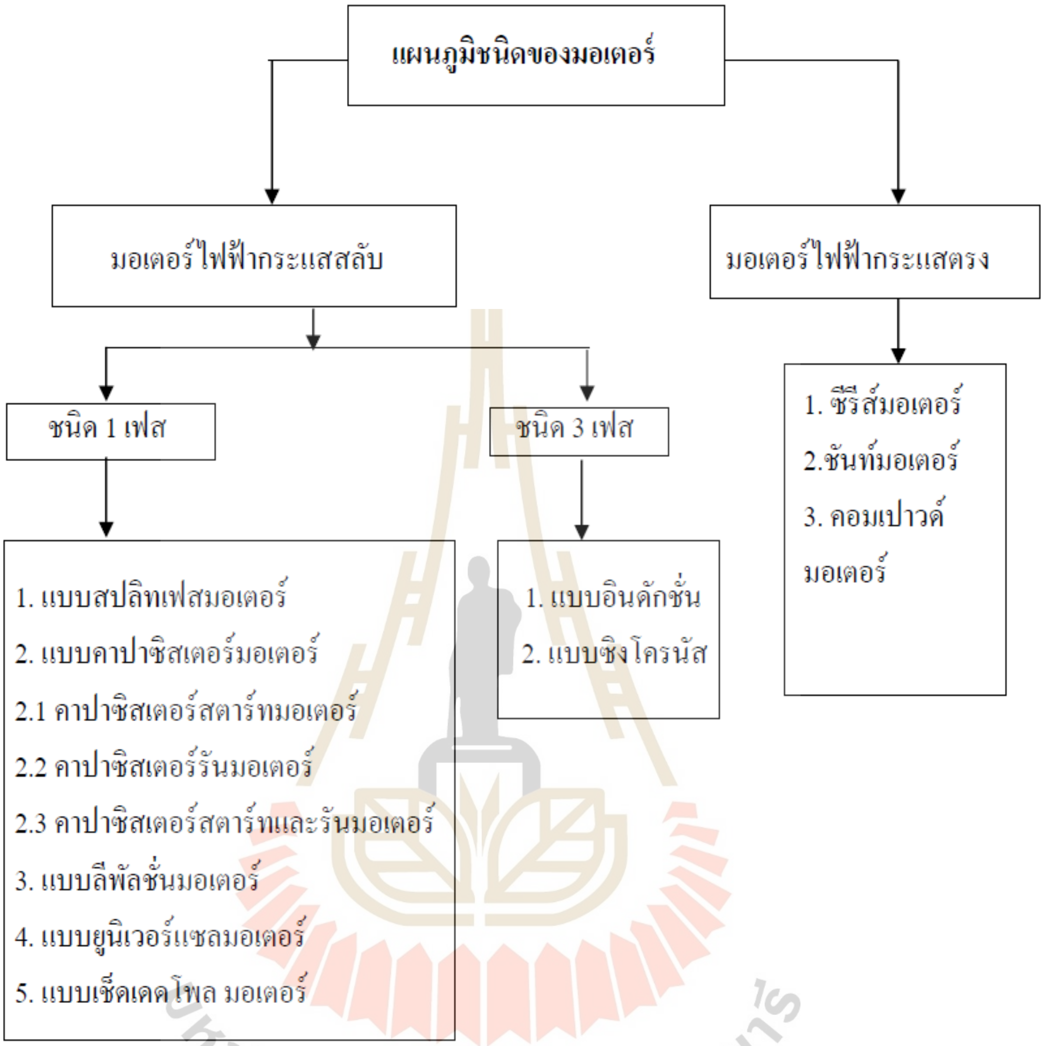
มอเตอร์ หมายถึง เครื่องยนต์อันอาจนำไปใช้กับรถหรือเรือ เพื่อให้รถหรือเรือเคลื่อนที่ได้โดยพลังของมันตามความต้องการของผู้ใช้

มอเตอร์ หมายถึง มอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือ ขอลวดที่พันในสเตเตอร์ และส่วนที่ทำให้เกิดพลังงานกลคือตัวหมุนหรือโรเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึง เครื่องมือสำหรับเปลี่ยนจากพลังไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเป็นตัวหมุนให้กำลังแก่อุปกรณ์ที่ต้องการแรงขับเคลื่อน

สรุปมอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลและทำงานโดยการหมุนจะมีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ ส่วนยึดติดอยู่กับที่และส่วนที่มีการเคลื่อนที่

2.2.2 ชนิดของมอเตอร์



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 2.1 แผนภูมิชนิดของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งตามการใช้งานของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิด คือ

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ AC Motor (Alternating Current Motor)

2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง DC Motor (Direct Current Motor)

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor)

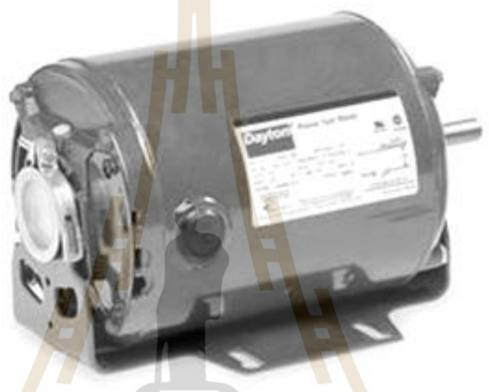
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเรียกว่าเอ.ซี.มอเตอร์ (A.C. motor) มอเตอร์ชนิดนี้จะใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลท์ 50 เฮิร์ท มีสายไฟเข้าไปตัวมอเตอร์จำนวน 2 เส้น มีแรงม้าไม่สูงมากนัก

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟสหรือเรียกว่าซิงเกลเฟสมอเตอร์ และ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟสหรือเรียกว่าทรีเฟสมอเตอร์

2.3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกลเฟสมอเตอร์มี 5 แบบ

2.3.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบสปลิทเฟสมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าสลับชนิดเฟสเดียวแบบสปลิทเฟสมอเตอร์ (Split-phase motor) มีขนาดแรงม้าขนาดตั้งแต่ 1/6 แรงม้า, 1/4 แรงม้า, 1/3 แรงม้า, 1/2 แรงม้า และมีขนาดไม่เกิน1 แรงม้า บางทีนิยมเรียกว่าอินดักชั่นมอเตอร์ (Induction motor) นิยมใช้งานมากในปั๊มลมขนาดเล็ก ปั๊มน้ำขนาดเล็ก, เครื่องขูดมะพร้าว, เครื่องซักผ้า, สว่านแท่นไฟฟ้า, ตู้เย็น เป็นต้น



รูปที่ 2.2 สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split-phase motor)

2.3.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบคาปาซิสเตอร์มอเตอร์

คาปาซิสเตอร์มอเตอร์ (capacitor motor) เป็นมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ที่มีลักษณะคล้ายสปลิทเฟสมอเตอร์คาปาซิเตอร์ปรับปรุงจากมอเตอร์สปลิต-เฟสโดยการเพิ่มคาปาซิเตอร์เข้าไปตัวหนึ่งในวงจรของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์มีแรงบิด (ทอร์ก) ขณะออกตัวมากขึ้น คือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อยกว่าแบบสปลิทเฟสมอเตอร์ มอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง10 แรงม้าใช้กับปั๊มน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ ตู้เย็น เป็นต้น

รูปที่ 2.3 คาปาซิสเตอร์มอเตอร์

2.3.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบลีพัลชั่นมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับอีกแบบที่มีคุณสมบัติคล้ายกับสองแบบแรกแต่มีส่วนประกอบบางส่วนเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ มีอาร์เมเจอร์และแปรงถ่าน

รูปที่ 2.4 ลีพัลชั่นมอเตอร์

2.3.1.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

มอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/200 แรงม้าถึง 1/30 แรงม้า ใช้ได้กับไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส มอเตอร์มีคุณสมบัติเด่นคือให้แรงบิดเริ่มหมุนสูงนำไปปรับความเร็วได้ง่ายทั้งวงจรลดแรงดันและวงจรควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ นิยมนำไปใช้เป็นตัวขับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเช่นเครื่องบดและผสมอาหาร มีดโกนหนวดไฟฟ้า เครื่องนวดไฟฟ้า มอเตอร์จักรเย็บผ้า สว่านไฟฟ้า เป็นต้น

รูปที่ 2.5 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

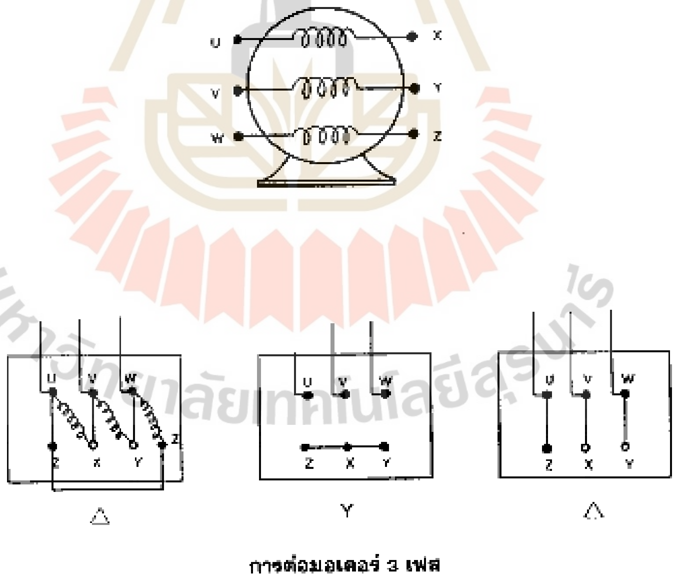
2.3.1.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเช็ดเดดโพล มอเตอร์

มอเตอร์ขนาดเล็กที่สุดมีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำมากนำไปใช้งานได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก ๆ เช่นไดร์เป่าผม พัดลมขนาดเล็ก

รูปที่ 2.6 เช็ดเดดโพลมอเตอร์

2.3.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

เป็นมอเตอร์ที่ใช้ในการอุตสาหกรรมเพราะมีโครงสร้างง่ายกว่ามอเตอร์ไฟฟ้าเฟสเดียวแต่จะต้องใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส ให้กำลังสูงกว่ามอเตอร์เฟสเดียวใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อมและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ภายในจะประกอบด้วยลวดตัวนำจำนวน 3 ขด



รูปที่ 2.7 ขดลวดและการต่อขดลวดตัวนำมอเตอร์ 3 เฟส

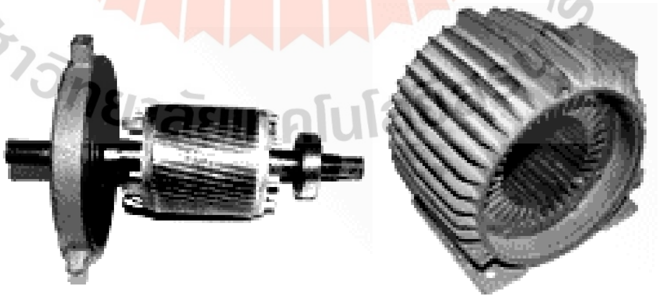
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบ่งออกตามโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ได้ 2 แบบ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น (3 phase induction motor) และ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัส (3 phase synchronous motor)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

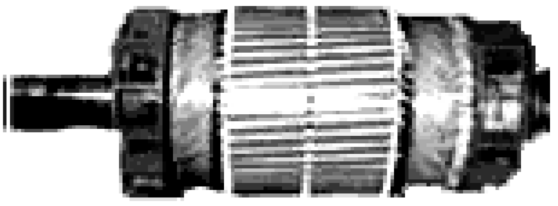
2.3.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น (3 phase induction motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเฟสเดียวโดยบนสเตเตอร์จะพันขดลวดอยู่ 3 ขดสำหรับรับไฟแต่ละเฟส ตัวโรเตอร์ทำเป็นแบบกรงกระรอกหรือแบบวาวด์โรเตอร์ (Wound rotor) ซึ่งพันลวดรอบโรเตอร์และมีสลิปริงมอเตอร์แบบนี้ ไม่ต้องมีขดสตาร์ตเหมือนแบบเฟสเดียว แต่มันจะเคลื่อนที่ไปเองได้เพราะมีสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวด 3 ชุดซึ่งมีเฟสต่างกัน 120 องศา คอยผลักให้หมุน มอเตอร์แบบนี้เป็นแบบที่ได้รับความนิยมสูงในการใช้งานทั่ว ๆ ไป เพราะมีแหล่งไฟสลับ 3 เฟส และราคาของมอเตอร์ไม่แพงมีคุณสมบัติที่ดี คือ มีความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบอินดักชั่นมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โครงสร้างไม่ซับซ้อนและสะดวกในการบำรุงรักษา เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบอินเวอร์เตอร์จะสามารถควบคุมความเร็วได้ ตั้งแต่ศูนย์จนถึงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์นิยมใช้ เป็นต้น กำลังในโรงงานอุตสาหกรรมเช่น ใช้ขับเคลื่อนลิฟท์ใช้ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรไฟฟ้า ได้แก่ เครื่องไส เครื่องกลึง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่นมี 2 แบบคือ อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel cage induction motor) อินดักชั่นมอเตอร์แบบนี้โรเตอร์จะมีโครงสร้างแบบกรงกระรอกเหมือนกับโรเตอร์ของสปลิทเฟสมอเตอร์และ อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด (Wound rotor induction motors) ตัวโรเตอร์จะทำจากเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกันคล้ายเป็นตัวทุ่นอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีร่องสำหรับวางขดลวด 3 ชุด



รูปที่ 2.8 โรเตอร์อินดักชั่นมอเตอร์แบบกรงกระรอก



รูปที่ 2.9 อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด

2.3.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบซิงโครนัส (3 phase synchronous motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบซิงโครนัสเป็นมอเตอร์ได้ใหญ่ที่สุดที่มีขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 150kW (200 hp) จนถึง 15MW (20,000 hp) มีความเร็วตั้งแต่ 150 ถึง 1,800 RPM

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

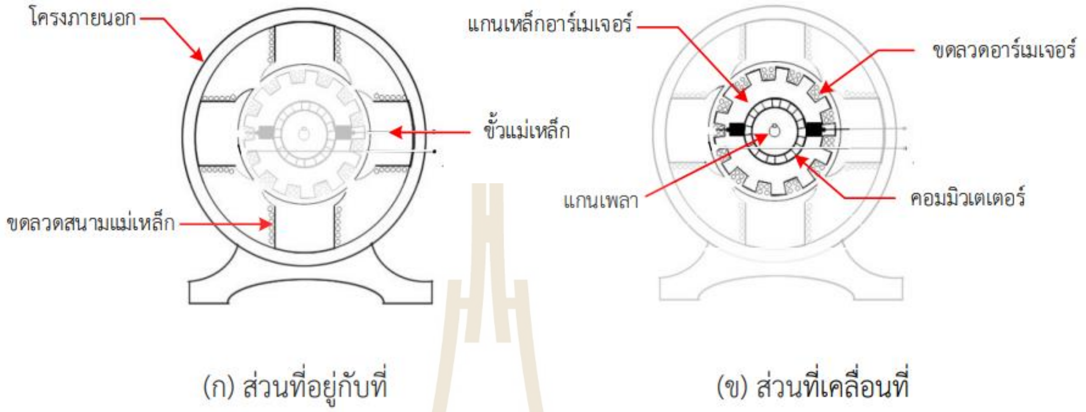
รูปที่ 2.10 ซิงโครนัสมอเตอร์

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (direct current motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหรือเรียกว่า ดี.ซี มอเตอร์ (D.C. motor) เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่มีสำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติเด่นในลักษณะด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด โดยนิยมใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรม อาทิเช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะ หรือให้ เป็นต้น กำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า

2.4.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ในส่วนของโครงสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือ DC Motor นั้น จะมีส่วนประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ



รูปที่ 2.11 โครงสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1) ส่วนที่อยู่กับที่ หรือเรียกว่า Stator

เฟรมหรือโยค (Frame or yoke) เป็นโครงภายนอกที่ทำหน้าที่ให้เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้า จากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ โดยให้ครบวงจรและมีการยึดส่วนประกอบต่าง ๆ ให้แข็งแรง โดยส่วนใหญ่จะทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งง่ายต่อการขึ้นรูป

ขั้วของแม่เหล็ก (pole) ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

1) แกนขั้วของแม่เหล็ก
2) ขดลวดของสนามแม่เหล็ก

2) ส่วนของการที่เคลื่อนที่ หรือเรียกว่า Rotor

ตัวหมุนที่จะทำให้เกิดกำลังงานจะมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืนซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้ายของมอเตอร์ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ แกนเพลา (shaft) แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (armature core) คอมมิวเตอร์ (commutator) และขดลวดอาร์มาเจอร์ (armature widing)

2.4.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

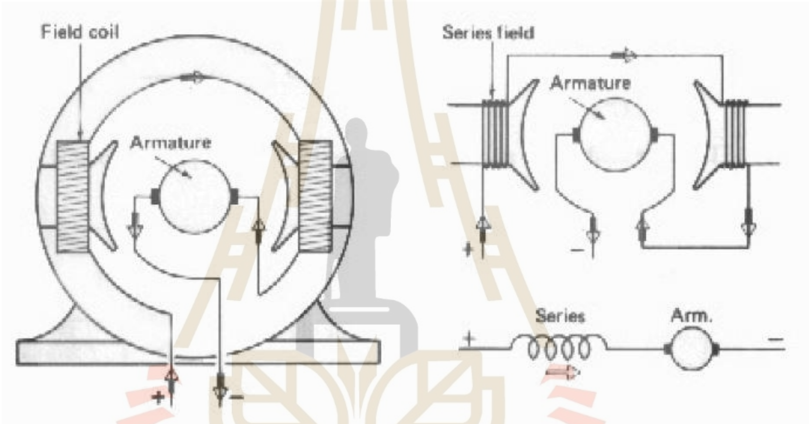
1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมมีชื่อเรียกว่า ซีรีส์มอเตอร์ (series motor) มอเตอร์ไฟฟ้า

2) กระแสตรงแบบอนุขนานมีชื่อเรียกว่า ชันท์มอเตอร์ (shunt motor)

3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมมีชื่อเรียกว่า คอมเปาวด์มอเตอร์ (compound motor)

2.4.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม Serie DC Motor

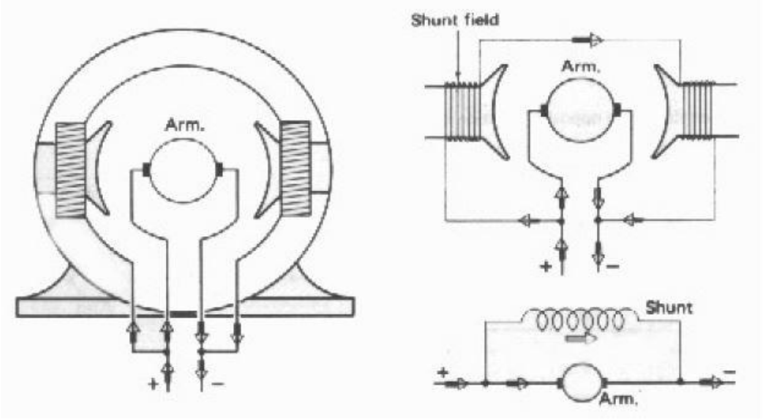
เป็นมอเตอร์กระแสตรงที่มีการต่อขดลวดอนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ โดยจะมีคุณสมบัติการให้แรงบิดสูง โดยความเร็วรอบเมื่อไม่มีโหลดจะสูงมาก ต้องต่อไว้กับโหลดและความเร็วรอบจะลดลงเมื่อมีโหลดเพิ่ม การใช้งานเหมาะสมกับงานที่ต้องแรงบิดสูงและใช้กระแสมาก เช่น ต้นกำลังของรถไฟฟ้า รถยกของเครนไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้แก่ เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่าน จักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม



รูปที่ 2.12 Serie DC Motor

2.4.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน Shunt DC Motor

มอเตอร์แบบขนาน จะมีชุดขดลวดสนามแม่เหล็กซึ่งจะต่อขนานกับขดลวดชุดอาเมเจอร์ โดยมีแรงบิดเริ่มหมุนที่ต่ำแต่ความเร็วรอบนั้นคงที่ การใช้งานมอเตอร์ขนานส่วนใหญ่เหมาะกับงานที่มีการควบคุมความเร็ว สามารถเลื่อนช่วงการทำงานได้ อาทิ เช่นพัดลม เพราะว่าพัดลมจะมีความเร็วคงที่และยังต้องการการเปลี่ยนความเร็วที่ง่าย

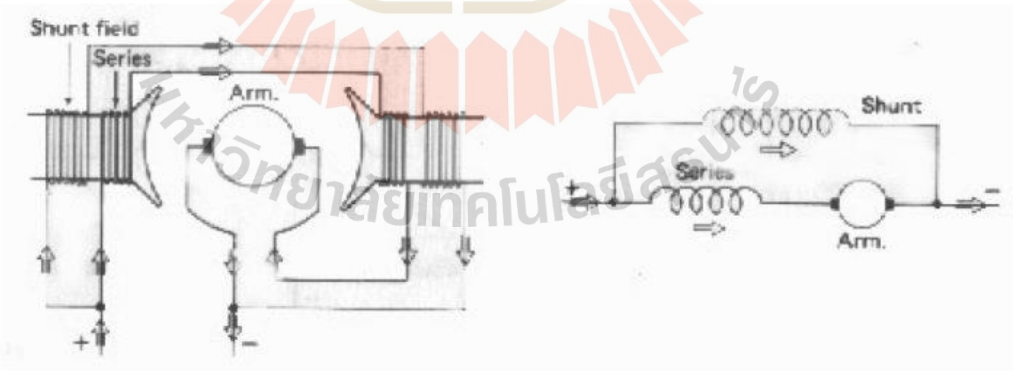


รูปที่ 2.13 Shunt DC Motor

2.4.2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม Compound Motor

มอเตอร์กระแสตรงแบบผสมนี้ จะมีคุณลักษณะพิเศษโดยที่แรงบิดสูง แต่ความเร็วรอบคงที่ตั้งแต่ยังไม่มีโหลด จนกระทั่งมีโหลดเต็มที่

มอเตอร์แบบผสม มีวิธีการต่อขดลวด 2 แบบ คือ (1) การต่อขดลวดแบบขนานกับอาเมเจอร์ทรีเรียกว่า ชอทชันท์หรือมอเตอร์แบบผสมสั้น (short shunt compound motor) และ (2) การต่อขดลวดขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์ที่เรียกว่า ลองชั้นท์คอมเปาวด์มอเตอร์หรือการต่อแบบผสมยาว (long shunt compound motor)



รูปที่ 2.14 Compound Motor

2.4.3 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อมีแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปยังวงจรมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะลงที่แปรงถ่านแล้วผ่านคอมมิวเตเตอร์ เข้าไปยังขดลวดของอาร์มาเจอร์จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่ง ที่จะไหลเข้าไปในขดลวดแล้วจะเกิดการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น จะทำให้มี

สนามแม่เหล็กขั้วเหนือ-ใต้ขึ้น ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กทั้ง 2 สนาม ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในอาร์มาเจอร์ซึ่งแกนเพลาของอาร์เมเจอร์จะสวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ในขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนเราจะเรียกว่าโรเตอร์ซึ่งหมายความว่า ตัวหมุนที่เส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือโรเตอร์หมุนไปนั้น เป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming ‘left hand rule)

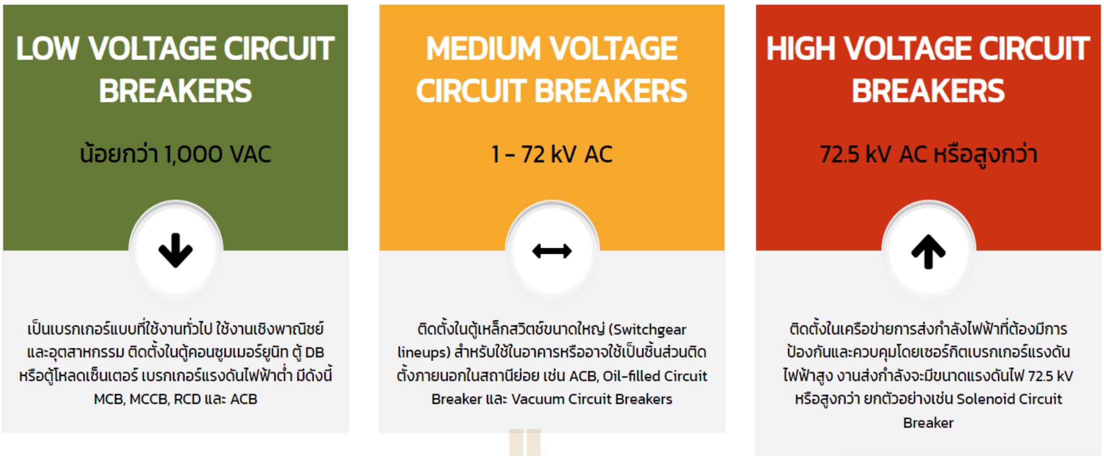
2.5 ทฤษฎีทางด้านเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Mold Case Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือเบรกเกอร์ คือ สวิตช์ไฟฟ้าอัตโนมัติที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันวงจรไฟฟ้าจากความเสียหายที่เกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้าในส่วนที่มากเกิน โดยลักษณะทั่วไปแล้วจะเกิดจากโหลดที่เกินหรือเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจร การทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์คือ การตัดกระแสไฟฟ้าหลังจากตรวจพบว่ามีความผิดปกติในวงจรไฟฟ้า โดยถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันกระแสเกินหรือลัดวงจรเช่นเดียวกับฟิวส์ แต่จะแตกต่างกันตรงที่ เมื่อมีการตัดวงจรแล้วสามารถที่จะปิดหรือต่อวงจรได้ทันทีหลังจากแก้ปัญหานั้นแล้ว

เซอร์กิตเบรกเกอร์มีหลายแบบ มีทั้งขนาดเล็กที่เหมาะกับการใช้ป้องกันสำหรับวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าต่ำหรือพวกเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านและครัวเรือน จนถึงขนาดใหญ่ที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันวงจรไฟฟ้าแรงสูงที่จ่ายไฟให้ตัวเมืองหรือในโรงงานอุตสาหกรรม

2.5.1 ประเภทของเซอร์กิตเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะถูกแบ่งออกเป็นลักษณะการใช้งาน โดยแต่ละประเภทตามพิกัดแรงดันไฟฟ้าหรือการออกแบบ หากแบ่งตามพิกัดแรงดันไฟฟ้าจะแบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่ Low Voltage Breaker, Medium Voltage Breaker และ High Voltage Breaker ดังรูปที่ 2.14 เบรกเกอร์ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้กัน คือ Low Voltage Breakerเบรกเกอร์กลุ่ม Low Voltage คือ พวก MCB, MCCB และ ACB เบรกเกอร์เหล่านี้จะมีลักษณะที่แตกต่างกันตามการออกแบบทั้งขนาดและรูปร่างที่ถูกออกแบบมาให้เข้ากับลักษณะการใช้งานที่หลากหลายประเภท



รูปที่ 2.15 เบรกเกอร์แบ่งตามพิกัดแรงดันไฟฟ้า

2.5.1.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ (Low Voltage Circuit Breakers)

เป็นเบรกเกอร์แบบที่ใช้งานทั่วไปทั้งในเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม ติดตั้งในตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต (Consumer Unit) หรือตู้โหลดเซ็นเตอร์ (Load Center Unit) เบรกเกอร์ชนิดนี้จะได้รับการรับรองตามมาตรฐานของสากล อาทิเช่น มาตรฐาน IEC 947 ของตัวเบรกเกอร์ โดยเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ มักจะถูกติดตั้งในตู้ที่เปิดออกได้ ซึ่งสามารถที่จะถูกถอดและเปลี่ยนได้โดยไม่ต้องถอดสวิตช์ออก ตัวอย่างของเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ เช่น MCB, RCCB, RCBO, MCCB และ ACB

1) Miniature Circuit Breakers (MCBs)

เบรกเกอร์ลูกย่อย (Miniature Circuit Breaker) หรือเรียกกันว่า MCB จะเป็นเบรกเกอร์ชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็ก ดังรูปที่ 2.15 เหมาะสำหรับใช้ตามบ้านเรือนหรืออาคารที่พักจะมีกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 100 A มีทั้งขนาด 1, 2, 3 และ 4 Pole ใช้ได้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส

เบรกเกอร์ลูกย่อยจะมี 2 แบบที่นิยมใช้กันมาก คือ Plug-on และ DIN-rail โดยในประเทศไทยส่วนใหญ่จะมักใช้แบบ Plug-on ที่รู้จักกันมากคือเบรกเกอร์ลูกย่อย MCB ในแบรนด์ของ HITACHI

เบรกเกอร์ลูกย่อย ส่วนใหญ่จะใช้ติดตั้งภายในอาคารและติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย (Load Center) หรือแผงจ่ายไฟฟ้าในที่พักอาศัย

(Consumer Unit) จะมีพิกัดกระแสลัดวงจรที่ต่ำ เป็นเบรกเกอร์ชนิดที่ไม่สามารถปรับตั้งค่ากระแสลัดวงจรได้ และส่วนใหญ่จะอาศัยกลไกการปลดวงจรในรูปแบบของ Thermal และ Magnetic

เบรกเกอร์ลูกย่อย ที่เป็นที่รู้จักกันดี เช่น ลูกเซอร์กิตเบรกเกอร์ MCB ของแบรนด์ HIATCHI ที่จะพบบ่อยตามบ้านเรือนและอาคารต่าง นอกจากนั้น ยังมีเบรกเกอร์ MCB HITACHI รุ่นอื่น ๆ ที่ได้รับความนิยม และจะถูกติดตั้งในตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต หรือตู้โหลดเซ็นเตอร์

รูปที่ 2.16 Miniature Circuit Breakers (MCBs)

2) Residual Current Devices (RCDs)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันไฟรั่ว ไฟดูด และไฟช็อต โดยเครื่องตัดไฟรั่ว (Residual Current Devices) เป็นอุปกรณ์ช่วยในการตัดวงจรไฟฟ้า เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น ดังรูปที่ 2.16 มี 3 ประเภท ได้แก่ RCBO, RCCB และ ELCB ซึ่งในแต่ละตัว จะมีการทำงานที่แตกต่างกันและการทำหน้าที่ในการตัดวงจรไฟฟ้าอัตโนมัติเมื่อเกิดไฟรั่ว ไฟดูด และไฟช็อต ตามพิกัดที่กำหนดไว้ ส่วนใหญ่จะติดตั้งในตู้คอนซูมเมอร์ยูนิตและตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

Residual Current Circuit Breakers (RCCBs) เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดหนึ่งที่ช่วยตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดการรั่วไหลภายในระบบไฟฟ้าแต่จะไม่สามารถตัดกระแสเมื่อเกิดการลัดวงจรได้ ในที่นี้การทำงานนั้นจะต้องใช้ควบคู่กับ MCB, MCCB

Residual Current Circuit Breakers with Overload protection (RCBOs) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันไฟดูด ไฟช็อต พร้อมกับมีเซอร์กิตเบรกเกอร์ภายในตัว โดยจะสามารถตัดวงจรได้ทั้งกรณีที่มีไฟรั่วและมีกระแสลัดวงจร

รูปที่ 2.17 Residual Current Devices (RCDs)

3) Mold Case Circuit Breakers (MCCB)

เป็นเบรกเกอร์ที่เป็นทั้งสวิตช์เปิด-ปิดวงจรไฟฟ้า และเปิดวงจรเมื่อมีกระแสไฟเกินหรือไฟเกิดลัดวงจร เบรกเกอร์ชนิดนี้จะใช้กับกระแสไฟตั้งแต่ 100 – 2,300 แอมป์ เหมาะกับติดตั้งในอาคารขนาดใหญ่หรือโรงงานอุตสาหกรรม ตัวอย่างดังรูปที่ 2.17

เบรกเกอร์ระหว่าง MCB กับ MCCB จะมีพิกัดที่ทนกระแสใช้งาน (Ampere Trip หรือ AT) ที่คล้าย ๆ กัน ดังนั้น ในการเลือกใช้จะต้องดูและพิจารณาที่ค่าพิกัดกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ปลอดภัยของเบรกเกอร์นั้น ๆ เช่น หากใช้ในอาคารขนาดใหญ่ต้องใช้เบรกเกอร์ MCCB และถ้าในบ้านพักถึงจะใช้เบรกเกอร์ลูกย่อย MCB

เบรกเกอร์ประเภทนี้เหมาะสำหรับการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารขนาดใหญ่ ด้วยคุณสมบัติที่สามารถทนต่อกระแสการลัดวงจร และสามารถรองรับกระแสที่สูงกว่าเบรกเกอร์ลูกย่อย (MCB) แต่น้อยกว่าเบรกเกอร์ประเภท ACB ซึ่งขนาดของกระแสจะมีตั้งแต่หลักสิบจนถึงหลักพันแอมป์ ส่วนใหญ่จะมีการติดตั้งไว้ในตู้โหลดเซ็นเตอร์ (Load Center unit)

รูปที่ 2.18 Molded Case Circuit Breakers (MCCB)

4) Air Circuit Breakers (ACB)

แอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Air Circuit Breaker) เป็นเบรกเกอร์ขนาดใหญ่ มีความแข็งแรง ทนทานต่อกระแสไฟฟ้าลัดวงจรสูง มีพิกัดของกระแสไฟฟ้าสูงถึง 6,300 A ทำให้ราคาของเบรกเกอร์ ACB มีราคาแพง และนับว่าเป็นเบรกเกอร์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ ตัวอย่างดังรูปที่ 2.18

แอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ป้องกันสายเมน นิยมใช้กับงานแรงดันสูง ๆ (HVAC) โครงสร้างทั่วไปทำด้วยเหล็กมีช่องดับอาร์ก (Arcing chamber) ที่ใหญ่และแข็งแรงเพื่อให้สามารถรับกระแสลัดวงจรจำนวนมากได้ ส่วนใหญ่จะมีหลักของการทำงานที่ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการตรวจจับและวิเคราะห์กระแสเพื่อทำการสั่งปลดวงจรของอุปกรณ์

รูปที่ 2.19 Air Circuit Breakers (ACB)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.5.1.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าปานกลาง (Medium Voltage Circuit Breakers)

ใช้ประกอบเข้าไปในตู้เหล็กสวิตช์ขนาดใหญ่ (metal-enclosed switchgear lineups) สำหรับใช้ในอาคารหรืออาจใช้เป็นชิ้นส่วนติดตั้งภายนอกในสถานีย่อย เช่น แอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ (ACB) ที่มีการอัดน้ำมันเข้าไปให้ทำงาน สำหรับใช้งานภายนอกอาคาร แต่ปัจจุบันหันมาใช้เบรกเกอร์สุญญากาศ (Vacuum Circuit Breakers) แทน มีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 40.5 กิโลโวลต์ เบรกเกอร์เหล่านี้ทำงานโดยรีเลย์ตรวจจับกระแสไฟฟ้าที่ทำงานผ่านหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า ลักษณะของเบรกเกอร์แรงดันไฟปานกลาง ได้การรับรองจากมาตรฐาน IEC 62271 และเบรกเกอร์ชนิดนี้มักใช้เซ็นเซอร์กระแสสลับและรีเลย์ป้องกันแทนการใช้เซ็นเซอร์วัดความร้อนหรือแม่เหล็กในตัว

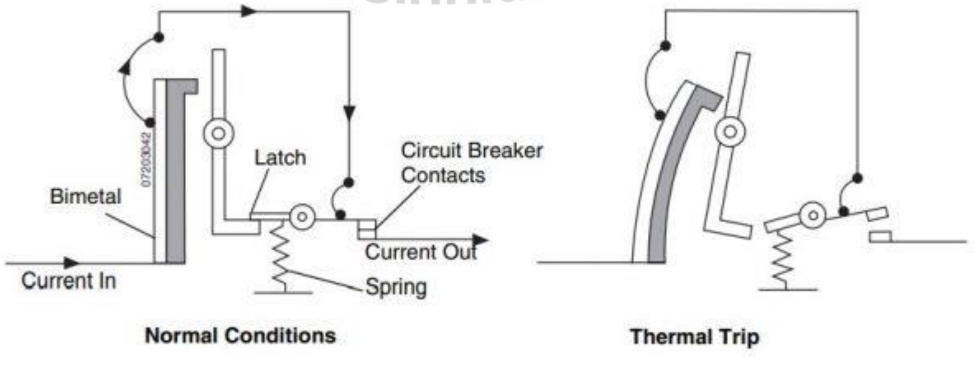
2.5.1.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าสูง (High Voltage Circuit Breakers)

ตามคำจำกัดความล่าสุดของ IEC จะมีขนาดแรงดันไฟ 72.5 kV หรือสูงกว่า เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟสูงจะทำงานด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีรีเลย์ตรวจจับกระแสไฟที่ทำงานผ่านหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าอีกที ในส่วนของชุดรีเลย์ป้องกันที่ซับซ้อนนั้นจะช่วยป้องกันอุปกรณ์จากโหลดเกินหรือไฟรั่วลงดินได้

2.5.2 หลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

2.5.2.1 หลักการทำงานประเภท Thermal Trip

มีโครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะไบเมทัล (Bimetal) 2 แผ่น ซึ่งทำจากโลหะที่ต่างชนิดกันมีสัมประสิทธิ์ความร้อนไม่เท่ากัน หลักการทำงานคือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านโลหะไบเมทัลจะทำให้โลหะไบเมทัลเกิดการโก่งตัวแล้วไปปลดอุปกรณ์ทางกลทำให้เบรกเกอร์ตัดวงจร เรียกว่าเกิดการทริป (Trip) ดังรูปที่ 2.18

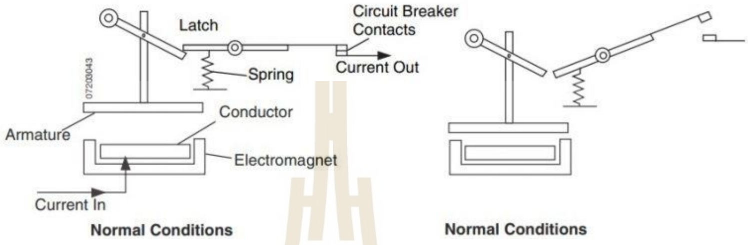


รูปที่ 2.20 Thermal Trip

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.5.2.2 หลักการทำงานประเภท Magnetic Trip

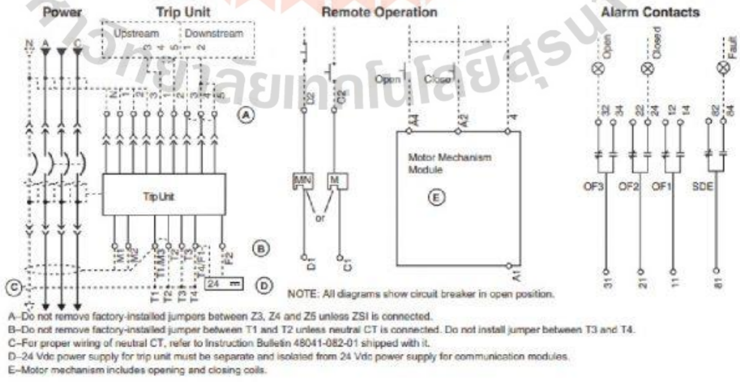
การทำงานประเภทนี้ จะอาศัยหลักการของอำนาจสนามแม่เหล็ก เมื่อวงจรเกิดกระแสการลัดวงจรหรือมีกระแสเกิน จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงแล้วทำการปลดอุปกรณ์ทางกลไก ทำให้เบรกเกอร์เกิดการตัดวงจรหรือเปิดวงจรขึ้น ซึ่งการทำงานแบบนี้จะตัดวงจรได้เร็วกว่าแบบ Thermal Trip ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.21 Magnetic Trip

2.5.2.3 หลักการทำงานประเภท Electronic Trip

หลักการทำงานประเภทนี้ได้นำวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ร่วมกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถปรับค่ากระแสทริปให้ทำงานในย่านต่าง ๆ ได้ โครงสร้างภายในจะมีหม้อแปลงกระแส (CT: Current Transformer) อยู่ภายในตัวเบรกเกอร์ จะทำหน้าที่แปลงกระแสให้ต่ำลงและไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) จะทำหน้าที่ในการวิเคราะห์กระแส หากกระแสมีค่ามากเกินกว่าที่กำหนดไว้ จะสั่งการให้มีการปลดวงจรออก ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.22 Electronic Trip

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.5.3 วิธีการเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

เหตุผลหลักที่เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ คือ เพื่อป้องกันระบบไฟฟ้าจากกระแสลัดวงจร และกระแสเกิน (Overload) ซึ่งไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งใหม่หรือเปลี่ยนซ่อมบำรุงก็ตาม เซอร์กิตเบรกเกอร์จะใช้กับระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส 4 สาย เป็นระบบที่ใช้ในประเทศไทย ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะนำไปใช้ในอาคารพาณิชย์และโรงงานอุตสาหกรรม หรือระบบไฟฟ้าแบบ 1 เฟส (Single phase) ซึ่งจะนำไปใช้ในอาคารที่พัก ในการที่จะเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับงานที่ใช้ จำต้องคำนึงถึง 2 ประเด็นด้วยกัน คือ จำนวน Pole และค่าพิกัดกระแส

2.5.3.1 จำนวน Pole เป็นตัวบอกว่าเบรกเกอร์ที่เราใช้นั้นเป็นชนิด 1 เฟส หรือ 3 เฟส

1) 4 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 3 เฟสโดยป้องกันสาย Line และสาย Neutral เหมาะสำหรับระบบที่ต้องการความปลอดภัยสูง หากมีความผิดปกติของระบบไฟฟ้า เบรกเกอร์สามารถป้องกันได้ทั้ง 4 เส้น

2) 3 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 3 เฟสโดยป้องกันแค่สาย line อย่างเดียวจะใช้กันมากในอาคารพาณิชย์และโรงงานอุตสาหกรรม

3) 2 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 1 เฟสโดยป้องกันสาย line และสาย neutral 2 Pole มักจะใช้มาเป็นเมนเบรกเกอร์ในตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต มีทั้งที่เป็นเบรกเกอร์แบบ MCB และ MCCB

4) 1 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 1 เฟสโดยป้องกันแค่สาย line อย่างเดียว ส่วนใหญ่จะเป็นเบรกเกอร์ลูกย่อยที่ใช้ร่วมกับตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต และมักใช้ในบ้านที่พักอาศัย

2.5.3.2 ค่าพิกัดกระแส (Breaking Capacity: IC, Amp Trip: AT, Amp Frame: AF)

ค่าพิกัดจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถและขีดจำกัดของการใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยค่าพิกัดต่าง ๆ ที่ควรทราบ มีดังนี้

1) Interrupting Capacitive (IC) เป็นพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดที่เกิดความปลอดภัยของเบรกเกอร์นั้น ๆ มักจะแสดงเป็นหน่วย กิโลแอมป์ (kA)

2) Amp Trip (AT) ขนาดกระแสที่ใช้งาน เป็นตัวบ่งบอกให้รู้ว่าเบรกเกอร์ตัวนั้นสามารถทนต่อกระแสในภาวะการใช้งานได้สูงสุดเท่าใด

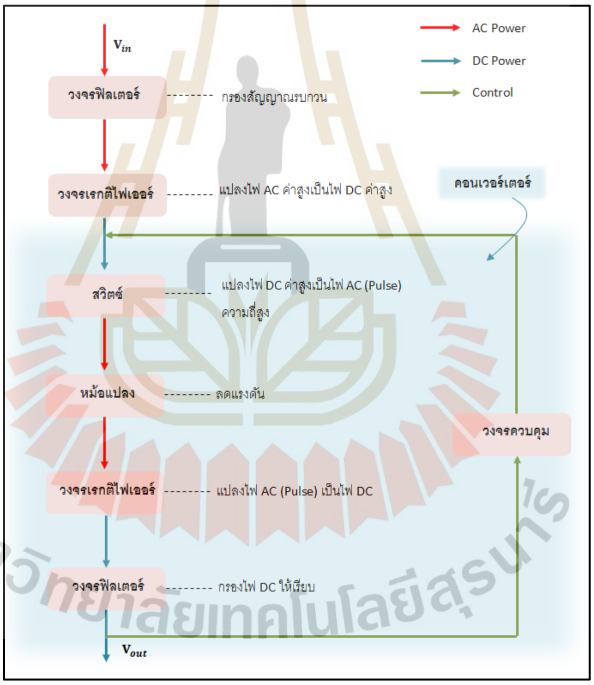
3) Amp Frame (AF) พิกัดกระแสโครง หมายถึง ขนาดการทนกระแสของเปลือกหุ้มเป็นพิกัดการทนกระแสสูงสุดของเบรกเกอร์นั้น ๆ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีขนาด AF เดียวกัน

จะมีขนาดมิติ (กว้างXยาวXสูง) เท่ากัน สามารถเปลี่ยนพิกัด Amp Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม

2.6 ทฤษฎีทางด้านแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Switching Power Supply)

2.6.1 หลักการทำงาน Switching Power Supply

ในปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย ซึ่ง Switching Power Supply นั้นถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากกระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ ซึ่งองค์ประกอบพื้นฐานโดยทั่วไปนั้นจะคล้าย ๆ กันและสิ่งที่สำคัญของการแปลงนั้น คือ วงจรคอนเวอร์เตอร์ (Convertor) Switching Power Supply จะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.23 แผนผัง Switching Power Supply

1) วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์ จะทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

2) คอนเวอร์เตอร์ จะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่สูง และแปลงกลับเป็นไฟกระแสตรงแรงดันต่ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) วงจรควบคุม จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ เพื่อที่จะให้ได้แรงดัน Output ตามความต้องการ

การคงค่าของแรงดันนั้น จะทำได้โดยการป้อนค่าแรงดันที่ Output กลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้การนำกระแสที่มากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ Output ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดัน Output คงที่ ตัวอย่างของ Switching Power Supply ดังรูปที่ 2.22

รูปที่ 2.24 Switching Power Supply

2.6.2 ประเภทของ Switching Power Supply

การแบ่งประเภทของ Switching Power Supply จะพิจารณาจากรูปแบบของคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ ซึ่งรูปแบบของคอนเวอร์เตอร์นั้นมีมากมาย แต่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมจะมีด้วยกัน 5 รูปแบบ ดังนี้

1) Flyback Converter

2) Forward Converter

3) Push - Pull Converter

4) Half - Bridge Converter

5) Full - Bridge Converter

2.7 ทฤษฎีทางด้าน Programmable logic Control : PLC

การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงงานอุตสาหกรรม จะมีข้อได้เปรียบมากกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกอีกอย่างว่า Hard- Wired ฉะนั้น เมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิตภายในหรือ

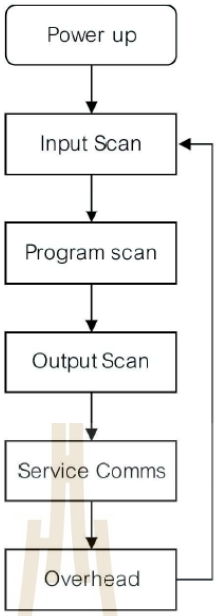
ลำดับของการทำงานใหม่ ก็จำเป็นต้องมีการเดินสายไฟฟ้าใหม่ซึ่งจะทำให้เสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายอย่างมาก แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่ต่าง ๆ นั้น จะทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เข้ามาใช้เท่านั้น นอกเหนือจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งมีความน่าเชื่อถือมากกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าและสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.7.1 หลักการทำงาน Programmable logic Control : PLC

ผู้ผลิต PLC อาจจะแบ่ง PLC ออกเป็นกลุ่มตามลักษณะโครงสร้างภายนอก บางผู้ผลิตแบ่งตามขนาดอินพุตเอาต์พุต แต่ไม่ว่าจะแบ่งเป็นกลุ่มอย่างไรก็ตามองค์ประกอบหลักของ PLC ยังคงเหมือนเดิมและมีกระบวนการทำงานที่ไม่ต่างกันมากนัก ต่อไปเราจะกล่าวถึงรายละเอียดหลักการทำงานเบื้องต้นของ PLC

PLC ส่วนใหญ่จะมีลำดับการทำงานพื้นฐาน 4-5 ขั้นตอนและจะทำงานวนซ้ำกันเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ เมื่อจ่ายไฟให้กับ PLC มันจะเริ่มตรวจสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพื่อหาข้อบกพร่อง ถ้าไม่มีปัญหาใด ๆ มันจะอ่านข้อมูลอินพุต (สัญญาณอินพุตต่าง ๆ) เข้ามาเก็บไว้ที่หน่วยความจำซึ่งเรียกว่า สแกนอินพุต (Input Scan) จากนั้นจะประมวลผลตามโปรแกรมแลดเดอร์ (Ladder Program) โดยใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำ การประมวณผลนี้เรียกว่า โปรแกรมสแกน (Program Scan) ขณะที่ PLC ประมาลผลตามโปรแกรมแลดเดอร์นั้น ค่าเอาต์พุตของโปรแกรมแลดเดอร์จะเปลี่ยนแปลงตามเงื่อนไขต่าง ๆ ของโปรแกรม แต่การเปลี่ยนแปลงนี้จะยังคงอยู่ในหน่วยความจำชั่งคราว (Temporary Memory) เท่านั้น เมื่อการสแกนแลดเดอร์ทำงานเสร็จสมบูรณ์แล้วข้อมูลเอาต์พุตในหน่วยความจำชั่วคราวนี้จะถูกส่งไปที่ยูนิตเอาต์พุตทำให้อุกรณ์ที่ต่ออยู่ภายนอกทำงานตามผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลซึ่งเรียกว่า สแกนเอาต์พุต (Output Scan)

เมื่อสิ้นสุดการสแกนเอาต์พุต PLC จะสู่การให้บริการการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก (ถ้ามี) เช่น อุกรณ์ป้อนโปรแกรม คอมพิวเตอร์ เป็นต้น จากนั้นก็จะเข้าสู่การทำ Overhead ซึ่งคือการใช้เวลาในการจัดการหน่วยความจำและปรับค่าไทม์เมอร์ เป็นต้น จากนั้นจะวนกลับไปเริ่มต้นการทำงานใหม่ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะใช้เวลามากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการทำงานของ CPU รูปที่ 2.25 แสดงกระบวนการทำงานดังกล่าวนี้



รูปที่ 2.25 วงรอบการทำงานของ PLC

2.7.1.1 การสแกนอินพุตและเอาต์พุต

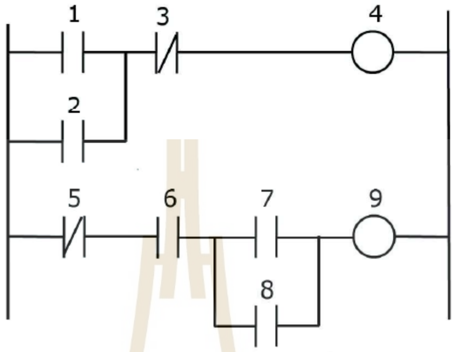
การสแกนอินพุตและเอาต์พุตอาจทำให้ผู้ใช้งานสับสนบ้าง แต่มันเป็นเรื่องสำคัญมากที่ต้องทำความเข้าใจถ้าคุณต้องใช้งาน PLC กับงานที่ซับซ้อนมากขึ้นในอนาคต การสแกนนพุตจะเป็นการรับรู้สถานะของสัญญาณอินพุตหรืออุปกรณ์อินพุตในเวลานั้น ๆ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลผลตามโปรแกรมแลดเดอร์ ถ้าสถานะของอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการประมวลผลแลดเดอร์ PLC จะไม่สนใจสถานะที่เปลี่ยนแปลงนี้ยกเว้นกรณีที่เป็นอินพุตแบบขัดจังหวะ (Interrupt input) อีกปัญหาหนึ่งที่อาจเกิดขึ้นได้ถ้าการเปลี่ยนแปลงสถานะของอินพุตเร็วเกินไปและเกิดขึ้นระหว่างการประมวลผลแลดเดอร์จำทำให้ PLC ไม่สามารถรับรู้สถานะอินพุตดังกล่าวได้เลย

เมื่ออินพุตต่าง ๆ ที่ต่อกับ PLC ถูกสแกนมันจะเก็บค่าหรือสถานะต่าง ๆ ไว้ในหน่วยความจำอินพุต ส่วนเอาต์พุตที่ต่อกับ PLC ถูกสแกน มันจะนำข้อมูลจากหน่วยความจำเอาต์พุตส่งออกไปให้ภาคเอาต์พุต ขณะที่ PLC ทำการสแกนโปรแกรมแลดเดอร์จะใช้ค่าลอจิกหรือข้อมูลในหน่วยความจำเท่านั้นโดยไม่สนใจค่าหรือสถานะจริง ๆ ของอินพุตและเอาต์พุตในขณะนั้น

2.7.1.2 การสแกนโปรแกรมแลดเดอร์

โปรแกรมแลดเดอร์ใน PLC จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลจริง ๆ อย่างวงจรรีเลย์ แต่มันเป็นการประมวลผลทางลอจิกภายในโปรแกรมเท่านั้น การประมวณผลในหนึ่งรอบการสแกนจะเริ่มต้นที่ลอจิกแรกสุดเป็นลำดับขั้นไปเรื่อย ๆ จนจบโปรแกรม

เราลองพิจารณาตัวอย่างในรูปที่ 2.26 โปรแกรมแลดเดอร์จะถูกประมวณผลจากทางซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างให้สังเกตุตัวเลขที่กำกับไว้ซึ่งใช้แสดงลำดับในการประมวลผล จากรูปการประมวลผลจะเริ่มจากวงจรแลดเดอร์ชุดบนสุดก่อนและประมวลผลไปจนถึงจุดสิ้นสุดของวงจรแลดเดอร์



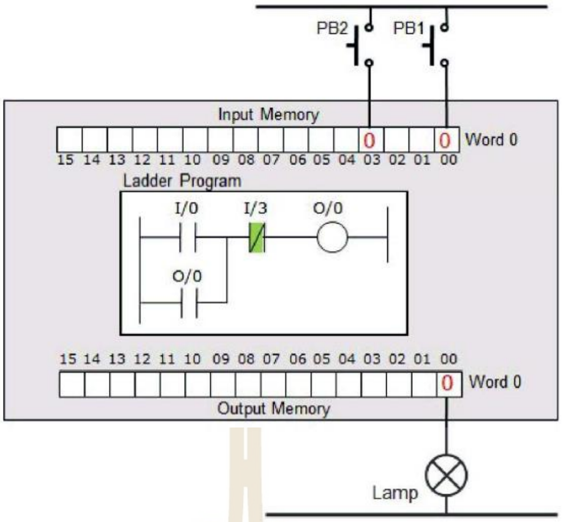
รูปที่ 2.26 แสดงลำดับในการประมวลผลแลดเดอร์

ลำดับขั้นในการสแกนแลดเดอร์มีความสำคัญเป็นอย่างมากเมื่อต้องแก้ไขปัญหาโปรแกรมแลดเดอร์ที่ใช้บิตเอาต์พุตทำหน้าที่เป็นอินพุต (หน้าคอนแทค) ในจุดอื่น ๆ ของโปรแกรม หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งคือ เราสามารถเขียนโปรแกรมที่เป็นหน้าคอนแทค NO และ NC ที่มีชื่อเหมือนเอาต์พุตตัวหนึ่งแล้วใช้เป็นเงื่อนไขอินพุตในโปรแกรมจุดอื่น ๆ ได้

เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนมากขึ้นของการประมวลผลโปรแกรมแลดเดอร์และสถานะของหน่วยความจำอินพุตและเอาต์พุตเราขอยกตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.27 ถึง 2.33

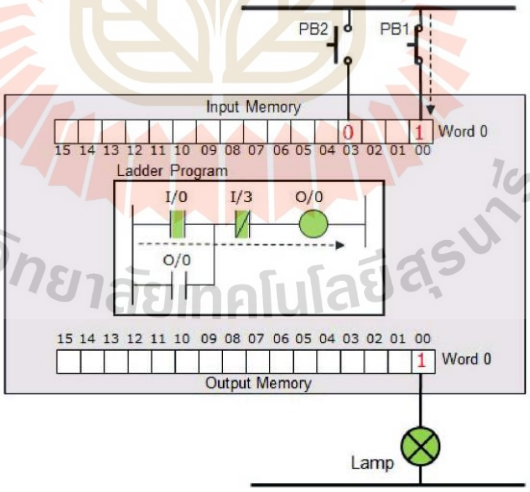
จากรูปที่ 2.27 จะมีสวิตช์ Push Button (PB1, PB2) ต่อเข้ากับอินพุต 00 และ 03 ซึ่งการ ON และ OFF ของสวิตช์จะส่งผลต่อลอจิกในหน่วยความจำอินพุต Word 0 บิตที่ 00 และ 03 ส่วนลอจิกของหน่วยความจำเอาต์พุต Word 0 บิตที่ 00 จะมีผลต่อการทำงานของหลอดไฟเช่นกัน

รูปที่ 2.27 แสดงสภาวะเริ่มต้นคือสวิตช์ PB1 และ PB2 อยู่ในสภาวะ OFF ส่วนลอจิกของหน่วยความจำอินพุตและเอาต์พุตเป็น ‘0’



รูปที่ 2.27 แสดงสภาวะเริ่มต้นคือสวิตช์ PB1 และ PB2

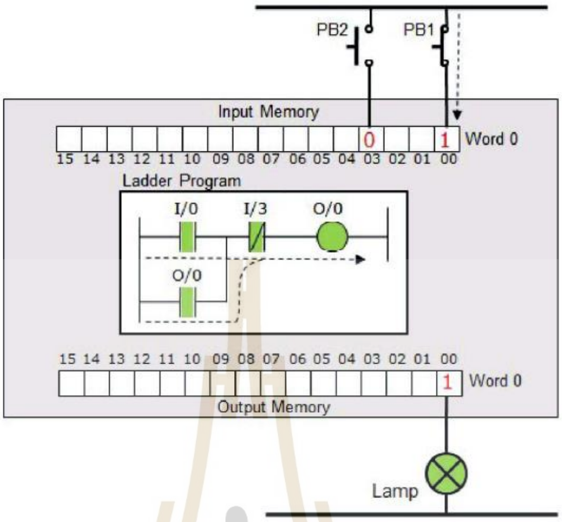
รูปที่ 2.28 แสดงสภาวะที่สวิตช์ PB1 ถูกกดซึ่งจะทำให้หน่วยความจำอินพุต Word 0 บิตที่ 00 (I/0) มีลอจิก ‘1’ จึงทำให้หน้าคอนแทค I/0 ทำงานและส่งผลให้หน่วยความจำเอาต์พุต O/0 มีลอจิกเป็น ‘1’ และส่งค่าลอจิกนี้ออกไปที่เอาต์พุต O/0 ให้ทำงาน (ON)



รูปที่ 2.28 แสดงสภาวะที่สวิตช์ PB1 ถูกกดซึ่งจะทำให้หน่วยความจำอินพุต

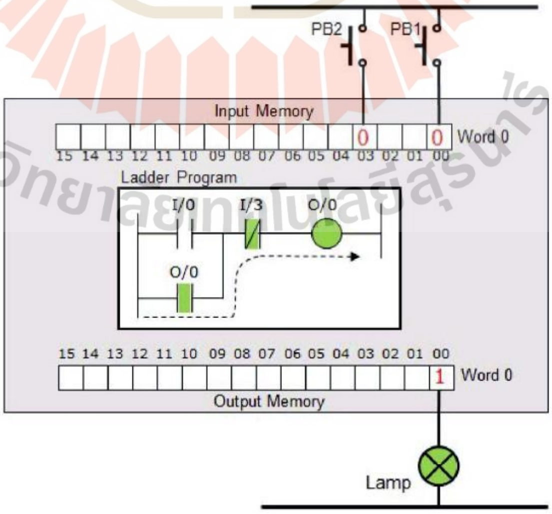
รูปที่ 2.29 แสดงสภาวะของวงรอบการทำงานของ PLC ในรอบถัดไปหลังจากที่เอาต์พุต O/0 มีลอจิกเป็น ‘1’ PLC จะนำค่าลอจิกนี้มาประมวลผลโปรแกรมแลดเดอร์ในรอบถัดไป

ดังนั้น ในรอบนี้เราจะเห็นว่าหน้าคอนแทค O/0 จะ ON ทำให้เกิดเส้นทางที่ทำให้คอยล์เอาต์พุต O/0 ทำงานเป็น 2 ทาง คือ ผ่านทางหน้าคอนเทค I/0 และหน้าคอนแทค O/0



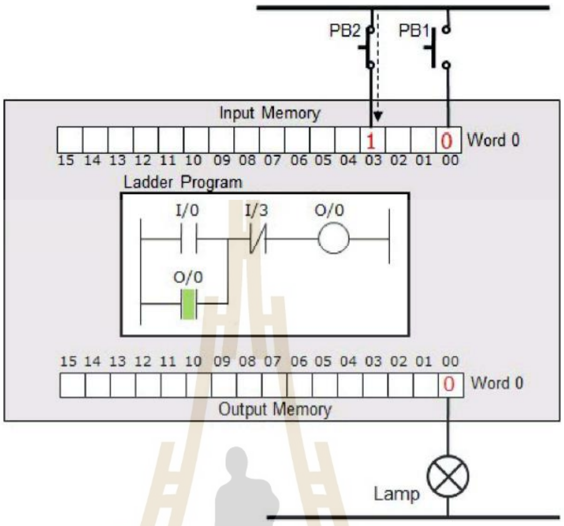
รูปที่ 2.29 แสดงสภาวะของวงรอบการทำงานของ PLC ในรอบถัดไป

รูปที่ 2.30 แสดงสภาวะเมื่อปล่อยสวิตช์ PB1 แล้วลอจิกหน่วยความจำอินพุต I/0 จะเป็น ‘0’ แต่คอยล์เอาต์พุต O/0 ยังคงทำงานค้างอยู่



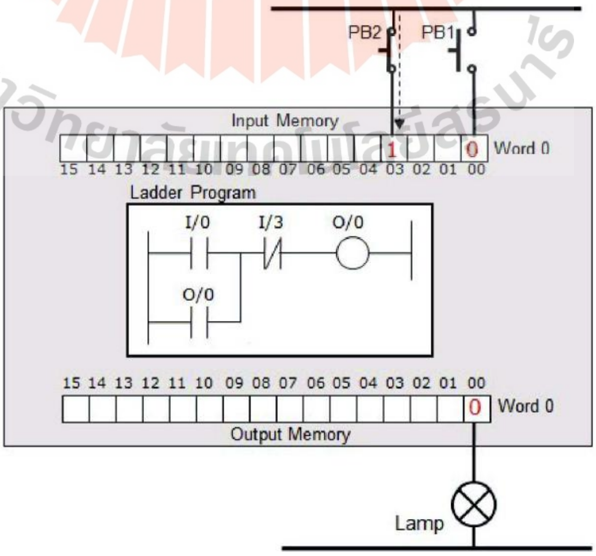
รูปที่ 2.30 แสดงสภาวะเมื่อปล่อยสวิตช์ PB1

รูปที่ 2.31 แสดงสภาวะที่มีการกดสวิตช์ PB2 ซึ่งจะทำให้ลอจิกของหน่วยความจำอินพุต I/3 มีค่าเป็น '1' ทำหน้าคอนแทค NC ของ I/3 จะเปิดวงจรทำให้ O/0 มีลอจิกเป็น '0' ส่งผลให้เอาต์พุตไม่ทำงาน (OFF)



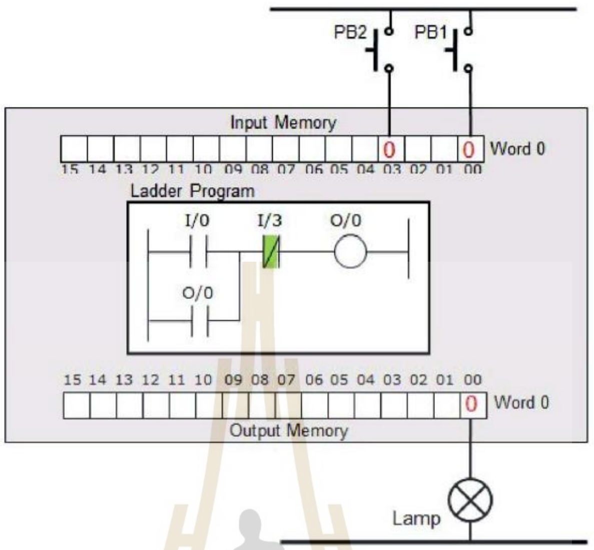
รูปที่ 2.31 แสดงสภาวะที่มีการกดสวิตช์ PB2

รูปที่ 2.32 แสดงสภาวะในรอบการทำงาน (Scan) ถัดมาหน้าคอนแทค O/0 จะไม่ทำงาน



รูปที่ 2.32 แสดงสภาวะในรอบการทำงาน (Scan)

รูปที่ 2.33 แสดงสภาวะเมื่อปล่อยสวิตซ์ PB2 แล้ว ทุกอย่างจะกลับสภาวะเหมือนตอนเริ่มการทำงาน



รูปที่ 2.33 แสดงสภาวะเมื่อปล่อยสวิตซ์ PB2

2.7.2 ประเภทของ Programmable logic Control : PLC

เราสามารถแบ่ง PLC ตามลักษณะโครงสร้างหรือรูปลักษณ์ภายนอกได้ 2 แบบ คือ แบบบล็อก (Block) กับ แบบโมดูล่า (Modular)

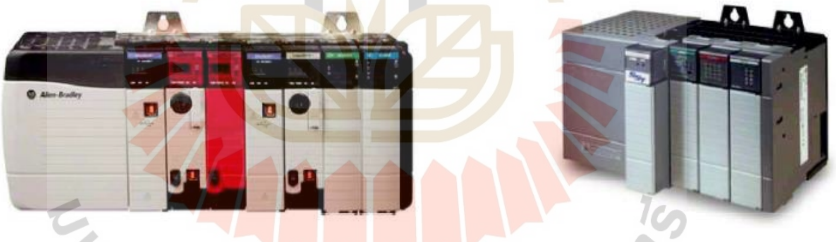
2.7.2.1 PLC แบบบล็อก

จะมีขนาดเล็กและหน่วยความจำน้อย ส่วนอินนพุตเอาต์พุตและแหล่งจ่ายไฟจะรวมอยู่ภายในตัว CPU แต่ผู้ผลิตมักออกแบบให้สามารถเพิ่มอุปกรณ์เสริมได้เพื่อความยืดหยุ่นในการใช้งาน เช่น ยูนิตขยายอินพุต/เอาต์พุต เป็นต้น PLC ชนิดนี้มีราคาถูกความเร็วต่ำและฟังก์ชั่นการทำงานไม่สูงมากนัก เหมาะสำหรับงานควบคุมเครื่องจักรขนาดเล็ก

รูปที่ 2.34 พีแอลซีแบบบล็อก

2.7.2.2 PLC แบบโมดูลล่าร์

จะมีอุปกรณ์ต่าง ๆ แยกแกเป็นโมดูลหรือยูนิต เช่น ยูนิตอินพุต ยูนิตเอาต์พุต ยูนิต CPU และยูนิตแหล่งจ่ายไฟ เป็นต้น ทำให้ยืดหยุ่นในการออกแบบเพราะสามารถเลือกโมดูลที่ต้องการให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ นอกจากนั้น ยังมีชนิดของโมดูลให้เลือกใช้งานหลากหลาย เช่น โมดูลสื่อสาร โมดูลอนาลอก เป็นต้น แต่ PLC แบบนี้ราคาจะสูงกว่าแบบบล็อก

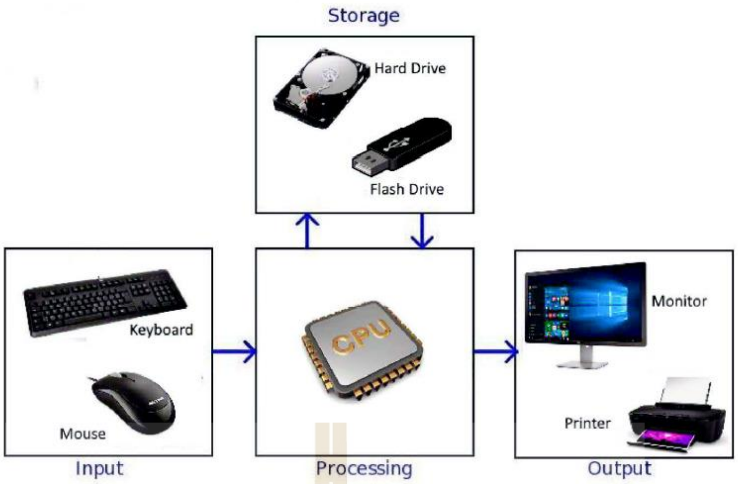


รูปที่ 2.35 พีแอลซีแบบโมดูลล่าร์

2.7.3 องค์ประกอบของ Programmable logic Control : PLC

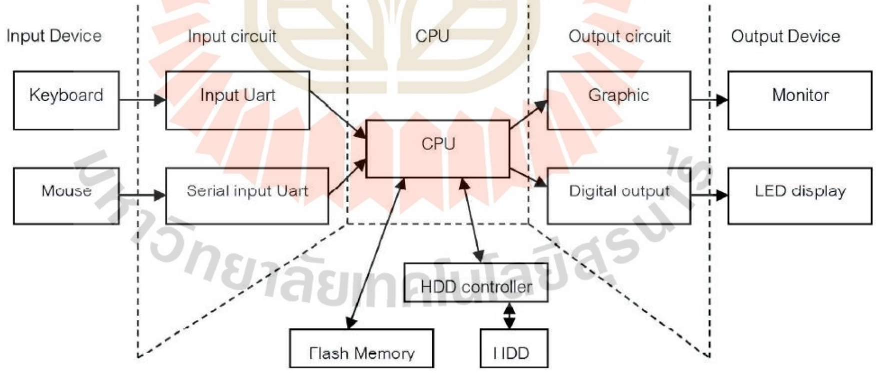
องค์ประกอบของ PLC จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.36 คือ องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์โดยมีคีย์บอร์ดและเมาส์เป็นอุปกรณ์อินพุต ส่วนอุปกรณ์เอาต์พุตจะเป็นจอภาพแสดงผลและปริ้นเตอร์ มีฮาร์ดดิสก์และหน่วยความจำใช้สำหรับเก็บข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



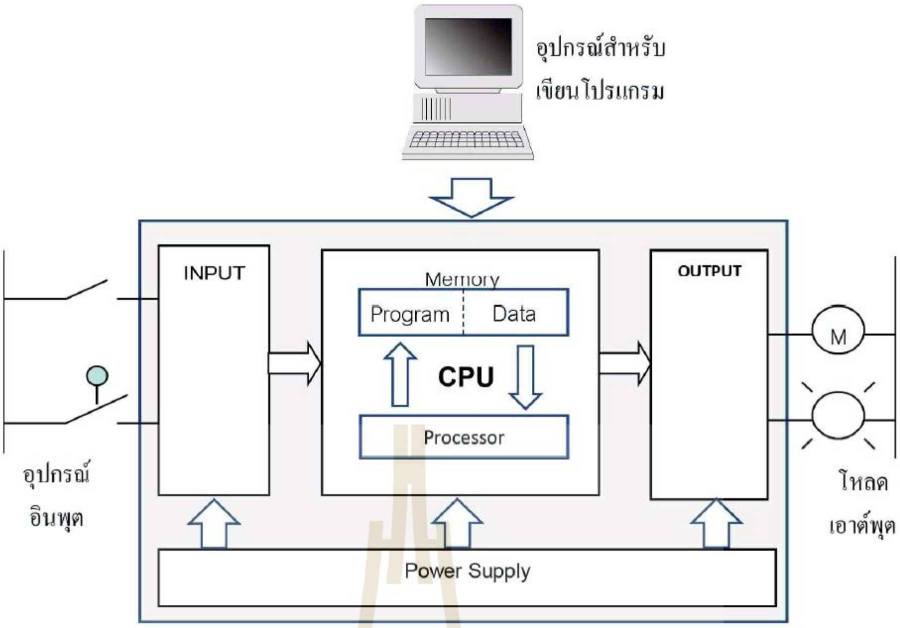
รูปที่ 2.36 สถาปัตยกรรมของระบบคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 2.36 อาจวาดใหม่เพื่อจัดองค์ประกอบให้ดูง่ายขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.37 จากรูปจะเห็นว่าอินพุตและเอาต์พุตถูกแยกออกจากกัน อุปกรณ์อินพุตที่ใช้ป้อนข้อมูลจะอยู่ด้านซ้ายมือซึ่งต่อผ่านวงจรอินพุตและวงจรบัฟเฟอร์ก่อนเข้า CPU โดย CPU จะส่งข้อมูลออกเอาต์พุตผ่านวงจรอีกด้านหนึ่ง โดยมีหน่วยความจำและฮาร์ดดิสก์ใช้สำหรับเก็บข้อมูล



รูปที่ 2.37 สถาปัตยกรรมของระบบคอมพิวเตอร์ในรูปแบบอินพุต/เอาต์พุต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.38 แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ของ PLC

PLC มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์แต่ออกแบบมาเพื่อใช้กับงานควบคุมอัตโนมัติโดยเฉพาะ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบองค์ประกอบต่าง ๆ ได้ดังนี้

อุปกรณ์อินพุต คีย์บอร์ดและเมาส์ของคอมพิวเตอร์จะทำงานคล้ายกับ สวิตช์ เซ็นเซอร์ เป็นต้น อุกรณ์เหล่านี้ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้าสู่ระบบ

วงจรอินพุต (Input Circuit) ของคอมพิวเตอร์เปรียบเสมือนยูนิตหรือการ์ดอินพุตของ PLC

ซีพียู เป็นหน่วยประมวลผลของ PLC ทำหน้าที่เช่นเดียวกับซีพียูของคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบัน PLC หลายยี่ห้อก็ใช้ CPU ของ Intel เช่นเดียวกับคอมพิวเตอร์

วงจรเอาต์พุต (Output Circuit) การ์ดกราฟฟิกของคอมพิวเตอร์เสมือนยูนิตหรือการ์ดเอาต์พุตของ PLC

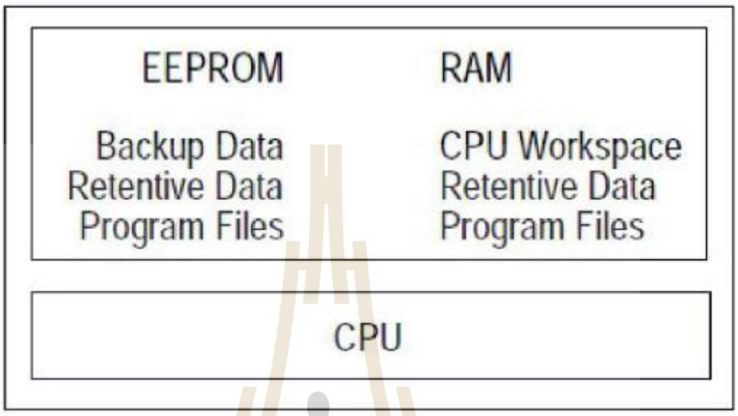
อุปกรณ์เอาต์พุต เช่น หลอดไฟ มอเตอร์ ที่ต่อกับยูนิตเอาต์พุตของ PLC ก็จะคล้ายกับจอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์ที่ใช้แสดงผล

หน่วยความจำ (Memory) PLC จะแบ่งหน่วยความจำเป็นสองส่วนสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูล

แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้วงจรอินพุตเอาต์พุตและซีพียู

2.7.4 หน่วยความจำของ Programmable logic Control : PLC

หน่วยความจำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลต่าง ๆ เมื่อ PLC ทำงานจะนำเอาโปรแกรมและข้อมูลในหน่วยความจำมาประมวลผลโดยซีพียู หน่วยความจำสามารถจำแนกตามการใช้งานได้ 2 ประเภทดังนี้



รูปที่ 2.39 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำ

2.7.4.1 หน่วยความจำ RAM

เป็นหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป การอ้างอิงตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลใดๆเพื่อการเขียนและการอ่านจะกระทำแบบการเข้าถึงโดยสุ่มคือ เรียกไปตำแหน่งที่อยู่ข้อมูลใดก็ได้หน่วยความจำนี้เรียกว่า แรม หน่วยความจำประเภทนี้จะเก็บข้อมูลไว้ตราบเท่าที่มีกระแสไฟฟ้ายังจ่ายให้วงจร หากไฟฟ้าดับเมื่อใด ข้อมูลก็จะสูญหายทันที

2.7.4.2 หน่วยความจำ ROM

เป็นหน่วยความจำอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ข้อมูลใน ROM จะยังอยู่แม้ว่าจะไม่จ่ายไฟให้กับมันแล้วก็ตาม แต่ก็มีข้อเสียเรื่องการเข้าถึงข้อมูลจะช้ากว่า RAM นอกจากนั้นเวลาจะเขียนข้อมูลลงไปต้องใช้เครื่องเขียนเฉพาะจึงไม่เป็นที่นิยมใช้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนา ROM ให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นโดย ROM ที่นิยมใช้ คือ EEPROM (Electrical Erasable Programmable ROM) สามารถเขียนโปรแกรมได้เช่นเดียวกับ ROM และลบได้ด้วยแรงดันไฟฟ้า สามารถเขียนโปรแกรมซ้ำใหม่ได้

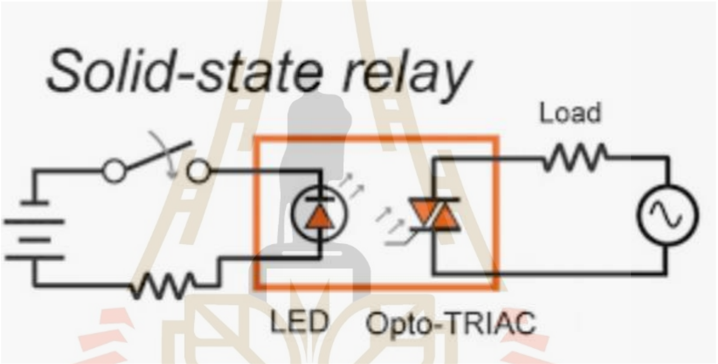
2.8 ทฤษฎีทางด้าน Solid State Relay : SSR

เป็นอุปกรณ์ที่ไม่ใช้หน้าสัมผัสที่ ซึ่งใช้เทคโนโลยีของ Semiconductor ทำให้ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ เพื่อลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจากรีเลย์แบบหน้าสัมผัส และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานระยะยาว

Solid State Relay (SSR) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้แทนที่รีเลย์ที่ใช้สัญญาณไฟฟ้าในการควบคุม เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างภาคควบคุม (Control) ซึ่งเป็นส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับวงจรภาคไฟฟ้ากำลัง (Power) โดยที่ภาคทั้งสองจะมีระบบกราวด์ (Ground) ที่แยกออกจากกันทำให้สามารถป้องกันการลัดวงจร (Short circuit) และการรบกวนซึ่งกันและกันได้

2.8.1 หลักการทำงาน Solid State Relay : SSR

Solid State Relay (SSR) มีส่วนประกอบหลัก ๆ คือ ส่วนของ Input Circuit และส่วนของ Output Circuit ซึ่งอุกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมจะเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเมื่อ SSR ได้รับสัญญาณทางด้าน Input Circuit จะควบคุมและส่งสัญญาณไปยัง Output Circuit และสัญญาณที่ส่งไปจะทำให้ Output Circuit เปิดหรือปิดตามคำสั่ง ซึ่ง Output Circuit นั้น สามารถรับกระแสไฟฟ้าและส่งต่อไปยังอุปกรณ์หรือโหลดที่ต้องการควบคุมได้



รูปที่ 2.40 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ของ Solid State Relay

2.8.2 คุณสมบัติของ Solid State Relay : SSR

1) การทำงานที่เงียบ: โซลิดสเตตรีเลย์ไม่มีส่วนต่อที่เคลื่อนไหวภายใน ทำให้มีเสียงรบกวน และเหมาะสำหรับงานที่ต้องการการทำงานเงียบ

2) การควบคุมไฟฟ้าที่รวดเร็ว: โซลิดสเตตรีเลย์มีความสามารถในการควบคุมไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว และตอบสนองได้เร็วกว่ารีเลย์ที่ใช้สัญญาณไฟฟ้า

3) อายุการใช้งานยาวนาน: โซลิดสเตตรีเลย์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่ารีเลย์ทั่วไป เนื่องจากไม่มีส่วนต่อที่เคลื่อนไหวภายในที่เสียหายง่าย เช่น สัญญาณไฟฟ้าที่ถูกใช้สำหรับการเปิด-ปิดเหนือค่าสูง หรือการสั่งงานที่ถูกใช้บ่อยอย่างต่อเนื่อง

4) ความปลอดภัย: โซลิดสเตตรีเลย์มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากไม่มีส่วนต่อที่เคลื่อนไหวภายในที่สามารถเกิดการชำรุดได้ ทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดอัคคีภัยหรือการช็อตวงจร

5) ความปลอดภัย: โซลิดสเตตรีเลย์มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากไม่มีส่วนต่อที่เคลื่อนไหวภายในที่สามารถเกิดการชำรุดได้ ทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดอัคคีภัยหรือการช็อตวงจร

2.8.3 การเลือกใช้ Solid State Relay : SSR

1) ความต้องการกระแสและแรงดัน: ต้องกำหนดค่ากระแสและแรงดันที่ SSR จะต้องรองรับในการทำงาน เพื่อให้ SSR สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย ควรตรวจสอบค่าข้อมูลทางเทคนิคของ SSR เพื่อตรวจสอบความสามารถในการรับแรงดันและกระแสไฟฟ้า

2) ความเร็วในการเปิด-ปิด: ต้องพิจารณาความเร็วในการเปิด-ปิดของ SSR เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของระบบควบคุม หากต้องการความเร็วในการตอบสนองสูง ควรเลือก SSR ที่มีเวลาเปิด-ปิดที่รวดเร็ว

3) ความทนทานต่อสัญญาณเรียกร้อง: SSR ควรมีความทนทานต่อสัญญาณเรียกร้องที่สูง เช่น การต้านทานต่อรบกวนจากภายนอก รบกวนไฟฟ้า หรือสัญญาณรบกวนอื่น ๆ ซึ่งจะช่วยให้ระบบควบคุมทำงานได้อย่างเสถียรและเพียงพอ

4) ความปลอดภัย: SSR ควรมีการรักษาความปลอดภัยทางไฟฟ้าที่สูง เช่น มีระบบการตรวจจับ และการป้องกันสัญญาณรบกวนไฟฟ้า ระบบกันย้อนกลับ (reversed polarity protection) และระบบป้องกันการช็อตวงจร ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอัคคีภัยหรือการช็อตวงจรเพิ่มขึ้น

5) ความทนทานต่อสภาวะแวดล้อม: SSR ควรมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่จะถูกใช้งาน ตัวอย่างเช่น ความทนต่อความชื้น ความทนต่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำ หรือความทนต่อสารเคมีที่อาจมีอยู่ในสภาวะแวดล้อม เลือก SSR ที่เหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องเผชิญกับสภาวะแวดล้อมดังกล่าว

6) การรองรับการเชื่อมต่อ: ตรวจสอบว่า SSR รองรับการเชื่อมต่อแบบไหน เช่น การเชื่อมต่อด้วยตัวควบคุม (control) หรือการเชื่อมต่อด้วยสัญญาณเปิด-ปิด (on-off signal) เลือก SSR ที่มีการรองรับการเชื่อมต่อที่ต้องการในระบบควบคุมไฟฟ้า

2.8.4 สรุป

การเลือกใช้ Solid State Relay มาแทนที่ของ Magnetic Contactor นั้น จะต้องพิจารณาคุณสมบัติหลายประการ ไม่ว่าจะในเรื่องของการทนความร้อน เนื่องจาก Solid State Relay มีส่วนประกอบของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ภายใน จึงทำให้ส่งผลต่อการทำงานของระบบ อีกทั้งตัวของ Solid State Relay ยังมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ทั่วไป จึงทำให้มีความเสี่ยงที่จะไม่ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพในสภาวะที่แรงดันไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และในขณะเดียวกัน ตัวของ Solid State Relay ก็ไม่สามารถที่จะตอบโจทย์การใช้งานในโหลดที่หลากหลายตามมาตรฐานสากล IEC 60947-4 อาทิเช่น

AC1: โหลดประเภท non- inductive หรือ inductive น้อย ๆ และ heater

AC2: โหลดประเภท Slip-ring motors: Starting, plugging.

AC3: โหลดประเภท Squirrel-cage motors: Starting, switching off motors during running.

AC4: โหลดประเภท Squirrel-cage motors: Starting, plugging, inching.

และในสิ่งที่สำคัญของตัว Solid State Relay ที่ไม่มีตามมาตรฐานคือค่า Making และ Breaking Capacity ที่จะต้องเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด ดังนั้นจึงเลือกใช้ Mold Case Circuit Breaker มาใช้เชื่อมต่อกับระบบโดยตรง เนื่องจากมีคุณสมบัติตามค่าตามมาตรฐานของ Making และ Breaking Capacity นั้นเอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

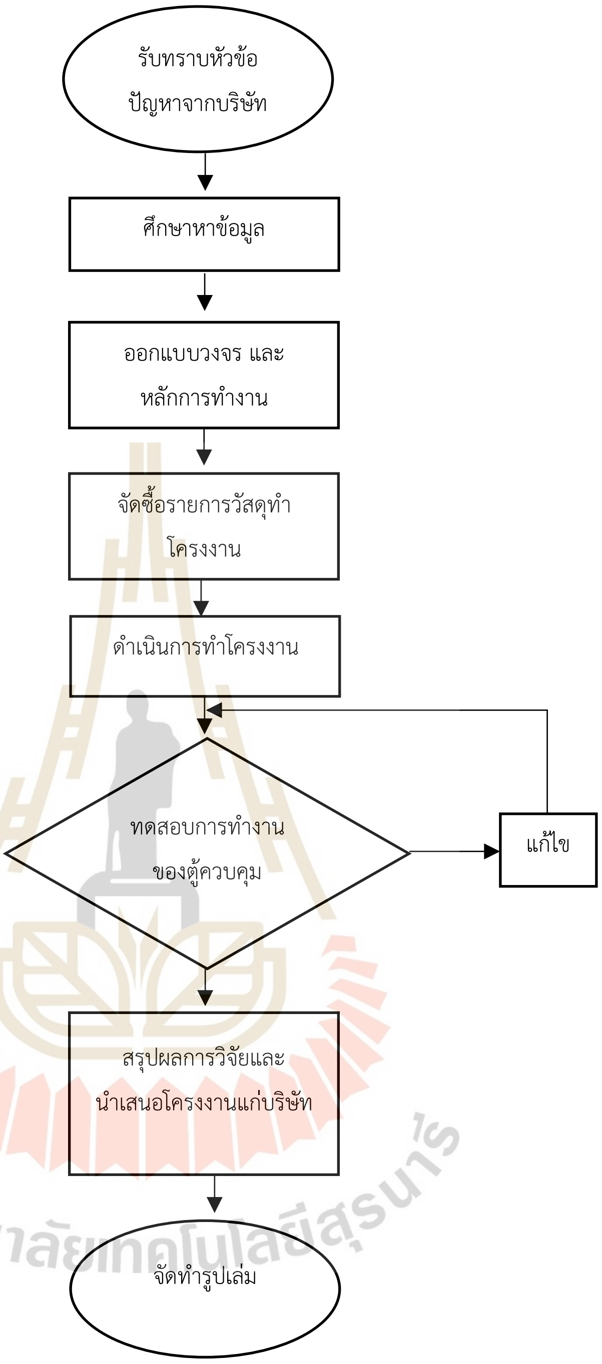
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ผังการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.1 นี้

1) ปรึกษาหาหรือกับบริษัทในความต้องการและการแก้ปัญที่พบเจอ
2) ศึกษาหาความรู้กับประเด็นที่ได้ตกลงกับบริษัท
3) ได้หัวข้อแล้วทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ตั้งตัวโครงตู้ ผังวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ การเลือกอุปกรณ์ หลักการทำงาน ฟังก์ชันการทำงาน
4) จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับงานตู้ไฟฟ้าที่ได้ออกแบบไว้
5) ดำเนินการประกอบตู้ เดินสายไฟฟ้าเข้าในแต่ละตัวอุปกรณ์
6) ทดสอบฟังก์ชันการทำงานตามหลักการที่ออกแบบไว้ หากมีส่วนใดทำงานมีข้อบกพร่องดำเนินการแก้ไขให้เรียบร้อย
7) เมื่อผ่านการทดสอบ ส่งผลการทดสอบให้ บริษัทได้อนุมัติ และจัดทำเอกสารส่งมอบงานต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 ขั้นตอนการดำเนินทำโครงงานและการออกแบทางกล

3.2.1 ศึกษาข้อมูลการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนน

แบบเดิมที่ใช้อุปกรณ์เป็นแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เพื่อนำข้อมูลมาออกแบบตู้ควบคุมไฟถนนแบบใหม่ที่ใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

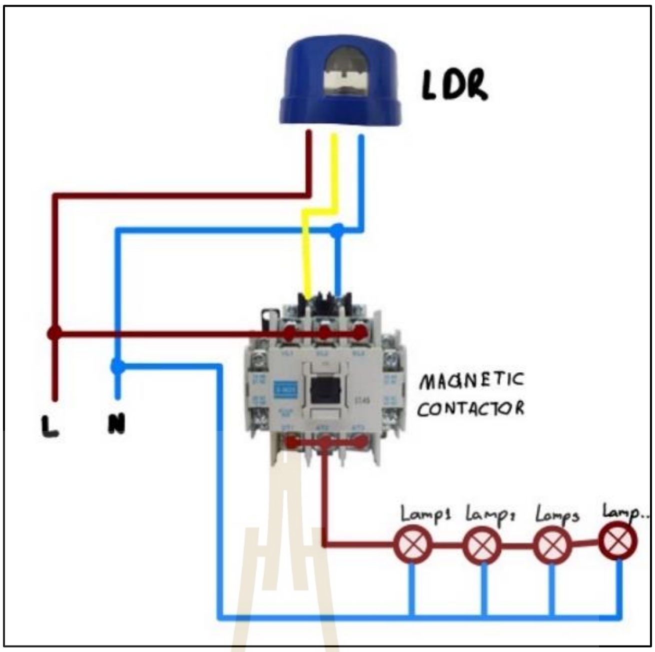
3.2.1.1 การทำงานของตู้ไฟถนนแบบเดิม

ตัวอย่างตู้ควบคุมไฟถนนที่ใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่พบได้ทั่วไป ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ตู้ไฟถนนที่พบได้ทั่วไปแบบดั้งเดิม

หลักการทำงาน คือ จ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ที่ขดลวดของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เมื่อเซ็นเซอร์ LDR รับค่าแสงจะเป็นตัวต้านทานในการกำหนดกระแสว่าจะให้ผ่านขดลวดหรือไม่ แมกเนติกคอนแทคเตอร์จะทำงานเมื่อไม่มีแสงหรือโหลดกลางคืน ทำให้ไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้กับขดลวดนั้น ไปเลี้ยงโหลด แต่ถ้าโหลดกลางวันจะไม่มีกระแสไปจ่ายขดลวด ระบบจะไม่ทำงานนั้นเอง ตัวอย่างวงจรการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ดังรูปที่ 3.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



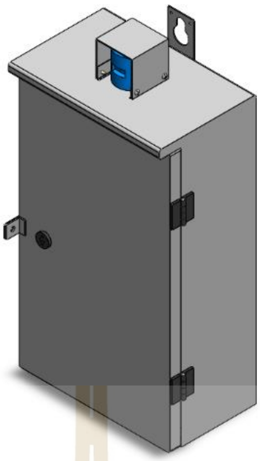
รูปที่ 3.3 วงจรการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์

3.2.2 ออกแบบโหมดการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ ของโครงงานวิจัย

โหมดการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 2 โหมด คือ Auto และ Manual การเลือกโหมดการทำงานทำได้โดยการหมุน Selector Switch ดังรูป 3.4 ตัวอย่างตู้ควบคุมไฟถนนฯ ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.4 โหมดการทำงานบน Selector Switch

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างตู้ควบคุมไฟถนนแบบใหม่ที่ใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์

3.2.2.1 โหมด Auto การทำงานของโหมดนี้ คือ ในสถานะปกติเบรกเกอร์หลัก (Main Circuit Breaker) จะอยู่ในสถานะ OFF เมื่อเซ็นเซอร์ LDR ไม่เจอแสงจะมีการหน่วงเวลา 5 นาทีโดยใช้อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้า (Sinotimer) เพื่อตรวจสอบสภาวะไม่มีแสงสว่าง เมื่อครบ 5 นาทีมอเตอร์จะหมุนตามเข็มทำให้เบรกเกอร์หลักอยู่ในสถานะ ON ดังรูปที่ 3.6 และเมื่อเซ็นเซอร์ LDR เจอแสงจะมีการหน่วงเวลา 5 นาที โดยใช้อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบสภาวะที่มีแสงสว่าง เมื่อครบ 5 นาที มอเตอร์จะหมุนทวนเข็มทำให้เบรกเกอร์หลักอยู่ในสถานะ OFF ดังรูปที่ 3.7 ในกรณีที่เซ็นเซอร์ LDR ชำรุดหรือเสียหายจะมีนาฬิกาตั้งเวลาแบบดิจิตอล (Digital Timer Switch) ช่วยสั่งเบรกเกอร์หลักมีการ ON และ OFF

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

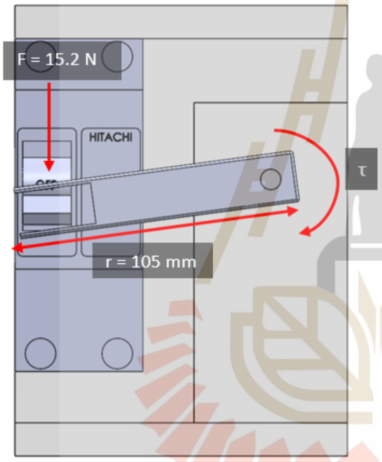
รูปที่ 3.6 เซอร์กิตเบรกเกอร์ ON

รูปที่ 3.7 เซอร์กิตเบรกเกอร์ OFF

3.2.2.2 โหมด Manual การทำงานของโหมดนี้จะควบคุมโดยใช้ Selector Switch โดยถ้า Selector Switch อยู่ในตำแหน่ง OFF เบรกเกอร์หลักจะอยู่ในสถานะ OFF เมื่อหมุน Selector Switch ไปตำแหน่ง Manual จะทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มเบรกเกอร์หลักจะอยู่ในสถานะ ON และเมื่อหมุน Selector Switch กลับมาตำแหน่ง OFF อีกครั้ง มอเตอร์จะหมุนทวนเข็มทำให้เบรกเกอร์หลักอยู่ในสถานะ OFF การทำงานในทุกโหมดจะมีอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้า (Sinotimer) ป้องกันแรงดันไฟต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป โดยสามารถกำหนดค่าได้ เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์และตู้ควบคุม

3.2.3 คำนวนมอเตอร์

ในการคำนวณมอเตอร์นั้น เพื่อการเลือกใช้มอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยแสดงตัวอย่างการคำนวณ ดังรูปที่ 3.8



τ คือ แรงบิด มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (N.m)

F คือ แรง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

r คือ ระยะของแขนกล มีหน่วยเป็น เมตร (m)

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการคำนวณ

จากสูตร $\tau = F \times r$

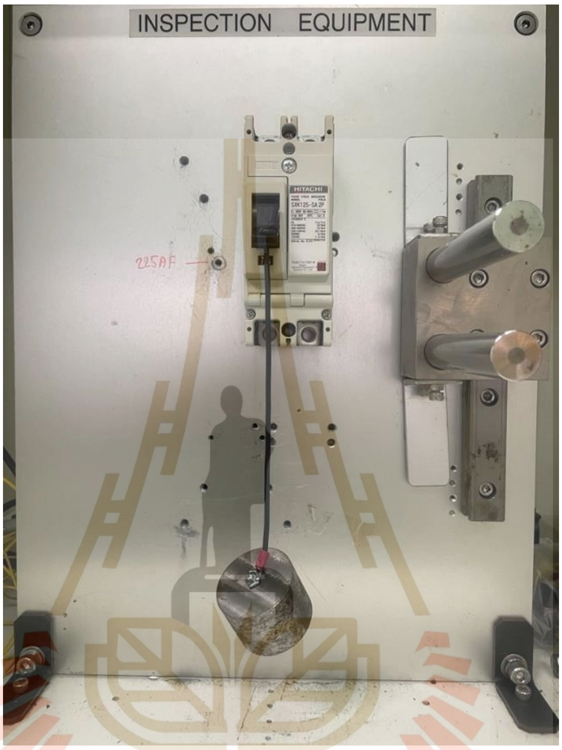
$= (15.2\ \text{N}) \times (0.105\ \text{m})$

$= 1.596\ \text{N.m}$

จากการคำนวณ พบว่า ต้องใช้แรงบิด (Torque) มากกว่าหรือเท่ากับ 1.596 N.m หรือ 16.27 kgf.cm จึงจะทำให้แขนกลยกเบรกเกอร์ ON ได้ และจากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมอเตอร์ 12 Vdc พบว่า ถ้าใช้แค่มอเตอร์ 12 Vdc ธรรมดา แรงบิดที่ได้ไม่เพียงพอที่จะทำให้แขนกลยกเบรกเกอร์ ON ได้ ดังนั้น จึงได้เลือกใช้เป็นมอเตอร์เกียร์ (Gear Motor) 12 Vdc

3.2.4 การทดสอบแรงบิดที่ใช้จริงกับมอเตอร์

เพื่อจะหาว่ามอเตอร์ที่เลือกสามารถรับแรงบิดสูงสุด (Maximum torque) ได้เท่าใด และเหมาะสมกับแรงบิดในการ ON ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยการทดสอบจะสมมุติแรงบิดที่มากขึ้นจากการเพิ่มน้ำหนัก โดยใช้ลูกตุ้มที่มีน้ำแตกต่างกัน การทดสอบการเพิ่มน้ำหนักตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การเพิ่มน้ำหนักเพื่อเพิ่มแรงบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

น้ำหนักของลูกตุ้มเหล็กจะมีขนาดดังนี้ 0.1 กิโลกรัม, 0.2 กิโลกรัม, 0.3 กิโลกรัม, 0.4 กิโลกรัม และ 0.5 กิโลกรัม โดยผลของทดสอบที่ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ผลทดสอบแรงบิดของมอเตอร์

การทดสอบครั้งที่	นำหนักของลูกตุ้ม	ผลของการทำงาน
1	0.1 กิโลกรัม	เบรกเกอร์สามารถ On ได้
2	0.2 กิโลกรัม	เบรกเกอร์สามารถ On ได้
3	0.3 กิโลกรัม	เบรกเกอร์สามารถ On ได้
4	0.4 กิโลกรัม	เบรกเกอร์สามารถ On ได้

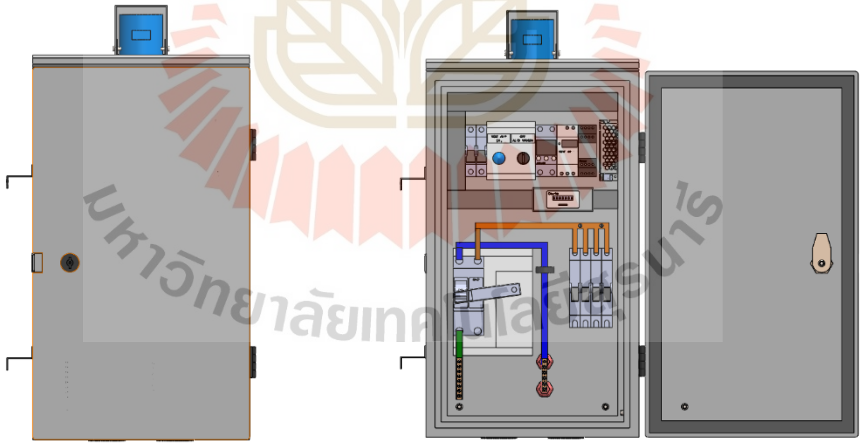
ตารางที่ 3.1 ผลทดสอบแรงบิดของมอเตอร์ (ต่อ)

การทดสอบครั้งที่	นำหนักของลูกตุ้ม	ผลของการทำงาน
5	0.5 กิโลกรัม	เบรกเกอร์สามารถ On ได้
6	0.1+0.5 กิโลกรัม	เบรกเกอร์สามารถ On ได้
7	0.2+0.5 กิโลกรัม	เบรกเกอร์สามารถ On ได้
8	0.3+0.5 กิโลกรัม	เบรกเกอร์สามารถ On ได้
9	0.4+0.5 กิโลกรัม	เบรกเกอร์ไม่สามารถ On ได้

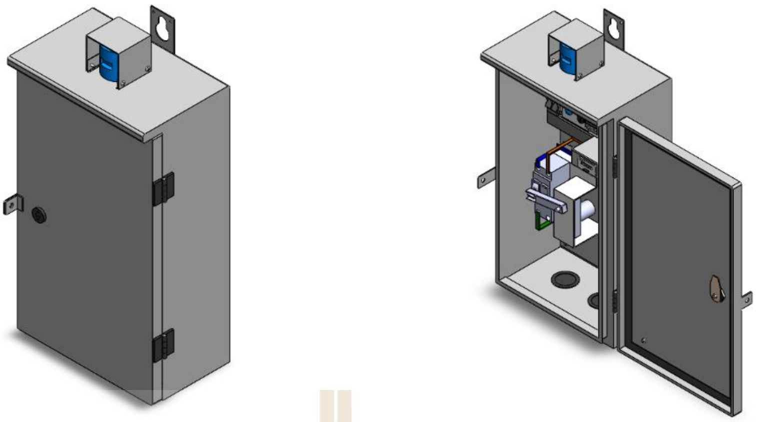
จากตารางผลการทดลองนั้นแสดงให้เห็นว่า เบรกเกอร์สามารถ On ได้ที่ค่า 2.4 kgf หมายถึง โหลดของมอเตอร์ที่สามารถรับแรงบิดได้สูงสุด และโหลดที่ใช้จริงอยู่ที่ 66% เท่านั้น

3.2.5 ตู้ควบคุมไฟถนนแบบใหม่ที่ออกแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWorks

ทางผู้จัดได้มีการออกแบบโครงสร้างและลักษณะตู้ควบุมไฟถนน ตามบริษัทแนะนำ และอยากให้ออกเป็นรูปร่างแบบที่ต้องการ รวมถึงความสวยงามและถูกต้องตามหลักวิศวกรรม โดยมีการออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks ดังรูปที่ 3.10-3.11



รูปที่ 3.10 Front View โดยโปรแกรม SolidWorks

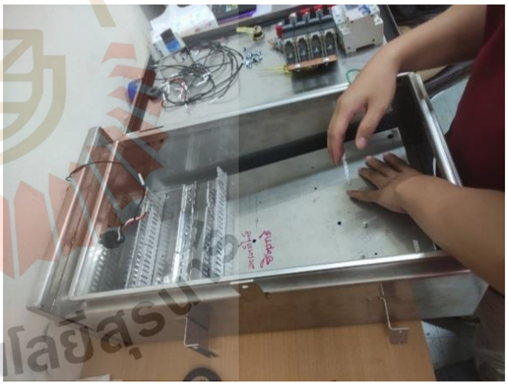


รูปที่ 3.11 Isometric projection โดยโปรแกรม SolidWorks

3.2.6 ประกอบตู้ควบคุมไฟถนน

จัดวางรางใส่สายไฟลงบนแผ่นเหล็กสำหรับวางอุปกรณ์ดังรูป 3.12 จากนั้นนำแผ่นเหล็กสำหรับวางอุปกรณ์จัดวางลงตู้ไฟถนนดังรูป 3.13

รูปที่ 3.12 วางรางใส่สายไฟ



รูปที่ 3.13 ประกอบแผ่นเหล็กวางอุปกรณ์

หาตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นเหล็กดังรูป 3.14 จากนั้นประกอบอุปกรณ์ลงบนแผ่นเหล็กให้ครบดังรูป 3.15

รูปที่ 3.14 หาตำแหน่งวางอุปกรณ์

รูปที่ 3.15 ประกอบอุปกรณ์

ขันน็อตยึดอุปกรณ์กับแผ่นเหล็กให้เรียบร้อยดังรูป 3.16 หลังจากนั้นจะได้ตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.16 ขันน็อตยึดอุปกรณ์

รูปที่ 3.17 ประกอบตู้เรียบร้อย

3.2.7 ทำเครื่องสำหรับทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ

เมื่อตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว จากนั้นมีการทำเครื่องทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ สำหรับทดสอบการทำงานในโหมด Auto เพื่อเช็คว่าการทำงานของอุปกรณ์และตู้ควบคุมไฟถนนฯ สามารถทำงานได้จริง และตรงตามวัตถุประสงค์ของโครงงานหรือไม่

รูปที่ 3.18 เครื่องทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ

3.2.8 การทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 แบบ โดยแบ่งตามโหมดการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ คือ โหมด Auto และ Manual

3.2.8.1 การทดสอบในโหมด Auto

ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ เพื่อเช็คว่าสามารถใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเบรกเกอร์หลักได้หรือไม่ โดยจำลองการทำงานในสภาวะที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่าง เมื่อเซ็นเซอร์ LDR เจอแสงเซอร์กิตเบรกเกอร์จะ ON ดังรูปที่ 3.19 และเมื่อเซ็นเซอร์ LDR ไม่เจอแสงเซอร์กิตเบรกเกอร์จะ OFF ดังรูปที่ 3.20 ทำการทดสอบทั้งหมด 2000 ครั้ง แบ่งออกเป็น 7 ช่วง คือ 300 600 900 1200 1500 1800 และ 2000 ครั้ง ทำการทดสอบทั้งหมด 12 อุปกรณ์

รูปที่ 3.19 เซอร์กิตเบรกเกอร์ ON

รูปที่ 3.20 เซอร์กิตเบรกเกอร์ OFF

3.2.8.2 การทดสอบในโหมด Manual

ทดสอบการทำงานโดยตรงกับตู้ควบคุมไฟถนนฯ เพื่อตรวจสอบว่าสามารถใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเบรกเกอร์หลักได้หรือไม่ ทดสอบโดยการเลือกตำแหน่งของ Selector Switch ระหว่างตำแหน่ง OFF และตำแหน่ง Manual โดยเมื่อเลือกตำแหน่ง Manual เบรกเกอร์หลักต้องอยู่ในสถานะ ON ดังรูปที่ 3.21 และเมื่อเลือกตำแหน่ง OFF เบรกเกอร์หลักต้องอยู่ในสถานะ

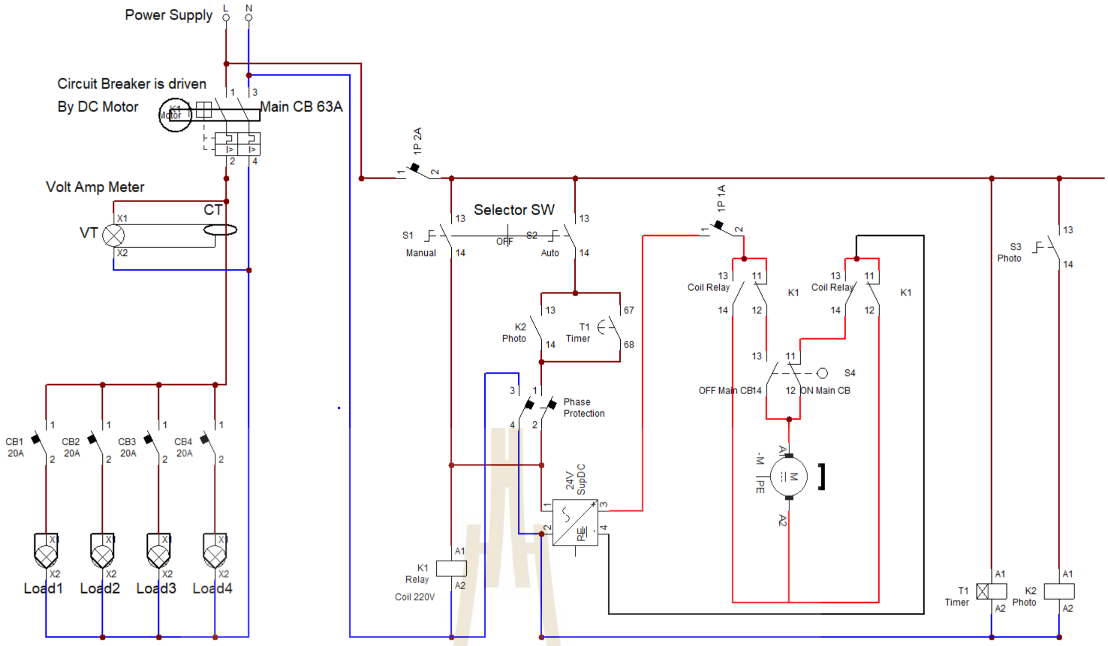
OFF ดังรูปที่ 3.22 ทำการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง แบ่งออกเป็น 6 ช่วง คือ 0 20 40 60 80 และ 100 ครั้ง ทำการทดสอบทั้งหมด 9 อุปกรณ์

รูปที่ 3.21 เบรกเกอร์หลัก ON

รูปที่ 3.22 เบรกเกอร์หลัก OFF

3.3 การออกแบบทางไฟฟ้าและการทดสอบด้วยโปรแกรม CADSIM 3.0

จากการพิจารณาลักษณะทางกายภาพจึงได้มีการออกแบบวงจรทางไฟฟ้าให้สอดคล้องกับฟังก์ชันการทำงานของโหลด Auto และ โหมด Manual ให้สอดรับทั้งกลางวันและกลางคืน โดยมีการออกแบบดังรูปที่ 3.23 โดยที่การจำลองด้วยโปรแกรมจะแสดงผลในบทที่ 4 โดยแยกวงจรออกเป็น 2 ส่วน คือ วงจรกำลังและวงจรควบคุม พิจารณาวงจรกำลังระบบจะรับกำลังงานมาจากแหล่งจ่ายจากการไฟฟ้าที่สายไลน์ (LINE) และสายนิวทรอน (NUATRAL) ผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ถูกควบคุมการเปิดหรือปิดด้วยแขนกลมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจะเป็นงานป้องกันกระแสเกินไปในตัว จากนั้นผ่านมิเตอร์ทั้งโวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ ที่คล้องผ่าน CT หรือ Current Transformer เพื่อที่ไปจ่ายโหลดมีทั้งหมด 4 วงจรย่อยผ่านเซอร์กิตย่อยขนาด 20 A เพื่อไปยังโหลดหลอดไฟถนน สำหรับวงจรควบคุมจะใช้วงจรผ่านทางเข้าของวงจรเมน ผ่านเซอร์กิตย่อยขนาด 2 A 1P โดยจะมี Selector Switch ที่สามารถบิดเลือกได้ว่าต้องการโหลด Manual หรือ Auto หากเลือกโหมด Manual ก็สามารถเปิดปิด CB ได้โดยตรง มอเตอร์ก็จะถูกจ่ายกระแสให้หมุนไปแด CB ได้ แต่หากบิดมาตำแหน่งปิดมอเตอร์ก็จะหมุนเพื่อปิด CB ส่วนโหลด Auto นั้น หากเลือกระบบจะรอคำสั่งจากแสง หรือ Clock Timer ซึ่งจะตั้งเวลาไว้ที่ 19.00 น. เปิด และปิดหลอดไฟฟ้าเวลา 05.00 น. เป็นต้น



รูปที่ 3.23 แบบวงจรทางไฟฟ้าในการควบคุมไฟตู้ถนนด้วยแขนกล

3.4 การคำนวณขนาดกระแสและการเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดสายไฟ

จากปริมาณโหลดที่จ่ายให้กับโหลดไฟฟ้าถนนนั้น จะเป็นโคม HID ที่มีกำลังงาน ประมาณ 250 W หรือกำลังไฟฟ้าปรากฏ 300 VA โดยมีรายการคำนวณดังต่อไปนี้

$$I_L = \frac{300VA}{230V} = 1.3\ A \tag{3.1}$$

เนื่องจากเบรกเกอร์ย่อย 1 ชุดจ่ายโคมหลอดไฟฟ้าจำนวน 12 ดวงโคม ดังนั้น กระแสรวมจะได้

$$I_{Total} = 12x1.3 = 15\ A \tag{3.2}$$

ดังนั้นเลือกขนาด CB คือ

$$I_{CB} = 1.25x15 = 19.56A \qquad \text{เลือกขนาด CB คือ 20 A} \tag{3.3}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลือกพิกัดสาย ใช้สายชนิด NYY ฝังดินโดยตรง ขนาด 3x2.5 mm^2

พิจารณาเลือก CB Main จากสมการ

$$I_{CBmain} = CB_{Max} + \sum I_L \qquad (3.4)$$

จากโหลดจะได้ว่า

$I_{CBmain} = 20+15+15+15 = 65\ A$ เลือก CB ที่มีขายในท้องตลาดขนาด 63 A

พิจารณาสายป้อนจากสมการ

$$I_{feeder} = 1.25 I_{\max} + \sum I_L \qquad (3.5)$$

จะได้ $I_{feeder} = 1.25(15) + 145 + 15 + 15 = 63.75\ A$

ดังนั้น เลือกสายไฟที่ทนกระแสไม่น้อยกว่า 63.75 A สรุปเลือกสายขนาด 16 mm^2

3.5 การออกแบบการแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ด้วยระบบ Internet of Things (IOT)

การใช้งาน IOT จะเป็นการเชื่อมโยงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าด้วยกันผ่านโครงค่ายอินเตอร์เน็ต การสั่งงานแบบไม่ต้องใช้สายสัญญาณและสั่งงานได้ทุกที่ ที่มีอินเทอร์เน็ต โดยในที่นี้จะใช้ IOT ในการตรวจสอบการทำงานของ Sensor LDR และ Digital Timer ซึ่งทั้งสองอุปกรณ์จะเป็นตัวเริ่มต้นการส่งสัญญาณเพื่อสั่งให้อุปกรณ์อื่นทำงานตาม

3.5.1 การเลือกอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อกับระบบ

ในที่นี้จะเลือกใช้ระบบ PLC มาเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากระบบ PLC เป็นระบบที่มีความสะเถียรและมีประสิทธิภาพในการทำงาน อีกทั้งถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในงานภาคอุตสาหกรรม ร่วมทั้งตัว PLC ยังสามารถทำงานในอุณหภูมิที่สูงได้โดยที่ระบบไม่เกิดความเสียหาย

PLC ที่เลือกใช้จะเป็น Mini PLC โมดูล รุ่น Mini PLC-32u โดย Mini PLC-32u รุ่นนี้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ภายนอกแบบ RS485, แบบ I2C, และแบบ USB to UART

รูปที่ 3.24 Mini PLC-32u

3.5.2 การเลือกใช้ Port และข้อมูลทางเทคนิคของ Mini PLC-32u

จากรูปที่ 3.25 เป็นของมูลทางเทคนิคของ Mini PLC-32u โดยมีรายละเอียดดังนี้

Power terminal ใช้ต่อไฟ 12 หรือ 24 VDC ให้กับโมดูล

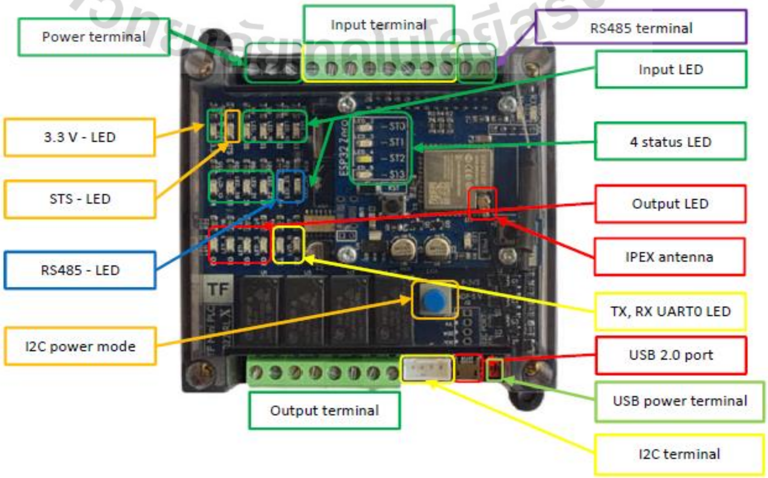
Input terminal ใช้ต่อสัญญาณ Input ให้กับโมดูล

RS485 terminal ใช้ต่อกับอุปกรณ์บัส RS485 เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ PLC, HMI, Sensor ภายนอก

USB 2.0 port คือขั้วต่อสำหรับโหลด Firmware ลงในบอร์ด, และนอกจากนี้ยังใช้เชื่อมต่อเป็นUART0 ของ โมดูลได้อีกด้วย

I2C terminal คือขั้วต่อสำหรับ I2C โดยขั้ว Terminal ของ I2C Terminal

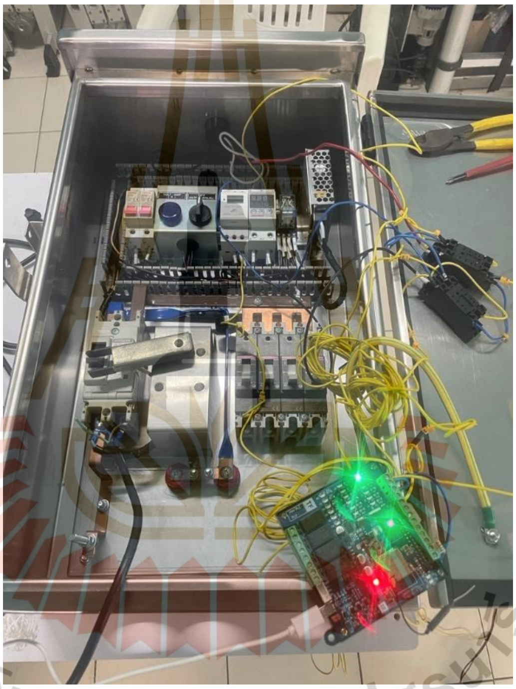
I2C power mode คือ Mini PLC-32u IoT PLC ยกเลิก ปุ่มกด I2C Mode



รูปที่ 3.25 ข้อมูลทางเทคนิคของ Mini PLC-32u

3.5.3 การทดสอบการทำงานของระบบ IOT

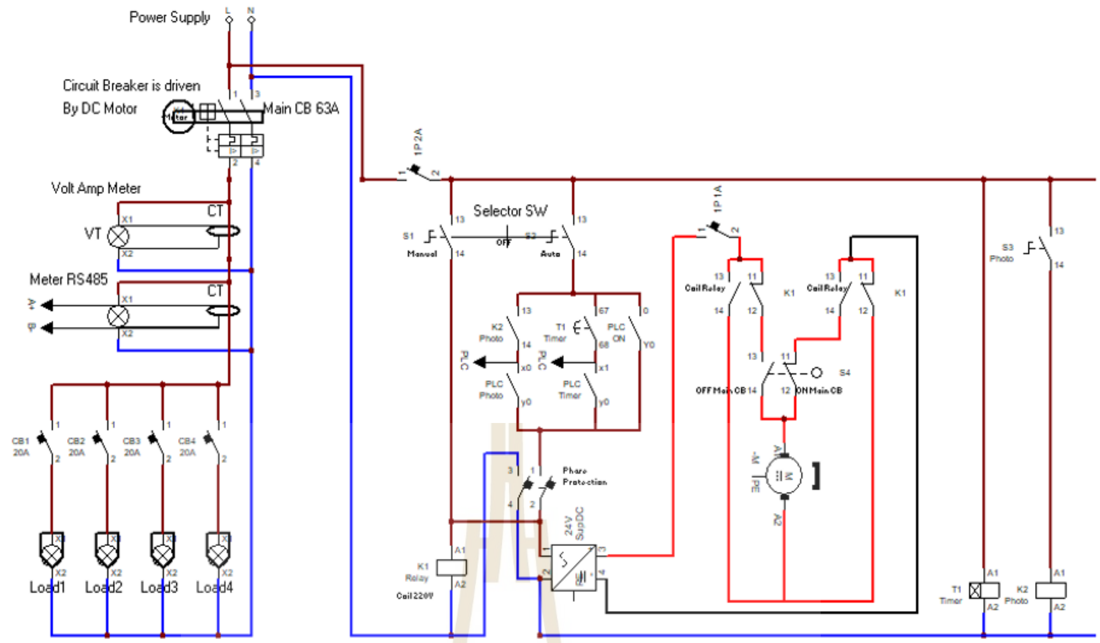
การทดสอบจะเป็นการทดสอบเพิ่มเติมและการทดสอบจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบคือ (1) การทดสอบเพื่อตรวจสอบการทำงานของ Sensor LDR โดยจะเขียนโปรแกรม PLC ลองรับเงื่อนไขและกำหนดเวลาของการทำงานเมื่อถึงเวลา 19:00 น. ตัวอุปกรณ์ Sensor LDR จะต้องทำงาน (2) การทดสอบเพื่อตรวจสอบการทำงานของ Digital Timer โดยจะเขียนโปรแกรม PLC ลองรับเงื่อนไขและกำหนดเวลาของการทำงานเมื่อถึงเวลา 06:00 น. ตัวอุปกรณ์ Digital Timer จะต้องทำงาน ดังนั้น ในกรณีที่อุกรณ์ทั้งสองไม่ทำงาน โปรแกรมก็จะส่งสัญญาณผ่านโครงค่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อแจ้งไปยังผู้รับว่า อุปกรณ์ตัวนั้นทำงานผิดปกติ



รูปที่ 3.26 การทำงานของระบบ IOT

3.5.4 การออกแบบทางไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อกับระบบ IOT เพิ่มเติม

จากการพิจารณาการเพิ่มระบบ IOT เพื่อเป็นการแจ้งสถานะการทำงานของอุปกรณ์ จึงได้มีการออกแบบวงจรเพื่อรองรับกับการเชื่อมต่อกับระบบ



รูปที่ 3.27 แบบวงจรทางไฟฟ้าในการควบคุมไฟตู้ถนนด้วยแขนกลเพิ่ม PLC ควบคุม

3.6 การคำนวณต้นทุนในการผลิตและต้นทุนในส่วนซัพพอร์ทเปรียบเทียบ

ในหลักของการออกแบบนั้น จะต้องคำนึงต้นทุนและค่าใช้จ่ายในส่วนอื่น ๆ เข้ามาร่วมด้วย โดยการคำนวณเปรียบเทียบตู้ควบคุมไฟส่องสว่างถนนขนาด 100 แอมป์ 1 เฟส 4 สาย พร้อมอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินและแรงดันไฟฟ้าตกแบบปรับค่าได้ และอุปกรณ์การหน่วงเวลาการเข้าระบบเมื่อแรงดันไฟฟ้าปกติ ควบคุมดวงโคมหลอด 250 วัตต์ จำนวนไม่เกิน 40 ดวงโคม โดยจะแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 ต้นทุนในการผลิตตู้แบบเดิม

รายการที่	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)	ราคาต่อชิ้น (บาท)	รวม (บาท)
1	ตู้สแตนเลสสำหรับภายนอก 40*57*22 ซม. ความหนาของสแตนเลส 2 มม. พร้อมหูแขวนตามมาตรฐาน กันน้ำ IEC 60529 พร้อมเรเซอร์ฝาตู้โลโก้ และชื่อของหน่วยงานจังหวัดที่ใช้งาน	1	4,900	4,900
2	เมนเบรกเกอร์ (MCCB) 2 โพล 100 AT/125AF ขนาด Ic >30KA at 240V	1	1,800	1,800
3	คอนแทคช่วย (Auxiliary Contact)	1	500	500

ตารางที่ 3.2 ต้นทุนในการผลิตตู้แบบเดิม (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)	ราคาต่อชิ้น (บาท)	รวม (บาท)
4	เบรกเกอร์ย่อย (MCCB) 1โพล 40 AT/60AF ขนาด lc >18KA at 230V	4	800	3,200
5	เบรกเกอร์คอนโทรล (MCB) 1 โพล ขนาด 2AT/60AF ขนาด lc >4.5KA at 230V	2	75	150
6	ชุดป้องกันไฟฟ้าแรงดัน ไฟฟ้าแบบปรับแรงดันตก/แรงดันเกิน แบบระบบดิจิตอล	1	750	750
7	ทามเมอร์สวิทย์ (สวิทย์นาฬิกา) 12V DC ชนิดระบบตัวเลข (แบบมีแบตเตอร์รี่สำรอง)	1	550	550
8	ชุดโฟโต้เซลส์ 12V DC (สวิทย์ทำงานด้วยแสง)	1	350	350
9	ชุดซ็อตเก็ต (ขาเสียบโฟโต้)	1	450	450
10	สวิทย์ซีเลคเตอร์ ON OFF ON	1	120	120
11	ชุดหัวต่อเข้าสายเมน ขนาด 1 1/2 นิ้ว	1	130	130
12	ชุดคอนเน็ตกันน้ำ ขนาด 1 1/2 นิ้ว	2	160	320
13	ชุดต่อตรงเกลียวใน 2 1/2 นิ้ว	1	75	75
14	ชุดยูแคล้มพร้อมน็อต 1 1/2 นิ้ว	2	40	80
15	ชุดท่อกันน้ำ 1 1/12	1	115	115
16	ชุดอุปกรณ์ประกอบพร้อมค่าแรง	1	1,750	1,750
รวม				15,240

ตารางที่ 3.3 ต้นทุนในการผลิตตู้แบบใหม่

รายการที่	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)	ราคาต่อชิ้น (บาท)	รวม (บาท)
1	ตู้สแตนเลสสำหรับภายนอก 40*57*22 ซม. ความหนาของสแตนเลส 2 มม. พร้อมหูแขวน ตามมาตรฐาน กันน้ำ IEC 60529 พร้อมเรเซอร์ฝาตู้โลโก้ และชื่อของหน่วยงานจังหวัดที่ใช้งาน	1	4,900	4,900
2	เมนเบรกเกอร์ (MCCB) 2 โพล 100 AT/125AF ขนาด lc >30KA at 240V	1	1,800	1,800
3	คอนแทคช่วย (Auxiliary Contact)	1	500	500

ตารางที่ 3.3 ต้นทุนในการผลิตตู้แบบใหม่ (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)	ราคาต่อชิ้น (บาท)	รวม (บาท)
4	เกียร์มอเตอร์ ชนิดขับฟันเฟือง ระบบ 12V DC	1	950	950
5	สวิทย์ซิ่ง หรือชุดแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 100W จาก 100-265V AC ให้เป็น 12V DC	1	550	550
6	เบรกเกอร์ย่อย (MCCB) 1โพล 40 AT/60AF ขนาด lc >18KA at 230V	4	800	3,200
7	เบรกเกอร์คอนโทรล (MCB) 1 โพล ขนาด 2AT/60AF ขนาด lc >4.5KA at 230V	2	75	150
8	ชุดป้องกันไฟฟ้าแรงดัน ไฟฟ้าแบบปรับแรงดันตก/แรงดันเกิน แบบระบบดิจิตอล	1	750	750
9	ทามเมอร์สวิทย์ (สวิทย์นาฬิกา) 12V DC ชนิดระบบตัวเลข (แบบมีแบตเตอร์รี่สำรอง)	1	550	550
10	คอนโทรลรีเรย์ พร้อม ซ็อตเก็ต My4 Coil 12V DC	2	240	480
11	ชุดโฟโต้เซลส์ 12V DC (สวิทย์ทำงานด้วยแสง)	1	350	350
12	ชุดซ็อตเก็ต (ขาเสียบโฟโต้)	1	450	450
13	สวิทย์ซีเลคเตอร์ ON OFF ON	1	120	120
14	ชุดหัวต่อเข้าสายเมน ขนาด 1 1/2 นิ้ว	1	130	130
15	ชุดคอนเน็ตกันน้ำ ขนาด 1 1/2 นิ้ว	2	160	320
16	ชุดต่อตรงเกลียวใน 2 1/2 นิ้ว	1	75	75
17	ชุดยูแคล้มพร้อมน็อต 1 1/2 นิ้ว	2	40	80
18	ชุดท่อกันน้ำ 1 1/12	1	115	115
19	ชุดอุปกรณ์ IOT Module	1	3,500	3,500
20	ชุดอุปกรณ์ประกอบพร้อมค่าแรง	1	2,350	2,350
รวม				21,320

จะเห็นได้ว่าตู้แบบใหม่จะมีราคาแพงกว่าตู้แบบเดิมอยู่ประมาณ 6,000 บาท แต่เนื่องจากตู้แบบเดิมมีการร้องเรียนจากผู้ใช้ไฟหรือประชาชนว่า มีการเสียและไฟดับบ่อย ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการออกไปซ่อมบำรุงสูง เมื่อคิดต้นทุนย้อนกลับมาทำให้เห็นว่าตู้แบบใหม่สามารถลดต้นทุนในการซ่อมบำรุงได้มากกว่า อีกทั้งยังมีระบบ IOT เพื่อแจ้งสถานะการทำงานของระบบ จึงทำให้สามารถรู้

สถานะของตู้ได้ว่าทำงานหรือไม่ทำงานอีกทั้งยังสามารถลดการร้องเรียนของผู้ใช้ไฟหรือประชาชนได้เนื่องจากเราสามารถเข้าไปแก้ไขได้ทันท่วงที

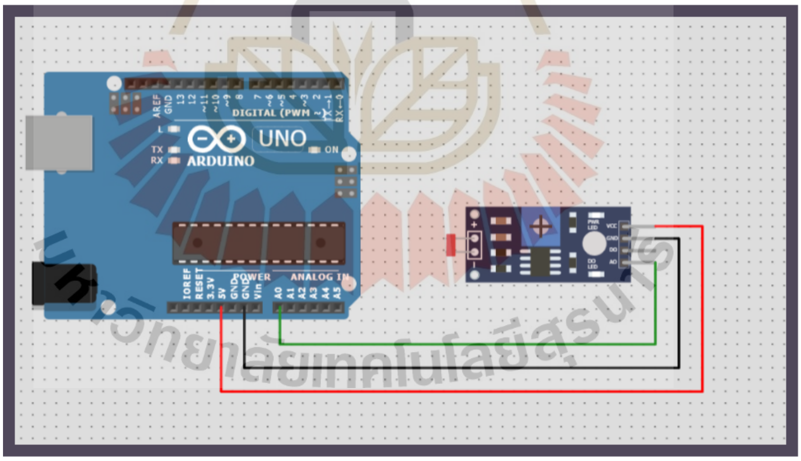
3.7 การปรับความไวต่อแสงของเซ็นเซอร์ Light Dependent Resistor: LDR

ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง (Light Dependent Resistor : LDR) เป็นอุปกรณ์กึ่งตัวนำ (Semi-conductor) ใช้วัดความสว่างของปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบริเวณฐานรองรับที่ไวต่อแสงที่ผลิตจาก แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) ซึ่งจะแปลงปริมาณทางแสงที่ตกกระทบเป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วยสัญญาณอนาล็อคหรือไมโครคอนโทรลเลอร์

ดังนั้น ในการปรับปรุงเพื่อให้ LDR สามารถปรับความไวต่อแสงได้ อาจจะใช้บอร์ด Arduino UNO กับโมดูล LDR เป็นโมดูลเซ็นเซอร์วัดความสว่างความเข้มแสง โดยใช้เซ็นเซอร์ LDR ในการตรวจจับ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจะทำให้ความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามความเข้มแสง โดยให้สัญญาณ Output ออกมา 2 แบบคือ

1) Analog ระดับความเข้มของแสง ที่วัดได้เป็นค่า 0-1023

2) Digital สัญญาณที่ได้คือ Logic 1 และ Logic 0 โดยหมุนตัว R ปรับค่าได้บนบอร์ดเพื่อตั้งระดับความต้องการของความเข้มแสง ว่าจะให้สว่างเท่าใดจึงจะส่งค่าเอาต์พุตออกมา



รูปที่ 3.28 การใช้โมดูล LDR ร่วมกับบอร์ด Arduino

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.8 สรุป

บทที่ 3 นี้ ได้อธิบายเกี่ยวกับหลักการออกแบบทั้งกลและทางไฟฟ้าเพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของระบบไฟถนนโดยการตัดต่อวงจรด้วย CB ที่ใช้แขนกลแทนระบบดั้งเดิมที่ใช้ magnetic contactor จากการออกแบบจำเป็นจะต้องคำนวณแรงทางกลเพื่อที่จะเลือกมอเตอร์ที่มีแรงบิดเพียงพอที่จะขับ CB ในขณะที่ ON หรือ OFF ผลการทดสอบจะรายงานต่อในบทที่ 4 ต่อไป

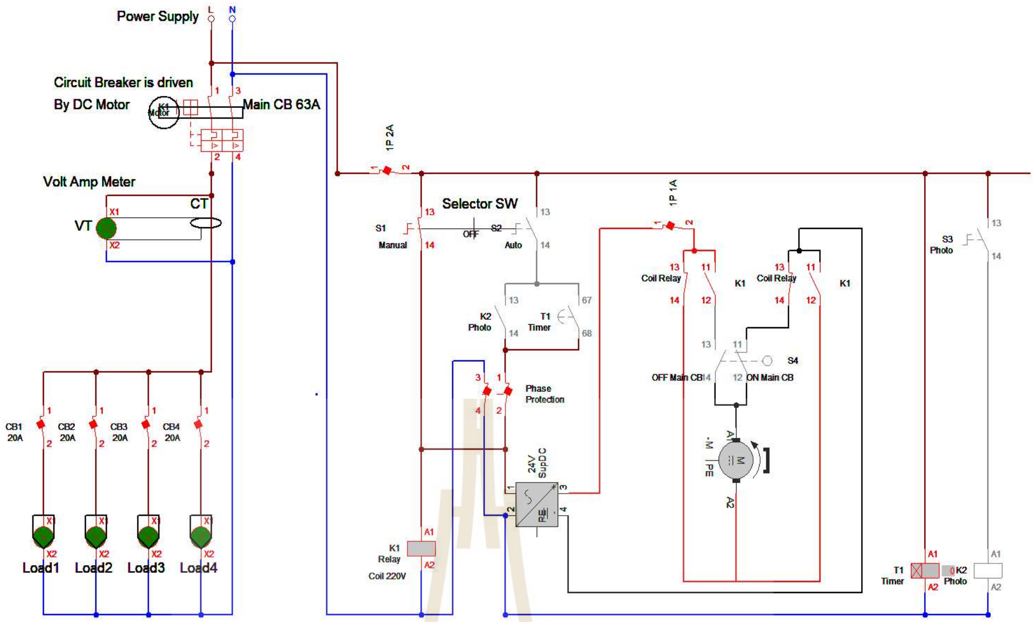
บทที่ 4
รายการทดสอบและฟังก์ชันการทำงานของตู้ควบคุมไฟส่องถนนด้วยแขนกล

บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบทั้งทางไฟฟ้าและทางกลที่ได้ออกแบบตามบทที่ 3 มาแล้วนั้น การจำลองผลด้วยซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ก็เป็นสิ่งที่สำคัญ ที่ป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดจากการออกแบบ โดยมีรายละเอียดการทดลองและทดสอบดังต่อไปนี้

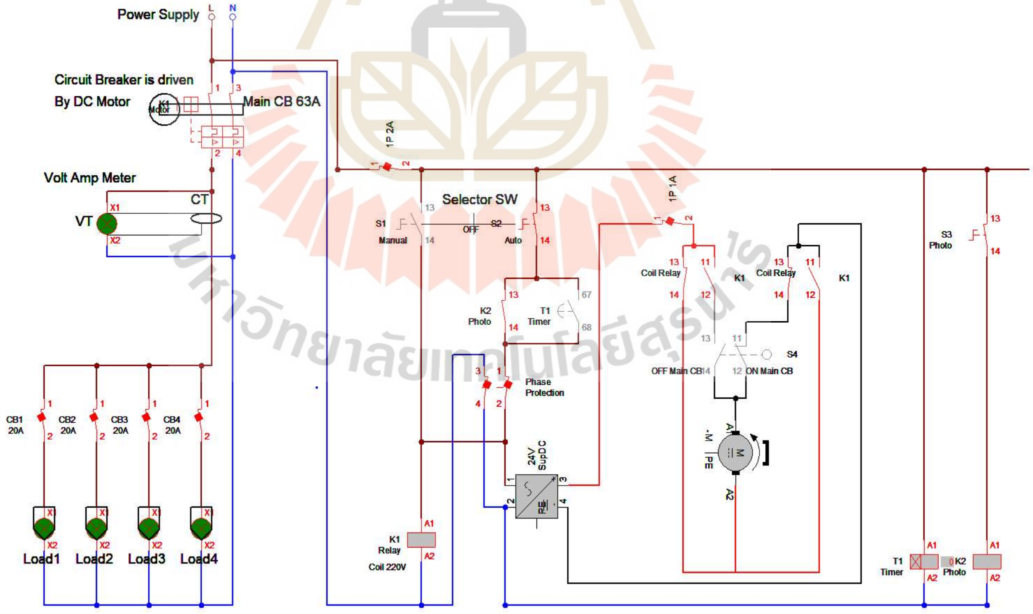
4.1 บทนำและผลการจำลองด้วยโปรแกรม CADSim3.0

หลักการของแบบของการทำงานของตู้ควบคุมไฟฟ้าถนนด้วยการจำลองซอฟแวร์คอมพิวเตอร์เพื่อให้มั่นใจว่าออกแบบได้ถูกต้องและเป็นไปตามแนวติดของการควบคุม CB ด้วยแขนกลโดยพิจารณาดังรูปที่ 4.1 เป็นการจำลองระบบด้วยการบิด selector switch มายังตำแหน่ง Manual ผลปรากฏว่าไม่กระแสไฟฟ้าผ่านไปยัง coil ของ relay ควบคุมให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถ on CB ได้ แล้วทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังโหลดหลอดไฟฟ้าได้ และรูปที่ 4.2 เป็นการจำลองระบบด้วยการบิด selector switch มายังตำแหน่ง Auto ซึ่งกำหนดให้ระบบทำงานด้วย Photo Sensor และรูปที่ 4.3 เป็นการจำลองระบบด้วยการบิด selector switch มายังตำแหน่ง Auto ทำงานด้วย Timer ซึ่งการออกแบบวงจรทางไฟฟ้านี้จุดเด่น คือ power supply แบบที่เลือกมานี้มีค่าความจุไฟฟ้าคงค้างที่สามารถขับมอเตอร์ไขนณะที่ไม่มีกระสไฟฟ้าจากสายเมนหลัก จะทำงานได้อีก 7 วินาทีซึ่งเพียงพอแก่การทำงานของมอเตอร์เพื่อปิด CB

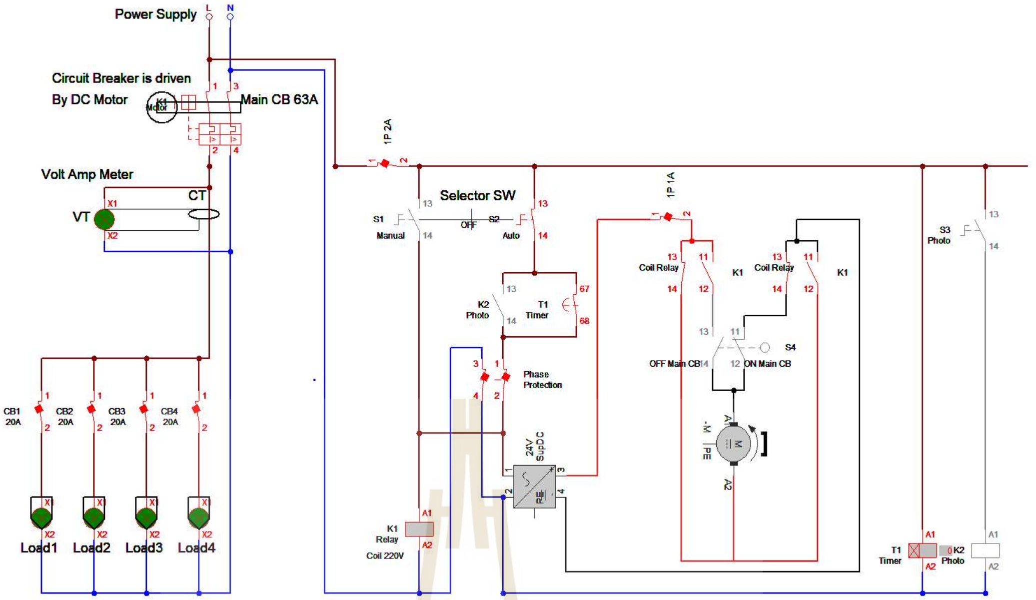
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.1 การจำลองระบบด้วยการบิด selector switch มายังตำแหน่ง Manual

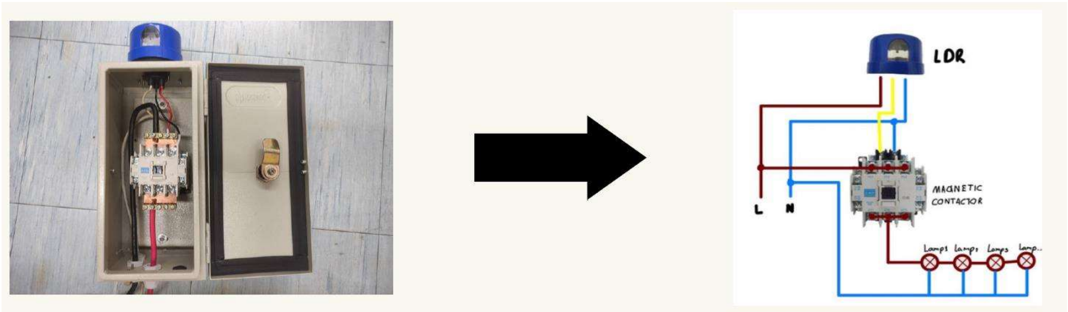


รูปที่ 4.2 การจำลองระบบด้วยการบิด selector switch มายังตำแหน่ง Auto ทำงานด้วย Photo Senser

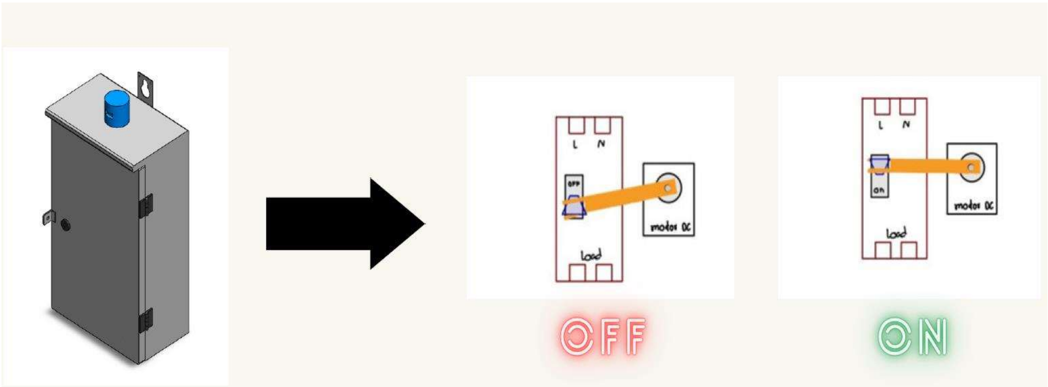


รูปที่ 4.3 การจำลองระบบด้วยการบิด selector switch มายังตำแหน่ง Auto ทำงานด้วย Timer

พิจารณาจากโจทย์ปัญหาที่ได้รับจากสถานประกอบการ คือ การทำงานด้วย Magnetic Contactor ในการควบคุมจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านปัญหาคือ กระแสไฟฟ้าจ่ายแช่ขดลวดทำให้ขดลวดร้อนและปัญหาเรื่องแรงดันตก แรงดันเกินก็มีผลทำให้ขดลวดไหม้ ดังรูปที่ 4.4 เป็นวงจรการทำงานของระบบเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบัน จึงทำให้ต้องใช้อุปกรณ์ตัวอื่น ในการตัดต่อวงจรทางไฟฟ้าแทนสิ่งที่เลือกคือใช้เซอร์กิตเบรคเกอร์ในการตัดต่อวงจรแทน โดยใช้แขนกลในการขับโดยออกแบบวงจรให้เหมาะสมเพราะเซอร์กิตเบรคเกอร์นั้นเมื่อเปิดระบบก็จะจบกระบวนการทำงาน ไม่ได้มีกระแสจ่ายค้างเหมือนกับ Magnetic และยังคงปกป้องโหลดทางไฟฟ้าเมื่อมีกระแสเกินได้อีกซึ่งเป็นฟังก์ชันการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์อยู่แล้ว



รูปที่ 4.4 การทำงานของเซนเซอร์แสง LDR ร่วมกับ magnetic Contactor

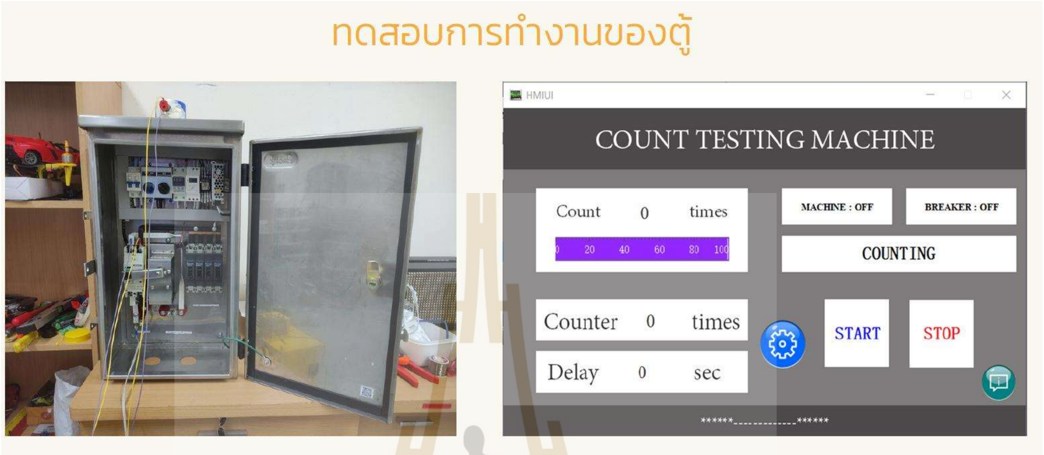


รูปที่ 4.5 แนวคิดในการปิดหรือปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้วยแขนกล

ดังนั้น หลักการแก้ปัญหาในที่นี้จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการขับให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานผ่านแขนกลเป็นง่ามในการโยกคันโยกของเบรกเกอร์ให้เปิดหรือปิดวงจรดังรูปที่ 4.5 ซึ่งอาศัยหลักการคำนวณและออกแบบในเชิงวิศวกรรมในเรื่องของแรงบิดในการเอาชนะแรงรั้งที่คันโยกของเซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อให้สอดคล้องกับเซนเซอร์จะต้องทำการออกแบบวงจรไฟฟ้าที่ให้วงจรมอเตอร์ขับเบรกเกอร์และเบรกเกอร์ไม่ได้รับความเสียหาย หากออกแรงมากเกินไปคันโยกอาจจะแตกหักได้ และอีกประการหนึ่งหากไฟหลักมีความผิดพร่องระบบจากปิดเบรกเกอร์โดยอัตโนมัติ และเรื่องแรงดันตกหรือแรงดันเกินสามารถใช้ phase protection มาช่วยในการปกป้องโหลดทางไฟฟ้าได้อีกด้วยดังในรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 ตัวอย่าง phase Protection รุ่น SINOTIMER SVP-916 230โวลต์ 63 A

รูปที่ 4.7 เป็นรูปเกี่ยวกับการทดสอบตู้จริงโดยใช้ HMI ร่วมกับ PLC ในการช่วยในการนับจำนวณครั้งในการปิดหรือเปิด CB โดยแสดงการจำลองรอบใน 1 วัน ตั้งแต่เช้าเมื่อมีแสงและเวลาค่ำเมื่อไม่มีแสง โดยช่องรายระเอียดในการแสดงจะอยู่ในภาคผนวก ข เครื่องทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนน



รูปที่ 4.7 หน้าต่าง HMI การทดสอบสมรรถนะของตู้ควบคุมไฟถนนด้วยแขนกล

จากการศึกษาและสร้างตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ได้มีการออกแบบตารางบันทึกผลการทดสอบ ดังนี้

4.2 ผลการทดสอบโหมดการทำงานแบบ Manual และ โหมด Auto

โหลดการทำงานที่ทดสอบเริ่มจากโหลด Manual ซึ่งมีรายการอุปกรณ์ที่นำมาต่อภายในตู้ควบคุม ทั้งหมด 9 รายการผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ โหมด Manual

ลำดับ	รายการทดสอบ	จำนวนการทดสอบ (ครั้ง)					
		0	20	40	60	80	100
1	Main Circuit Breaker	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Mini Circuit Breaker C1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Mini Circuit Breaker C2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Mold Case Circuit Breaker Load 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Mold Case Circuit Breaker Load 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ โหมด Manual (ต่อ)

ลำดับ	รายการทดสอบ	จำนวนการทดสอบ (ครั้ง)					
		0	20	40	60	80	100
6	Mold Case Circuit Breaker Load 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	Mold Case Circuit Breaker Load 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	LDR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	Sino timer	✓	✓	✓	✓	✓	✓

อธิบายสัญลักษณ์ เครื่องหมาย ✓ คือ อุปกรณ์สามารถทำงานได้
เครื่องหมาย ✕ คือ อุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้

จากผลการทดสอบในโหมดการทำงานแบบ Manual ของตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ทดสอบโดยการเปิด-ปิด Selector Switch พบว่ารายการอุปกรณ์ที่ทดสอบทั้ง 9 ชิ้น ทำงานได้ปกติไม่มีผิดพลาดแต่อย่างใด จากนั้นได้ทำงานทดสอบโหมดการทำงานแบบ Auto โดยแสดงผลดัง ตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ โหมด Auto

ลำดับ	รายการทดสอบ	จำนวนการทดสอบ (ครั้ง)						
		300	600	900	1200	1500	1800	2000
1	Main Circuit Breaker	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Mini Circuit Breaker C1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Mini Circuit Breaker C2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Mold Case Circuit Breaker Load 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Mold Case Circuit Breaker Load 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	Mold Case Circuit Breaker Load 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	Mold Case Circuit Breaker Load 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	LDR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	Sino timer	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	Timer	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	Power Supply	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	Motor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อธิบายสัญลักษณ์ เครื่องหมาย ✓ คือ อุปกรณ์สามารถทำงานได้
เครื่องหมาย ✕ คือ อุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้

จากผลการทดสอบในโหมดการทำงานแบบ Auto ของตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ทดสอบโดยการจำลองในสภาวะที่มีแสงสว่างและไม่มีแสงสว่างโดยใช้เครื่องทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ พบว่ารายการอุปกรณ์ที่ทำการทดสอบทั้ง 12 ชิ้น ทำงานได้ปกติ ไม่มีผิดพลาดแต่อย่างใด

4.3 ผลการทดสอบตามมาตรฐานสากล IEC 61439-1:2011

การทดสอบตามมาตรฐานสากล จะเป็นการทดสอบจากสถาบันที่เชื่อถือได้และเป็นที่ยอมรับ และการทดสอบครั้งนี้จะเป็นการทดสอบจาก สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ Electrical and Electronic Institute (EEI) โดยแสดงผลดังตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลทดสอบตามมาตรฐานสากล IEC 61439-1:2011

Clause	Requirement - Test	Verdict
5	INTERFACE CHARACTERISTICS.	P
5.2	Voltage ratings.	P
5.3	Current ratings.	P
5.4	Rated diversity factor (RDF).	P
5.5	Rated frequency (fn).	P
5.6	Other characteristics.	P
7	SERVICE CONDITIONS.	P
7.1	Normal service conditions.	P
9	PERFORMANCE REQUIREMENTS.	P
9.1	Dielectric properties.	P
9.2	Temperature rises limits.	P
9.4	Electromagnetic compatibility (EMC).	P
10	DESIGN VERIFICATION.	P
10.2	STRENGTH OF MATERIALS AND PARTS.	P
10.3	DEGREE OF PROTECTION OF ASSEMBLIES.	P
10.4	CLEARANCES AND CREEPAGE DISTANCES	P
10.6	INCORPORATION OF SWITCHING DEVICES AND COMPONENTS.	P

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ผลทดสอบตามมาตรฐานสากล IEC 61439-1:2011 (ต่อ)

Clause	Requirement - Test	Verdict
10.9	DIELECTRIC PROPERTIES.	P
10.10	VERIFICATION OF TEMPERATURE RISE.	P
10.12	ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC).	P
10.13	MECHANICAL OPERATION.	P
J.9.4	Performance requirements.	P
J.9.4.1	General.	P
J.10.12	Tests for EMC.	P

ตารางที่ 4.4 Clearance and creepage distance measurements

Clearance cl and creepage Distance dcr at/of:	Ui (V)	Uimp (kV)	Required cl (mm)	cl (mm)	Required dcr (mm)	Dcr (mm)
Between Live part and neutral.	690	2.5	1.5	10.7	10.0	10.9
Supplementary information: N						

ตารางที่ 4.5 Temperature rise

Thermocouple Locations	Temperature Measured, (℃)	Max. Temperature Limit, (℃)
Incoming wire of Main L in	23.3	70
Incoming wire of Main N in	28.3	70
Outgoing Busbar of Neutral	23.1	105
Busbar of Neutral	29.2	105
Busbar of Line	29.8	105
Busbar terminal of Line	29.1	105
insulating material Cover wire way	21.0	-
Control wire of Main, CB	26.0	70
Incoming wire of power supply	20.1	70
Outgoing Wire Line of CB	30.5	70
Outgoing Wire Neutral of MCCB	21.6	70
Cover of Main, MCCB	24.5	40

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 Temperature rise (ต่อ)

Thermocouple Locations	Temperature Measured, (℃)	Max. Temperature Limit, (℃)
Cover of outgoing unit, MCCB	21.4	40
Cover of beaker control, CB	17.4	40
Operating handle of Main MCCB	22.8	40
Operating handle of Outgoing MCCB	18.7	40
Operating handle of CB	18.3	40
Cover of Coil Relay	29.7	-
Cover of Timer	23.0	-
Cover of Voltage protector	17.9	-
Metal material cover Selector switch	17.5	-
Operating handle of Selector switch	17.8	40
Cover of Photo sensor	1.7	-
Metal handle and lock	5.1	30
Metal Side Enclosure	6.1	30
Metal material Front Enclosure (for outside cover)	5.9	40
Metal Back Enclosure	8.4	30
Air temperature in ASSEMBLY	40.0	-
Supplementary information: N		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4 ผลการทดสอบระบบโดยการติดตั้งใช้งานจริง

4.4.1 การทดสอบจากการติดตั้งที่ แขวงกลมทางหลวงจังหวัดอ่างทาง ถนนสายหลักอ่างทอง

รูปที่ 4.8 การทดสอบจากการติดตั้งที่จังหวัดอ่างทาง

4.4.2 การทดสอบจากการติดตั้งที่ พล. 2036 ช่วง กม.ที่ 38+748 ทช. จังหวัดพิษณุโลก

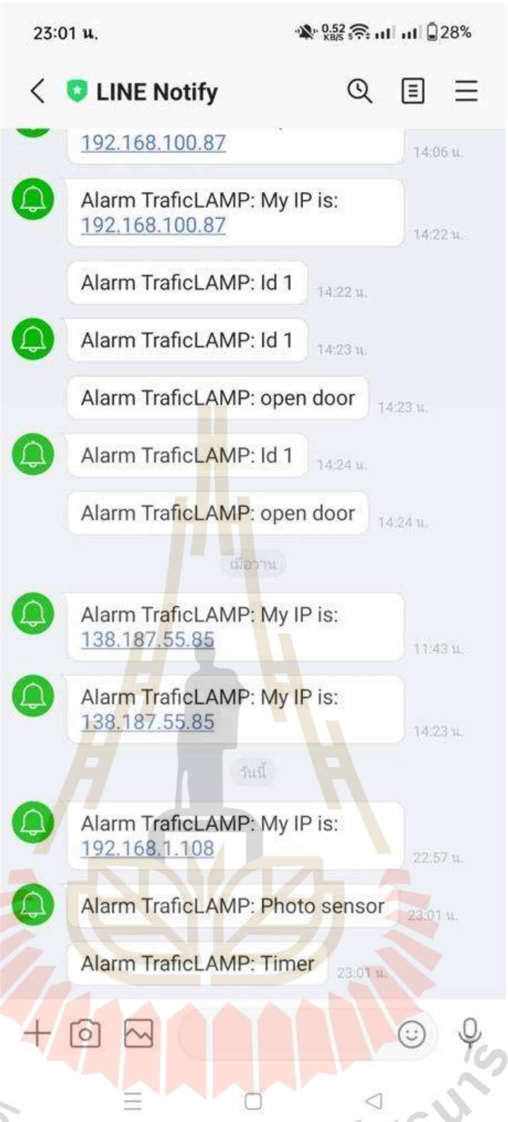
รูปที่ 4.9 การทดสอบจากการติดตั้งที่จังหวัดพิษณุโลก

4.4.3 การทดสอบจากการติดตั้งที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ถนนโรงพยาบาล มทส.

รูปที่ 4.10 การทดสอบจากการติดตั้งที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.5 ผลการทดสอบระบบ IOT

จากการทดสอบโดยการจำลองการใช้งานจริง เพื่อให้ระบบได้เชื่อมต่อกับซิมการ์ด โดยการแจ้งเตือนจะเป็นการแจ้งเตือนผ่าน แอปพลิเคชัน LINE Notify การแจ้งเตือนจะขึ้นอยู่กับการระบุตัวอักษร ข้อความ หรือตัวเลขก็ได้ ในที่นี้การตั้งค่าการแจ้งเตือนเป็นข้อความ ตามตัวอย่างในรูปที่ 4.11



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.11 การแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์

4.6 สรุป

จากผลการทดสอบและการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนด้วยแขนกลที่ออกแบบ ได้ทำงานตามฟังก์ชันได้ 100% ไม่มีข้อผิดพลาดประการใด วัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในการติดตั้งก็มีผลต่อการทดสอบ 2000 ครั้ง ซึ่งเป็นจำนวนครั้งที่มากเพียงพอแก่การใช้งาน โดยจะสรุปผลต่าง ๆ และอุปสรรคในบทถัดไป

บทที่ 5
สรุปและงานที่ทำในอนาคต

จากการศึกษาและสร้างตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ เมื่อทำการทดสอบในโหมด Auto ทั้งหมด 2,000 ครั้ง และในโหมด Manual ทั้งหมด 100 ครั้ง พบว่าตู้ควบคุมไฟถนนฯ สามารถทำงานได้จริงในโหมด Auto และ Manual ตรงตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน โดยที่งานวิจัยนี้ สร้างต้นแบบของตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกล เพื่อแก้ปัญหาขดลวดที่มีความร้อนสะสมซึ่งทำให้เกิดความเสียหาย จากตู้ควบคุมไฟถนนแบบเดิมที่ใช้อุปกรณ์เป็นแมกเนติกคอนแทคเตอร์ โดยตู้ควบคุมใหม่ที่ออกแบบจะใช้แขนกลมาเป็นตัวควบคุมในการปิด-เปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์แทนการใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ ทำให้ไม่มีการสะสมความร้อนที่ ผลที่ได้จากโครงงานคือต้นแบบของตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สามารถนำไปใช้ได้จริงตามฟังก์ชันการใช้งาน หลักการออกแบบทางวิศวกรรมโดยเน้นถึงความปลอดภัยตามมาตรฐานการติดตั้งของ วสท. ซึ่งได้มีการทดสอบรอบการเปิด-ปิดเครื่องมากกว่า 2000 ครั้ง ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ได้กำหนดของการประกันงาน 2 ปี และการทดสอบของอุปกรณ์ต่าง ๆ ฟังก์ชันของอุปกรณ์ส่วนควบผ่านเกณฑ์การทดสอบทั้งหมด

5.1 ปัญหาที่พบ

เซ็นเซอร์ LDR ไม่สามารถปรับการรับค่าความสว่างแต่ละระดับได้

5.2 แนวทางการแก้ปัญหา

ไม่สามารถแก้ปัญหาของเซ็นเซอร์ LDR ได้ เนื่องจากเป็น Module สำเร็จ

5.3 การยื่นอนุสิทธิบัตร

ตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ได้ยื่นจดอนุสิทธิบัตรแล้วในวันที่ 23 สิงหาคม 2566 เลขที่คำขอ 2303002319 เลขที่หนังสือ A256603579

5.4 การยื่นคำขอบัญชีนวัตกรรมไทย

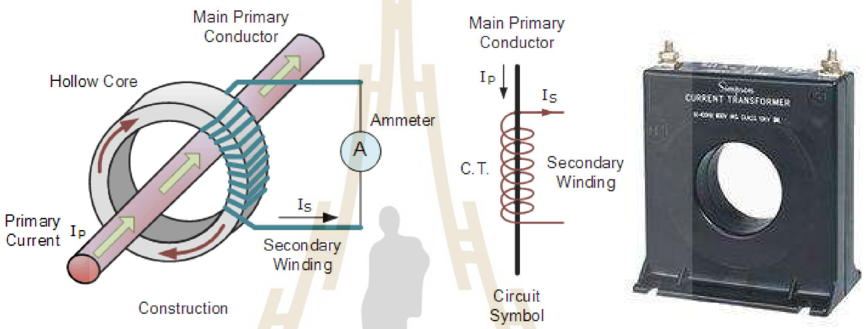
ได้มีการขอขึ้นบัญชีนวัตกรรมไทยในวันที่ 25 กันยายน 2566 โดยการขึ้นบัญชีนวัตกรรมไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จะใช้เวลาพิจารณาประมาณ 2 เดือน โดยจะถูกพิจารณาจาก สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

5.5 ข้อเสนอแนะ

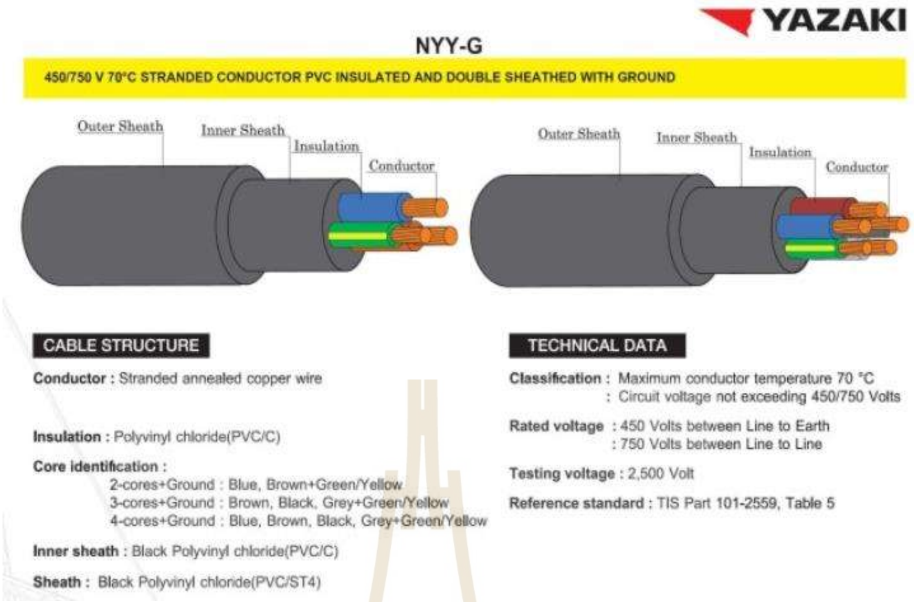
ตู้ควบคุมไฟถนนแบบอัตโนมัติโดยใช้แขนกลในการเปิด-ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ในด้าน IoT สามารถเพิ่มระบบแจ้งเตือนกันขโมย โดยใช้หลักการการตรวจจับกระแสจากโหลดการใช้งานจริงดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 การตรวจจับกระแสด้วย Current Transformer

และยังสามารถตรวจจับการทำงานของหลอดไฟได้ด้วย โดยการคำนวณกระแสของการใช้งานแต่ละหลอดแล้วจึงไปทำการเซ็ตค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม PLC เมื่อมีหลอดไฟหลอดหนึ่งดับ จะทำให้กระแสของโหลดการใช้งานก็จะน้อยลง จึงทำให้ระบบสามารถตรวจจับความต่างของกระแสที่เกิดขึ้นได้

ในกรณีที่ต้องการตรวจจับการลักขโมยตัดสายไฟ สามารถทำได้โดยการเพิ่มสายอีกสายหนึ่งเข้าไปในระบบ สายนี้จะเป็นสายสัญญาณ เมื่อสายสัญญาณโดนตัดระบบก็จะตรวจจับได้และแจ้งไปยังผู้ที่รับผิดชอบหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบในขณะนั้น ตัวอย่างของสายไฟที่มีใช้ในปัจจุบันดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 มาตรฐานสายไฟในปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

[1] นายนิวัติ สร้อยมาลี. 2556, การศึกษาจุดเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุภายในพื้นที่ตำบลโบสถ์ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา, วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, สำนักวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2] Khoza J., Nwulu N., and Musasa K., 2018 Automatic Solar Street Light Design, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 27-29 Sep 2018, Washington DC, United States, pp. 908-913

[3] Pasolini G., Toppan P., Zabini F., Castro C. D., and Andrisano O., 2019 Design, Development and Evolution of Heterogeneo Smart Public Lighting Systems, Applied Sciences, 2019, 9, 3281.

[4] Saad M., Farij A., Salah A and Abdaljalil K., 2013 Automatic Street Light Control System Using Microcontroller, Mathematic Method and Optimization Techniques in Engineering, Oct 2013, pp. 92-96

[5] นายช่างมาแชร์. (2561). **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**. สืบค้น 18 เมษายน 2565. จาก https://naichangmashare.com/2021/05/28/electric-motor-ep-1/

[6] The Invention. (2564). **มอเตอร์ไฟฟ้าคืออะไร.** สืบค้น 18 เมษายน 2565. จาก https://www.ai-corporation.net/2021/11/16/what-is-a-motor/

[7] factomart. (2561). **เซอร์กิตเบรกเกอร์ ศูนย์รวมข้อมูล**. สืบค้น 18 เมษายน 2565. จาก https://my.factomart.com/products/fuse-circuit-breaker/circuit-breaker

[8] factomart. (2561). **Switching Power Supply**. สืบค้น 25 เมษายน 2565. จาก https://mall.factomart.com/type-of-switching-power-supply/

[9] พิสิษฐ์ สุขเจริญ. (2565). **เครื่องตั้งเวลา Digital Timer Relay**. สืบค้น 30 พฤษภาคม 2565. จาก http://www.smartpstore.com/product/6/เครื่องตั้งเวลา-digital-timer-relay-thc-15a-12vdc-16a

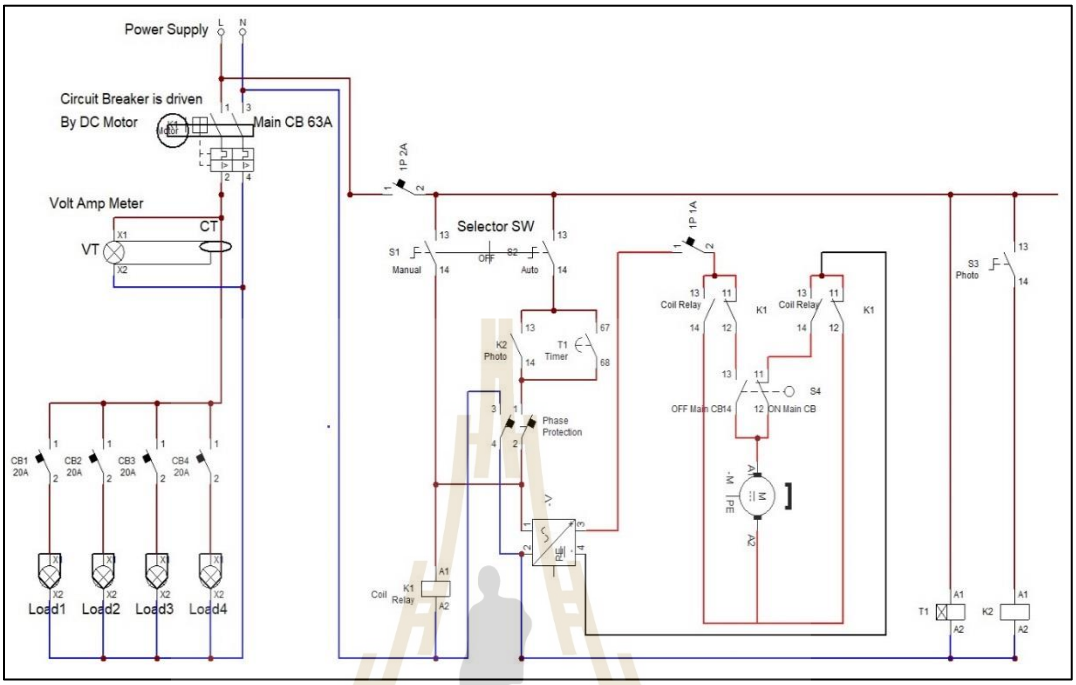
[10] ราหุล. (2564). **แนะนำ วิธีใช้งาน SINOTIMER**. สืบค้น 30 พฤษภาคม 2565. จาก https://like1.vn/แนะนำ-วิธีใช้งาน-sinotimer-อุปกรณ์

ภาคผนวก ก

วงจรไฟฟ้า อุปกรณ์และแบบของตู้ควบคุมไฟถนนฯ

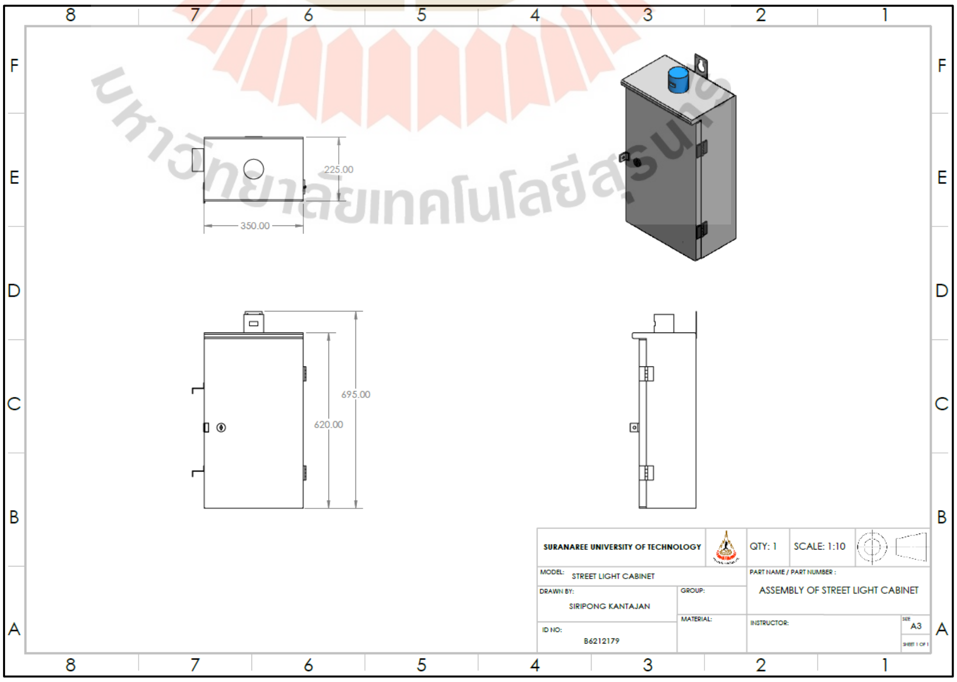
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. วงจรไฟฟ้าของตู้ควบคุมไฟถนนฯ ออกแบบโดยใช้โปรแกรม CADeSIMU

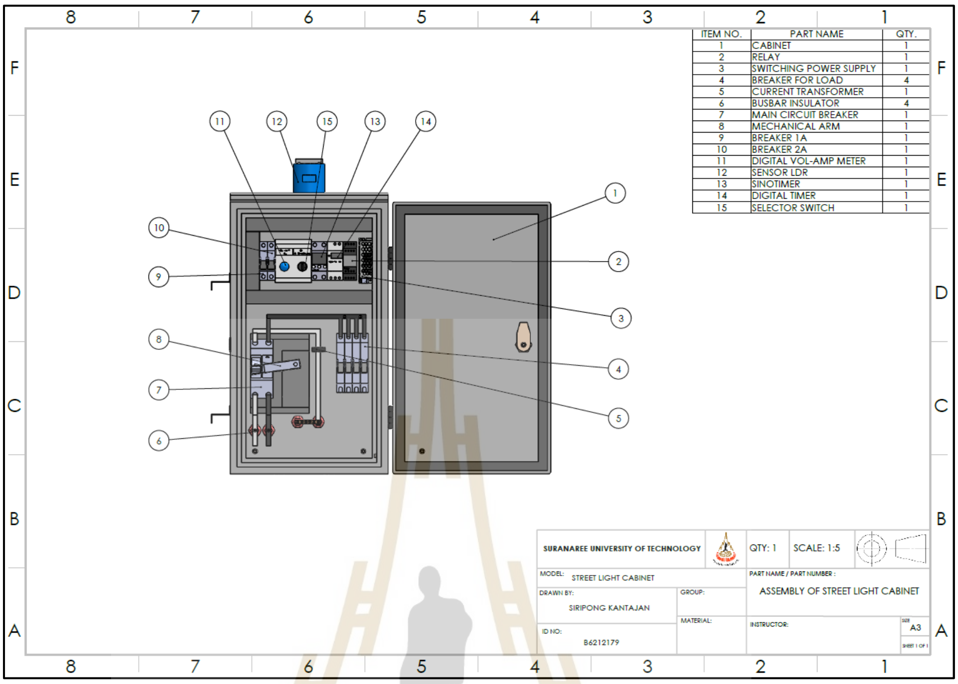


2. รายละเอียดของตู้ควบคุมไฟถนนฯ

2.1 ออกแบบตู้ควบคุมไฟถนนฯ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks



2.2 อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมไฟถนนฯ



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

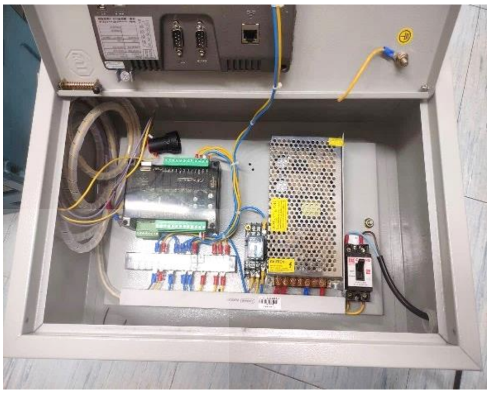
เครื่องทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. เครื่องทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ

1.1 รูปของเครื่องทดสอบ

รูปด้านหน้าของเครื่องทดสอบ (รูปซ้าย) และรูปภายในของเครื่องทดสอบ (รูปขวา)

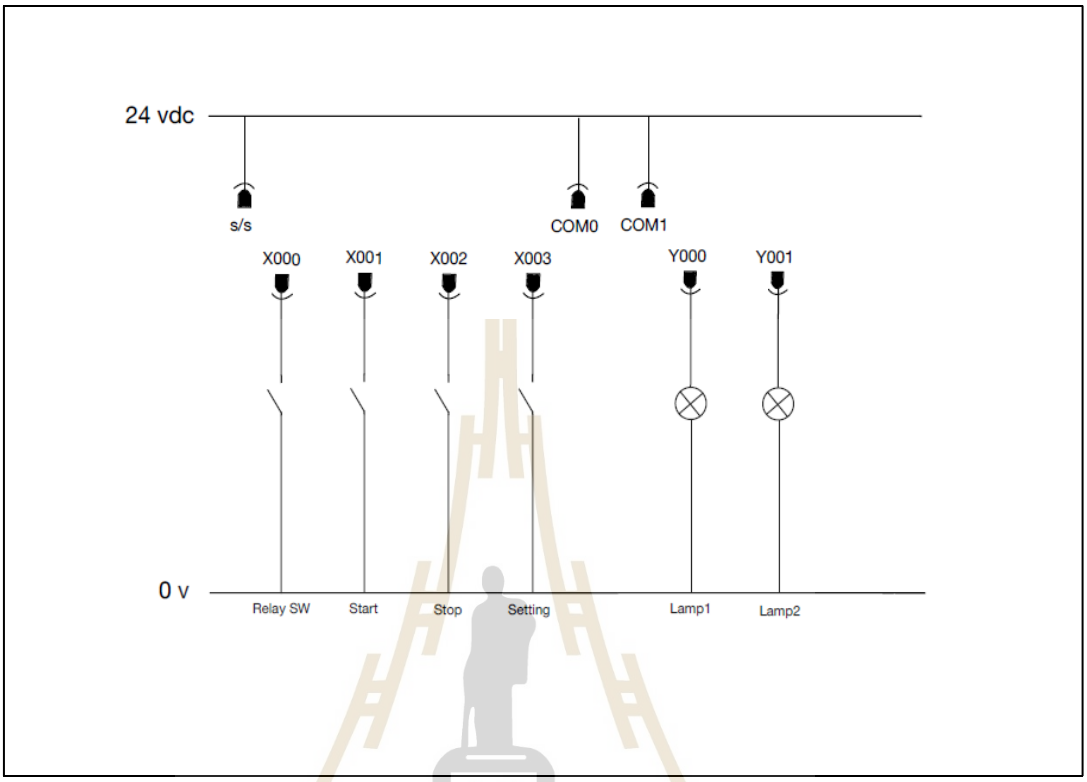


1.2 อุปกรณ์ของเครื่องทดสอบ

- หน้าจอ Touchscreen Wecon
- PLC Fx2N
- Power Supply
- Relay 220V
- Circuit Breaker
- หลอดไฟ LED

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. I/O Diagram ของเครื่องทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมไฟถนนฯ



X0 คือ แสดงสถานะ Breaker ON/OFF

X1 คือ Start

X2 คือ Stop

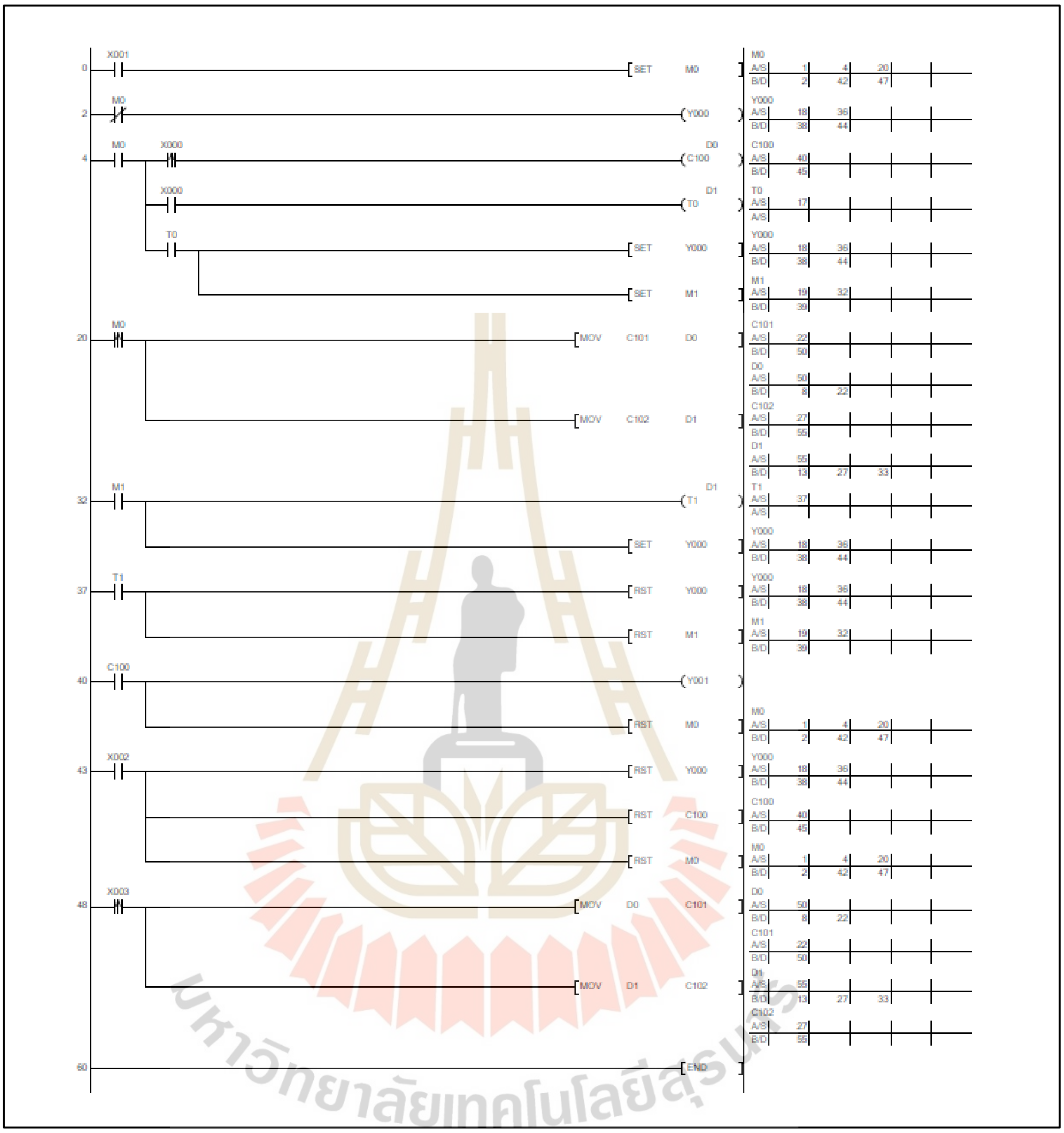
X3 คือ Set Value

Y0 คือ หลอดไฟ LED

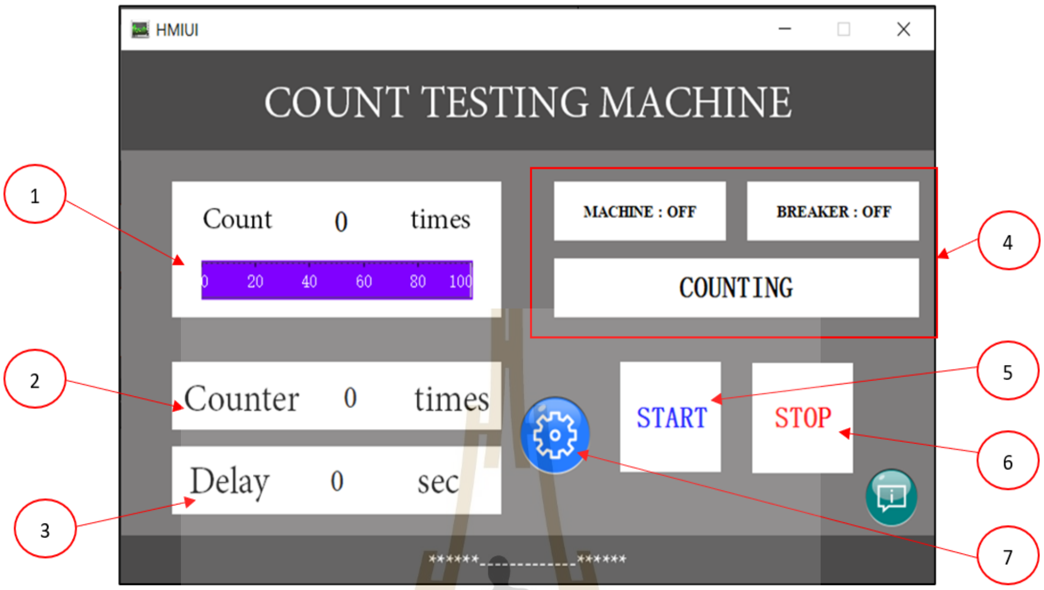
Y1 คือ แสดงสถานะการนับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. Ladder Diagram PLC



4. HMI Touchscreen



อธิบายสัญลักษณ์

หมายเลข 1 คือ แสดงจำนวนครั้งที่นับได้

หมายเลข 2 คือ ต้องการนับกี่ครั้ง

หมายเลข 3 คือ หน่วงเวลานับต่อครั้ง

หมายเลข 4 คือ แสดงสถานะ

หมายเลข 5 คือ เริ่มการทำงาน

หมายเลข 6 คือ หยุดการทำงาน

หมายเลข 7 คือ ตั้งค่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

การตั้งค่า Sinotimer และ Digital Timer Switch

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. การตั้งค่า Sinotimer

การตั้งค่า กด SET ค้างไว้ 3 วินาที ตามขั้นตอน ดังนี้

P01 Over Voltage Protection Value 221-300 VAC

คือ ค่าป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน แนะนำตั้ง 250 V เมื่อไฟเกิน 250 V เป็นเวลา 0.1 วินาที (P03 = 0.1) จะสั่งตัดวงจร

P02 Over Voltage Recovery Value 220-299 VAC

แนะนำตั้ง 240 V หลังจากเกิดสภาวะไฟเกินแล้ว เมื่อแรงดันกลับมาเท่ากับ 240 V หรืออยู่ในช่วงที่กำหนด เป็นเวลา 60 วินาที (P09 = 60) จะสั่งต่อวงจรอัตโนมัติ

P03 Over Voltage Protection Action Time 0.1-10 Second

คือ เวลาที่ยินยอมให้เกิดสภาวะไฟเกิน แนะนำตั้ง 0.1 วินาที เนื่องจากสาเหตุไฟเกินมักเป็นสภาวะไฟกระชากอย่างรวดเร็ว

P04 Under Voltage Protection Value 219-150 VAC

คือ ค่าป้องกันแรงดันไฟฟ้าต่ำ แนะนำตั้ง 190 V เมื่อไฟต่ำกว่า 190 V เป็นเวลา 3.0 วินาที (P06 = 3.0) จะสั่งตัดวงจร

P05 Under Voltage Recovery Value 151-220 VAC

แนะนำตั้ง 200 V หลังจากเกิดสภาวะไฟตกแล้ว เมื่อแรงดันกลับมาเท่ากับ 200 V หรืออยู่ในช่วงที่กำหนด เป็นเวลา 60 วินาที (P09 = 60) จะสั่งต่อวงจรอัตโนมัติ

P06 Under Voltage Protection Action Time 0.1-10 Second

คือ เวลาที่ยินยอมให้เกิดสภาวะไฟตก แนะนำตั้ง 3.0 วินาที เพื่อหลีกเลี่ยงสภาวะไฟตกชั่วขณะ เนื่องจากโหลดบางชนิด เช่น ปั๊มน้ำ, แอร์ จะกินกระแสมากช่วงเริ่มทำงานเป็นเหตุให้แรงดัน

ลดลงชั่วขณะ หากแรงดันต่ำเป็นเวลามากกว่า 3.0 วินาที จึงตีความได้ว่าเกิดสภาวะไฟตกโดยสมบูรณ์ จึงสั่งตัดวงจรไป

P07 Reconnect Delay Time 2-512 Second

แนะนำตั้งตามความเหมาะสมตามลักษณะการใช้งาน

1) ใช้ป้องกันไฟบ้านทั้งหลังตั้งไว้ 63 A หรือเท่ากับ MCB (โดยทั่วไป 63 A)

2) ใช้ป้องกันวงจรย่อย เช่น ปั๊มน้ำ 1.5 HP กินกระแส 8 A ตั้งไว้ 10 A หรือตามค่ากระแสพิกัดที่ผู้ผลิตมอเตอร์แจ้งไว้

P08 Power on Delay Time 2-512 Second

คือ ค่าเวลาที่ยินยอมให้เกิดสภาวะกระแสโหลดเกิน แนะนำตั้ง 5.0 วินาที เพื่อหลีกเลี่ยงสภาวะไฟกระแสเกินชั่วขณะ เนื่องจากโหลดบางชนิด เช่น ปั๊มน้ำ, แอร์ จะกินกระแสมากช่วงเริ่มทำงานหรือมีการใช้งานโหลดหลายอย่างพร้อมกันเป็นเหตุให้กระแสเกินชั่วขณะ หากกระแสเกินเป็นเวลามากกว่า 5.0 วินาที จึงตีความได้ว่าเกิดสภาวะกระแสโหลดเกินโดยสมบูรณ์ จึงสั่งตัดวงจรไป

P09 Manual or Auto Reset Method : Au (Auto) และ HA (Manual)

คือ ค่าเวลาการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าหลังเกิดความผิดพร่องทางไฟฟ้าขึ้น ไฟเกิน, ไฟตก หรือ กระแสเกิน ตามพารามิเตอร์ P02, P05 และ P07 ที่ตั้งไว้ หากคุณภาพไฟฟ้าของในค่าที่กำหนดเป็นเวลา 60 วินาที จึงสั่งต่อวงจรอัตโนมัติ

P10 Records (for latest 5 records)

คือ ค่าเวลาหน่วงสำหรับการจ่ายฟ้าไฟ้เริ่มใช้งาน หรือหลังจากเกิดไฟดับ เพื่อป้องกันสภาวะไฟเกินหรือไฟกระชาก แนะนำตั้ง 5 วินาที

P11 End (means setting completed, Press set to save data)

คือ จบการตั้งค่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. การตั้งค่า Digital Timer Switch

การตั้งค่าการใช้งานเครื่องตั้งเวลาทามเมอร์

1) ปุ่ม P เป็นปุ่มโปรแกรมใช้สำหรับตั้งโปรแกรม เครื่องสามารถตั้งโปรแกรมเปิด-ปิดได้ 17 โปรแกรม
2) ปุ่ม D+ คือ ปุ่มตั้งวัน จันทร์-อาทิตย์
3) ปุ่ม H+ คือ ตั้งเวลาชั่วโมง 0-23
4) ปุ่ม M+ คือ ตั้งเวลาเป็นนาที 00-59
5) ปุ่ม Clock ใช้สำหรับตั้งเวลานาฬิกา เมื่อกดปุ่มนาฬิกาค้างแล้วกดปุ่ม D+ H+ M+ จะเป็นการตั้งวัน-เวลา
6) ปุ่ม Reset ใช้กดเพื่อล้างหรือเคลียค่าในหน่วยความจำออกทั้งหมด
7) ปุ่ม Manual ใช้สำหรับตั้งการทำงาน
8) On คือ สั่งให้สวิตช์ทำงานทันที
9) Auto คือ สั่งให้ทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้
10) Off คือ สั่งให้หยุดการใช้งานทามเมอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

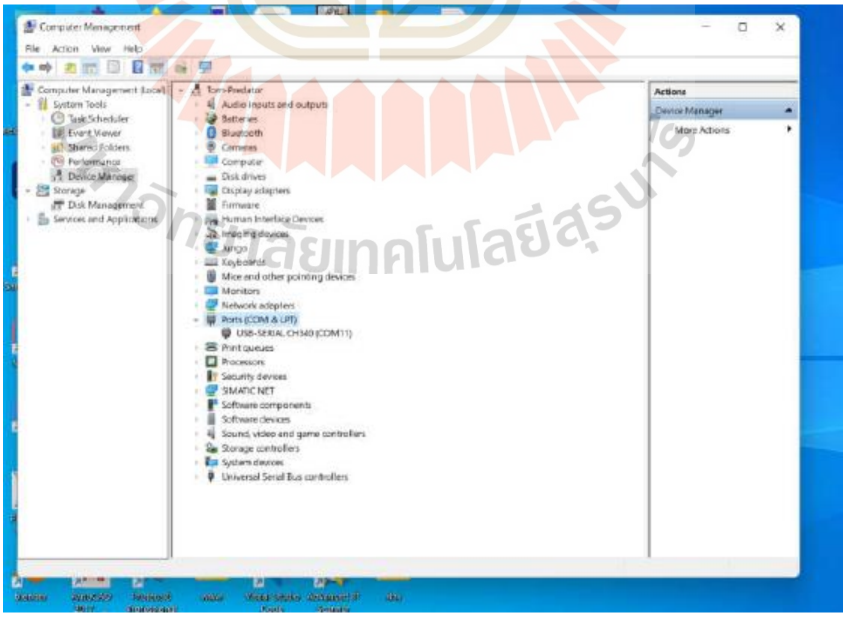
ภาคผนวก ง

การตั้งค่าและการใช้งาน Mini PLC-32u

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. การทดสอบการใช้งาน Mini PLC-32u

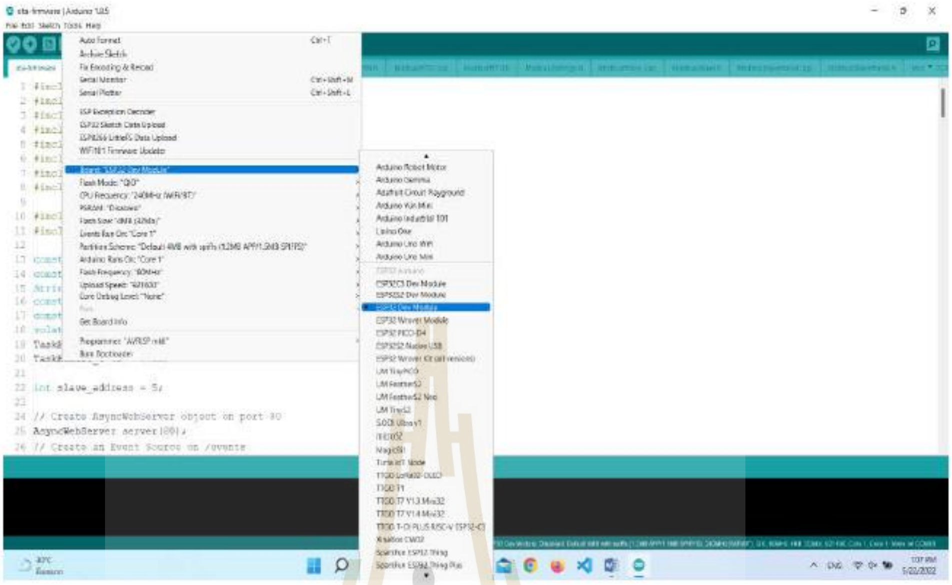
การใช้งานเบื้องต้นสำหรับมือใหม่หรือผู้เริ่มต้นใช้งาน สามารถเชื่อมต่อ USB 2.0 ของ Mini PLC-32u board จากนั้นเชื่อมต่อสายอีกด้านเข้ากับ Computer จากนั้น เปิดไปที่ Computer Management >> Device Manager จากนั้นจะปรากฏ Comport ดังรูป



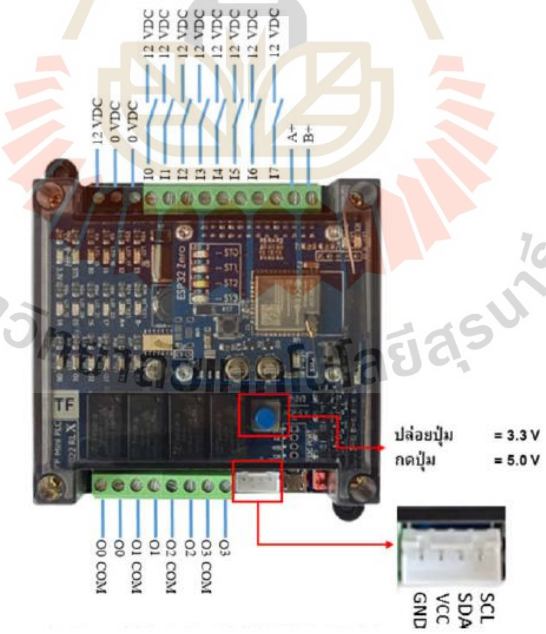
ในภาพอ้างอิง คือ USB-SERIAL CH340 (COM11)

** ถ้าหา Comport ไม่เจอให้ลง Driver ของ CH340 ก่อน **

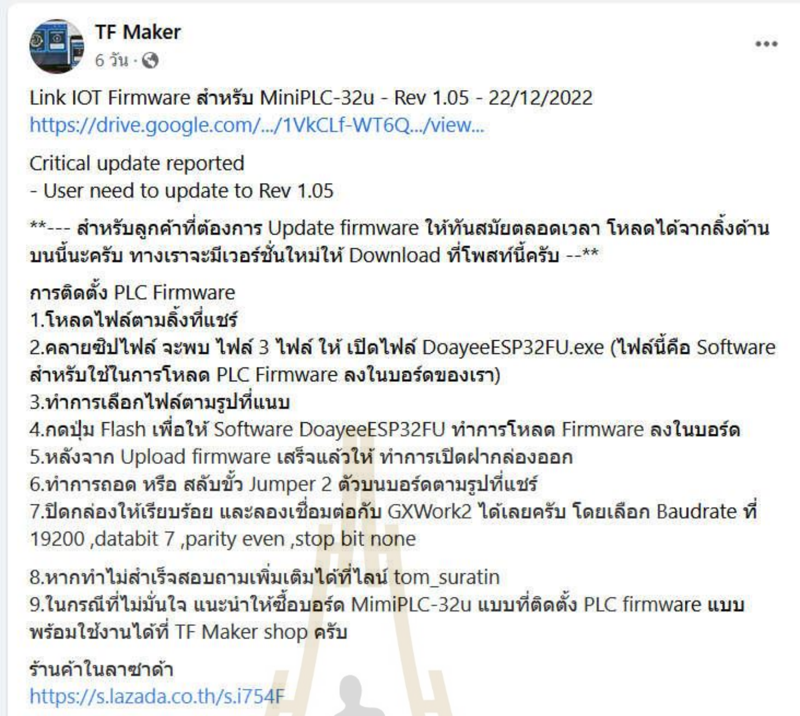
สำหรับโปรแกรม Arduino ให้เลือก Board เป็น ESP32 Dev Module ดังรูป



** ส่วน Option อื่น ๆ ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าได้เองตามความต้องการ **



การเชื่อมต่อสายไฟควบคุมของ Mini PLC-32u เป็นดังรูป ถ้าผู้ใช้งานคุ้นเคยกับการใช้ PLC แล้ว ก็สามารถเชื่อมต่อกับสายควบคุมได้โดยง่าย เข้าไปที่ https://www.facebook.com/TFMaker แล้วไป Download file ตามภาพ



TF Maker
6 วัน ·

Link IOT Firmware สำหรับ MiniPLC-32u - Rev 1.05 - 22/12/2022
https://drive.google.com/.../1VkCLf-WT6Q.../view...

Critical update reported
- User need to update to Rev 1.05

--- สำหรับลูกค้าที่ต้องการ Update firmware ให้ทันสมัยตลอดเวลา โหลดได้จากลิ้งด้านบนนี้นะครับ ทางเราจะมีเวอร์ชั่นใหม่ให้ Download ที่โพสท์นี้ครับ --

การติดตั้ง PLC Firmware
1.โหลดไฟล์ตามลิ้งที่แชร์
2.คลายซิปไฟล์ จะพบ ไฟล์ 3 ไฟล์ ให้ เปิดไฟล์ DoayeeESP32FU.exe (ไฟล์นี้คือ Software สำหรับใช้ในการโหลด PLC Firmware ลงในบอร์ดของเรา)
3.ทำการเลือกไฟล์ตามรูปที่แนบ
4.กดปุ่ม Flash เพื่อให้ Software DoayeeESP32FU ทำการโหลด Firmware ลงในบอร์ด
5.หลังจาก Upload firmware เสร็จแล้วให้ ทำการเปิดฝากล่องออก
6.ทำการถอด หรือ สลับขั้ว Jumper 2 ตัวบนบอร์ดตามรูปที่แชร์
7.ปิดกล่องให้เรียบร้อย และลองเชื่อมต่อกับ GXWork2 ได้เลยครับ โดยเลือก Baudrate ที่ 19200 ,databit 7 ,parity even ,stop bit none

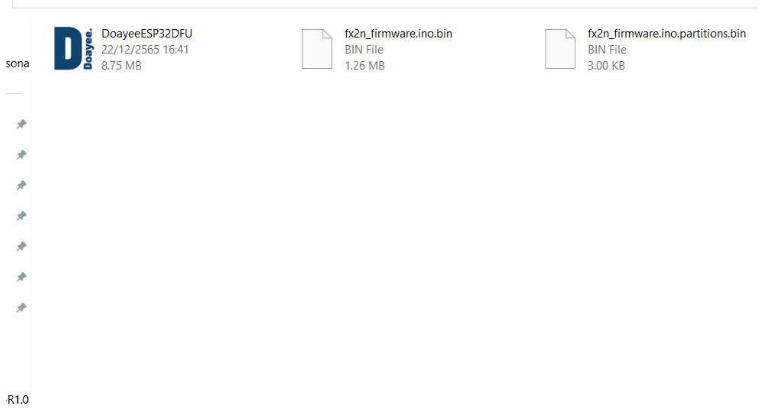
8.หากทำไม่สำเร็จสอบถามเพิ่มเติมได้ที่ไลน์ tom_suratin
9.ในกรณีที่ไม่มั่นใจ แนะนำให้ซื้อบอร์ด MimiPLC-32u แบบที่ติดตั้ง PLC firmware แบบพร้อมใช้งานได้ที่ TF Maker shop ครับ

ร้านค้าในลาซาด้า
https://s.lazada.co.th/s.i754F

** Version ของ Firmware จะ Update ไปเรื่อย ๆ ผู้ใช้งานสามารถเข้ามาที่เพจได้เป็นประจำเพื่อเช็ค Firmware update ใช้เป็นเวอร์ชั่นใหม่เสมอ **

หลังจากโหลดมาแล้วจะได้ไฟล์ Share-IOT PLC-Rx.xx.zip มาดังรูปหลังจาก Extract file เสร็จจะได้ไฟล์ 3 ไฟล์ดังรูป

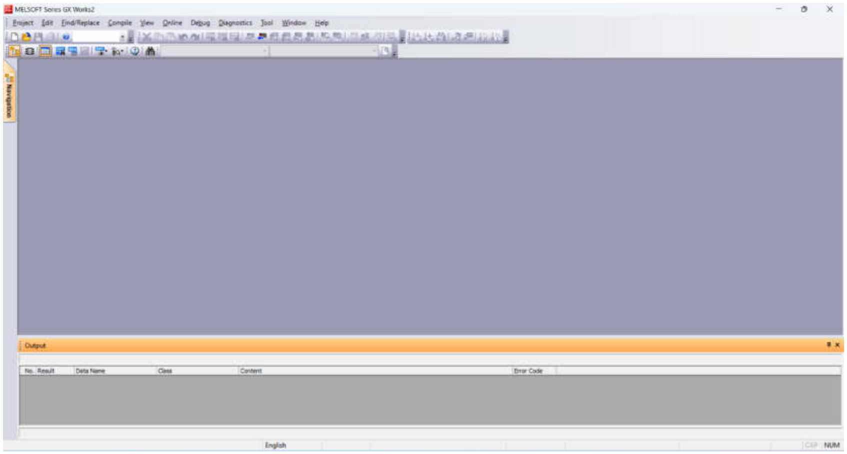
ไฟล์ Share-IOT PLC-R1.05 ที่ Download มาแล้ว



หลังจาก Extract file แล้วจะได้ไฟล์ 3 ไฟล์ดังรูป

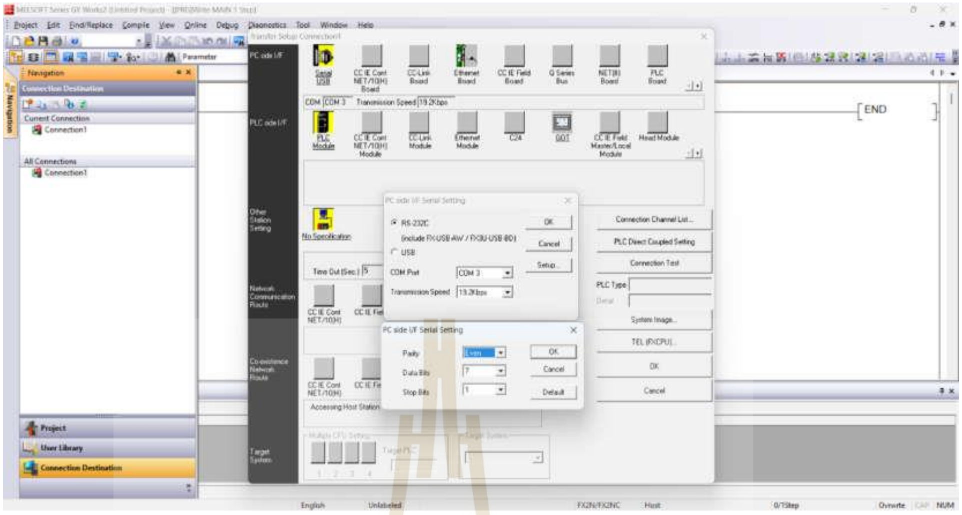
หลังจากนั้นให้ เสียบ Mini PLC-32u เข้ากับ Computer ดังรูป

หลังจากนั้น เปิดโปรแกรม GXWork2 ขึ้น มาดังรูป



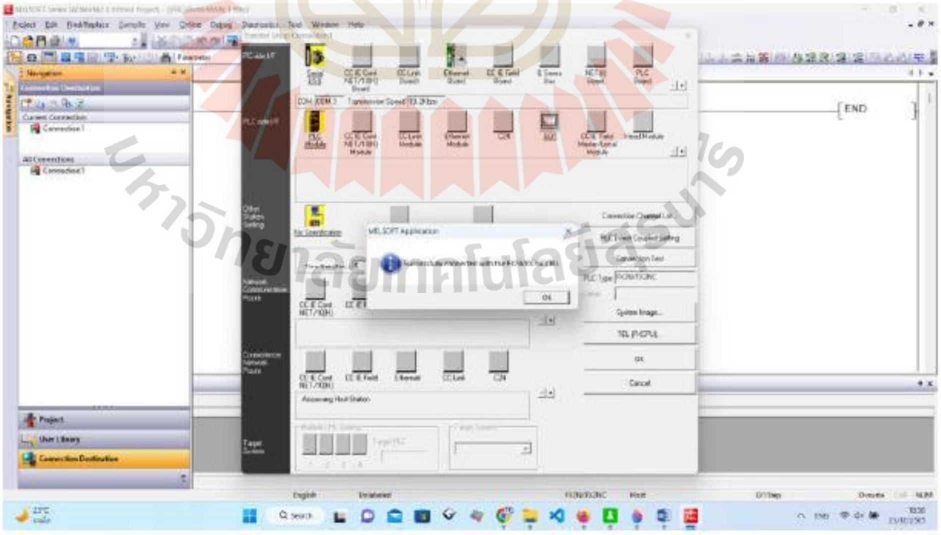
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ให้ตั้งค่าการเชื่อมต่อ ระหว่างบอร์ดดังนี้

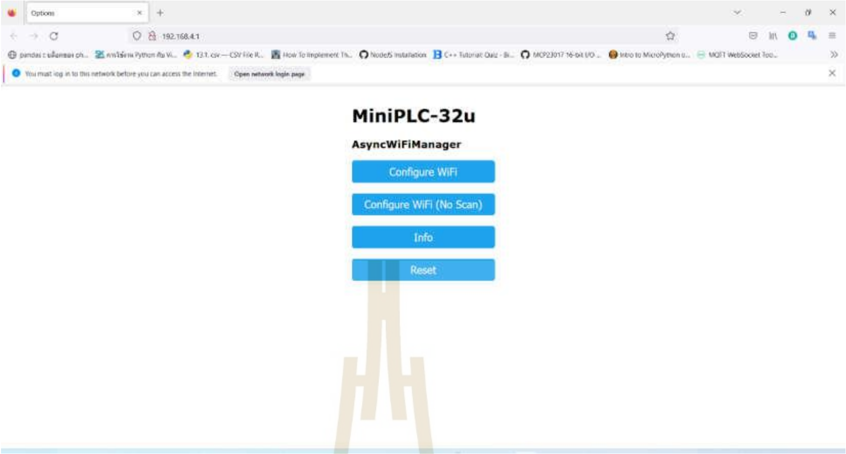


เลือก Comport ที่ปรากฏในเครื่อง จากนั้นตั้งค่าพารามิเตอร์ เป็นดังนี้ คือ Baudrate: 19200, Databit: 7, parify: EVEN, Stopbit: NONE จากนั้นกด OK

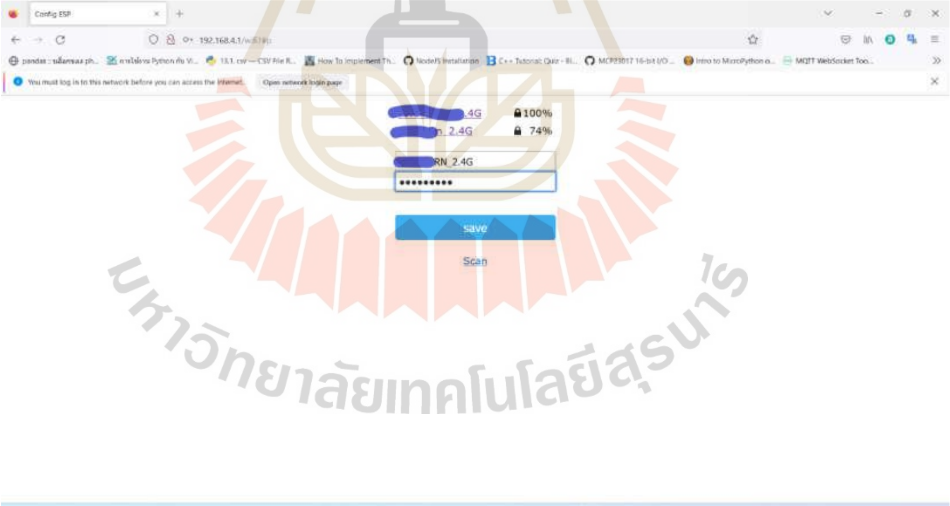
ลองทดสอบการเชื่อมต่อกับ PLC



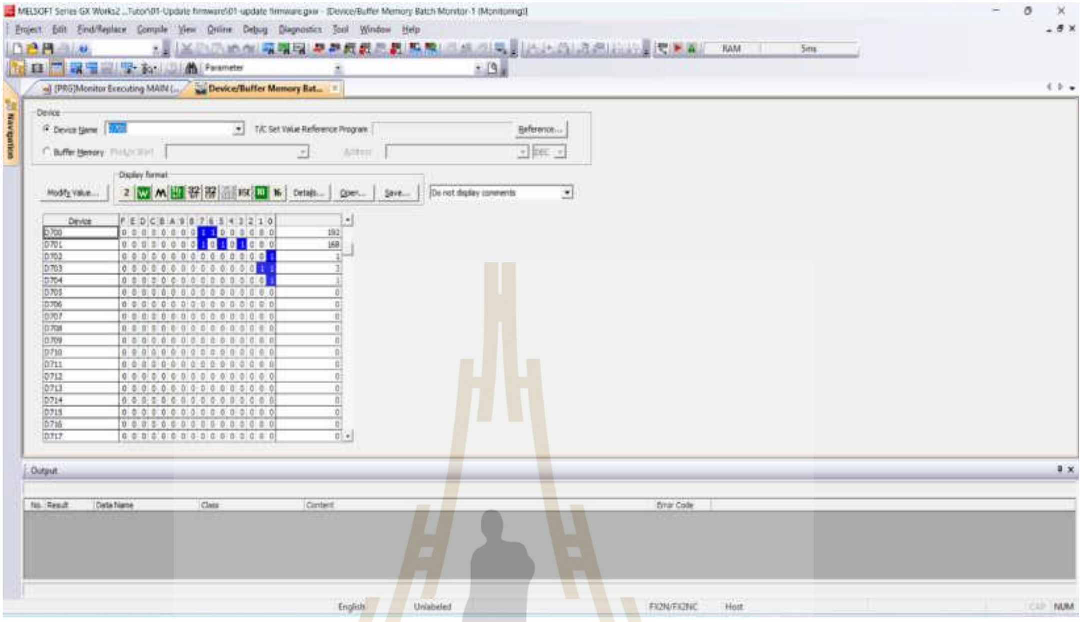
จากนั้น ให้ทำการเชื่อมต่อกับ Access point ที่ชื่อ “Mini PLC-32u” จะพบหน้า Wifi manager ดังรูป



ให้เลือก Access point ของผู้ใช้งานและใส่ Password สำหรับการเชื่อมต่อ WiFi จากนั้น ให้ปิดหน้า Browser

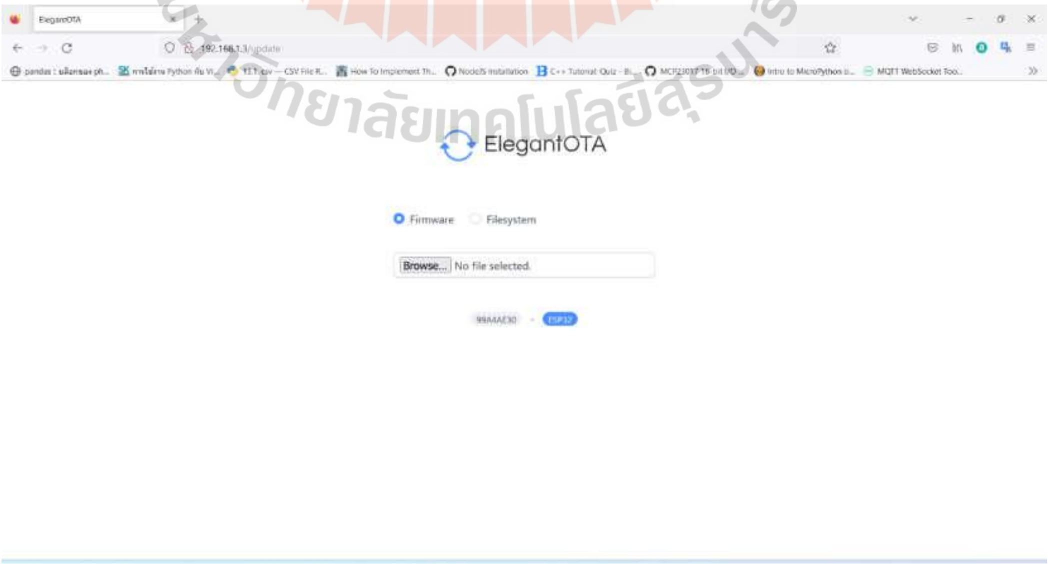


หลังจากทำการเชื่อมต่อ เสร็จสมบูรณ์แล้ว ผู้ใช้งานสามารถดู IP ของ Mini PLC-32u ได้จาก Memory D700 –D703 ดังรูป



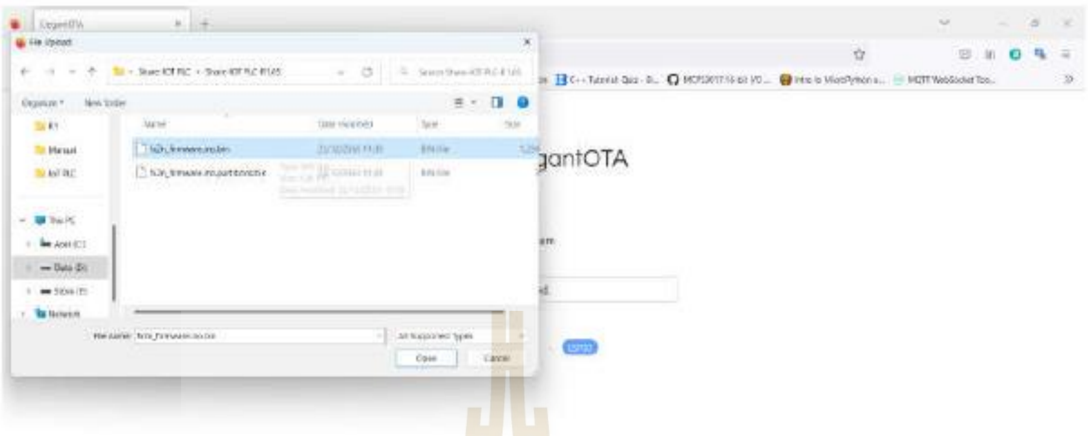
จากรูป IP ของ Mini PLC-32u คือ 192.168.1.3

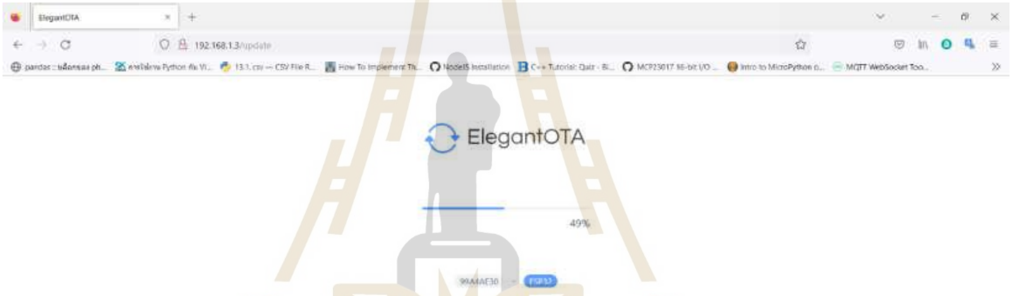
จากนั้นให้เปิด Web browser แล้วพิมพ์ 192.168.1.3/update จะพบหน้าเพจสำหรับ Update firmware ดังรูป

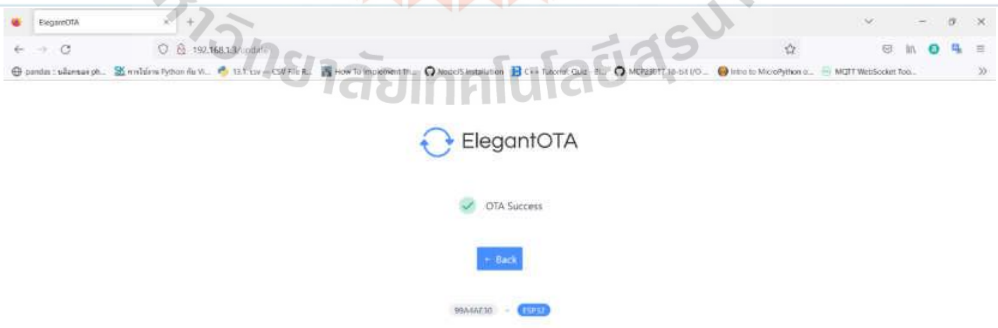


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากนั้นให้เลือกไฟล์ที่เราทำการโหลดไว้ในตอนแรก







หลังจากที่ Update firmware เสร็จแล้ว เพจจะเปลี่ยนเป็นแบบนี้ ถือว่าขั้นตอนการ Update

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

firmware เสร็จสมบูรณ์

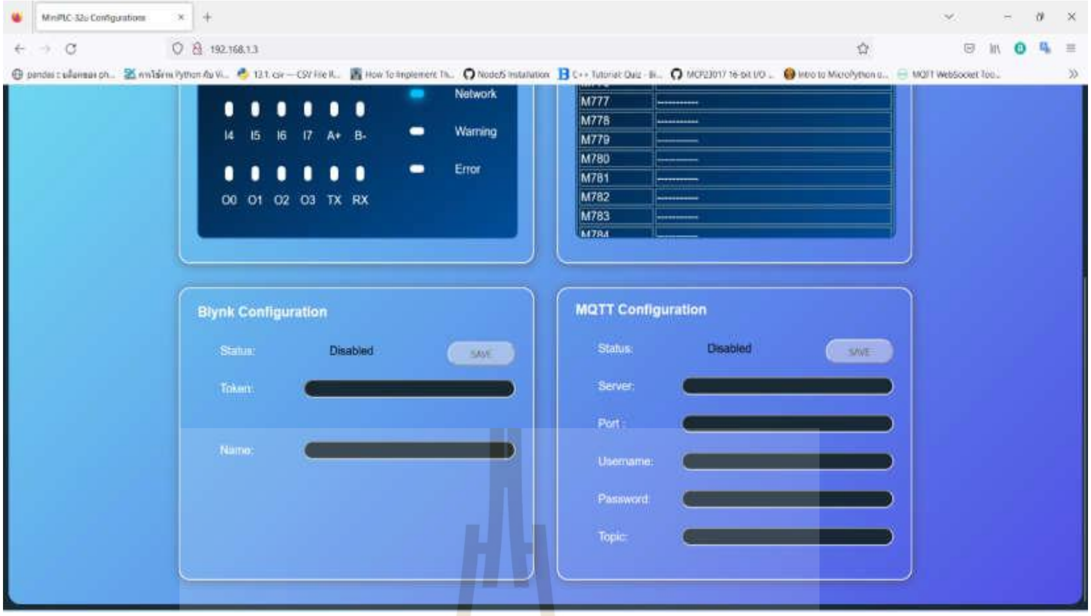
2. Register table สำหรับการใช้งานเปิดใช้งาน WiFi

- M700 คือ WiFi enable bit เมื่อ bit นี้ถูก SET จะเป็นการเปิดใช้งาน WiFi (Default = 0)
- D700 คือ WiFi IP address (192) - (Read only)
- D701 คือ WiFi IP address (168) - (Read only)
- D700 คือ WiFi IP address (1) - (Read only)
- D703 คือ WiFi IP address (3) - (Read only)
- D704 คือ Modbus TCP Server Slave address - (Read only)
- D705 คือ Modbus RTU Slave address - (Read only)
- D706 คือ D data offset ใช้ในการ Offset ค่าของ D memory

3. การใช้งาน Mini PLC-32u IoT PLC

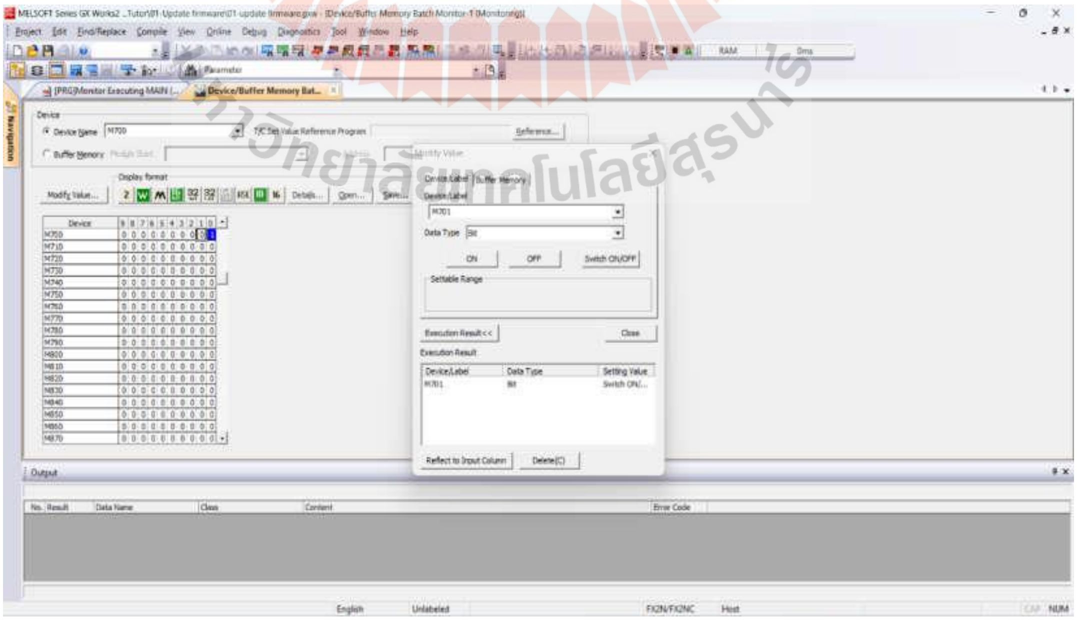
3.1 หลังจากผู้ใช้งานได้ทำการเชื่อมต่อ WiFi และทำการ Update firmware ของ Mini PLC-32u ให้เป็นเวอร์ชั่นล่าสุดแล้ว ผู้ใช้งานสามารถ เข้าไปหน้า Config และ Status ของ Mini PLC-32u ได้โดยการเข้า Web browser แล้วพิมพ์ IP Address, เช่นในกรณีนี้ IP Address คือ 192.168.1.3 จะปรากฏหน้าดังรูป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



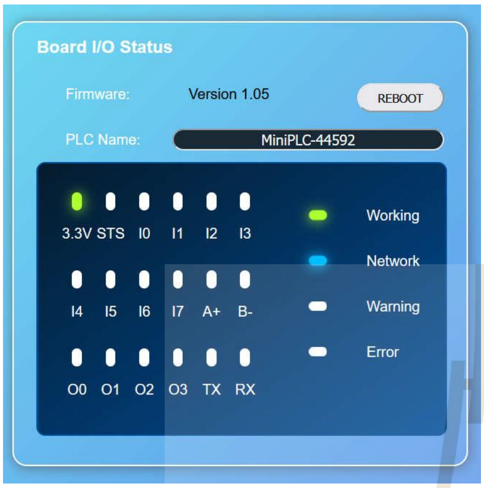
หน้าที่พบคือ หน้าการ Config และ Status ของ Mini PLC-32u

3.2 การ Reset การเชื่อมต่อ WiFi ของ Mini PLC-32u กับ Access point ตัวเดิม เนื่องจาก Mini PLC-32u จะไม่ทำการ Clear ค่าการเชื่อมต่อ กับ Access point ตัวเดิม เมื่อผู้ใช้งานย้ายไปใช้ Access point ตัวใหม่ให้ทำการ Set bit M701 ของ Mini PLC ให้เป็น 1 แล้วหลังจากนั้น Mini PLC-32u จะ Reset 1 ครั้งและเปิด WiFi manager ขึ้นมาอีกครั้ง



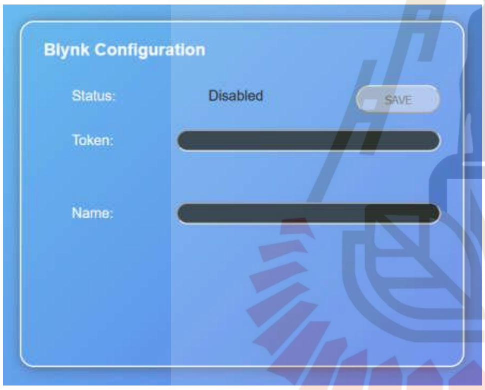
วิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 ความหมายและหน้าฟังก์ชันต่าง ๆ ของ Mini PLC-32u หน้าฟังก์ชันของ Mini PLC-32u จะประกอบด้วย 4 หน้าต่างดังนี้

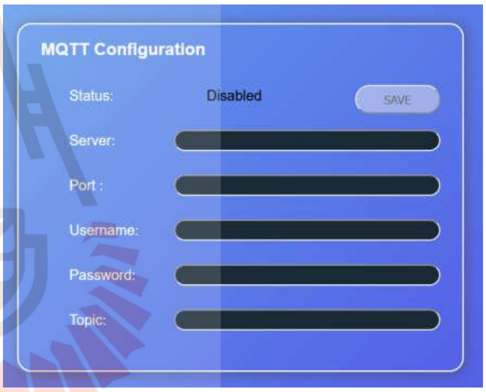


Board I/O Status

Line notify Configuration



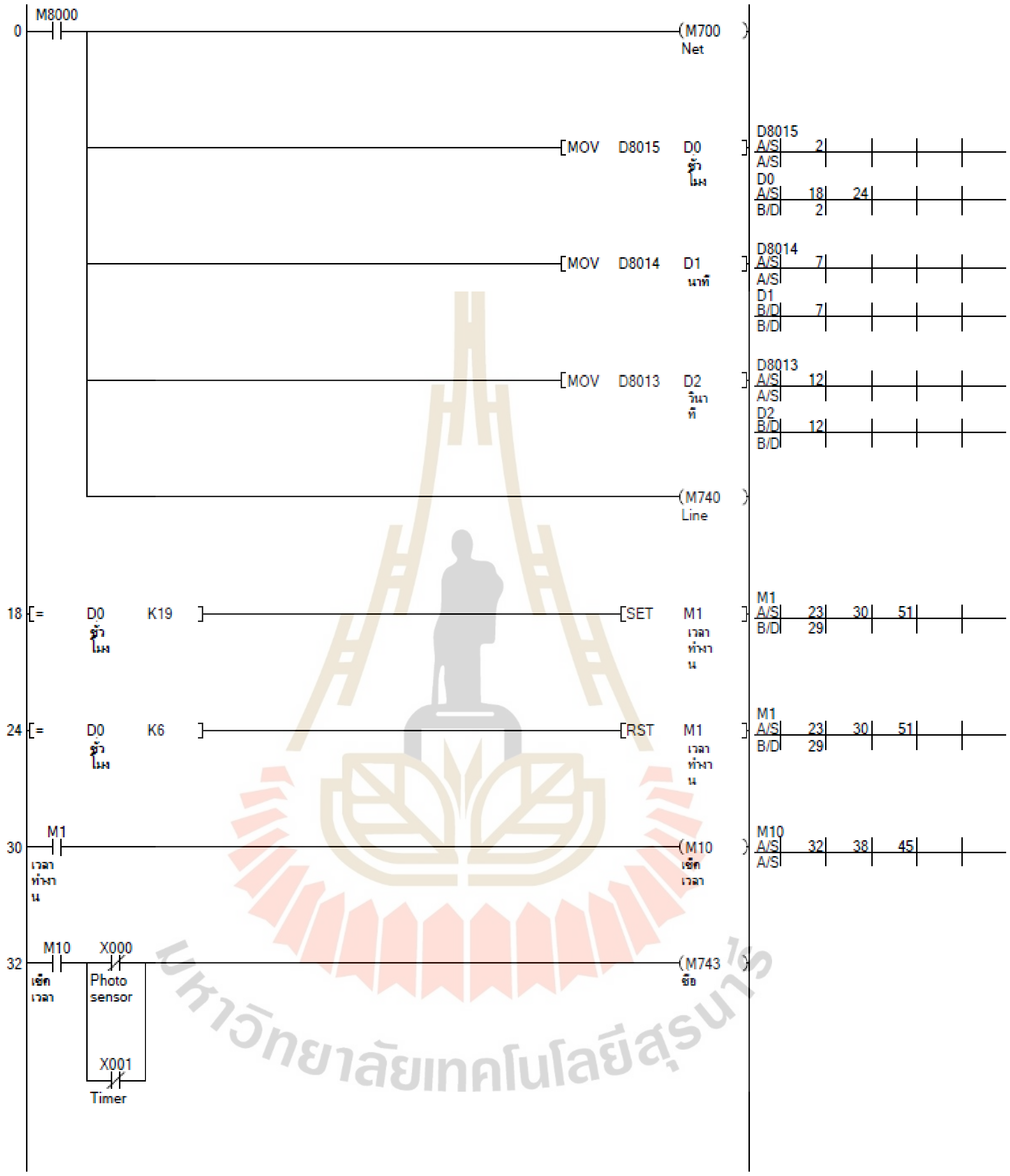
Blynk Configuration

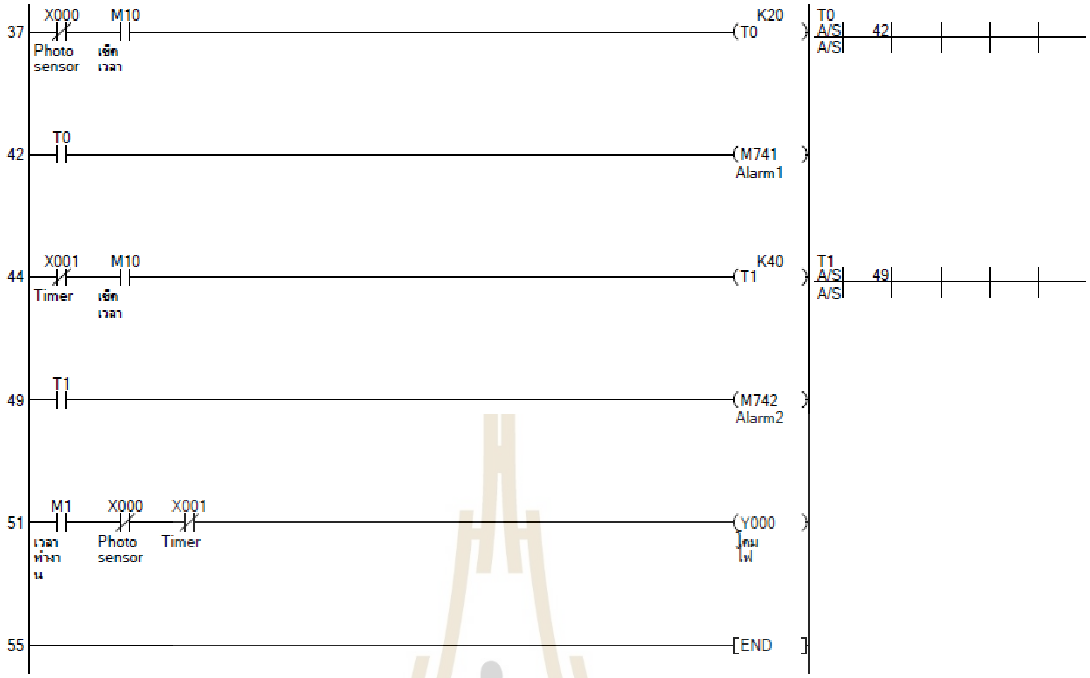


MQTT Configuration

โดยปกติ ฟังก์ชันเหล่านี้จะอยู่ในสภาพ Disabled ยกเว้น Board I/O Status จะทำการแสดงสถานะการติด-ดับของ Input และ Output, Working, Network, Warning, Error LED จะแสดงสถานะของ Mini PLC-32u ตลอด

3. Ladder Diagram Mini PLC-32u





มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในขณะศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในขณะศึกษา

Thadapong Thankaew; Wanttana Nambunlue; Natthapon Donjaroennon; Uthen Leeton (2022) Control and Protective Street Light Electric Load Autonomous System with Handle Motor Drive Circuit Breaker. International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI 2022) October 19-21, 2022, Pattaya, Thailand, 4 PP.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2022 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI 2022)
October 19-21, 2022, Pattaya, THAILAND

Control and Protective Street Light Electric Load Autonomous System with Handle Motor Drive Circuit Breaker

Thadapong Thankaew
Department of Mechatronic Engineering, Institute of Engineering
Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand
thadapong.ttpp@outlook.com

Wanttana Nambunlue
Department of Mechatronic Engineering, Institute of Engineering
Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand
teicon11w@gmail.com

Natthapon Donjaroennon
Department of Electrical Engineering, Institute of Engineering
Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand
PreNatthapon@gmail.com

Uthen Leeton
Department of Electrical Engineering, Institute of Engineering
Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand
uthen.leeton@gmail.com

***Abstract*— This research builds a prototype of an automatic street light control cabinet using a mechanical arm. To solve the problem of the coil with heat buildup which causes damage from the traditional street light control cabinet that uses a magnetic contactor device The new control cabinet is designed to use a mechanical arm as a control to open and close the circuit breaker instead of using a magnetic contactor. This makes no heat build-up on the coil. The cabinet was designed using the program SolidWorks 2021, the working circuit was designed using the program CADeSIMU3.0. The result of the project was a prototype of an automatic street light control cabinet using a mechanical arm to turn on-off circuit breakers that could be used according to the functionality Engineering design principles with emphasis on safety in accordance with the installation standards of EIT, which has been tested for more than 2000 power-on cycles, which passed the specified criteria of 2-year warranty and equipment testing. The function of the accessories passed all test criteria.**

***Keywords*— Street light control, mechanical arm, control cabinet circuit.**

I. INTRODUCTION

Public lighting systems and street lighting are very important things related to the safety of people's lives and property. This is because if the road's lighting is damaged or damaged[1], it is one of the major causes of accidents. Studies have shown that the main factor causing road accidents is the level of brightness of the road lighting [2].

There are many types of lighting control system designs such as solar power systems. Central control system or control system using a microcontroller. The street lighting system must be stable [3]. (reliability) not easily damaged The main reason for the lack of light on the road is the automatic on-off control system that normally uses lights to turn off lamps during the day. and turn on the lamp at night lighting control system for street lights[4].

A lighting control relay and safety switch is a system that uses sunlight switches [5]. A light detector and the circuit were further designed to turn off/on. The important devices are Safety Switch and Magnetic Contactor, which magnetic contactor coil is connected to the electrical system all the time. While in the public electrical system, this patch is installed on the power pole. And have to face the environment of rain, dust, unstable voltage and lightning as a result, the relay is damaged, making it impossible to turn on-off the whole system off with common problems [6].

Fig. 1. Lighting control relay and safety switch.

Lighting control panel with magnetic connector: There will be important devices which are Main Circuit Breaker and Magnetic contactor. The working principle is that there will be a main protection device which is a main circuit breaker that connects electricity from mains power supply to prevent overcurrent. The control system uses a switch for sunlight to receive signals from the control circuit [7]. To control the operation of the Magnetic Contractor to supply electricity to the road. The advantage is that when there is a short circuit, there is a main circuit breaker to cut the circuit, and the maintenance is easier and more convenient than the Lighting control relay and safety switch system, but there are problems with damage to the Magnetic Contactor as well as the Lighting control relay and safety switch system [8].

Fig. 2. Lighting control panel with magnetic contactor.

978-1-6654-6019-4/22/$31.00 ©2022 IEEE

2022 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI 2022)
October 19-21, 2022, Pattaya, THAILAND

II. MECHANICAL ARM

A. Street light control cabinet design by SolidWorks.

Structure design and appearance of street light control cabinet in the desired shape. Including beauty and correct engineering that are designed Solidwork program as shown in Figure 3.

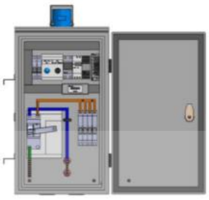


Fig. 3. Street light control cabinet by SolidWorks program.

B. Mechanical Arm.

Find the power of the motor by calculating the torque from the equation $T = F \times r$.

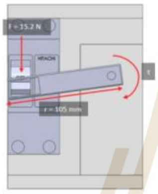


Fig. 4. Mechanical Arm.

From the equation for calculating parameters as shown in Figure 4, that is found 1.5 Nm of torque is required for the mechanical arm to lift the breaker to work, from the torque analysis, it is found a 12 V_{dc} motor-gear is required to be suitable for use.

III. METHODOLOGY

The operation of the street light control box is generally alternating current of 220 V in the winding of the magnetic contactor. When the LDR sensor receives light, it uses a resistor to determine whether or not the current will pass through the coil. The magnetic contractor will operate when there is no light or night load. Make the alternating current supplied to the coil to feed the load, but if the load during the day does not have a current to supply the coil, the system will not work. An example of a magnetic contactor circuit is shown in Figure 5.

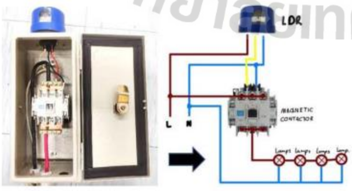


Fig. 5. The circuit of the magnetic contactor.

This paper will discuss the design of automatic street light control cabinet by using a mechanical arm to turn ON and OFF the circuit breaker. There are 2 modes, Auto and Manual. The operation mode can be selected by rotating the Selector Switch as shown in Figure 6.

Fig. 6. The circuit of the magnetic contactor.

All operating modes are equipped with a voltage protection device (Sinotimer) to prevent the voltage from being too low or too high. Can be configured To prevent damage to equipment and control cabinet

A. Automatic street light control cabinet.

The function of this mode is in normal state, the Main Circuit Breaker is in OFF state. When the LDR sensor fails to light, a 5 minute delay is applied by using a sine timer to check the no-light condition. The motor turns clockwise, keeping the main breaker in ON state as shown in Figure 3.6, and when the LDR sensor encounters light, a 5 minute delay applies by means of a voltage protection device. In order to check the lighting conditions, after 5 minutes the motor will turn counterclockwise, causing the main circuit breaker to be in OFF state as shown in Figure 3.7. In the event that the LDR sensor is damaged, there will be a Digital Timer Switch to help. The main breaker will have a close circuit.

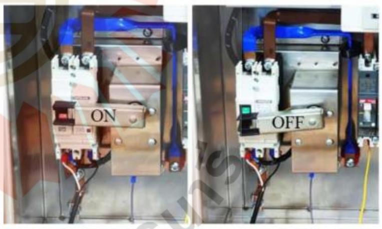


Fig. 7. ON/OFF state circuit breaker.

B. Manual street light control cabinet.

The operation of this mode is controlled using the Selector Switch. If the Selector Switch is in the OFF position, the Main Breaker is in the OFF state. Turning the Selector Switch to the Manual position will cause the motor to rotate clockwise. The main breaker is in the ON state and when the Selector Switch is turned OFF again, the motor turns counterclockwise, keeping the main breaker in the OFF state.

C. *Emulation with CADSim3.0*

The design of the operation of the road electrical control cabinet by computer software simulation to ensure that the design is correct and in accordance with the adhesion of the CB control with a mechanical arm is considered as shown in Figure 8. When the selector switch to the Manual position, it turns out that the current does not go through the coil of the relay. Control the DC motor and turn on the CB and make the current flow through the lamp load and Figure 9. When the selector switch to the Auto position, which sets the system to work with photo sensor, Figure 10, is a simulation of the system by twisting the selector switch to the Auto position, working with the timer. The design of this electrical circuit is featured as a power supply that can drive a motor while there is no main power. It will run for another 7 seconds which is enough for motor operation to turn off the CB.

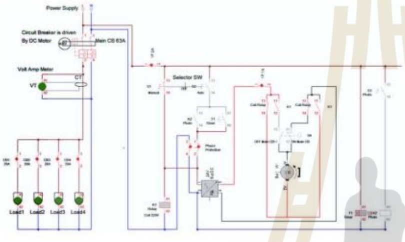


Fig. 8. Simulation of the system by turning the selector switch to the Manual position.

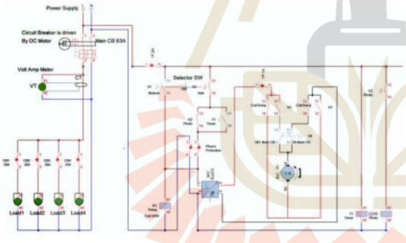


Fig. 9. Simulation of the system by turning the selector switch to the Auto position, working with Photo Sensor.

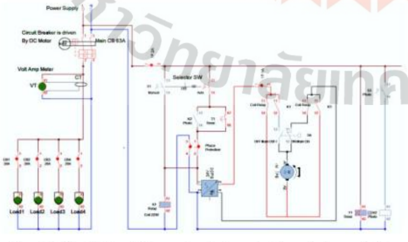


Fig. 10. Simulation of the system by turning the selector switch to the Auto position, working with the Timer.

D. *Formula of Equations*

- The HID Street lamp has an apparent power rating of 300 VA. The current can be calculated from the equation

$$I = \frac{300VA}{230V} = 1.3A \qquad (1)$$

From the sub breaker 1 set to supply 12 lamps, so the total current will be

$$I_{total} = 12 \times 1.3 = 15A \qquad (2)$$

- Calculate the CB size is

$$I_{CB} = 1.25 \times 15 = 19.56A \qquad (3)$$

Choose the CB size is 20 AT and choose to use NYY type cable, buried directly in the ground, size 3x2.5 mm^2

- Calculate CB Main from the equation

$$I_{CBmain} = CB_{Max} + \sum I_L \qquad (4)$$

Thus

$$I_{CBmain} = 20 + 15 + 15 + 15 = 65\ A$$

Choose the CB Main size is 65 AT

- Consider the feed line from the equation

$$I_{feeder} = 1.25 I_{\max} + \sum I_L \qquad (5)$$

Thus

$$I_{feeder} = 1.25(15) + 145 + 15 + 15 = 63.75\ A$$

Choose a power cable that can withstand a current of not less than 63.75 A. In conclusion, choose a cable size of 16 mm^2.

From the method of operation, it describes the principles of both mechanical and electrical design to conform to the operation of the street lighting system by interfacing the circuit with a CB that uses a mechanical arm instead of the traditional system that uses a magnetic contactor. Calculate the mechanical force to select a motor with sufficient torque to drive the CB while ON or OFF.

IV. RESULT

Results of both electrical and mechanical tests designed according to operating methods Computer software simulation is also important. That prevents design errors The details of the trials and tests are as follows.

The test results of the operation of the equipment to withstand the damage of the street light control cabinet, Manual mode show in Table 1 and Auto Mode show in Table 2.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

TABLE I. THE DURABILITY TEST RESULT OF MANUAL MODE STREET LIGHT CONTROL CABINET EQUIPMENT

instrument	**Number of tests (Count)**		
	0	50	100
Main Circuit Breaker	✓	✓	✓
Circuit Breaker C1	✓	✓	✓
Circuit Breaker C2	✓	✓	✓
Circuit Breaker Load 1	✓	✓	✓
Circuit Breaker Load 2	✓	✓	✓
Circuit Breaker Load 3	✓	✓	✓
Circuit Breaker Load 4	✓	✓	✓
Power Supply	✓	✓	✓
Motor	✓	✓	✓

✓ is the device can work
x is the device cannot work.

From the test results in the manual operation mode of the automatic street light control cabinet by using a mechanical arm to open and close the circuit breaker. Tested by turning on-off the Selector Switch, that was found that all 9 tested devices were working normally without any errors.

TABLE II. THE DURABILITY TEST RESULT OF AUTO MODE STREET LIGHT CONTROL CABINET EQUIPMENT

instrument	**Number of tests (Count)**		
	0	1000	2000
Main Circuit Breaker	✓	✓	✓
Circuit Breaker C1	✓	✓	✓
Circuit Breaker C2	✓	✓	✓
Circuit Breaker Load 1	✓	✓	✓
Circuit Breaker Load 2	✓	✓	✓
Circuit Breaker Load 3	✓	✓	✓
Circuit Breaker Load 4	✓	✓	✓
LDR	✓	✓	✓
Sinotimer	✓	✓	✓
Timer	✓	✓	✓
Power Supply	✓	✓	✓
Motor	✓	✓	✓

✓ is the device can work
x is the device cannot work.

From the test results in the Auto operation mode of the street light control cabinet automatically using a mechanical arm to open and close the circuit breaker. Tested by simulation in bright and unlit conditions by using a tester for the operation of the street light control cabinet. That was found that the list of all 12 tested devices was working normally without any errors.

From the test results and the operation of the street light control cabinet with the designed mechanical arm, the mechanical arm works according to the function 100% without any errors. The material chosen for the installation also affects 2000 tests, which is a sufficient number of times to operate.

V. CONCLUSION

From the study and construction of an automatic street light control cabinet using a mechanical arm to turn on and off the circuit breaker. When testing in Auto mode, all 2,000 times, and in Manual mode, all 100 times, it was found that the street light control cabinet can actually work in Auto and Manual mode. This paper created a prototype of an automatic street light control cabinet using a mechanical arm. To solve the problem of the coil with heat buildup which causes damage to the original street light control cabinet that uses a magnetic connector device. The new control cabinet is designed to use a mechanical arm as a control to open and close the circuit breaker instead of using a magnetic contactor. Causing no heat accumulation The result of the project is a prototype of an automatic street light control cabinet using a mechanical arm to turn on and off the circuit breaker that can be used in practice according to its functionality. Engineering design principles with emphasis on safety in accordance with the installation standards of IET, which has been tested for more than 2000 power-on cycles.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Suranaree University of Technology.

REFERENCES

[1] [1] L. Ai-min, L. Jia-jue, L. Yong-xiang and L. Xin, "Motion control system simulation of cylindrical linear induction motor used in circuit breaker operating mechanism," 2009 IEEE International Conference on Automation and Logistics, 2009, pp. 460-464

[2] [2] A. R. Schmidt and T. L. Schiazza, "Electronic motor circuit protectors," 2008 55th IEEE Petroleum and Chemical Industry Technical Conference, 2008, pp. 1-6

[3] [3] Y. Deng, J. Zhong, C. Tang, B. He, Y. Liu and Y. Gao, "Design and research of motor drive mechanism for high voltage circuit breaker," 2017 4th International Conference on Electric Power Equipment - Switching Technology (ICEPE-ST), 2017, pp. 899-904

[4] [4] Y. Huang et al., "A Motor-Drive-Based Operating Mechanism for High-Voltage Circuit Breaker," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 28, no. 4, pp. 2602-2609

[5] [5] W. Gang, P. Yanqing and Z. Zhijian, "Running State Monitoring of Circuit Breaker Handcart Driving Motor," 2019 4th International Conference on Communication and Information Systems (ICCIS), 2019, pp. 262-266

[6] [6] Aimin Liu, Jinhua Zhang and Zhirong Lv, "Design and simulation of cylindrical linear induction motor used in circuit breaker operating mechanism," 2014 IEEE Conference and Expo Transportation Electrification Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific), 2014, pp. 1-6

[7] [7] X. Hao and H. Peng, "Design of Intelligent Mechanical Arm Based on STM32," 2020 12th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC), 2020, pp. 269-272

[8] J. He, R. Liu, K. Wang and H. Shen, "The mechanical design of snake-arm robot," IEEE 10th International Conference on Industrial Informatics, 2012, pp. 758-761

ประวัติผู้เขียน

นายธาดาพงศ์ แท่นแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2528 จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ในปีการศึกษา 2548 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2553 หลังจากสำเร็จการศึกษาได้ทำการศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2565 ในขณะที่ศึกษาอยู่ได้มีโอกาสทำงานวิจัยในสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งช่วยให้ผู้วิจัยได้มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการออกแบบ การพัฒนา การติดตาม และการลงทำหน้างานจริง ได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี