

ชุดสาธิตการเดินไฟฟ้าแรงต่ำในอาคาร



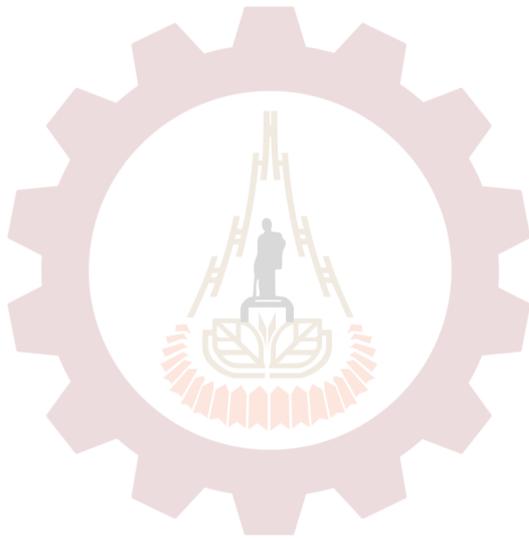
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปี การศึกษา 2/2562



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชื่อ โครงการ	ชุดสาธิตการเดินไฟฟ้าแรงต่ำในอาคาร (Demonstration set of Electrical installation for low Voltage in Building)
ชื่อนักศึกษา	นายมารุจน์ เชื้อนโพธิ์ นายวรศักดิ์ เชิดพุดซา นายธนศักดิ์ เชิดพุดซา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร.อุเทน ลีตน

บทคัดย่อ

โครงการนี้ศึกษาและออกแบบชุดสาธิตการเดินไฟฟ้าแรงต่ำในอาคารเพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนให้แก่ นักศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องได้เรียนรู้และเข้าใจในหลักการการเดินไฟฟ้าภายในอาคาร โดยยึดมาตรฐานตามประกาศ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าในอาคาร ชุดสาธิตนี้จะถูกออกแบบ เหมือนการจำลองการเดินระบบไฟฟ้าในอาคารโดยรวบรวมอุปกรณ์ในการเดินไฟฟ้าไว้ในชุดทดลองเพื่อให้เกิดความ สะดวก และง่ายต่อการเรียนรู้ ผลที่ได้จากโครงการนี้ คือ สามารถให้ผู้เข้าศึกษาเข้าใจในหลักการการเดินไฟฟ้าภายในอาคารอย่างถูกต้อง และ ปลอดภัยอีกทั้งยังสามารถนำความรู้ที่ได้ ไปใช้ในการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ใน สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าภายในอาคารอีกด้วย

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Title Demonstation set of Electrical installation for low Voltage in Building
Author Marut Khuanpho
Worasak Cherdpudsa
Tanasak Cherdpudsa
Advisor Dr.Uthen Leeton

Abstract

This project studied and designed a low voltage electrical demonstration kit in the building for use as a teaching and learning medium for Students and those interested can learn and understand the principles of electrical walking in the building. By adhering to standards as announced National Skill Development Board Building electrician This demonstration set will be designed Like the simulation of electrical systems in the building by combining electrical equipment in the experiment to make it easier and easier to learn. The result of this project is to enable the user to understand the principles of electrical operation within the building correctly and safely, as well as to be able to apply the knowledge gained To be used to test the national labor standards in the field of indoor electricians as well

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำ โครงการชดเชยการเดินไฟฟ้าแรงต่ำในอาคารครั้งนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์
เนื่องจากการอนุเคราะห์อย่างยิ่ง จากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์อุเทน สีสัน ที่ได้
ชี้แนะข้อบกพร่องให้การช่วยเหลือเกี่ยวกับการดำเนินงาน โครงการด้วยความเอาใจใส่ติดตามงาน
ตลอดจนสนับสนุนคณะผู้จัดทำ ให้มีความสามารถในการทำงานครั้งนี้จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรสาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ทุกท่านที่ให้ความ
ช่วยเหลือคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวไปแล้ว ณ ที่นี้สำหรับคุณค่าและ
ประโยชน์ของโครงการนี้เพื่อเป็นเกียรติให้แก่อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่
คณะ

ผู้จัดทำ

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นายมารุจน์ เขื่อนโพธิ์

นายวรศักดิ์ เชิดพุดซา

นายชนศักดิ์ เชิดพุดซา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตของโครงการ	1
ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง	3
ระบบไฟฟ้า Electrical system	3
ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร	3
วิธีการเดินสายไฟฟ้าภายในอาคาร	4
ชนิดของสายไฟฟ้า	5
วัสดุและอุปกรณ์ ที่ใช้ในงานระบบไฟฟ้า	8
หม้อแปลงไฟ	8
เมนสวิตช์	9
สวิตช์ตัดไฟอัตโนมัติ(เซอร์กิตเบรกเกอร์)	9
ฟิวส์ (Fuse)	10

สารบัญ (ต่อ)

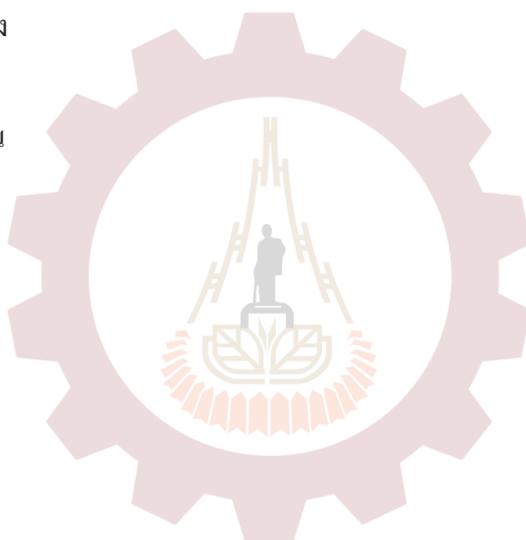
	หน้า
เครื่องตัดไฟรั่ว RCD (Residual Current Device)	10
หลักดิน (Ground Rod)	11
คัตเอาท์	11
ตุ้มหรือลูกถ้วย	12
เข็มขัดรัดสาย	12
กล่องแยกสายไฟ	13
เทปพันสายไฟ	13
ท่อร้อยสายไฟ	13
เต้ารับ (Socket-outlet)	14
เต้าเสียบ (Plug)	14
สวิตช์เปิด-ปิดธรรมดา (Toggle Switch)	14
หลอดไฟฟ้า	15
หลอดชนิดเผาไส้ (Incandescent)	15
หลอดชนิดคายประจุ (fluorescent)	15
ชุดหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	16
มาตรวัดไฟฟ้า	16
วัสดุและอุปกรณ์ ที่ใช้ในระบบควบคุมมอเตอร์	17
รีเลย์ (Relay)	17
สวิตช์ Push Button	18
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	20
คาปาซิเตอร์มอเตอร์	20
คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์	21
คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์	21
คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์	22
เครื่องมือทดสอบระบบไฟฟ้า Fluke 1660 Series	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การคำนวณขนาดของโหลด	25
โหลดแสงสว่าง	26
พิกัดของโหลดได้	26
สายดินของระบบไฟฟ้าในบ้าน	26
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับการติดตั้งระบบสายดินที่ถูกต้อง	27
มาตรฐานการต่อสายต่อสายดิน	28
วงจรการต่อดินในระบบไฟฟ้าต่างๆ	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ	31
ทำการออกแบบโดยโปรแกรม sketchup	31
อุปกรณ์หลัก	33
ขั้นตอนการทำงาน	34
การทำวงจรควบคุมมอเตอร์	35
การทำวงจรสวิตช์สองทาง	38
ผังการต่อสวิตช์สองทาง	39
หลักการทำงาน	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	41
การทดลองกล่องควบคุมมอเตอร์	41
การทดลองสวิตช์สองทาง	43
การทดลอง RCBO และเบรกเกอร์ย่อยในระบบไฟฟ้า	43
การทดลอง การวัดค่าความต้านทานของเสาหลักดิน	45
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
สรุปผลโครงการ	46
แนวทางการพัฒนาในอนาคต	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	49
ประวัติผู้เขียน	55



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 มาตรฐานสีของสายไฟ อ้างอิงจากมาตรฐาน มอก.11	7
ตารางที่ 2.2 พิกัดของหลอดไส้	26
ตารางที่ 3.1 ตารางอุปกรณ์หลัก	33
ตารางที่ 4.1 ทดสอบการหมุนของมอเตอร์	41
ตารางที่ 4.2 ทดสอบการหมุนของมอเตอร์ โดยการเอาเบรกเกอร์ลง	42
ตารางที่ 4.3 ทดสอบเปิดปิดหลอดไฟด้วยสวิตช์สองทาง	43
ตารางที่ 4.4 ทดสอบ RCBO และเบรกเกอร์ย่อยในระบบไฟในชุดสาธิต	44
ตารางที่ 4.5 การทดลอง การวัดค่าความต้านทานของเสาหลักดิน	45

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบไฟฟ้า	3
รูปที่ 2.2 สายไฟ 1 เฟส 3 เส้น	4
รูปที่ 2.3 สายไฟ 3 เฟส 5 เส้น	4
รูปที่ 2.4 การเดินสายไฟแบบเปิด (เดินลอย)	4
รูปที่ 2.5 การเดินสายไฟแบบปิด (เดินท่อ)	5
รูปที่ 2.6 สายไฟฟ้าที่ไม่มีฉนวนห่อหุ้ม	6
รูปที่ 2.7 สายไฟชนิดต่าง ๆ	8
รูปที่ 2.8 หม้อแปลงไฟฟ้า	8
รูปที่ 2.9 เมนสวิตช์	9
รูปที่ 2.10 เซอร์กิตเบรกเกอร์	9
รูปที่ 2.11 ฟิวส์ชนิดต่าง ๆ	10
รูปที่ 2.12 เครื่องตัดไฟรั่ว RCD (Residual Current Device)	10
รูปที่ 2.13 หลักรัดดิน	11
รูปที่ 2.14 คัดเอาท์	11
รูปที่ 2.15 คู่มือหรือลูกถ้วย	12
รูปที่ 2.16 เข็มขัดรัดสาย	12
รูปที่ 2.17 กล่องแยกสายไฟ	13
รูปที่ 2.18 เทปพันสายไฟ	13
รูปที่ 2.19 ท่อร้อยสายไฟ	13
รูปที่ 2.20 เต้ารับ	14
รูปที่ 2.21 เต้าเสียบ (Plug)	14
รูปที่ 2.22 สวิตช์เปิด-ปิดธรรมดา	14
รูปที่ 2.23 หลอดชนิดเผาไส้	15
รูปที่ 2.24 หลอดชนิดคายประจุ	15
รูปที่ 2.25 บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์	16

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.26 มาตรฐานไฟฟ้า	16
รูปที่ 2.27 สัญลักษณ์รีเลย์	17
รูปที่ 2.28 รีเลย์	18
รูปที่ 2.29 Push button Switch แบบกดติดปล่อยดับ	19
รูปที่ 2.30 Push button Switch แบบกดติดกดดับ	19
รูปที่ 2.31 ส่วนประกอบของคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์	21
รูปที่ 2.32 การต่อวงจรของคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์	21
รูปที่ 2.33 คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์	21
รูปที่ 2.34 การต่อวงจรขดลวดคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์	22
รูปที่ 2.35 คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์	22
รูปที่ 2.36 การต่อวงจรขดลวดคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์	22
รูปที่ 2.37 วงจรการปรับความเร็วโดยใช้ไอซี	22
รูปที่ 2.38 เครื่องมือทดสอบระบบไฟฟ้า Fluke 1660 Series	24
รูปที่ 2.39 ฟังการติดตั้งสายดิน	28
รูปที่ 3.1 ออกแบบการจัดวางอุปกรณ์	31
รูปที่ 3.2 ออกแบบการจัดวางอุปกรณ์(ต่อ)	31
รูปที่ 3.3 ออกแบบกล่องควบคุมมอเตอร์	32
รูปที่ 3.4 ออกแบบให้สองส่วนต่อร่วมกัน	33
รูปที่ 3.5 การจัดวางอุปกรณ์ตามแบบ	34
รูปที่ 3.6 แบบกล่องสำหรับใส่วงจร	35
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมมอเตอร์	36
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ภายในกล่องควบคุม	37
รูปที่ 3.9 วงจรหลอดเปิดปิดไฟด้วยสวิตช์สองทาง	38
รูปที่ 3.10 ฟังการต่อสวิตช์สองทาง	39
รูปที่ 3.11 สวิตช์สองทางในโครงการ	40

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.12 การติดตั้งอุปกรณ์

หน้า
40



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

โครงการนี้ศึกษาและออกแบบชุดสาธิตการเดินระบบไฟฟ้าภายในอาคารเพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนให้แก่นักศึกษา และ ผู้ที่สนใจได้เรียนรู้ และ เข้าใจในหลักการการเดินระบบไฟฟ้าภายในอาคาร โดยยึดมาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการการส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างไฟฟ้าในอาคาร ชุดสาธิตนี้จะถูกออกแบบเสมือนการจำลองการเดินระบบไฟฟ้าในอาคารโดยรวบรวมอุปกรณ์ในการเดินไฟฟ้าไว้ในชุดทดลองเพื่อให้เกิดความสะดวก และง่ายต่อการเรียนรู้ พร้อมสามารถตรวจสอบความถูกต้องของการเดินระบบไฟฟ้าได้ด้วยตนเอง ผลที่ได้จากโครงการนี้ คือ สามารถให้ผู้ผู้เข้าใจในหลักการการเดินไฟฟ้าภายในอาคารอย่างถูกต้อง และ ปลอดภัยอีกทั้งยังสามารถนำความรู้ที่ได้ ไปใช้ในการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ในสาขาอาชีพช่างไฟฟ้าภายในอาคารอีกด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและออกแบบชุดสาธิตการเดินสายไฟฟ้าภายในอาคาร

ขอบเขตของโครงการ

1. ออกแบบเพื่อให้เข้าใจหลักการ การเดินไฟฟ้าภายในอาคาร
2. ออกแบบให้มีระบบตัดกระแสไฟเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ารั่ว
3. มีมาตรวัดการใช้ไฟฟ้า
4. มีการเดินสายไฟ 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบร้อยท่อและแบบเข็มขัดรัดสาย
5. สามารถตรวจสอบความปลอดภัยของระบบได้
6. มีคู่มือการใช้งาน
7. มีระบบควบคุมมอเตอร์

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบและสร้างตัวชี้งานจากโปรแกรม sketchup
3. วิเคราะห์ความเหมาะสมของอุปกรณ์
4. เบิกค่าใช้จ่ายและจัดซื้ออุปกรณ์
5. วิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน
6. ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่ต้องปรับปรุง
7. สรุปและเขียนรายงาน

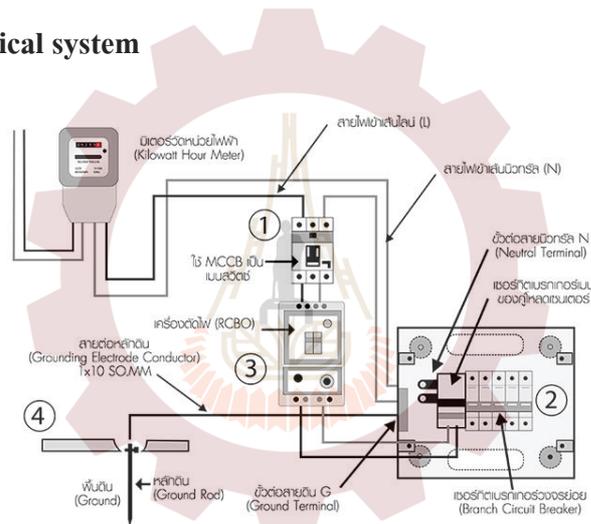
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ชุดสาธิตการเดินระบบไฟฟ้าในอาคารนี้มีมาตรฐานตามที่ กฎหมายการขอดัดตั้งไฟฟ้าได้กำหนดไว้ เช่น การใช้ขนาดสายไฟฟ้า สีของสายไฟฟ้า การใช้อุปกรณ์ที่ผ่านมาตรฐาน มอก. เป็นต้น รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในการทดสอบ มาตรฐานฝีมือแรงงาน เพื่อให้เข้าใจในหลักการการเดินไฟฟ้าในอาคารมากยิ่งขึ้นอีกทั้งยังเป็นสื่อในการเรียนการสอน ผู้ที่ได้รับประโยชน์จากการใช้ชุดสาธิตการเดินระบบไฟฟ้าแรงต่ำในอาคารนี้ได้แก่ นักเรียน นักศึกษา และ ผู้ที่สนใจ ในการเดินสายไฟฟ้าให้มีมาตรฐาน เพื่อที่จะนำความรู้ที่ได้จากโครงการนี้ ไปประเมินราคาและ ตรวจสอบมาตรฐานผู้รับเหมา หรือ นำไปต่อสายไฟฟ้าใช้งานจริงได้ด้วยตนเอง สามารถตรวจสอบความผิดพลาดของวงจรได้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบไฟฟ้า Electrical system



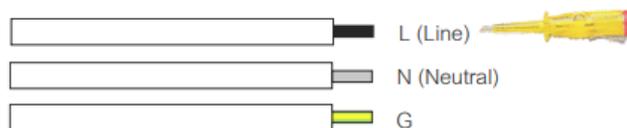
รูปที่ 2.1 ระบบไฟฟ้า

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบเมคคาทรอนิกส์
 ระบบไฟฟ้าเป็นระบบสาธารณูปโภคที่มีความสำคัญ โดยส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า ตามประเภทการใช้งาน โดยส่งจากสถานีไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงสูง สถานีไฟฟ้าย่อย หม้อแปลงแปลงไฟฟ้าให้ต่ำลงไปยังบ้านพักอาศัย สำนักงาน หรือโรงงานอุตสาหกรรม

2.1.1 ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

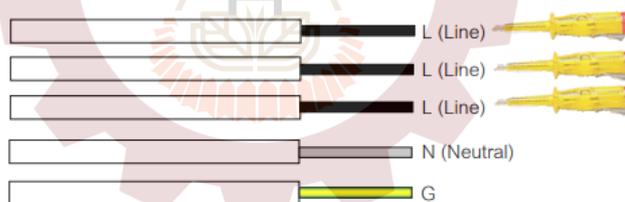
ระบบไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ

ดังนี้ 2.1.1.1 ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 3 สายคือระบบไฟฟ้าที่มีสายไฟจำนวน 3 เส้น ประกอบด้วย เส้นที่มีไฟเรียกว่าสายไฟหรือสายไลน์ L (Line) เส้นที่ไม่มีไฟเรียกว่า สายนิวทรัล N (Neutral) และสายดิน G 1 เส้น เมื่อใช้ไขควงวัดไฟแตะสาย สายไฟ หลอดไฟเรืองแสงที่อยู่ภายในไขควงจะติด แรงดันไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 220 โวลต์ ใช้สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไป



รูปที่ 2.2 สายไฟ 1 เฟส 3 เส้น

2.1.1.2 ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 5 สาย คือระบบที่มีสายไฟจำนวน 5 เส้น ประกอบด้วยเส้นที่มีไฟ 3 เส้น สายนิวทรัล 1 เส้น และสายดิน G 1 เส้น สามารถต่อใช้งาน เป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟส ได้ โดยการต่อจากเฟสใดเฟสหนึ่งและสายนิวทรัลอีกเส้นหนึ่ง แรงดันไฟฟ้า ระหว่างสายเฟสเส้นใดเส้นหนึ่งกับสายนิวทรัลมีค่า 220 โวลต์ และแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟส ด้วยกันมีค่า 380 โวลต์

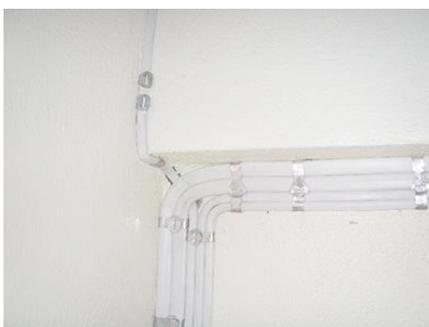


รูปที่ 2.3 สายไฟ 3 เฟส 5 เส้น

2.1.2 วิธีการเดินสายไฟฟ้าภายในอาคาร

วิธีการเดินสายไฟฟ้าภายในอาคารสามารถเดินสายได้ 2 วิธีคือ

2.1.2.1 การเดินสายไฟแบบเปิด (เดินลอย) หมายถึง การเดินสายไฟฟ้า ไปตามผนังหรือเพดาน โดยใช้เข็มขัดรัดสายเป็นตัวยึดสายไฟ ระยะห่างระหว่างเข็มขัดรัดสายไฟ ประมาณ 15-20 เซนติเมตร ข้อดีคือสามารถตรวจสอบซ่อมแซมง่าย ราคาไม่แพง ข้อเสียคือ ดูไม่สวยงามและอาจเกิดการชำรุดได้ง่าย



รูปที่ 2.4 การเดินสายไฟแบบเปิด (เดินลอย)

2.1.2.2 การเดินสายแบบปิด หมายถึง การเดินสายไฟฟ้าแบบซ่อนสาย ภายในท่อพีวีซี หรือท่อโลหะและฝังอยู่ในผนังข้อดีคือสามารถจัดระเบียบแนวการเดินของสายไฟ ทำให้ผนังบ้านดูเรียบร้อยสวยงาม ท่อสายไฟจะฝังอยู่ในผนัง ต้องเดินสายไฟพร้อมการก่อสร้าง อาคาร ข้อเสียคือ หากสายไฟเกิดชำรุดเนื่องจากการติดตั้งผิดวิธีหรือชำรุดจากอายุการใช้งาน จะทำการตรวจสอบและซ่อมแซมยากอาจต้องใช้วิธีรื้อท่อนผนังออก มีความยุ่งยากเสียค่าใช้จ่ายมาก



รูปที่ 2.5 การเดินสายไฟแบบปิด (เดินท่อ)

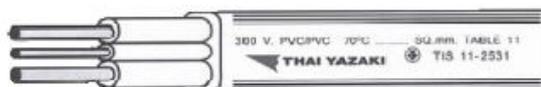
2.1.3 ชนิดของสายไฟฟ้า

สายไฟเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าจนครบวงจร สายไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

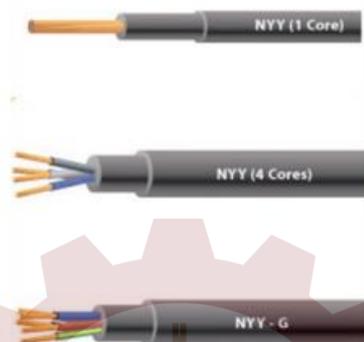
2.1.3.1 สายไฟฟ้าที่มีฉนวนห่อหุ้ม สายไฟฟ้าชนิดนี้มีใช้งานกันมากตามอาคาร บ้านเรือน และอุปกรณ์ไฟฟ้าหลาย ๆ ชนิด ลักษณะสายไฟฟ้าที่มีฉนวนห่อหุ้มเป็นพีวีซีจะมีความทนทานต่อสภาพอากาศไม่ติดไฟ ทนความร้อน แข็งเหนียวไม่เปื่อยง่าย นิยมใช้งานมากที่สุด



สายไฟเดินในบ้าน เป็นสายแบน แกนคู่หุ้มฉนวน PVC แรงดัน 300V 70°C



สายไฟเดินในบ้าน เป็นสายแบน แกนคู่พร้อมแกนสายดินหุ้มฉนวน PVC แรงดัน 300V



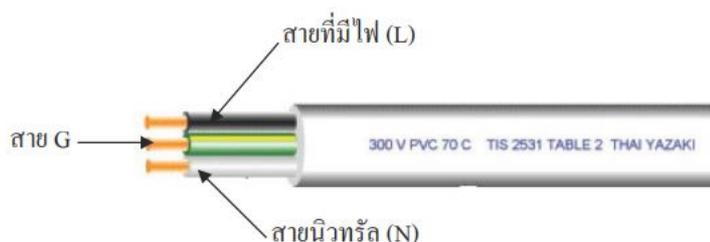
สายไฟฟ้าชนิด NYY สามารถใช้ฝังใต้ดิน มีตั้งแต่แกนเดี่ยวถึง 4 แกน หุ้มฉนวน PVC 2 ชั้น แรงดัน 750V 70°C

2.1.3.2 สายไฟฟ้าที่ไม่มีฉนวนห่อหุ้มภายนอก ใช้เป็นสายไฟฟ้าแรงสูงที่เชื่อมโยงระหว่างเขื่อนกับสถานีจ่ายไฟหรือเชื่อมโยงระหว่างจังหวัดต่าง ๆ สายเปลือยสามารถจุกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าสายหุ้มฉนวนที่มีขนาดและพื้นที่เท่ากัน ได้เกือบเท่าตัว เนื่องจากขึงไว้ในที่สูงและมีลมพัดผ่านตลอดเวลา เป็นการระบายความร้อนให้กับสายไฟฟ้า ไม่ให้เกิดความร้อน สายเปลือยใช้กับระบบไฟแรงสูงที่มีแรงดัน 12 กิโลโวลต์ขึ้นไป



รูปที่ 2.6 สายไฟฟ้าที่ไม่มีฉนวนห่อหุ้ม

สีของสายไฟจะถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานเพื่อให้มีการติดตั้งเดินสายอย่างถูกต้อง โดยอ้างอิงมาตรฐาน มอก. 11 ดังนี้



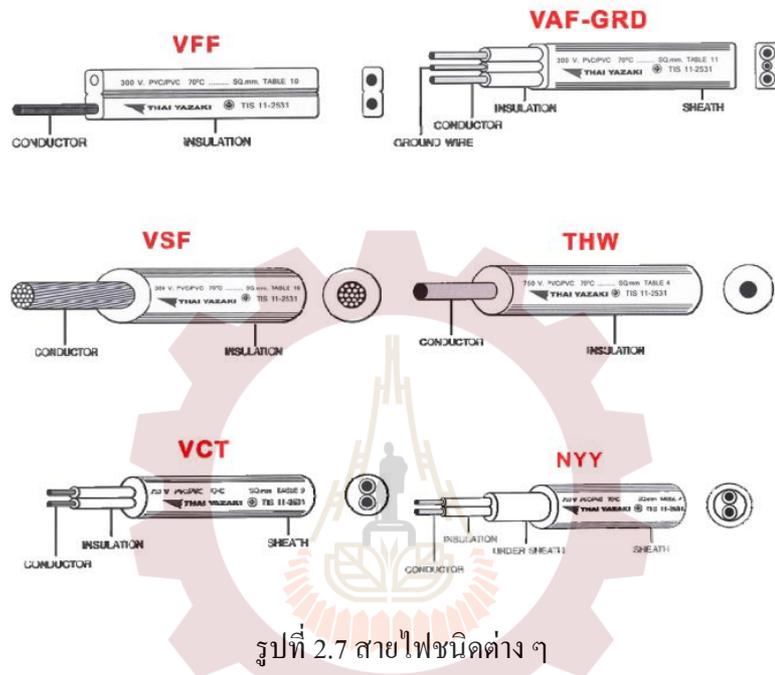
ตารางที่ 2.1 มาตรฐานสีของสายไฟ อ้างอิงจากมาตรฐาน มอก.11

สายไฟระบบ 1 เฟส	สีของสายไฟ (มอก.11-2531)	สีของสายไฟ (มอก.11-2549)
สายที่มีไฟ (L)	ดำ	น้ำตาล
สายนิวทรัล (N)	เทาอ่อน	ฟ้า(น้ำเงิน)
สาย G หรือ สายกราวด์	เขียวแถบเหลือง	เขียวแถบเหลือง

ที่มา (การใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย, 2551, หน้า 8)

การเลือกใช้ชนิดของสายไฟให้เหมาะสมกับสภาพการติดตั้งใช้งานดังนี้

1. VFF มี 1 – 3 Core ใช้งานเป็นสายของเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กทั่วไป
2. VAF มี 2 core จะเป็นสายเมนหลักนิยมใช้เดินสายไฟภายในอาคารพักอาศัยทั่วไป
3. VSF เป็นสายอ่อน มีพื้นที่หน้าตัดเล็กนิยมใช้เป็นสายไฟเครื่องใช้ไฟฟ้า
4. THW มี 1 Core นิยมใช้เป็นสายไฟเดินภายนอกอาคารได้โดยใช้ท่อ PVC เป็นท่อร้อยสายเป็นสายไฟที่นิยมใช้ในงาน โครงสร้างและงานระบบ
5. VCT จะเป็นสายอ่อนมีฉนวน 2 ชั้นง่ายต่อการร้อยสายไม่นิยมใช้ฝังพื้นถ้าจำเป็นจริง ๆ จะต้องเป็นงานที่มี voltage ต่ำเท่านั้น
6. NYY นิยมใช้ในงานฝังใต้ดินเพราะเป็นสายแข็งมีฉนวน 3 ชั้น มีความทนความชื้นได้



รูปที่ 2.7 สายไฟชนิดต่าง ๆ

2.1.4 วัสดุและอุปกรณ์ ที่ใช้ในงานระบบไฟฟ้า

อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในงานระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารพักอาศัยมีดังต่อไปนี้

2.1.4.1 หม้อแปลงไฟ (Transformer) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้แปลง กระแสไฟฟ้าที่มี

แรงดันสูงให้เป็นไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำ 220 - 380 โวลต์



รูปที่ 2.8 หม้อแปลงไฟฟ้า

2.1.4.2 เมนสวิทช์เป็นอุปกรณ์ตัวหลักที่ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าของสายเมนเข้าอาคารกับสายภายในทั้งหมด จึงเป็นอุปกรณ์สับ-เปลี่ยนวงจรไฟฟ้าตัวแรกถัดจากมิเตอร์วัดหน่วยการใช้ไฟฟ้าเข้ามาในบ้าน เมนสวิทช์อาจเป็นอุปกรณ์ตัดไฟหลักตัวเดียว หรือจะอยู่ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ในตู้แผงสวิทช์



รูปที่ 2.9 เมนสวิทช์

2.1.4.3 สวิตช์ตัดไฟอัตโนมัติ (เซอร์กิตเบรกเกอร์) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ตัด หรือต่อวงจรไฟฟ้าได้ในขณะใช้งานปกติ และยังสามารถตัดกระแสไฟฟ้าเกินหรือกระแสไฟฟ้า ลัดวงจรโดยอัตโนมัติได้ด้วย ทั้งนี้การเลือกใช้เบรกเกอร์จะต้องเลือกขนาดพิกัดในการตัดกระแส ลัดวงจร (IC) ของเบรกเกอร์ให้สูงกว่าขนาดกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นในวงจรนั้นๆ



รูปที่ 2.10 เซอร์กิตเบรกเกอร์

2.1.4.4 ฟิวส์ (Fuse) เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินชนิดหนึ่งทำหน้าที่ตัด ไฟฟ้าโดยอัตโนมัติเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเกินค่าที่กำหนด ซึ่งเมื่อฟิวส์ทำงานแล้วจะต้องเปลี่ยน ฟิวส์ใหม่ ฟิวส์ที่ใช้เปลี่ยนต้องมีขนาดกระแสไม่เกินขนาดฟิวส์เดิม และต้องมีขนาดพิกัดการตัด กระแสลัดวงจร (IC) สูงกว่าขนาดกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ไหลผ่านฟิวส์



รูปที่ 2.11 ฟิวส์ชนิดต่าง ๆ

2.1.4.5 เครื่องตัดไฟรั่ว RCD (Residual Current Device) หรือเครื่องตัดวงจรเมื่อมีกระแสไฟฟ้ารั่วลงดินเป็นสวิตช์อัตโนมัติที่สามารถปลดวงจรเมื่อมีกระแสไฟฟ้ารั่วได้อย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ เครื่องตัดไฟรั่วมักจะเป็นอุปกรณ์เสริมเพื่อใช้ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูด โดยเฉพาะจะใช้ได้ดีเมื่อใช้กับระบบไฟฟ้าที่มีสายดินอยู่แล้วและจะช่วยป้องกันอัคคีภัยจากไฟฟ้รั่วได้อีกด้วย เครื่องตัดไฟรั่วนี้จะต้องมีปุ่มสำหรับกดเพื่อทดสอบการทำงานอยู่เสมอ



รูปที่ 2.12 เครื่องตัดไฟรั่ว RCD (Residual Current Device)

2.1.4.6 หลักรดิน (Ground Rod หรือ Grounding Electrode หรือ Earth Electrode) เป็นแท่งหรือแผ่นโลหะที่ฝังอยู่ในดิน เพื่อทำหน้าที่แพร่หรือกระจายประจุไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า ให้ไหลลงสู่ดินได้โดยสะดวก วัสดุที่จะนำมาใช้เป็นหลักรดิน เช่น แท่งทองแดงขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) ความยาวมาตรฐานต้องยาวไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร เป็นต้น



รูปที่ 2.13 หลักรดิน

2.1.4.7 กัดเอาท์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าในวงจร การใช้สะพานไฟต้องใช้ควบคู่กับอุปกรณ์อื่นๆ ด้วย

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.14 กัดเอาท์

2.1.4.8 คຸ້ມหรือลูกถ้วยเป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับสายไฟ ทำหน้าที่เป็นฉนวน และป้องกันมิให้กระแสไฟฟ้ารั่วลงดินหรือลัดวงจรลงดิ



รูปที่ 2.15 คຸ້มหรือลูกถ้วย

2.1.4.9 เข็มขัดรัดสาย ทำด้วยอะลูมิเนียม มีรูตรงกลาง 1-2 รูแล้วแต่ขนาดของเข็ม ขัดรัดสายซึ่งมีขนาดเบอร์ต่าง ๆ ตั้งแต่เบอร์ 0 - 8 รูตรงกลางนี้ใช้สำหรับตอกตะปูยึดกับผนังให้แน่น เข็มขัดรัดสายเบอร์ 0 สำหรับสายที่มีขนาดเล็กเส้นเดียวเข็มขัดรัดสายขนาดใหญ่ใช้กับสายไฟขนาดใหญ่หรือสายไฟขนาดเล็กหลาย ๆ เส้นรวมกัน



รูปที่ 2.16 เข็มขัดรัดสาย

2.1.4.10 กล่องแยกสายไฟ มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีทั้งชนิดที่ทำด้วยไม้ โลหะ และพลาสติก กล่องแยกสายไฟใช้สำหรับต่อแยกสายเพื่อนำไฟไปตามจุดต่างๆ เพื่อความเรียบร้อยและสวยงาม



รูปที่ 2.17 กล่องแยกสายไฟ

2.1.4.11 เทปพันสายไฟ มีลักษณะเป็นม้วนทำด้วยวัสดุหลายอย่าง เช่น ยางพีวีซี ใช้สำหรับพันสายไฟเพื่อป้องกันไฟฟ้าไม่ให้อายุเพราะอาจทำให้เกิดอันตรายได้



รูปที่ 2.18 เทปพันสายไฟ

3.1.4.12 ท่อร้อยสายไฟ การเดินสายไฟฝังในผนังอาคารจะไม่ฝังสายไฟโดยตรง แต่จะร้อยสายไฟเข้าไปในท่อร้อยสายไฟ เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับสายไฟ นิยมใช้ท่อโลหะ และท่อพีวีซี



รูปที่ 2.19 ท่อร้อยสายไฟ

2.1.4.13 เต้ารับ (Socket-outlet หรือ Receptacle) หรือปลั๊กตัวเมียคือขั้วรับสำหรับ หัวเสียบจากเครื่องใช้ไฟฟ้า ปกติเต้ารับจะติดตั้งอยู่กับที่ เช่น ติดอยู่กับผนังอาคารเป็นต้น



รูปที่ 2.20 เต้ารับ

2.1.4.14 เต้าเสียบ (Plug) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยนำปลายของสายไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับเต้าเสียบไปเสียบกับเต้ารับ ที่ต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้าใดๆ ก็ได้ภายในบ้าน



รูปที่ 2.21 เต้าเสียบ (Plug)

3.1.4.15 สวิตช์เปิด-ปิดธรรมดา (Toggle Switch) สวิตช์เปิด-ปิดในที่นี้ หมายถึง สวิตช์สำหรับเปิด-ปิดหลอดไฟหรือ โคมไฟสำหรับแสงสว่างหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่นๆ ที่มีการติดตั้งสวิตช์เอง



รูปที่ 2.22 สวิตช์เปิด-ปิดธรรมดา

2.1.4.16 หลอดไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสง หลอดไฟฟ้ามียุคหลายชนิดด้วยกัน หลอดแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าต่างกัน การนำหลอดไปใช้ต้องพิจารณาความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน หลอดไฟฟ้าที่ใช้โดยทั่วไป มี 2 ลักษณะคือ

(1) หลอดชนิดเผาไส้ (Incandescent) เป็นหลอดที่ให้แสงออกมาได้โดยผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าที่หลอดไส้ซึ่งทำให้มันร้อนและให้แสงออกมามีขนาด 10 วัตต์ 25 วัตต์ 40 วัตต์ 60 วัตต์ และ 100 วัตต์



รูปที่ 2.23 หลอดชนิดเผาไส้

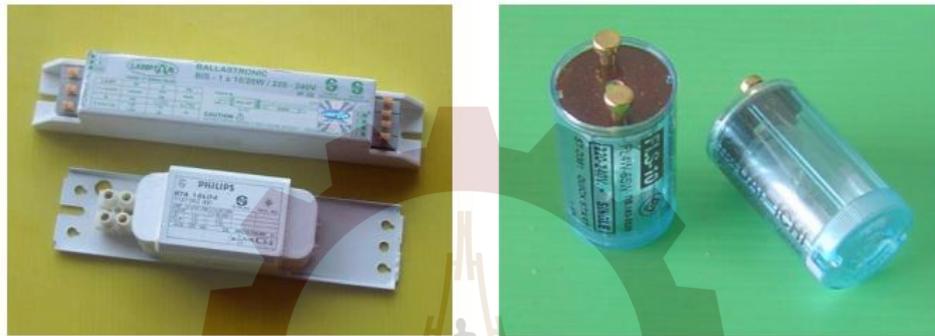
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักบริหารงานวิจัยและพัฒนาระบบงานวิศวกรรมศาสตราจารย์ ดร.วิมลนาถ

(2) หลอดชนิดคายประจุ (fluorescent) ตัวหลอดเป็นแก้วกลมรูปทรงกระบอก ที่ปลายสองข้างมีขั้วเพื่อต่อสาย ภายในผิวของหลอดเคลือบด้วยสารเคมีเรืองแสง ให้แสงสว่างสีนวล สบายตา มีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดแบบชนิดเผาไส้ขนาดที่ใช้ทั่วไปมี 13 วัตต์ 15 วัตต์ 20 วัตต์ และ 40 วัตต์ เป็นต้น



รูปที่ 2.24 หลอดชนิดคายประจุ

2.1.4.16 ชุดหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ประกอบด้วย บัลลาสต์อาร์ทเป็นเครื่องบังคับกระแสไฟฟ้า ไม่ให้เพิ่มสูงขึ้น และสตาร์ทเตอร์เป็นตัวกระตุ้นให้กระแสอิเล็กตรอนเกิดการไหล

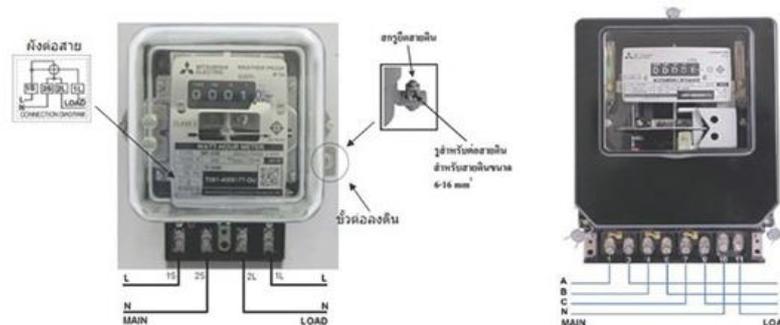


รูปที่ 2.25 บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์

2.1.4.17 มาตรฐานไฟฟ้า คืออุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณไฟฟ้ากระแสสลับทั้งในบ้านเรือนและในโรงงานอุตสาหกรรม มีหน่วยวัดพลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง โดยมีเตอร์ไฟที่ติดตั้งตามบ้านหรือคอนโดฯ ที่ใช้กันสามารถจำแนกตามระบบไฟฟ้าได้ 2 ประเภท ดังนี้

1.มิเตอร์ไฟฟ้าแบบ 1 เฟส เหมาะสำหรับบ้านหรือคอนโดฯ ที่ใช้ไฟไม่มาก โดยจะมีสายไฟ (L) และสายนิวทรัล (N) จากกริ่งไฟฟ้าฯ มาอย่างละเส้น รวม 2 เส้น แล้วมาต่อเข้ากับตู้เมนไฟฟ้า (Main Breaker) ในบ้าน

2.มิเตอร์ไฟฟ้าแบบ 3 เฟสสำหรับบ้านหรือคอนโดฯ ที่ใช้ไฟปริมาณมากๆ จะมีสายไฟ (L) จำนวน 3 เส้น และสายนิวทรัล (N) จำนวน 1 เส้น รวม 4 เส้น โดยการไฟฟ้าฯ จะติดตั้งให้อย่างละเส้น แล้วมาต่อเข้ากับตู้เมนไฟฟ้า (Main Breaker) ในบ้าน



รูปที่ 2.26 มาตรฐานไฟฟ้า

2.1.5 วัสดุและอุปกรณ์ ที่ใช้ในระบบควบคุมมอเตอร์

2.1.5.1 รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1. ส่วนของขดลวด (coil) หนึ่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวด หนึ่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระตุ้นให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

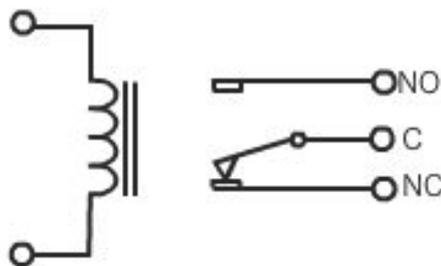
2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ **NC** ย่อมาจาก **normal close** หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดหนึ่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลาเช่น

จุดต่อ **NO** ย่อมาจาก **normal open** หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดหนึ่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่น โคมไฟสนามหนึ่ยหน้าบ้าน

จุดต่อ **C** ย่อมาจาก **common** คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.27 สัญลักษณ์รีเลย์

ข้อคำนึงถึงการต่อใช้รีเลย์

1. แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่า แรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12VDC ก็ต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ที่คู่กัน เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้(นอกจากชนิดพิเศษ)
2. การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220AC คือหน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220VAC ครับ แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้จะเป็นการดีกว่าครับ เพราะถ้ากระแสผ่านหน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้
3. จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่



รูปที่ 2.28 รีเลย์

2.1.5.2 สวิตช์ Push Button

Push Button Switch หรือที่เรียกกันว่าสวิตช์ปุ่มกดเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่ตัดและต่อวงจรทางไฟฟ้าและ ใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ หรือการทำงานของเครื่องจักรต่างๆ เป็นเหมือนอุปกรณ์พื้นฐาน ใช้ได้กับอุตสาหกรรมทั่วไป มีทั้งแบบมีไฟ และทึบแสง

Push button Switch สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

1. แบบกดติดปล่อยดับ หรือ ที่เรียกว่าแบบสปริงรีเทิร์น เป็นประเภทที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากมีฟังก์ชันการทำงานที่ไม่ยุ่งยาก นิยมใช้กับ ตู้ MDB ตู้ DB และ ตู้ control เครื่องจักร เป็นต้นหลักการทำงานเมื่อมีการกด Push button Switch หน้าสัมผัสดังกล่าวจะเปลี่ยนสถานะจาก NO เป็น NC หรือจาก NC จะเป็น NO แต่เมื่อปล่อยมือออกจาก Push button Switch หน้าสัมผัสจะกลับสู่สภาวะปกติในตำแหน่งเดิม โดยมีแรงผลักดันจากสปริงให้ Push button Switch เข้าสู่สภาวะปกติ



รูปที่ 2.29 Push button Switch แบบกดติดปล่อยดับ

2.แบบกดติดกดดับ หรือ แบบ Push on / push off เป็นประเภทที่นิยมใช้ในฟังก์ชันการทำงานแบบไม่ซับซ้อน เช่น Start/stop สายพานลำเลียง เป็นต้นเมื่อมีการกด Push button Switch หน้าสัมผัสดังกล่าวจะเปลี่ยนสถานะ จาก NO เป็น NC หรือจาก NC จะเป็น NO แต่เมื่อปล่อยมือออกจาก Push button Switch หน้าสัมผัสจะถูกล็อกไว้โดยกลไกของสวิตช์ ซึ่งสามารถกลับสู่สภาวะปกติในตำแหน่งเดิมได้โดยกด Push button Switch อีกครั้งทำให้คลายล็อก จะมีแรงผลักดันจากสปริงให้ Push button Switch เข้าสู่สภาวะปกติ



รูปที่ 2.30 Push button Switch แบบกดติดกดดับ

2.1.5.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

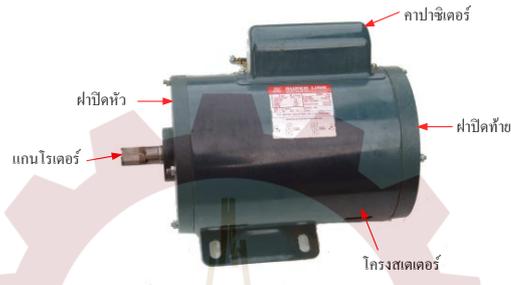
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หมายถึง มอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือขดลวดในสเตเตอร์และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกล คือ ตัวหมุนหรือโรเตอร์ ซึ่งเมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้าก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่นิ่งหรือสเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบ ๆ สเตเตอร์ เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปตัดกับตัวนำที่เป็นวงจรถัดหรือขดลวดกรงกระรอกของตัวหมุนหรือโรเตอร์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศทางเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ก็จะทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์เกิดจะพลังงานกลสามารถนำไปขับภาระที่ต้องการหมุนได้

คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor)

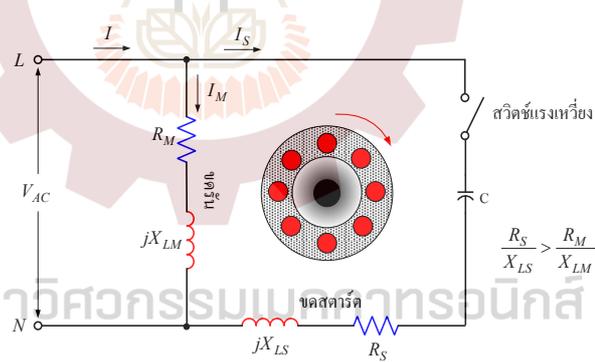
เนื่องจากสปลิตเฟสมอเตอร์มีแรงบิดเริ่มเดินค่อนข้างต่ำ เพราะว่ากระแสไฟฟ้าในขดลวดชุดสตาร์ทกับขดลวดชุดรันต่างเฟสกันเป็นมุมโดยประมาณ 30-50 องศาไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อต้องการให้มอเตอร์มีแรงบิดเริ่มเดินสูง จะต้องใช้คาปาซิเตอร์ต่อเข้ากับวงจรถดลวดชุดสตาร์ทเพื่อให้กระแสไฟฟ้าในขดลวดทั้งสองชุดมีมุมต่างเฟสกันมากยิ่งขึ้นประมาณเกือบ 90 องศาไฟฟ้า คาปาซิเตอร์มอเตอร์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด แต่ละชนิดมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันแต่สิ่งที่เหมือนกันก็คือมีขดลวดสเตเตอร์จำนวน 2 ชุด ซึ่งขดลวดชุดรันกับขดลวดชุดสตาร์ทวางมุมห่างกัน 90 องศาไฟฟ้าและขดลวดชุดสตาร์ทจะมีคาปาซิเตอร์ต่ออยู่เสมอ

คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (Capacitor Start Motor) มอเตอร์แบบนี้มีส่วนประกอบเหมือนกับสปลิตเฟสมอเตอร์แต่เพิ่มคาปาซิเตอร์อีก 1 ตัวเพื่อต่ออนุกรมกับขดลวดชุดสตาร์ทเท่านั้น เมื่อต่อคาปาซิเตอร์อนุกรมกับขดลวดชุดสตาร์ทแล้วทำให้กระแสไฟฟ้าของขดลวดชุดสตาร์ท (I_s) นำหน้าแรงเคลื่อนไฟฟ้า (V) ที่ป้อนให้กับมอเตอร์ ซึ่งจะนำหน้ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความจุของคาปาซิเตอร์ ส่วนกระแสไฟฟ้าของขดลวดชุดรันยังคงล้าหลังแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เหมือนเดิม จากเวกเตอร์ไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 4.4 กระแสไฟฟ้าของขดลวดชุดสตาร์ท นำหน้ากระแสไฟฟ้าของขดลวดชุดรัน (I_M) ประมาณเกือบ 90 องศาไฟฟ้า



รูปที่ 2.31 ส่วนประกอบของคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์

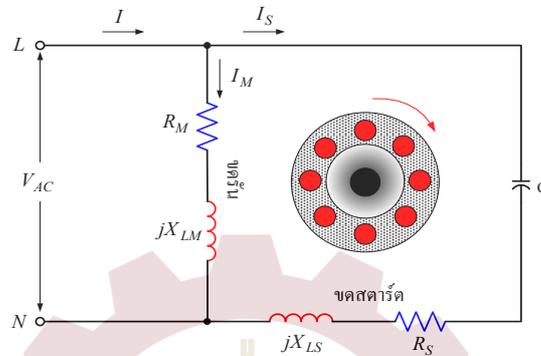


รูปที่ 2.32 การต่อวงจรของคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์

คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ (Capacitor run motor) ลักษณะ โครงสร้างทั่วไปของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์เหมือนกับชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ท แต่ไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยงตัวคาปาซิเตอร์จะต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลาทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ดีขึ้น โดยที่คาปาซิเตอร์ต้องต่อถาวรอยู่ขณะทำงาน



รูปที่ 2.33 คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์

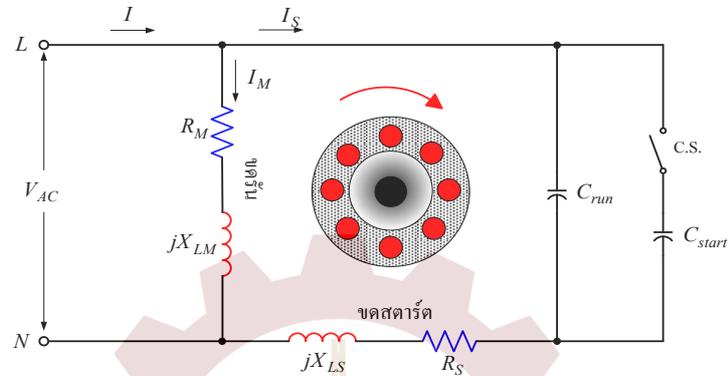


รูปที่ 2.34 การต่อวงจรขดลวดคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์

คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ (Capacitor start and run motor) ลักษณะโครงสร้างของคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ชนิดนี้จะมีคาปาซิเตอร์ 2 ตัวคือคาปาซิเตอร์สตาร์ทกับคาปาซิเตอร์รัน คาปาซิเตอร์สตาร์ทต่ออนุกรมอยู่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหรือเรียกว่าเซ็นติฟูกัลสวิตช์ส่วนคาปาซิเตอร์รันจะต่ออยู่กับวงจรตลอดเวลา คาปาซิเตอร์ทั้งสองจะต่อขนานกันซึ่งค่าของคาปาซิเตอร์ทั้งสองนั้นมีค่าแตกต่างกัน



รูปที่ 2.35 คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์

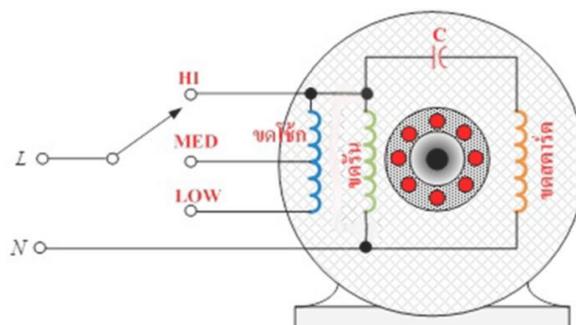


รูปที่ 2.36 การต่อวงจรขดลวดคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์

คุณลักษณะและการนำไปใช้งาน คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์มีแรงบิดเริ่มเดินสูง อีกทั้งขณะหมุนไปแล้ว จะให้การหมุนที่เรียบสม่ำเสมอ เหมาะกับงานคอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ บั้มลมขนาดใหญ่ โรงสีข้าวในครัวเรือน เป็นต้น

การควบคุมความเร็วคาปาซิเตอร์มอเตอร์

คาปาซิเตอร์มอเตอร์ที่ใช้ในการปรับความเร็วรอบส่วนใหญ่จะเป็นชนิดคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ ส่วนใหญ่จะเป็นมอเตอร์พัดลม เช่น พัดลมตั้งโต๊ะ พัดลมตั้งพื้น พัดลมเพดาน พัดลมติดผนัง พัดลมคอยล์เย็นเครื่องปรับอากาศและอื่นๆ ซึ่งมีวิธีการปรับความเร็ว 3 แบบด้วยกัน คือ แบบใช้ขด ใช้คต่ออนุกรมเข้ากับขดรันเหมือนใน ชสปลิตเฟสมอเตอร์



รูปที่ 2.37 วงจรการปรับความเร็วโดยใช้ไข้ค

เครื่องมือทดสอบระบบไฟฟ้า Fluke 1660 Series

เครื่องมือทดสอบการติดตั้ง Fluke 1660 Series คือเครื่องมือทดสอบการติดตั้งเพียงหนึ่งเดียวที่ช่วยป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ และทำให้ผู้ใช้สามารถส่งผลการทดสอบแบบไร้สายผ่านสมาร์ทโฟนจากภาคสนามได้โดยตรง ลดเวลาทดสอบลงได้ถึง 40 % ด้วยการทดสอบอัตโนมัติ ฟังก์ชันทดสอบอัตโนมัติสามารถทำการทดสอบการติดตั้ง 5 แบบที่จำเป็นในลำดับเดียว รวมถึงการทดสอบอัตโนมัติ Type A, AC & RCD ที่เลือกได้ เพื่อให้แน่ใจว่าการติดตั้งจะเป็นไปตามข้อกำหนดด้านการติดตั้งของท้องถิ่น และยังช่วยลดจำนวนครั้งของการเชื่อมต่อด้วยมือ ลดโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาด และลดเวลาในการทดสอบถึง 40 %



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

รูปที่ 2.38 เครื่องมือทดสอบระบบไฟฟ้า Fluke 1660 Series RCD ในการทดสอบ

เนื่องจาก RCD ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าผิดปกติที่ลงดินซึ่งเล็กน้อยที่จะ ปลดวงจรของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินพิกัด (เช่น ฟิวส์) แต่ยังมีกระแสเพียงพอที่จะก่อให้เกิดไฟฟ้าช็อต หรือ อคติภัยที่เกิดจากไฟฟ้า การระบุการทำงานของ RCD มีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อความปลอดภัย และได้ระบุไว้ใน IEC 60364 (และมาตรฐานระดับประเทศแบบเดียวกัน มากมาย) มาตรฐานนี้เจาะจงข้อกำหนดสำหรับการติดตั้ง ด้าน ไฟฟ้าแบบตายตัวในอาคาร

2.2 การคำนวณขนาดของโหลด

2.2.1 การคำนวณค่าโหลดในปัจจุบันจะนิยมคิดค่าในหน่วยเป็น VA หรือ โวลต์ – แอมป์ ซึ่งถือว่าเป็นค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏขึ้นจริงในการจ่ายไฟฟ้าให้โหลด หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น หรืออาจจะกล่าวได้ว่า เป็นค่าที่เครื่องวัดไฟฟ้าสามารถวัดได้จริงในขณะที่ใช้งาน เมื่อสามารถรวมค่าทั้งหมดของโหลดแล้ว เราจะสามารถเลือกใช้ขนาด สายไฟฟ้า บริษัทฯ ไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกัน และหม้อแปลง ได้อย่างเหมาะสม และถูกต้องตามมาตรฐานอีกด้วย โดยค่าของกำลังไฟฟ้ามี่ 3 ค่าดังนี้

1. $S = VI$ หน่วยคือ (VA) โวลต์ – แอมป์
2. $P = VI \cos \theta$ หน่วยคือ (W) วัตต์
3. $Q = VI \sin \theta$ หน่วยคือ (VAR) วาล์

ความสัมพันธ์ของค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสามค่า สามารถนำมาเขียนในรูปสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า ได้มีกำลังกระแสและแรงดันจึงเป็นวงจรไฟฟ้าได้

ระบบ 1 เฟส แทนค่า	V	=	220V
	P	=	$VI \cos \theta$
ระบบ 3 เฟส แทนค่า	V	=	$380V$
	P	=	$\sqrt{3}VI \cos \theta$

หากเราทราบค่าของอุปกรณ์ไฟฟ้าในหน่วย (W) และทราบค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบ (Power Factor คือตัวเลขที่บอกถึงกำลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ประโยชน์ หรือเกิดการทำงานจริงกับขนาดของกำลังงานทั้งหมด ที่ต้องการจากระบบไฟฟ้า โดยส่วนที่เกินจากกำลังงานที่ใช้ทำงานจริง จะเรียกว่า กำลังงานรีแอกทีฟหรือ Reactive Power ซึ่งมีหน่วยเป็นวาร์) เราก็สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏได้จาก

$$VI = \frac{P}{\cos \theta} \quad \text{ระบบ 1 เฟส}$$

$$VI = \frac{P}{\sqrt{3} \cos \theta} \quad \text{ระบบ 3 เฟส}$$

2.3 โหลดแสงสว่าง

ในการคำนวณค่าโหลดของโหลดแสงสว่างจะคำนวณได้จากจำนวนของหลอดไฟที่ใช้งานจริงในวงจรย่อยนั้น ๆ โดยจะใช้กระแสของหลอดไฟฟ้าไปคำนวณค่าโหลดในหน่วยโวลต์ – แอมป์ (VA) เพื่อนำมาหาขนาดสายไฟฟ้าของหน่วยย่อยทั้งนี้ การหากระแสของหลอดไฟนั้นจะสามารถทำได้โดยใช้พิกัดกำลังไฟฟ้าในหน่วยวัตต์ (W) นำไปหารแรงดันได้โดยตรง เพราะไม่มีบัลลาสต์ต่ออยู่ในวงจร

ตารางที่ 2.2 พิกัดของหลอดไฟ

ชนิดของหลอด	กระแส (A)	กำลัง (VA)
40W	0.182	40
60W	0.273	60
75W	0.341	75
100W	0.455	100
150W	0.682	150

2.4 สายดินของระบบไฟฟ้าในบ้าน

ระบบสายดินเป็นระบบส่งเสริมความปลอดภัย ซึ่งในยุคปัจจุบันนี้เทคโนโลยีได้ส่งเสริมเสริมคุณภาพชีวิตของมนุษย์เราให้สะดวกสบายมากขึ้น โดยได้พัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ชิดกับเรามาก แต่ในความสะดวกสบายนั้นเองก็อาจจะมีอันตรายซ่อนอยู่ เช่น ไฟฟ้าลัดวงจร ไฟรั่ว ก็เป็นหนึ่งในอันตรายจากอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างหนึ่ง ซึ่งเราสามารถป้องกันอันตรายเหล่านี้ได้ถ้าเราวางระบบป้องกันที่ดี

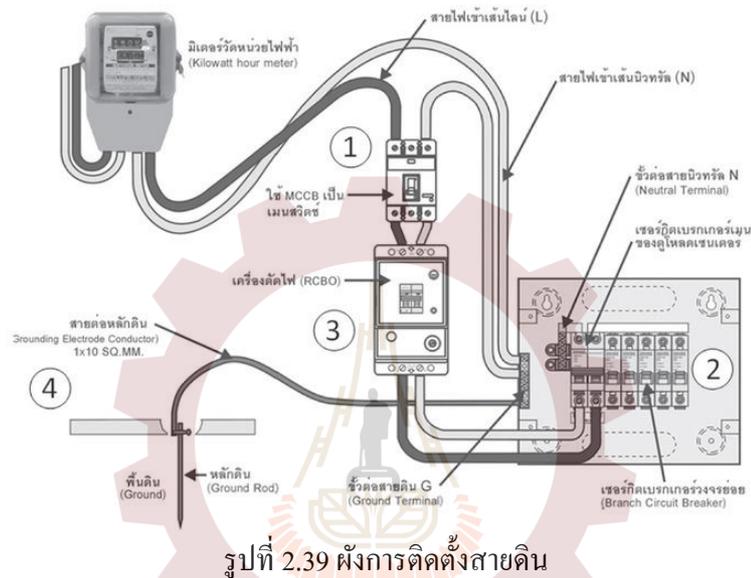
สายดิน หมายถึง ตัวนำหรือสายไฟที่ต่อจากส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้าหรือเปลือกโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ติดตั้งทางไฟฟ้าซึ่งปกติเป็นส่วนที่ไม่มีไฟและมักมีการจับต้องขณะใช้งานเพื่อ ให้เป็นเส้นทางที่สามารถนำกระแสไฟฟ้า กรณีที่มีไฟรั่วให้ไหลลงดินโดยผู้ใช้ไฟไม่เกิดอันตราย ขณะเดียวกันก็เป็นเส้นทาง ให้กระแสไฟรั่วไหลย้อนกลับไปยังหม้อแปลงไฟฟ้าได้สะดวก เพื่อให้เครื่องตัดไฟอัตโนมัติทำงานและตัดไฟออกทันที โดยทั่วไปสายไฟดังกล่าวมักเรียกสั้นๆว่า สายดินประโยชน์ของสายดิน ป้องกันไม่ให้มีผู้ถูกไฟฟ้าดูด กรณีมีกระแสไฟรั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้าเนื่องจากกระแสไฟรั่ว จากเครื่องใช้ไฟฟ้าจะไหลลงดินทางสายดิน โดยไม่ผ่าน

ร่างกายผู้สัมผัสเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น เป็นผลทำให้อุปกรณ์ป้องกัน ไฟฟ้าลัดวงจรและหรือไฟฟ้ารั่ว จะตัดกระแสไฟฟ้าออกทันที เครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภท เช่น คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์สื่อสารอาจทำงานได้ไม่สมบูรณ์ หรือชำรุดได้ง่ายหากไม่มีสายดิน

ข้อแนะนำเพิ่มเติมสำหรับการติดตั้งระบบสายดินที่ถูกต้อง

1. ภายในอาคารหลังเดียวกันไม่ควรมียุจุดต่อลงดินมากกว่า 1 จุด
2. จุดต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (จุดต่อลงดินของเส้นศูนย์) ต้องอยู่ด้าน ไฟเข้าของเครื่องตัดวงจรตัวแรก (เมนสวิตช์)
3. สายศูนย์และสายดินต่อรวมกันได้เพียงจุดเดียวที่จุดต่อลงดินภายในตู้เมนสวิตช์เท่านั้น ห้ามต่อรวมกันในที่อื่นๆอีก เช่น ในแผงสวิตช์ย่อย ดังนั้น แผงสวิตช์ย่อยต้องมีขั้วสายดินและขั้วต่อสายศูนย์แยกออกจากกันและห้ามต่อถึงกัน ขั้วต่อสายศูนย์ต้องมีฉนวนคั่นกับตัวตู้ซึ่งต้องต่อกับขั้วต่อสายดิน
4. ตู้เมนสวิตช์สำหรับห้องชุดของอาคารชุดและตู้แผงสวิตช์ประจำชั้นของอาคารที่มีหลายชั้น ให้ถือว่าเป็นแผงสวิตช์ย่อย จึงห้ามต่อสายศูนย์และสายดินร่วมกัน
5. ถ้าเครื่องใช้ไฟฟ้ามีการต่อลงดินโดยตรงไปแล้ว ให้ดำเนินการแก้ไขโดยเพิ่มการต่อลงดินที่เมนสวิตช์อย่างถูกต้อง แล้วเดินสายดินเชื่อมต่อจากเมนสวิตช์มาต่อร่วมกับสายดินที่ใช้อยู่เดิม
6. เมนสวิตช์ควรติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วขนาดตั้งแต่ 100mA ขึ้นไป สำหรับป้องกันอัคคีภัย การต่อใช้เครื่องตัดไฟรั่วนั้นจุดต่อลงดินของระบบไฟฟ้าต้องอยู่ด้าน ไฟเข้าของเครื่องตัดไฟรั่ว มิฉะนั้น จะมีปัญหาในการทำงานของเครื่องตัดไฟรั่ว สำหรับเครื่องตัดไฟรั่วขนาด 30mA ที่ใช้ป้องกันไฟดูดให้ติดตั้งในวงจรย่อย
7. เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดที่มี 2 ขั้ว เมื่อใช้กับระบบสายดิน เซอร์กิตเบรกเกอร์แต่ละขั้ว จะต้องมีความสามารถในการตัดกระแสลัดวงจรได้ตามพิกัดกระแสลัดวงจร (IC) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดมี 2 ขั้ว ขนาด 10 kA แต่ละขั้วจะต้องตัดไฟได้ 10 kA ที่แรงดัน 220 โวลต์ ด้วย
8. ถ้าสายวงจรเดินในท่อโลหะต้องเดินสายดินร้อยภายในท่อโลหะร่วมกับสายวงจร ห้ามเดินสายดินภายนอกท่อโลหะ
9. วงจรสายดินที่ถูกต้องจะต้องไม่มีกระแสไหลจากการใช้งานปกติไหลอยู่ในวงจรสายดิน
10. ตู้เมนสวิตช์ควรใช้ชนิดที่มีขั้วต่อสายศูนย์ และขั้วต่อสายดินแยกจากกัน
11. สายต่อหลักดินที่ใช้ต้องมีฉนวนหุ้มด้วย
12. รายละเอียดอื่นๆ ของการติดตั้งระบบสายดิน ต้องเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้ง

ผังการติดตั้งสายดิน

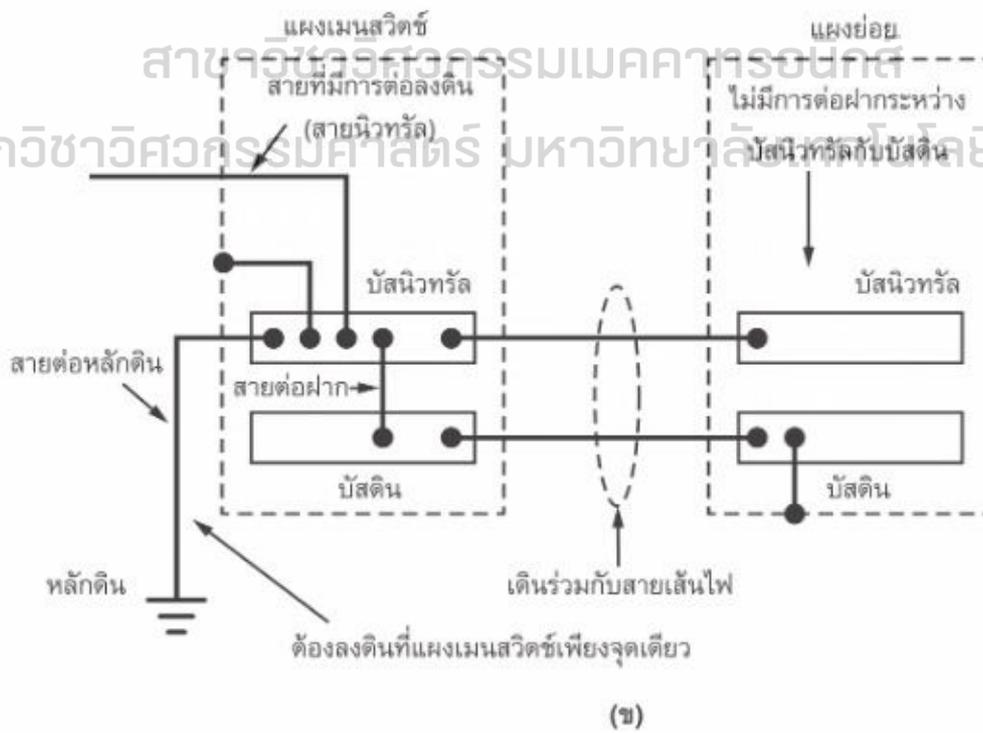
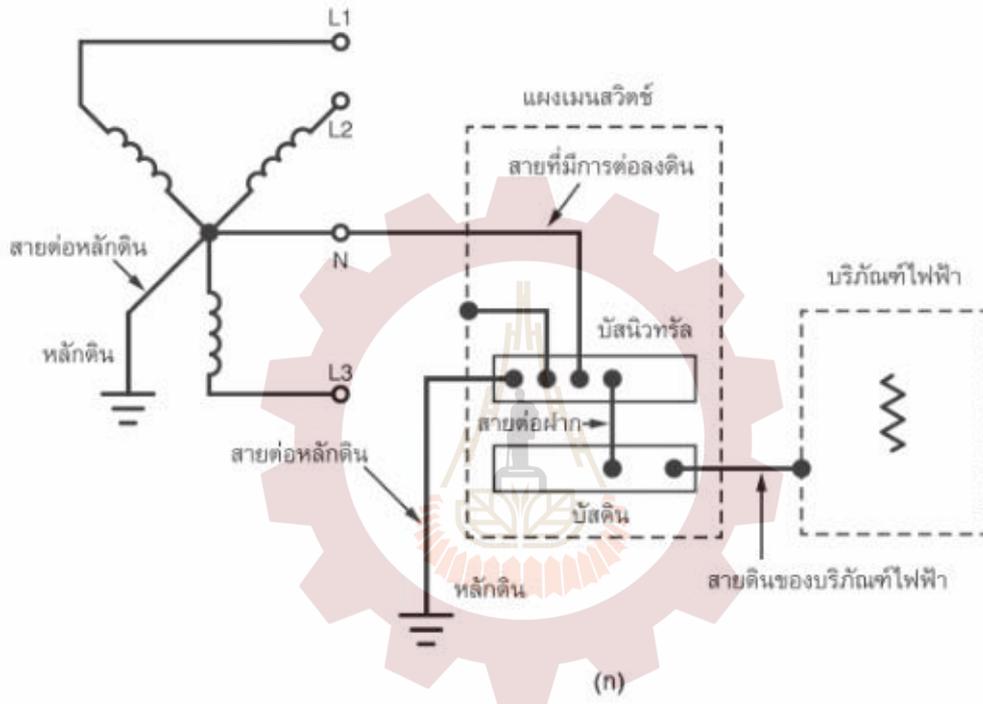


2.4.1 มาตรฐานการต่อสายต่อสายดินระบบไฟฟ้าที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50 โวลต์ขึ้นไป ตามมาตรฐานการไฟฟ้าฯ ได้กำหนดให้วงจรและระบบไฟฟ้ากระแสสลับจะต้องต่อลงดินในส่วนของวงจร และระบบอื่นๆ ก็อาจต่อลงดินด้วยก็ได้ โดยระบบไฟฟ้าที่มีระดับแรงดันตั้งแต่ 50 โวลต์ แต่ไม่ถึง 1,000 โวลต์ จะต้องทำการต่อลงดินตามมาตรฐาน เมื่อมีสภาพตามข้อใดดังต่อไปนี้

1. ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย และมีตัวนำนิวทรัลเป็นสายวงจรด้วย
2. ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย และจุดกึ่งกลางของเฟสใดหนึ่งเฟสหนึ่งใช้เป็นสายวงจรด้วย
3. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 3 สาย หรือ 1 เฟส 2 สาย

แต่ถ้าเป็นกรณีที่ระบบไฟฟ้ามีแรงดันตั้งแต่ 1,000 โวลต์ขึ้นไป ถ้ามีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ของใช้สำหรับไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ได้ จะต้องต่อลงดิน เว้นแต่ระบบที่มีตัวจ่ายแยกต่างหากโดยเฉพาะ เช่น Separately Derived Systems ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าที่ได้รับพลังงานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า หรือคอนเวอร์เตอร์ที่มีขดลวด ซึ่งไม่มีการต่อวงจรไฟฟ้าในระบบ มาตรฐานการติดตั้งไม่บังคับให้ต่อสายดิน

วงจรการต่อดินในระบบไฟฟ้าต่างๆ



สาขาวิศวกรรมเครื่องกลการอบก
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

และสำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ภายในอาคารสายตัวนำของระบบต้องมีการต่อลงดิน ตัวนำที่มีการต่อลงดินต้องมีการกำหนดสีหรือทำเครื่องหมาย การต่อลงดินต้องทำตามข้อใดข้อหนึ่งดังนี้

ระบบ 1 เฟส 2 สาย กำหนดให้ตัวนำนิวทรัลเป็นสายที่ต่อลงดิน

ระบบ 1 เฟส 3 สาย กำหนดให้ตัวนำนิวทรัลเป็นสายที่ต่อลงดิน

ระบบ 3 เฟส 3 สาย กำหนดให้สายตัวนำเส้นใดเส้นหนึ่งต่อลงดิน

ระบบ 3 เฟส 4 สาย กำหนดให้ตัวนำนิวทรัลเป็นสายที่ต่อลงดิน

สำหรับส่วนประกอบการต่อลงดินได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 (ก) โดยตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยได้กำหนดให้ระบบไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟที่ต้องต่อลงดินจะต้องต่อลงดินที่บริเวณที่ประธานหรือแผงเมนสวิตช์แต่ละชุดจุดต่อลงดินต้องอยู่ในจุดที่เข้าถึงสะดวกที่ปลายตัวนำประธานหรือบัส หรือขั้วต่อที่ต่อเข้ากับตัวนำนิวทรัลของตัวนำประธานภายในบริเวณที่ประธาน การต่อลงดินของบริเวณที่ประธานต้องทำการต่อทางด้านไฟเข้า ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก) นอกจากนี้ แผงเมนสวิตช์ที่มีการต่อลงดินจะต้องเดินสายที่มีการต่อลงดินไปยังแผงย่อยทุกชุดและต้องต่อฝากเข้ากับสิ่งห่อหุ้มของแผงย่อย โดยที่สายดังกล่าวจะต้องเดินรวมไปกับสายเส้นไฟด้วยและต้องไม่มีการต่อฝากระหว่างบัสนิวทรัลกับบัสดินของแผงย่อยอีก ดังรูปที่ 2 (ข)

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

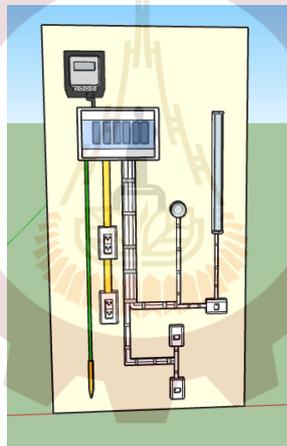
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทำโครงการ

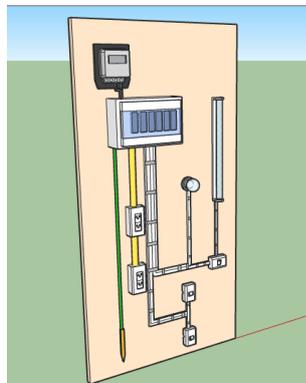
ทำการออกแบบ โดยโปรแกรม sketchup

Design version 1 : ออกแบบการจัดวางอุปกรณ์



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
รูปที่ 3.1 ออกแบบการจัดวางอุปกรณ์

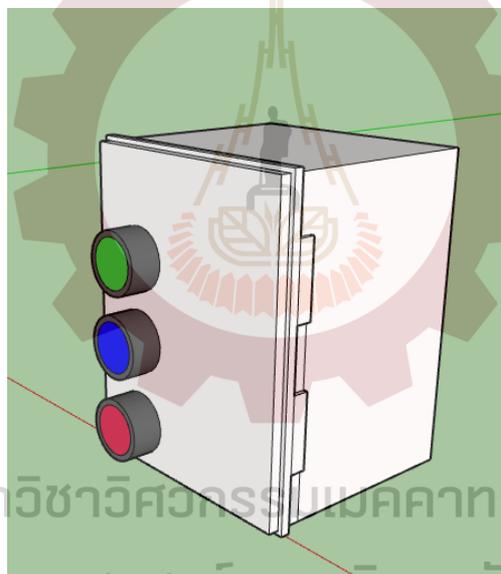
การออกแบบประกอบด้วย มาตรฐานไฟฟ้าตำแหน่งบนสุดของชุดสายิตต่อเข้ามายังตู้คอนซูมเมอร์ยูนิตจากนั้นต่อสายไฟออกไปยัง เต้ารับ 2 ตัว สวิตช์เปิด-ปิดหลอด fluorescent 1 ตัวต่อไปยังหลอด fluorescent 1 หลอด และ สวิตช์เปิด-ปิดหลอดไส้ 2 ตัวต่อไปยังหลอดไส้เพื่อแสดงการควบคุมสวิตช์แบบ 2 ทาง และการต่อสายดินแสดงการปักหลักดิน (Ground Rod)



รูปที่ 3.2 ออกแบบการจัดวางอุปกรณ์(ต่อ)

การออกแบบชุดสาธิตแบ่งให้มีการเดินสายไฟ 2 รูปแบบ โดยการใช้เข็มขัดรัดสายและแบบการเดินสายร้อยท่อ โดยจะให้การเดินแบบใช้เข็มขัดรัดสายสำหรับสายไฟที่ต่อไปยังตัว สวิตช์เปิด-ปิด และหลอดไฟแบบหลอดไส้และแบบหลอด fluorescent ส่วนการเดินแบบสายร้อยท่อใช้สำหรับการต่อไปยังเต้ารับ 2 ตัว

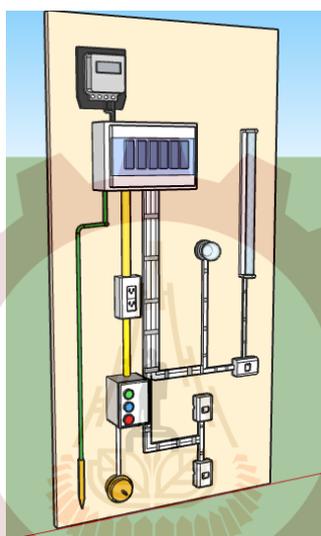
Design version 2 : ออกแบบกล่องควบคุมมอเตอร์



สาขาวิชาวิศวกรรมแม่คคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รูปที่ 3.3 ออกแบบกล่องควบคุมมอเตอร์

การควบคุมจะใช้สวิตช์แบบ Botton สามตัวโดยคุมการหมุนทางหนึ่งตัว หมุนตามหนึ่งตัวและหยุดการทำงานหนึ่งตัวโดยการจะเป็นการหมุนในทุกครั้งจะต้องผ่านการหยุดมอเตอร์ก่อน

Design version 3 : ออกแบบให้สองส่วนต่อร่วมกัน



รูปที่ 3.4 ออกแบบให้สองส่วนต่อร่วมกัน

อุปกรณ์หลัก

ตารางที่ 3.1 ตารางอุปกรณ์หลัก

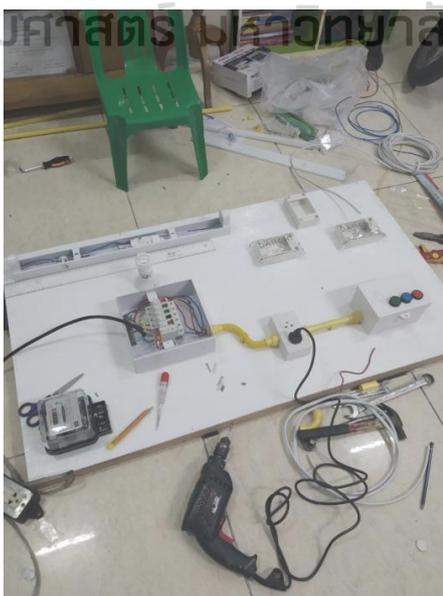
อุปกรณ์	จำนวน
1.มาตรวัดไฟฟ้า	1 ตัว
2.ตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต	1 ตู้
3.สวิตช์เปิด-ปิด	3 ตัว
4.เต้ารับ	1 ตัว
5.หลอดไส้	1 หลอด
6.หลอด fluorescent	1 หลอด
7.หลักดิน	1 แท่ง
8.ท่อร้อยสายไฟ	1 เมตร

9.สายไฟ VAF	10 เมตร
10.สายไฟ THW	2 เมตร
11.ไม้อัดยาง	1 แผ่น
12.เข็มขัดรัดสาย	1 ก่อ่ง
13.กลั้วมปูยึดท่อร้อยสาย	1 ก่อ่ง
14.สวิตช์กดแบบ push button	3 ตัว
15.รีเลย์	2 ตัว

ขั้นตอนการทำงาน

1. ออกแบบการจัดวางอุปกรณ์ที่จะนำมาต่อใช้งานเพื่อแสดงบนกระดานให้มีความลงตัว และสวยงาม จากการจำลองผ่านโปรแกรมเขียนแบบ

2. เมื่อมีแบบที่ต้องการแล้วเริ่มจัดเรียงอุปกรณ์ที่สำคัญลงบนกระดานเพื่อเตรียมพร้อม สำหรับการต่อวงจรในขั้นตอนต่อไป



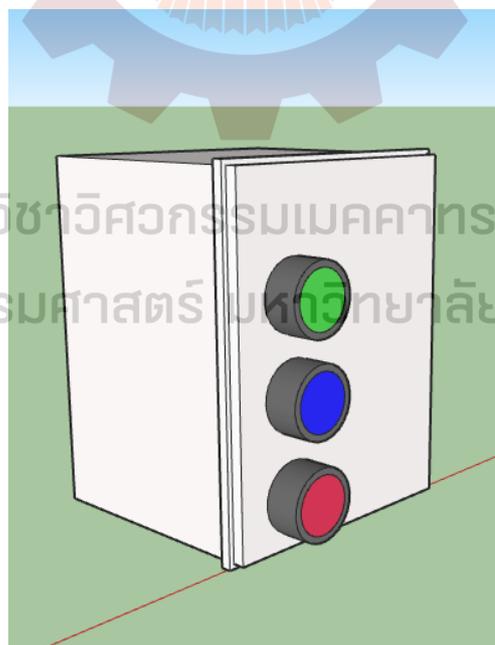
รูปที่ 3.5 การจัดวางอุปกรณ์ตามแบบ

ส่วนของกระดานใช้วัสดุที่เป็นไม้เนื่องจากมีความเหมาะสมและปลอดภัยกว่าวัสดุอื่น ๆ เช่น โลหะซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้า เมื่อเกิดไฟฟ้ารั่วจะทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้ที่ศึกษาได้ การยึดอุปกรณ์โดยใช้สกรูขันติดไปยังบนแผ่นไม้โดยตรงตามตำแหน่งที่เหมาะสม

การทำวงจรควบคุมมอเตอร์

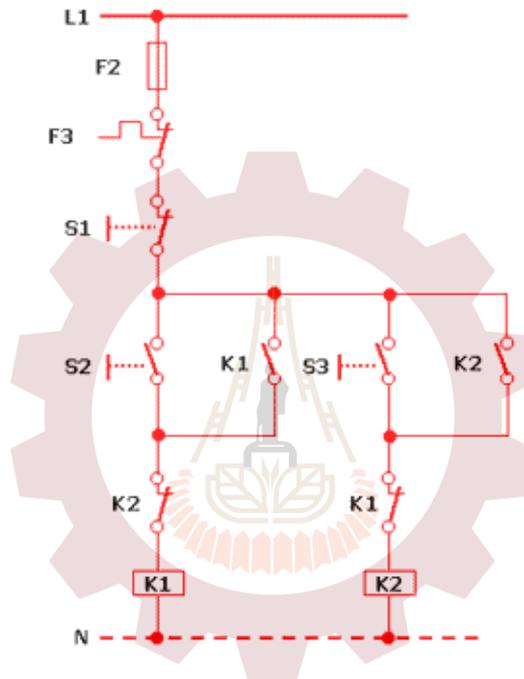
เมื่อได้ตำแหน่งจัดวางอุปกรณ์ที่เหมาะสมแล้วก็จะทำให้สามารถออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ให้ได้ขนาดที่เหมาะสมตามที่ได้ออกแบบเอาไว้

ระบบในการควบคุมมอเตอร์นั้นจะใช้เลยในการควบคุมซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในงานคอนโทรล เนื่องจากการใช้การที่ง่ายและสะดวกสำหรับการคอนโทรลโดยไม่ต้องผ่านโปรแกรมและไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้เพียงแต่ความรู้และทักษะในการเดินสายไฟฟ้าและการทำงานของวงจรที่จะนำมาใช้ในการควบคุม



รูปที่ 3.6 แบบกล่องสำหรับใส่วงจร

วงจรถควบคุมมอเตอร์ที่เห็นโครงการ



รูปที่ 3.7 วงจรถควบคุมมอเตอร์

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อุปกรณ์ที่ใช้

1. รีเลย์ 8 ขา 220 V	1ตัว
2. รีเลย์ 14 ขา 220 V	1ตัว
3. สวิตช์ push button	3ตัว
4. ซี้อกเก็ตรีเลย์ 8 ขา	1ตัว
5. ซี้อกเก็ตรีเลย์ 14 ขา	1ตัว
6. สะพานรวมสาย	1ตัว
7. สายไฟขนาด 1.5	3เมตร

โดยในการที่นี้จะแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. ส่วนของการทำงานของรีเลย์ตัวที่ 1 เมื่อมีการกดสวิทช์ที่ 1
2. ส่วนของการทำงานของรีเลย์ตัวที่ 2 เมื่อมีการกดสวิทช์ที่ 2

หลักการทำงาน

เมื่อสวิทช์ S2 ถูกกดไฟจะไหลผ่านเข้ามาที่คอย K1 ทำให้รีเลย์ 1 เปลี่ยนสถานะและเมื่อปล่อยสวิทช์วงจรก็ยังสามารถทำงานค้างได้เนื่องจากเป็นวงจร self holding รีเลย์ K1 ที่ถูกเปลี่ยนสถานะจาก NO จะเป็น NC ซึ่งถูกต่อคล่อมที่สวิทช์ S2 ไว้ เมื่อมีการปล่อยสวิทช์ไฟก็ยังสามารถไหลผ่านไปยัง คอย K1 ได้วงจรจึงทำงานค้าง

เมื่อสวิทช์ S3 ถูกกดไฟจะไหลผ่านเข้ามาที่คอย K2 ทำให้รีเลย์ 2 เปลี่ยนสถานะและเมื่อปล่อยสวิทช์วงจรก็ยังสามารถทำงานค้างได้เนื่องจากเป็นวงจร self holding รีเลย์ K2 ที่ถูกเปลี่ยนสถานะจาก NO จะเป็น NC ซึ่งถูกต่อคล่อมที่สวิทช์ S3 ไว้ เมื่อมีการปล่อยสวิทช์ไฟก็ยังสามารถไหลผ่านไปยัง คอย K1 ได้วงจรจึงทำงานค้างเช่นกันกับการกดที่ S2



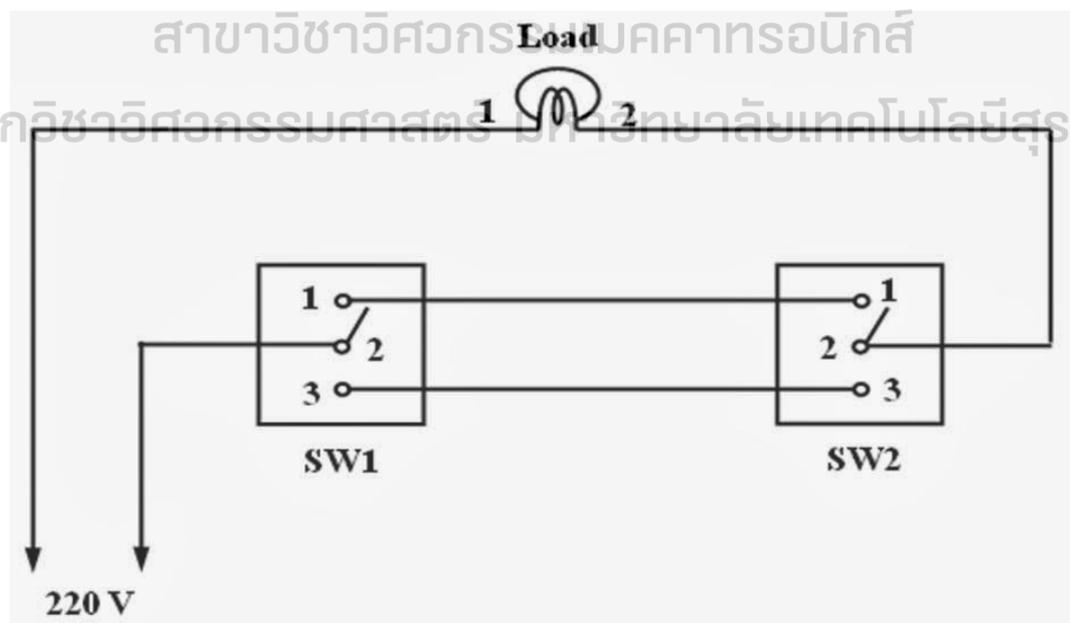
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ภายในกล่องควบคุม

การทำงานจรสวิทช์สองทาง

สวิทช์สองทางคือสวิทช์ที่สามารถทำงานตัดและต่อไฟฟ้าได้ทั้งสองตัวในวงจรเดียวกัน โดยการทำงานนี้มาใช้ประโยชน์ในการออกแบบระบบไฟฟ้าให้สามารถเปิดปิดได้ในตำแหน่ง สวิทช์ที่มีระยะห่างกันออกไป ก็ยังใช้ร่วมกันได้ยกตัวอย่าง เช่น สวิทช์ทางขึ้นลงบันไดเมื่อเราจะขึ้น บันไดในขณะที่มีแสงน้อยเราสามารถเปิดไฟที่หัวบันไดได้และเมื่อเดินขึ้นมาสู่คบันไดแล้วเราสามารถปิดไฟหลอดเดียวกันนี้ได้สวิทช์อีกตัวที่อยู่คบันได

วงจรสวิทช์สองทาง

การจะต่อวงจรให้สามารถทำงานได้ทั้งสองสวิทช์ร่วมกันจำเป็นต้องใช้สวิทช์ที่เป็นชนิด สองทางนำมาต่อเชื่อมกัน สวิทช์สองทางจะเป็นสวิทช์สองสถานะเมื่อมีการกดหน้าสัมผัสฝั่งใดฝั่ง หนึ่งจะถูกตัดและยังจะมีอีกหนึ่งหน้าสัมผัสที่ยังถูกเชื่อมต่อกันอยู่เสมอเพราะเหตุนี้จึงจำเป็นต้อง ใช้เป็นชนิดสองทางหากเป็นสวิทช์ทางเดียวปกติจะไม่มาสารต้องวงจรตามการทำงานนี้ได้

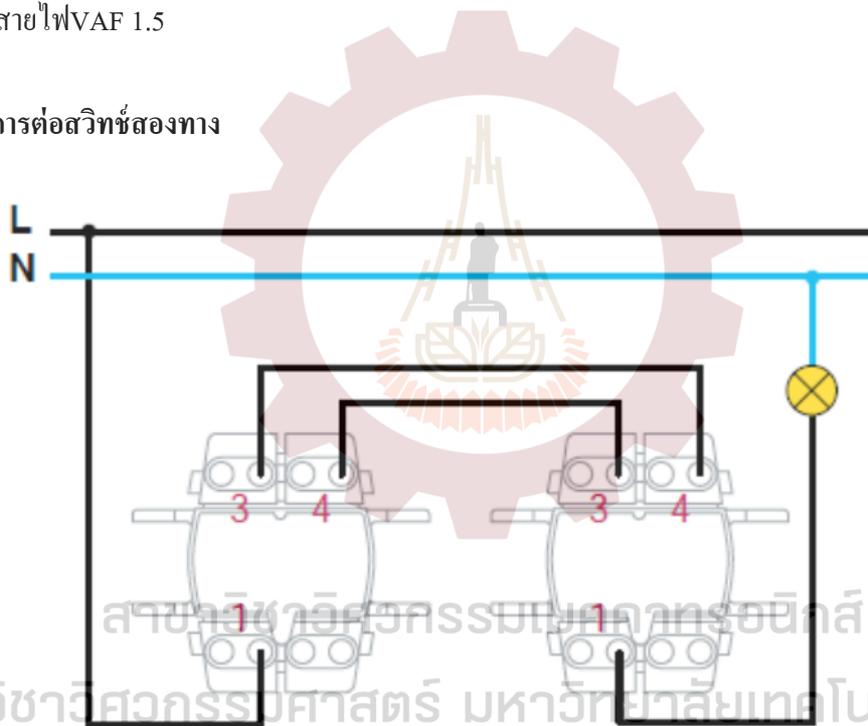


รูปที่ 3.9 วงจรหลอดเปิดปิดไฟด้วยสวิทช์สองทาง

อุปกรณ์ที่ใช้

สวิตช์สองทาง	2 ตัว
หลอดไฟแบบเกียร์	1 ตัว
สายไฟ VAF 1.5	1 เมตร

ผังการต่อสวิตช์สองทาง



รูปที่ 3.10 ผังการต่อสวิตช์สองทาง

การต่อใช้งานจะเป็นการต่อเชื่อมสวิตช์สองตัวร่วมในวงจรเดียวกัน โดยการต่อนั้นจะให้สาย L เข้าที่ตัวที่หนึ่งและออกผ่านตัวที่สองก่อนต่อเข้าขั้วหลอดไฟและสาย N จากหลอดไฟจะมาต่อเข้ากับสายนิวทอลของเมนเบรกเกอร์ที่ให้

หลักการทํางาน

เมื่อกดสวิตช์จะทำให้หลอดไฟสว่างเมื่อกดปิดก็จะดับเนื่องจากสวิตช์อีกตัวมีหน้าสัมผัสที่เชื่อมต่อกับขั้วและตัววงจรเอาไว้แล้วพร้อมกันเมื่อเรากดตัวใดตัวหนึ่งก็จะทำให้วงจรนั้นถูกต่อและถูกตัดได้เหมือนกันดังนั้นเราจึงสามารถทำให้หลอดสว่างและดับได้โดยการใช้สวิตช์ตัวไหนก็ได้ในการควบคุมการเปิดปิดของหลอดไฟหลอดเดียวกันนี้



สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

การต่อวงจรและการติดตั้งอุปกรณ์



รูปที่ 3.12 การติดตั้งอุปกรณ์

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการที่ได้ออกแบบชุดสาธิตระบบไฟฟ้าในอาคารแล้วนั้นขั้นต่อไปคือการทดสอบการทำงานเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ใน การทดสอบจะทำการทดลองการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้าจากเมนสวิทช์โดยจะทำการทดลอง 2 ชุด โดยการทดลองจะกดสวิทช์ให้มอเตอร์หมุนทวนและหมุนตามเข็มนาฬิกา และการกดปุ่มหยุดการทำงานของมอเตอร์ ชุดที่ 2 จะทำการทดลองในลักษณะเดิมแต่จะเอาเบรกเกอร์ลงเพื่อทดสอบว่าสามารถตัดวงจรผ่านเบรกเกอร์ได้จริงเมื่อมีเหตุฉุกเฉินหรือจะตัดไฟเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องอุปกรณ์ การทดลองที่สองเป็นการทดลองการทำงานของสวิทช์สองทางสำหรับเปิดปิดหลอดไฟและการทดลองที่สามจะทดลองระบบความปลอดภัยจากการตัดไฟด้วยเบรกเกอร์

การทดลองกล่องควบคุมมอเตอร์

การทดลองจะทำการกดปุ่มที่อยู่หน้ากล่องควบคุมมอเตอร์แล้วสังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์ทั้งหมด 7 ครั้ง โดยจะเริ่มกดทีละตัวแล้วจะกดสองตัวแบบตามลำดับเพื่อให้ทราบการทำงานและการใช้งานที่ปลอดภัยโดยการทำทดทั้งแบบยกเบรกเกอร์และไม่ยกเบรกเกอร์

ตารางที่ 4.1 ทดสอบการหมุนของมอเตอร์

ครั้งที่	การกดสวิทช์	รูปแบบการทำงาน				
		หมุนทวน แล้วหยุด	หมุนตาม แล้วหยุด	หมุนทวน	หมุนตาม	ไม่หมุน
1	สีเขียว				/	
2	สีน้ำเงิน			/		
3	สีแดง					/
4	สีเขียวตามด้วยน้ำเงิน				/	
5	สีน้ำเงินตามด้วยสีเขียว			/		
6	สีเขียวตามด้วยสีแดง	/				
7	สีน้ำเงินตามด้วยสีแดง		/			

จากการทดลองทำให้ทราบว่าปั๊มสีเขียวนั้นใช้ควบคุมให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา สีสีน้ำเงินจะควบคุมให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกาและปั๊มสีแดงคือปั๊มตัดการทำงานของมอเตอร์ ในการจะกลับทางหมุนของมอเตอร์แต่ละครั้งจะต้องเริ่มจากการหยุดมอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์ทำงานอยู่นั้นจะไม่สามารถกดเพื่อทำการเปลี่ยนทิศทางได้ เนื่องจากการต่อวงจรภายใน สวิตช์จะไม่สามารถทำงานได้พร้อมกันเพื่อป้องกันการลัดวงจร

ตารางที่ 4.2 ทดสอบการหมุนของมอเตอร์ โดยการเอาเบรกเกอร์ลง

ครั้งที่	การกดสวิตช์	รูปแบบการทำงาน				
		หมุนทวนแล้วหยุด	หมุนตามแล้วหยุด	หมุนทวน	หมุนตาม	ไม่หมุน
1	สีเขียว					/
2	สีน้ำเงิน					/
3	สีแดง					/
4	สีเขียวตามด้วยน้ำเงิน					/
5	สีน้ำเงินตามด้วยสีเขียว					/
6	สีเขียวตามด้วยสีแดง					/
7	สีน้ำเงินตามด้วยสีแดง					/

จากการทดลองทำให้ทราบว่า การวงจรในการควบคุมต่อผ่านจากเบรกเกอร์เมื่อเบรกเกอร์ไม่จ่ายไฟ วงจรจะไม่สามารถทำงานได้ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการซ่อมบำรุงแต่ละครั้งควรทำการปิดเบรกเกอร์ก่อนเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงาน

การทดลองสวิตช์สองทาง

การทดสอบการเปิดปิดหลอดไฟด้วยสวิตช์สองทางโดยการเปิดและปิดที่ละตัวจากนั้นจะเปิดตัวที่หนึ่งและปิดตัวที่สองทำสลับกันไปจนครบทุกรูปแบบแล้วสังเกตการทำงาน

ตารางที่ 4.3 ทดสอบเปิดปิดหลอดไฟด้วยสวิตช์สองทาง

ครั้งที่	รูปแบบการกดสวิตช์				ผลการทดลอง
	ตัวที่ 1		ตัวที่ 2		
	ยกขึ้น	ยกลง	ยกขึ้น	ยกลง	
1	/		/		หลอดไฟติด
2	/			/	หลอดไฟดับ
3		/		/	หลอดไฟติด
4		/	/		หลอดไฟดับ

จากการทดลองทำให้ทราบหลอดไฟจะติดก็ต่อเมื่อสวิตช์นั้นมีสถานะหน้าสัมผัสที่เหมือนกันไฟจึงจะสามารถไหลเข้าหลอดไฟได้ครบวงจรหากสวิตช์หน้าสถานะหน้าสัมผัสที่ต่างกันจะทำให้ไฟไหลไม่ครบวงจรไฟจึงไม่สว่าง

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทดลอง RCBO และเบรกเกอร์ย่อยในระบบไฟฟ้า

เพื่อเป็นการเช็คให้ทราบว่าเบรกเกอร์ตัวไหนใช้ตัดและต่อสายวงจรไหนและเมื่อมีไฟฟ้าลัดวงจรเกิดขึ้นตัวตัดไฟจะสามารถตัดไฟได้โดยอัตโนมัติหรือไม่การทดลองจะทำการยกเบรกเกอร์ที่ละตัวและเปิดพร้อมกันทั้งหมดจากนั้นจะจำลองเมื่อมีไฟฟ้าลัดวงจรโดยการยก RCBO ลงแล้วลองเปิดโหลดในระบบดูว่ายังสามารถทำงานได้อยู่หรือไม่

ตารางที่ 4.4 ทดสอบ RCBO และเบรกเกอร์ย่อยในระบบไฟในอุตสาหกรรม

ครั้งที่	เบรกเกอร์ที่ ON					โหลดที่ใช้งานได้			
	RCBO	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	เต้าเสียบ	หลอดเกอริยว	มอเตอร์	ฟลูออเรสเซนต์
1	/	/				/			
2	/		/					/	
3	/			/			/		
4	/				/				/
5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6									
7		/	/	/	/				
8	/								

จากการทดลองทำให้ทราบว่าโหลดในแต่ละวงจรจะถูกแยกเบรกเกอร์กันอย่างชัดเจนแต่ทุกเบรกเกอร์ย่อยต้องใช้ไฟจากเมนหลักคือ RCBO การใช้งานจึงต้องเปิดคู่กับตัวเมนหลักวงจรถึงจะทำงานได้หากเกิดการลัดวงจรขึ้น RCBO จะทำการตัดไฟทั้งระบบจึงทำให้เบรกเกอร์ทุกตัวจะถูกตัดไฟไปพร้อมกันถึงแม้จะออนอยู่ก็ตามจะไม่มีวงจรไหนในระบบที่สามารถใช้งานได้นอกเสียทำ

การ ON RCBO อีกครั้งไฟถึงจะสามารถไหลผ่านเข้าสู่ระบบได้อีกครั้ง

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทำโครงการ

การทำโครงการชุดสาริตการเดินระบบไฟฟ้าแรงต่ำในอาคารทำให้รู้โครงสร้างพื้นฐานของการเดินระบบไฟฟ้าภายในอาคารและมาตรฐานของอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งานและ รวมถึงการนำมาศึกษาเพื่อใช้ในงานซ่อมบำรุงหรือต่อเติมระบบไฟฟ้าภายในบ้านสำหรับผู้ใช้งานที่ไม่มีความรู้เรื่องไฟฟ้ามาก่อน เมื่อเกิดปัญหาขึ้นในเบื้องต้นก็สามารถนำวิธีการที่ศึกษามาแก้ไขปัญหาคด้วยตัวเองได้ เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายสำหรับงานที่ไม่หนักมาก

ผลที่ได้จากการออกแบบและการทดลอง

ชุดสาริตนี้ได้ออกแบบและทดลองให้เห็นภาพชัดเจนและเข้าใจงานในการทดลองอุปกรณ์แต่ละตัวก็สามารถทำงานได้ตามมาตรฐานและสามารถแสดงการทำงานได้จริงมีความปลอดภัยสามารถเคลื่อนย้ายนำมาแสดงหรือใช้เป็นสื่อในการสอนได้เป็นอย่างดีสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในงานยังหาซื้อได้ง่ายสามารถหาได้ตามร้านอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่ว ๆ ไปจึงทำให้สะดวกแก่ผู้ที่สนใจและนำไปต่อยอดได้อย่างมากมายไม่ว่าจะเป็นระบบไฟฟ้าที่ควบคุมด้วย internet of things หรือเชื่อมต่อในระบบพลังงานสะอาดอย่างการใช้โซลาร์เซลล์ก็สามารถทำได้

ปัญหาที่พบเจอ

1. การจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ที่ไม่สวยงามในขั้นตอนแรก
2. การซื้ออุปกรณ์ที่จะใช้งานไม่ครบถ้วน
3. อุปกรณ์บางชิ้นไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้งาน เช่น มีขนาดใหญ่เกินไปหรือน้ำหนักมากเกินไปจนไม่สามารถนำมาติดตั้งบนชุดสาริตนี้ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาให้แน่ใจก่อนการซื้ออุปกรณ์เพื่อไม่ให้ขาดหรือเกินว่าต้องใช้ขนาดเท่าไร
2. รวบรวมรายการที่จะซื้อก่อนให้มั่นใจลดการเสียเวลาในการซื้อหลายครั้ง

แนวทางการพัฒนาในอนาคต

1. ให้อุปกรณ์เชื่อม internet of things ให้สามารถสั่งงานด้วยระบบมือถือ
2. การใช้พลังงานสะอาดแสงโซลาร์เซลล์ในระบบ
3. เพิ่มระบบอัตโนมัติที่ใช้เซนเซอร์ในการตัดสินใจ
4. ทำจุดเชื่อมต่อที่สามารถถอดประกอบได้



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

งานระบบไฟฟ้าในอาคาร

http://building.cmtc.ac.th/main/images/stories/Taweesak/unit_3.pdf

การเลือกใช้สายไฟ

www.skuniversalwires.com

การติดตั้งหลักดิน

https://www.unitis.co.th/?page=event_list&list=ZywcScDHGMF

การติดตั้งสายดิน

<http://www.metrelthailand.com/index.php/knowledge/221-2016-11-07-04-37-01>

รีเลย์

<http://www.pspotech.co.th/>

มอเตอร์

<https://sites.google.com/site/newsay02/mxtexr-krasaeslab>

มอเตอร์คาปาซิเตอร์

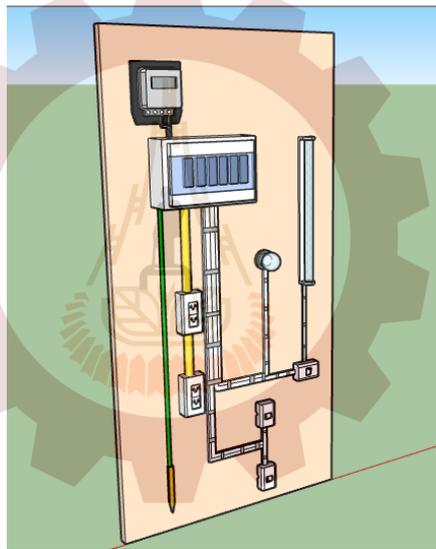
<https://sites.google.com/site/rattatummanoon17/mxtexr/mxtexr-fifakrasae-slab-1-fes-single-phase-motor>

เครื่องวัด

<http://www.measuretronix.com/en/products/fluke-1660-series-multifunction-installation-testers>

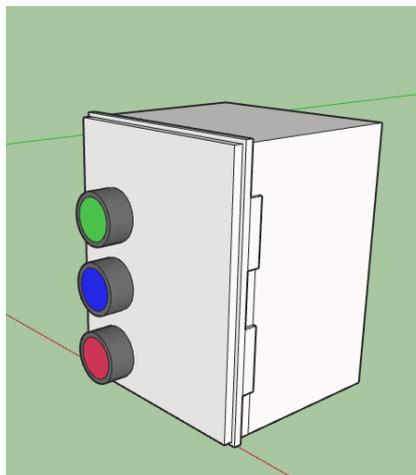
ภาคผนวก

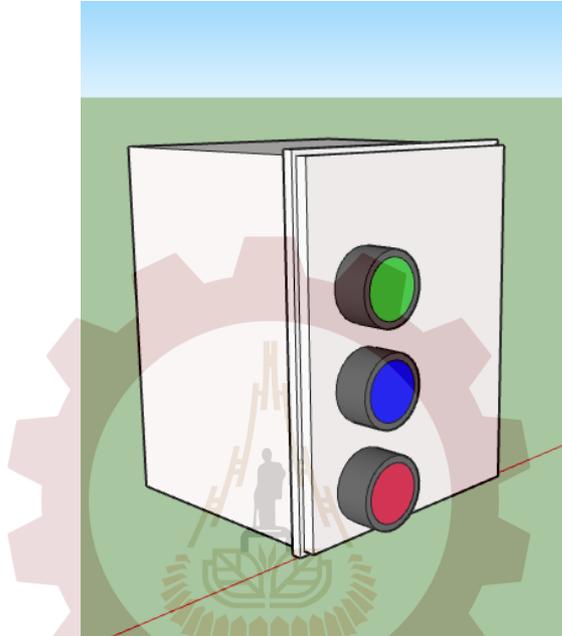
รูปภาพการออกแบบชุดสายิต



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

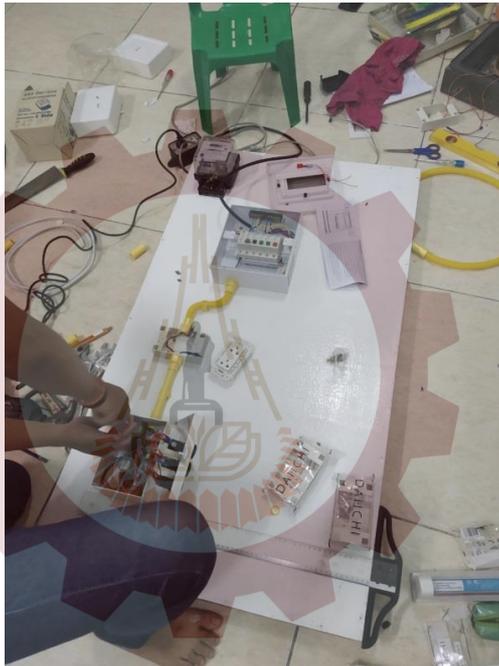
รูปภาพการออกแบบกล่องควบคุม
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทำงาน



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





สาขาวิชาวิศวกรรมระบบไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



การทดลอง



สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศ
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. Data of Earth Resistance Measurement							
Point (%)	CE (m)	PE (m)	RE (Ω)		Point (%)	CE (m)	PE (m)
			Route1	Route2			
1			151.9	102.9	62		
10					70		
20					72		
30					80		
40					90		
50					99		
60							
Witnessed By		Tested By			Checked By		
		Uthen Leeton			Uthen Leeton		
Date:		Date:			Date:		



ประวัติผู้เขียน



นายมารุจน์ เขื่อนโพธิ์ เกิดวันที่ 26 ธันวาคม 2540 ภูมิลำเนา 124 หมู่ 7 ต.ตลาด อ.เมือง นครราชสีมา จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีการ 2560 ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โทร.0994104427 Email: marutkhanpho@gmail.com



นายวรศักดิ์ เข็ดพุดชา เกิดวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2540 ภูมิลำเนา 12 ตรอกวัดม่วง ต.ในเมือง อ.เมือง นครราชสีมา จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีการ 2560 ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โทร.0844701479 Email: tanupp50348@gmail.com



นายธนศักดิ์ เข็ดพุดชา เกิดวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2540 ภูมิลำเนา 12 ตรอกวัดม่วง ต.ในเมือง อ.เมือง นครราชสีมา จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีการ 2560 ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โทร.0903589665 Email: tonnaton169@gmail.com