

แบบรายงานความก้าวหน้าในการทำโครงการ

โครงการ การพัฒนากล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในรูปแบบ IoT

รายงานครั้งที่ 2

1 ภาพรวม (Summary)

งานด้านเทคนิค

ศึกษาหลักการทำงานของแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

งาน (Task)	นักศึกษา 1 กัลยกร	นักศึกษา 2 ชัยภัทร	นักศึกษา 3 ธิภาพ	ร้อยละ ความสำเร็จ ตามแผนงาน
งานด้านเทคนิค 1 แกะแผ่นวงจรออกจากกล่อง ควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	2 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	100
งานด้านเทคนิค 2 วิเคราะห์หลักการทำงานของ แผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบ แยกส่วน	3 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	100

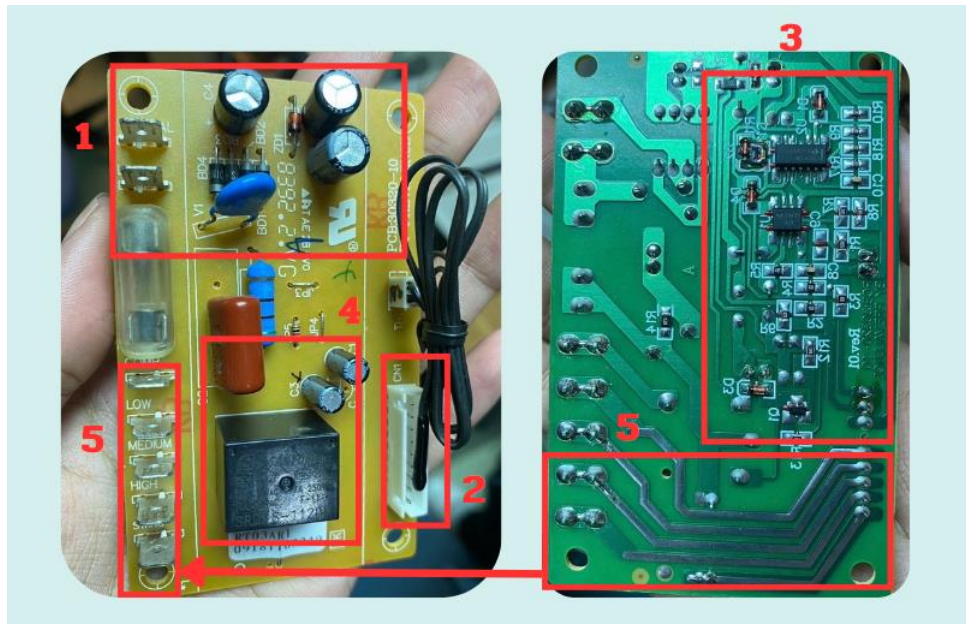
งานทั่วไป

ศึกษาองค์ประกอบและหน้าที่ของอุปกรณ์บนแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

งาน (Task)	นักศึกษา 1 กัลยกร	นักศึกษา 2 ชัยภัทร	นักศึกษา 3 ธิภาพ	ร้อยละ ความสำเร็จ ตามแผนงาน
งานทั่วไป 1 ค้นหาข้อมูลเรื่อง องค์ประกอบของ แผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศ	3 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	100
งานทั่วไป 2 ค้นหาข้อมูลเรื่อง หน้าที่ของอุปกรณ์ บนแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศ	2 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	100
งานทั่วไป 3 ค้นหาข้อมูลเรื่อง วิธีการต่อรูมเมอร์ และหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	3 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	100

2. ผลสัมฤทธิ์สำคัญในสัปดาห์ที่ผ่านมา (Highlights)

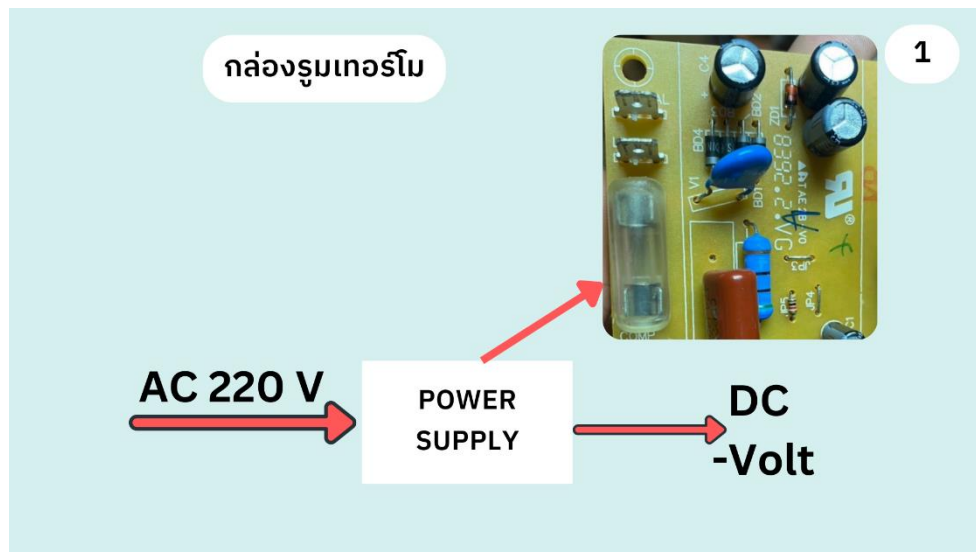
2.1 ทราบหลักการทำงานของแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน



รูปที่ 1 การทำงานทั้ง 5 ส่วนของแผ่นวงจรกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

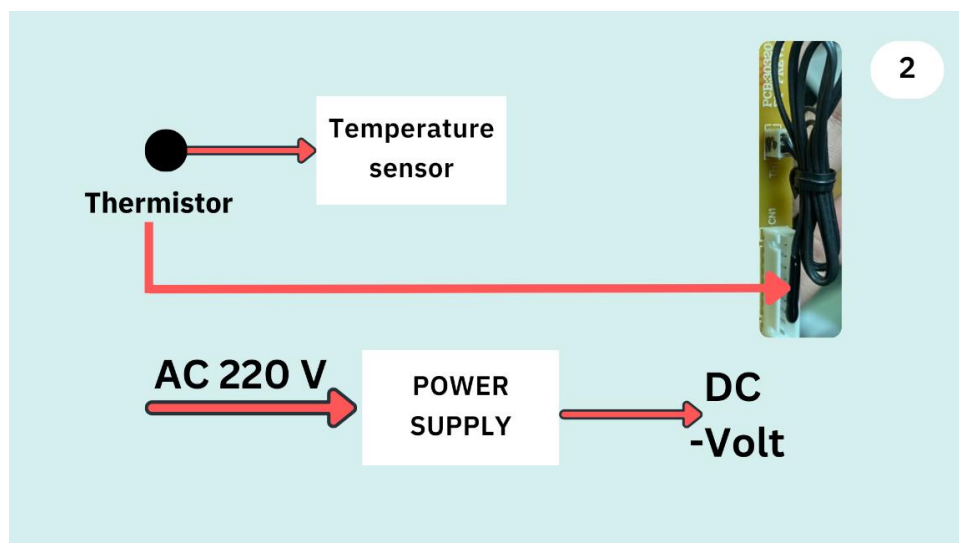
หลักการทำงานของแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน สามารถแบ่งการทำงานออกมาได้ 5 ส่วน ดังนี้

2.1.1 ส่วนที่ 1 : เมื่อไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์เข้าสู่ระบบ Power Supply ภายในแผงวงจรนี้จะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ซึ่งถ้าไปดูบนบอร์ดจะเป็นดังรูปที่ 2 ซึ่งในส่วนการทำงานที่ 1 นี้ จะมีขั้วต่อ LN (L คือ สายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ โดยไหลเข้าผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือหลอดไฟ มีแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ และ N คือ สายที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ จำเป็นต้องใช้ร่วมกันทั้ง 2 สาย เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร) เมื่อเข้ามาหลังจาก 220 โวลต์จะทำงานผ่านฟิวส์ ผ่านตัวต้านทานผ่านตัวเก็บประจุ เพื่อลดแรงดันไฟฟ้าแล้วเข้ามาที่ไดโอดผ่านวงจรฟิวเตอร์ แล้วรักษาแรงดันคงที่ตรงซีเนอร์ไดโอดแล้วออกมาเป็นไฟเลี้ยงวงจร



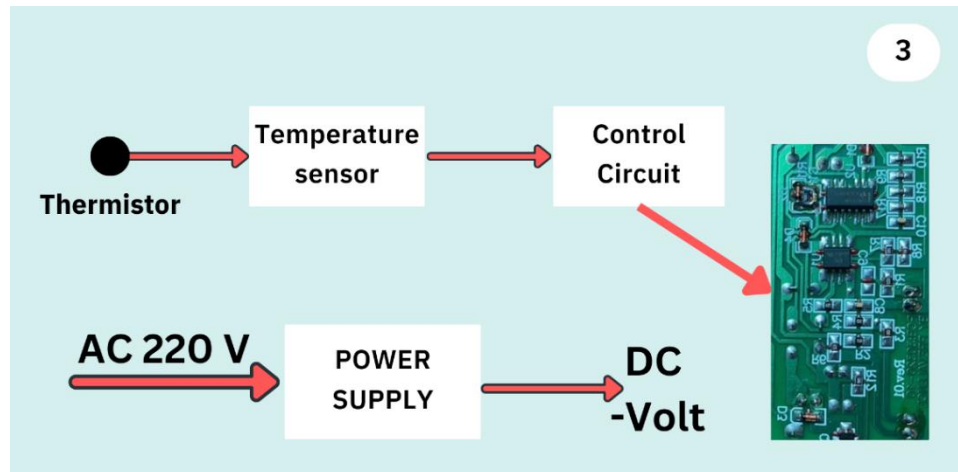
รูปที่ 2 การทำงานส่วนที่ 1 ของแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.1.2 ส่วนที่ 2 : : เมื่อไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ถูกจ่ายเข้ามาในวงจรแล้ว จะถูกนำไปใช้เลี้ยงวงจรทั้งหมด โดยเฉพาะวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งความไวในการทำงานของระบบจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในระบบนั้น อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิในกรณีนี้คือ Thermistor ซึ่งถ้าไปดูบนบอร์ดจะเป็นดังรูปที่ 3 แต่ Thermistor ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงลำพัง จำเป็นต้องต่อร่วมกับวงจร Temperature Sensor เพื่อทำการไบอัส (Bias) ให้กับ Thermistor และสร้างแรงดันไฟฟ้าออกมา การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะถูกแปลงเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ทำให้ระบบสามารถประเมินอุณหภูมิและปรับการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมตามสภาวะที่เปลี่ยนแปลง



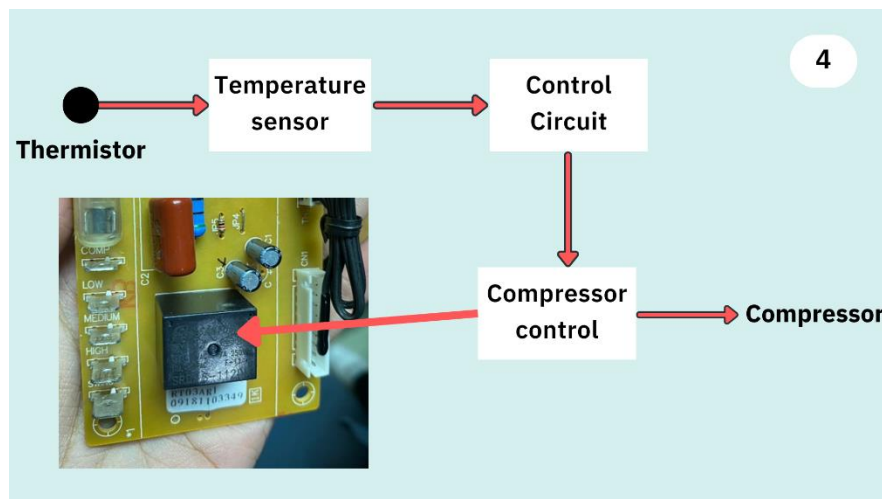
รูปที่ 3 การทำงานส่วนที่ 2 ของแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.1.3 ส่วนที่ 3 : เมื่อเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิได้แล้ว สัญญาณจะถูกส่งต่อจาก Thermistor ไปยังวงจรควบคุม (Control Circuit) ซึ่งวงจรควบคุมนี้จะถูกติดตั้งอยู่ที่ด้านหลังของแผ่นวงจร (PCB) เพื่อประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบให้เป็นไปตามค่าที่วัดได้



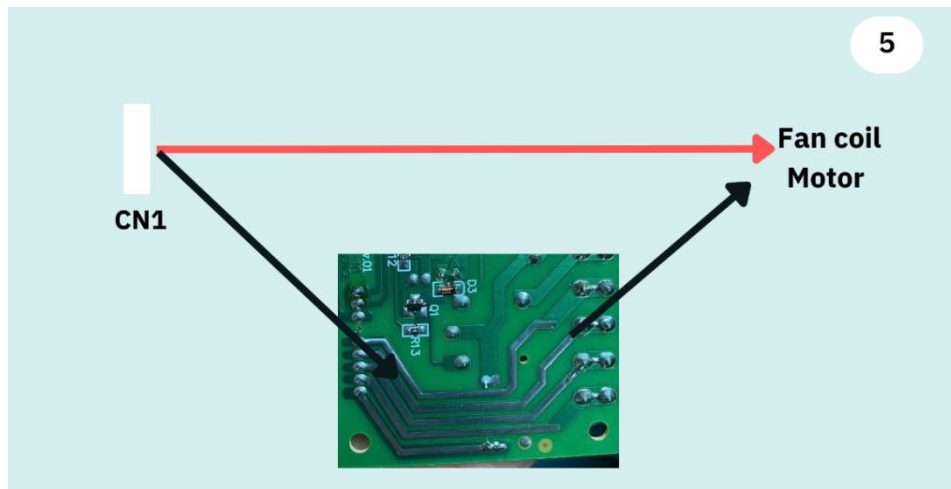
รูปที่ 4 การทำงานส่วนที่ 3 ของแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.1.4 ส่วนที่ 4 : Control Circuit รับสัญญาณจาก Temperature Sensor เพื่อประมวลผลและตัดสินใจว่าจะควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (Compressor) เช่น เปิดหรือปิดการทำงาน เพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่ตามค่าที่กำหนด ซึ่ง Compressor Control ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยรับคำสั่งจาก Control Circuit และควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ผ่านการใช้รีเลย์ (Relay)



รูปที่ 5 การทำงานส่วนที่ 4 ของแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

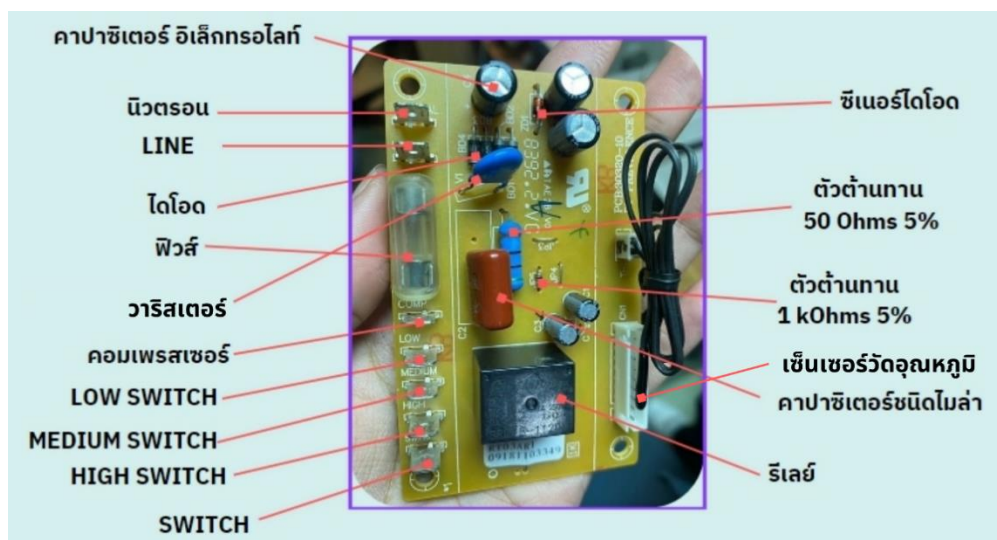
2.1.5 ส่วนที่ 5 : ขั้วต่อ CN1 จะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของวงจรควบคุมภายในใด ๆ โดยตรง แต่จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณตรงไปยังชุดแฟนคอยล์ (Fancoil) โดยไม่ผ่านการประมวลผลหรือการปรับแต่งจากวงจรอื่น ๆ ขั้ว CN1 จะทำหน้าที่เป็นสะพานส่งข้อมูลหรือแรงดันไฟฟ้าตรงไปยังแฟนคอยล์ เพื่อให้เกิดการทำงานที่ต้องการ ซึ่งแฟนคอยล์ เป็นส่วนของระบบปรับอากาศที่ทำหน้าที่ควบคุมการหมุนเวียนของอากาศเย็นหรืออากาศร้อนภายในห้อง โดยผ่านการควบคุมของพัดลมหรือคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 6 การทำงานส่วนที่ 5 ของแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.2 ทราบรายละเอียดขององค์ประกอบและหน้าที่ของอุปกรณ์บนแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.2.1 องค์ประกอบบนแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน



รูปที่ 7 องค์ประกอบบนแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.2.2 หน้าที่ของอุปกรณ์บนแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.2.2.1 คาปาซิเตอร์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic Capacitor)



รูปที่ 8 คาปาซิเตอร์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic Capacitor)

- หน้าที่ของคาปาซิเตอร์อิเล็กโทรไลต์

เก็บและปล่อยประจุไฟฟ้าเก็บประจุสูงนิยมใช้กับงานความถี่ต่ำหรือใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง ช่วยกรองไฟกระแสตรง (DC) กรองสัญญาณ (Signal Filtering): ในวงจรแหล่งจ่ายไฟ คาปาซิเตอร์อิเล็กโทรไลต์ถูกใช้เพื่อกรองและลดสัญญาณรบกวนหรือแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ (Ripple) ที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านการแปลงกระแสไฟฟ้าจาก AC เป็น DC

การเก็บพลังงานชั่วคราว (Energy Storage): คาปาซิเตอร์จะทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าและปล่อยเมื่อจำเป็น ในวงจรที่ต้องการพลังงานสูงในช่วงเวลาสั้น เช่น วงจรขยายสัญญาณเสียง

การเชื่อมต่อสัญญาณ (Coupling/Decoupling): คาปาซิเตอร์ถูกใช้ในวงจรเชื่อมต่อสัญญาณเพื่อแยกสัญญาณ AC ออกจากสัญญาณ DC ทำให้สามารถส่งผ่านสัญญาณเสียงหรือสัญญาณความถี่สูงได้โดยไม่มีการผสมสัญญาณ DC

- หลักการทำงานของคาปาซิเตอร์อิเล็กโทรไลต์

โครงสร้างภายใน: คาปาซิเตอร์อิเล็กโทรไลต์มีแผ่นโลหะสองแผ่น ซึ่งหนึ่งแผ่นทำหน้าที่เป็นขั้วบวก (Anode) และอีกแผ่นเป็นขั้วลบ (Cathode) ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองจะมีสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเก็บประจุ ขั้วบวก (Anode): มักทำจากอลูมิเนียมและเคลือบด้วยชั้นออกไซด์บาง ๆ ซึ่งเป็นชั้นไดอิเล็กตริก (Dielectric Layer) ที่ทำหน้าที่แยกประจุ ขั้วลบ (Cathode): ประกอบด้วยฟอยล์โลหะที่เชื่อมต่อกับสารอิเล็กโทรไลต์ซึ่งทำให้เกิดการเก็บประจุไฟฟ้า

สารอิเล็กโทรไลต์: ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง

กระบวนการเก็บประจุ: เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าถูกจ่ายเข้าไปในคาปาซิเตอร์ ขั้วบวกจะรับประจุบวกและขั้วลบจะรับประจุลบ ประจุเหล่านี้จะถูกเก็บไว้บนแผ่นโลหะทั้งสองผ่านชั้นไดอิเล็กตริก กระบวนการนี้จะดำเนินไปจนถึงความจุสูงสุดของคาปาซิเตอร์

การจ่ายประจุ: เมื่อมีการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าหรือมีการขอพลังงานไฟฟ้า ประจุที่เก็บไว้นี้จะถูกปล่อยออกจากคาปาซิเตอร์และไหลเข้าสู่วงจรไฟฟ้า

กระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้รวดเร็วมาก โดยขึ้นอยู่กับค่าความจุและภาระของวงจร

2.2.2.2 สายนิวตรอน (Neutral - N)



รูปที่ 9 สายนิวตรอน

- หน้าที่ : สายนิวตรอน (Neutral - N) ทำหน้าที่ส่งกระแสไฟฟ้ากลับไปยังแหล่งกำเนิดไฟฟ้าหลังจากที่กระแสไฟฟ้าได้ไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรในระบบ AC (กระแสสลับ) โดยสายนิวตรอนถือเป็นสายศูนย์ (หรือสายกลาง) ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากับศูนย์เมื่อเทียบกับกราวด์ และจะรับกระแสไฟฟ้ากลับเข้าสู่แหล่งจ่ายเพื่อสมดุลการไหลของไฟฟ้าในวงจร
- หลักการทำงาน : ไฟฟ้าจะถูกส่งจากแหล่งจ่ายไฟผ่านสาย Line (L) ซึ่งเป็นสายที่มีแรงดัน จากนั้นจะไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด เช่น มอเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ และหลังจากผ่านการใช้งาน กระแสไฟฟ้าจะไหลกลับผ่านสายนิวตรอนเพื่อเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟอีกครั้ง วงจรนี้ทำงานในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ใช้ทั่วไปในบ้าน โดยปกติแรงดันไฟฟ้าของสาย N จะ

ใกล้เคียงกับ 0 โวลต์เมื่อเทียบกับสายดิน เนื่องจากการเชื่อมต่อกับระบบดิน
ของบ้าน เพื่อป้องกันความเสี่ยงจากไฟฟ้ารั่วและเพิ่มความปลอดภัย

2.2.2.3 สายLINE (สายไฟฟ้ากระแสสลับ)



รูปที่ 10 สายLINE

- หน้าที่ : สาย Line (L) เป็นสายที่จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟเข้าสู่วงจร โดยแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับในประเทศไทยมีค่าประมาณ 220V ซึ่งเป็นพลังงานหลักที่ใช้สำหรับการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านและอุตสาหกรรม สาย Line ทำหน้าที่นำพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟไปยังส่วนต่างๆ ของวงจร เช่น มอเตอร์ คอมเพรสเซอร์ เพื่อให้ทำงานตามความต้องการ
- หลักการทำงาน : สาย Line เป็นตัวนำพาแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟเข้าสู่วงจร โดยแรงดันไฟฟ้านี้จะถูกควบคุมและส่งผ่านส่วนต่างๆ ของวงจรตามลำดับ โดยการทำงานของสาย Line เกี่ยวข้องกับการจ่ายพลังงานไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการใช้งาน เช่น ในเครื่องปรับอากาศ สาย Line จะส่ง

แรงดันไฟฟ้าไปยังคอมเพรสเซอร์ พัดลม หรือส่วนประกอบอื่นๆ เพื่อให้ทำงานได้ตามกำลังไฟที่กำหนด

2.2.2.4 ไดโอด (Diode)



รูปที่ 11 ไดโอด

- หน้าที่ : สารกึ่งตัวนำ มี 2 ขั้วคือ P และขั้ว N ถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมทิศทางการไหลของประจุไฟฟ้าให้กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกัน และป้องกันกระแสการไหลกลับทิศทางเดิม หากมองหลักการทำงานก็เหมือนกับวาล์วน้ำทิศทางเดียวไม่ยอมให้น้ำไหลกลับแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยอนุญาตให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ในทิศทางเดียว

- หลักการทำงาน

ควบคุมกระแสไฟฟ้าจากภายนอกให้ไหลผ่านได้ทิศทางเดียว ส่วนกระแสที่ไหลทิศทางตรงข้ามกันจะถูกกั้น สามารถนำไดโอดมาใช้เป็นตัวเรียงกระแสไฟฟ้า (Rectifier) ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และใช้เป็นตัวแยกสัญญาณในเครื่องรับวิทยุได้

Bias ไปข้างหน้า (Forward Bias)

เมื่อต่อแรงดันไฟฟ้าให้กับขั้วแอโนดมากกว่าขั้วแคโทด (แรงดันบวก) ไดโอดจะอนุญาตให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านจากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทดได้ในสภาวะ Forward Bias, ไดโอดจะมีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้อย่างสะดวกในกรณีของไดโอดซิลิคอน จะต้องมึแรงดันไฟฟ้าเกินกว่า 0.7 โวลต์ จึงจะเริ่มทำงาน (Threshold Voltage)

Bias ย้อนกลับ (Reverse Bias)

เมื่อต่อแรงดันให้กับขั้วแคโทดมากกว่าขั้วแอโนด (แรงดันลบ) ไดโอดจะไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในสภาวะ Reverse Bias, ไดโอดจะมีความต้านทานไฟฟ้าสูง ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้เพียงน้อยมากหรือแทบไม่มีเลยอย่างไ้ก็ตาม ไดโอดจะยังคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับได้ในระดับหนึ่ง หากเกินระดับที่กำหนด (Breakdown Voltage) ไดโอดจะพังและกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่าน

2.2.2.5 ฟิวส์ (Fuse)



รูปที่ 12 ฟิวส์

- หน้าที่ : ป้องกันวงจรจากกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปป้องกันการลัดวงจร และการใช้กระแสเกินในวงจรไฟฟ้าซึ่งอาจทำให้ส่วนประกอบในวงจรเสียหายได้ โดยจะ

หลอมละลาย และตัดกระแสไฟออกจากวงจรเพื่อป้องกันการอุปกรณ์เสียหาย โดยฟิวส์จะเป็นเส้นลวดเล็ก ๆ ทำจากตะกั่วผสมดีบุก มีจุดหลอมเหลวที่ต่ำ

- หลักการทำงาน : เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านฟิวส์มากเกินไปกว่าค่าที่ฟิวส์สามารถรับได้ ความร้อนจะเกิดขึ้นในตัวนำที่อยู่ภายในฟิวส์จนกระทั่งตัวนำหลอมละลายและขาดออก ทำให้ ตัววงจร และหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้าเข้าสู่วงจรนั้น ฟิวส์จะไม่สามารถกลับมาใช้งานได้อีก และจะต้องเปลี่ยนใหม่เมื่อเกิดการขาด

2.2.2.6 วาริสเตอร์ (Varistor)



รูปที่ 13 วาริสเตอร์

- หน้าที่ : ทำหน้าที่แบ่งกระแสไฟฟ้า หรือลดแรงดันไฟฟ้าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อกระแสไฟฟ้า หรือแรงดันไฟฟ้ามากเกินไปปกติในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ป้องกันการเกินแรงดันไฟฟ้า (Overvoltage) ซึ่งอาจเกิดจากไฟฟ้ากระชากหรือฟ้าผ่า ทำให้เกิดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในวงจรอิเล็กทรอนิกส์จนทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์เกิดความเสียหาย

- หลักการทำงาน : วาริสเตอร์มีความต้านทานที่ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้า เมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น ความต้านทานจะลดลง ทำให้ไฟฟ้าเกินไหลผ่านออกไปและป้องกันวงจรหลักจากความเสียหาย
ความต้านทานปกติ: เมื่อแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนด วาริสเตอร์จะมีความต้านทานสูง ซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมันจะต่ำ
ความต้านทานเมื่อเกิดฟิสิก: เมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าค่าที่วาริสเตอร์สามารถทนได้ ความต้านทานของวาริสเตอร์จะลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถดูดซับพลังงานและลดแรงดันไฟฟ้าลงได้

2.2.2.7 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)



รูปที่ 14 คอมเพรสเซอร์

- หน้าที่ : ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศอัดสารทำความเย็นหรือที่เราเรียกว่าน้ำยาแอร์ส่งตามไปตามท่อน้ำยาแอร์ที่เป็นท่อทองแดง ไปยังเครื่องควบแน่นหรือคอนเดนซิ่งยูนิต(Condensing Unit) ที่ทำหน้าที่ควบแน่นสารทำความเย็นที่มีแรงดันสูง

- หลักการทำงาน : สัญญาณจากวงจรนี้จะควบคุมการเปิดและปิดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ตามคำสั่งที่ได้รับจาก Temperature Sensor ดูดอัดน้ำยาในสถานะแก๊สโดยอาศัยการกลาดตัวตามแกนโรเตอร์ โดยจะต้องมีวาล์วกันกลับ ซึ่งเป็นลิ้นที่ยอมให้น้ำยาไหลผ่านทางเดียว เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยาแอร์ในสถานะแก๊สไหลย้อนกลับเข้าไปในอีวาพอเรเตอร์

2.2.2.8 LOW SWITCH, MEDIUM SWITCH, HIGH SWITCH



รูปที่ 15 LOW SWITCH, MEDIUM SWITCH, HIGH SWITCH

- หน้าที่ : สวิตช์เหล่านี้ทำหน้าที่เลือกความเร็วหรือระดับพลังงานของอุปกรณ์ เช่น การปรับระดับความเร็วพัดลม
- หลักการทำงาน : เมื่อผู้ใช้เลือกหนึ่งในสวิตช์เหล่านี้ วงจรจะทำงานตามค่าแรงดันและกระแสที่สัมพันธ์กับความเร็วหรือพลังงานที่เลือก

2.2.2.9 SWING



รูปที่ 16 SWING

- หน้าที่ : สวิตช์นี้ทำหน้าที่ควบคุมการแกว่งของบานสวิง (Swing) ในเครื่องปรับอากาศหรือพัดลม ทำให้สามารถปรับทิศทางลมตามความต้องการ
- หลักการทำงาน : เมื่อเปิดใช้งาน สวิตช์จะส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ขับเคลื่อนบานสวิง ซึ่งจะเริ่มแกว่งบานสวิงไปมา โดยอาศัยการหมุนของมอเตอร์แบบก้าว (step motor) ที่ทำให้บานสามารถแกว่งไปในทิศทางที่ควบคุม

2.2.2.10 ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode)



รูปที่ 17 ซีเนอร์ไดโอด

- **หน้าที่ :** ควบคุมและรักษาแรงดันไฟฟ้าที่ค่าคงที่ตามที่กำหนดไว้รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ เมื่อใช้ในวงจรที่มีแรงดันไฟฟ้าไม่คงที่ ซีเนอร์ไดโอดจะทำหน้าที่รักษาแรงดันให้อยู่ในระดับที่ต้องการในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าขาเข้ามีค่ามากกว่าแรงดันซีเนอร์ (Zener Voltage) ซีเนอร์ไดโอดจะทำงานโดยนำกระแสไฟฟ้าส่วนเกินออกจากวงจรเพื่อรักษาแรงดันที่ขั้วของไดโอดให้คงที่ตามค่าแรงดันซีเนอร์ วงจรที่ใช้ซีเนอร์ไดโอดเพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้านี้เป็นที่นิยมในวงจรจ่ายไฟ (power supply) เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่เสถียรและยัง ป้องกันวงจร จากการเกิดแรงดันไฟฟ้าเกิน ซึ่งอาจทำให้ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์เสียหายได้ เมื่อแรงดันไฟฟ้าในวงจรเกินกว่าค่าแรงดันซีเนอร์ ไดโอดจะนำกระแสไฟฟ้าออกมาอย่างรวดเร็วและทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของซีเนอร์คงที่ กระแสส่วนเกินนี้จะถูกเบี่ยงเบนออกจากวงจรหลักไปยังส่วนอื่น เช่น การเบี่ยงเบนลงสู่กราวด์ เพื่อป้องกันความเสียหายต่อส่วนประกอบในวงจร
- **หลักการทำงาน :** ซีเนอร์ไดโอดจะปล่อยกระแสไฟเมื่อแรงดันไฟฟ้าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ ทำให้แรงดันไฟฟ้าถูกควบคุมให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับอุปกรณ์อื่นๆ ในวงจร

Forward Bias (ไดโอดทำงานปกติ)เมื่อแรงดันที่ถูกจ่ายให้กับซีเนอร์ไดโอดอยู่ในทิศทางไปข้างหน้า (forward bias) ไดโอดจะทำงานเหมือนไดโอดธรรมดา การนำกระแสจะเริ่มตั้งแต่แรงดันประมาณ 0.7 โวลต์ (สำหรับซีเนอร์ไดโอดชนิดซิลิคอน) เมื่อแรงดันถึงจุดนี้ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านได้ 2.2 Reverse Bias (การทำงานย้อนกลับ)เมื่อแรงดันไฟฟ้าถูกจ่ายในทิศทางย้อนกลับ (reverse bias) ซีเนอร์ไดโอดจะไม่ทำการนำกระแสไฟฟ้าจนกว่าแรงดันไฟฟ้าจะถึงค่าแรงดันซีเนอร์ (Zener Voltage) ที่ถูกออกแบบไว้เมื่อแรงดันย้อนกลับถึงค่าแรงดันซีเนอร์ ซีเนอร์ไดโอดจะเริ่มนำกระแสได้ทันที และแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดจะถูกควบคุมให้อยู่ที่ค่าแรงดันซีเนอร์โดยไม่เพิ่มขึ้น แม้กระแสจะเพิ่มขึ้นก็ตาม

2.2.2.11 ตัวต้านทาน 50 Ohms และ 1 kOhms



รูปที่ 18 ตัวต้านทาน 50 Ohms และ 1 kOhms

- หน้าที่ : มีหน้าที่หลักในการควบคุมและจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร โดยการสร้างความต้านทานให้กับกระแสไฟฟ้า ตัวต้านทาน 50 โอห์ม (Ohms) และ 1 กิโลโอห์ม (kOhms) ถูกใช้ในวงจรเพื่อจัดการกับกระแสและแรงดันไฟฟ้าในส่วนต่างๆ ของวงจร ตัวต้านทาน 50 โอห์มจะใช้ในกรณีที่ต้องการควบคุมกระแสในระดับต่ำถึงปานกลาง ขณะที่ตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์มจะใช้ในกรณีที่ต้องการควบคุมกระแสในระดับที่สูงกว่า ทั้งสองประเภทมีการเลือกใช้ตามความต้องการของการออกแบบวงจรเพื่อให้วงจรทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้ามีค่าสูงเกินไป ซึ่งอาจทำให้วงจรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดความเสียหายได้
- หลักการทำงาน : ตัวต้านทานทำงานโดยการสร้างแรงต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน มันจะต้องเอาชนะแรงต้านทานนั้นตามกฎของโอห์ม (Ohm's Law) ซึ่งกล่าวว่า $V=I \times R$ โดยที่ V คือแรงดันไฟฟ้า, I คือกระแสไฟฟ้า และ R คือค่าความต้านทาน ดังนั้น ตัวต้านทานจะลดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามค่า

ความต้านทานที่กำหนด ซึ่งตัวต้านทาน 50 Ohms ใช้ในวงจรที่ต้องการควบคุมกระแสไฟฟ้าในระดับปานกลาง เพื่อป้องกันการเกิดกระแสเกินในส่วนต่างๆ ส่วนตัวต้านทาน 1 kOhms (1000 Ohms) จะใช้สำหรับวงจรที่ต้องการควบคุมกระแสไฟฟ้าในระดับที่สูงกว่า เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการจ่ายกระแสเกินจนทำให้อุปกรณ์เสียหาย

2.2.2.12 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

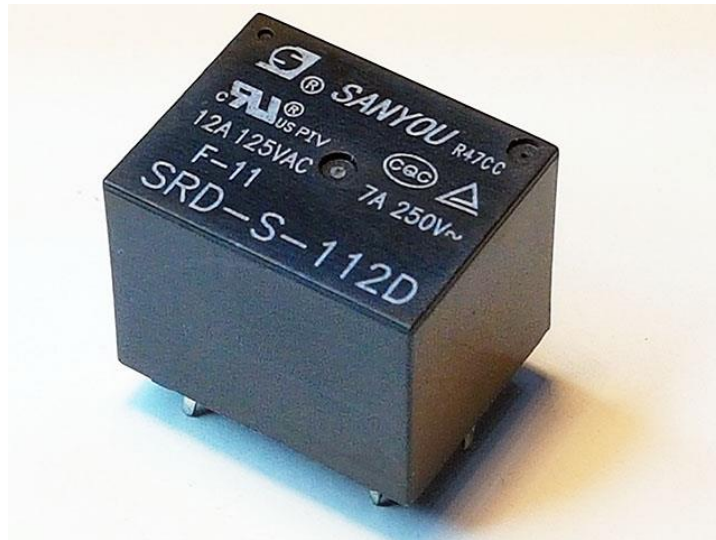


รูปที่ 19 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

- หน้าที่ : ทำหน้าที่ตรวจจับและวัดระดับอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมหรือระบบ จากนั้นจะแปลงค่าที่วัดได้ให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้งานในวงจรหรือระบบต่าง ๆ มีการใช้งานเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิอย่างกว้างขวางในหลากหลายอุตสาหกรรมและแอปพลิเคชัน เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิ การตรวจสอบเครื่องจักร
- หลักการทำงาน : เซ็นเซอร์จะตรวจจับอุณหภูมิและส่งข้อมูลนี้ไปยังระบบควบคุม เพื่อปรับการทำงานของคอมเพรสเซอร์หรือพัดลมตามค่าที่วัดได้ ตรวจจับและวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในสภาพแวดล้อม แล้วแปลงข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้ให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้า (แรงดัน, กระแส หรือ

สัญญาณดิจิทัล) เพื่อนำไปใช้งานในระบบควบคุมหรือการแสดงผล หน่วยที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิคือ องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$), องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) หรือเคลวิน (K)

2.2.2.13 รีเลย์ (Relay)

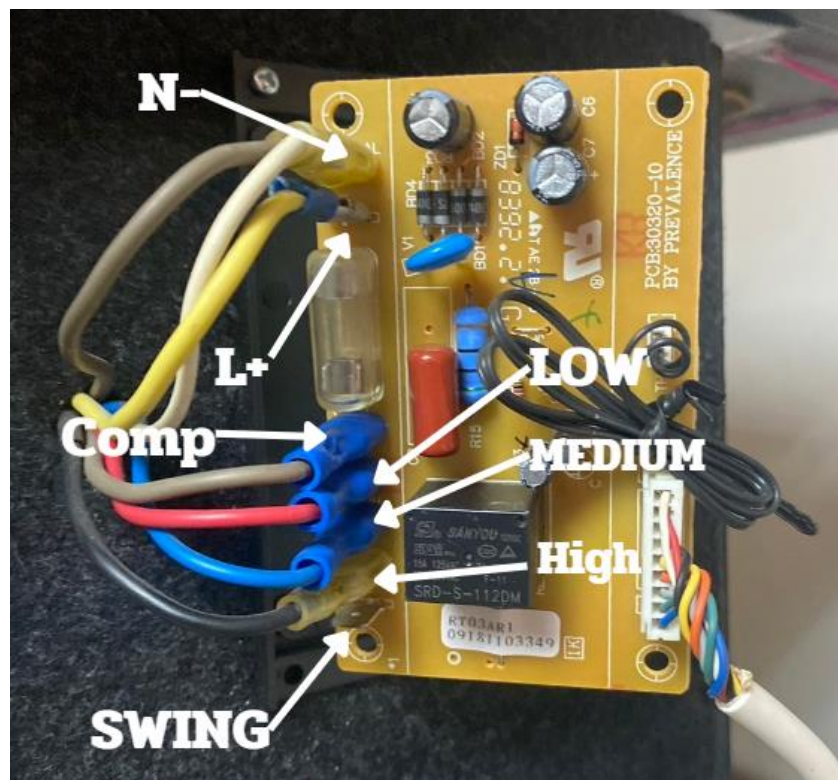


รูปที่ 20 รีเลย์

- หน้าที่ : ใช้ในการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้อำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้วงจรไฟฟ้าทำงานรีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ที่ควบคุมด้วยสัญญาณไฟฟ้า ช่วยเปิด-ปิดวงจรที่ใช้กำลังไฟสูงโดยใช้กระแสไฟฟ้าขนาดเล็ก แยกวงจรไฟฟ้าเพื่อ แยกการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างวงจรควบคุมกับวงจรที่ถูกควบคุม โดยไม่ให้มีการส่งต่อกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณตรงกัน ซึ่งช่วยป้องกันความเสียหายหรือการรบกวนระหว่างวงจรทั้งสองและยังใช้ในการป้องกันวงจรไฟฟ้า เช่น ในกรณีที่เกิดกระแสไฟฟ้าเกิน (overcurrent) รีเลย์จะตัดการทำงานของวงจรอัตโนมัติเพื่อป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์หรือการเกิดไฟไหม้
- หลักการทำงาน : ใช้แม่เหล็กไฟฟ้าในการเปิดหรือปิดหน้าสัมผัสอย่างน้อยหนึ่งหน้าสัมผัส และสามารถใช่เพื่อเปิด-ปิดวงจรไฟฟ้า หรือควบคุมปริมาณกระแสที่ไหลผ่านวงจร มักใช้เพื่อแยกวงจรควบคุมพลังงานต่ำออกจากวงจรโหลดกำลังสูง เพื่อให้มีการแยกไฟฟ้าระหว่างส่วนต่างๆ ของระบบเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไป

ที่ขดลวดของรีเลย์จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ขดลวดสนามแม่เหล็กดึงดูดแกนโลหะที่อยู่ใกล้ขดลวดให้เคลื่อนเข้าหาขดลวดกลไกจะปิดหน้าสัมผัสหนึ่งชุดหรือมากกว่านั้นโดยอัตโนมัติ หน้าสัมผัสสามารถเปิดได้ตามปกติ NO หรือปิดตามปกติ NC ขึ้นอยู่กับการออกแบบของรีเลย์ และเมื่อหยุดจ่ายกระแสไฟไปที่ขดลวดสนามแม่เหล็กจะหายไป แกนโลหะจะหมุนออกจากขดลวดและปล่อยหน้าสัมผัสในรีเลย์ NO หน้าสัมผัสจะเปิดเมื่อรีเลย์ไม่มีการจ่ายไฟ ในขณะที่รีเลย์ NC หน้าสัมผัสจะปิดเมื่อรีเลย์ไม่มีการจ่ายไฟแบบเข้าใจง่าย ๆ ก็คือ เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าผ่านเข้ามายังขดลวดในรีเลย์ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ดึงหน้าสัมผัสเพื่อปิดวงจรไฟฟ้าหลัก ทำให้วงจรหลักทำงาน

2.3 ทราบรายละเอียดของวิธีการต่อรูมเมอร์และหลักการควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน



รูปที่ 21 รายละเอียดรูมเมอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

วิธีการต่อรวมเมอร์เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

- N (Neutral) : สายไฟกลางที่ต่อกับวงจรเพื่อส่งกระแสไฟฟ้ากลับไปที่ระบบไฟฟ้า สายไฟลบ
- L+ (Live) : สายไฟที่นำกระแสไฟฟ้าเข้ามายังแผงควบคุม สายไฟบวก
- Comp (Compressor) : สีส้ม สายไฟที่ต่อกับคอมเพรสเซอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการอัดสารทำความเย็น สาย comp ส่งไปที่ Magnetic คอลย์ร้อนมีไฟเข้าต่อจากแม่เหล็กขดลวดทำงาน สะพานไฟจะดูดเข้าไป ไฟจะวิ่งเข้าครบวงจรคอลย์ร้อนก็จะทำงาน
- SWING : สายที่ควบคุมการแกว่งของบานเกล็ด (Swing) หรือปรับขึ้นลง เพื่อกระจายลมเย็นทั่วพื้นที่ห้อง
- LOW : สายสีแดง สายที่ควบคุมระดับความเร็วพัดลมที่ระดับต่ำ
- MEDIUM : สายสีน้ำเงิน สายที่ควบคุมความเร็วพัดลมที่ระดับกลาง
- High : สายสีดำ สายที่ควบคุมความเร็วพัดลมที่ระดับสูง

หลักการควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เริ่มต้นด้วยการจ่ายไฟเข้าระบบไฟฟ้าถูกส่งมาจากแหล่งจ่ายไฟผ่านสาย L+ และ N มายังแผงวงจรเพื่อจ่ายไฟให้กับคอมเพรสเซอร์ พัดลม และอุปกรณ์ควบคุมอื่น ๆ โดยการทำงานของคอมเพรสเซอร์คอมเพรสเซอร์จะอัดสารทำความเย็นและปล่อยความเย็นผ่านคอยล์เย็น เมื่อสารทำความเย็นหมุนเวียน ระบบจะดูดซับความร้อนจากอากาศภายในห้องและปล่อยลมเย็นออกมา ซึ่งการควบคุมพัดลมจะกระจายลมเย็นตามความเร็วที่เลือกไว้ (Low, Medium, High) และกระจายลมทั่วห้องผ่านบานเกล็ดที่สามารถปรับทิศทางได้ มีการควบคุมเทอร์โมสแตทและเซ็นเซอร์ทำงานร่วมกับแผงควบคุมเพื่อปรับการทำงานของระบบให้รักษาอุณหภูมิห้องตามที่ตั้งค่า ซึ่งสามารถแบ่งการควบคุมเครื่องปรับอากาศได้ ดังนี้

2.3.1 การควบคุมไฟฟ้า : เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ พัดลม และการ Swing

- การจ่ายไฟ (Power Supply) : สายไฟหลักจะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ (ผ่านสาย L+ และ N) เพื่อจ่ายไฟให้กับแผงวงจรหลัก

- รีเลย์ (Relay) : รีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการเปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์และพัดลม เมื่อแผงควบคุมได้รับสัญญาณจากเทอร์โมสแตท (Thermostat) หรือเซ็นเซอร์อุณหภูมิ รีเลย์จะทำหน้าที่เปิดหรือปิดการทำงานของคอมเพรสเซอร์และพัดลม
- ฟิวส์ (Fuse) : ฟิวส์ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร โดยตัดวงจรไฟฟ้าหากมีการใช้กระแสไฟฟ้าเกินกำหนด

2.3.2 การควบคุมพัดลม (Fan Control) : พัดลมในเครื่องปรับอากาศมีหน้าที่กระจายลมเย็นที่เกิดจากคอยล์เย็นเข้าสู่ห้อง รวมถึงระบายความร้อนออกจากคอยล์ร้อน พัดลมมักจะมีหลายระดับความเร็วที่สามารถควบคุมได้

- ความเร็วต่ำ (Low): พัดลมจะทำงานที่ความเร็วต่ำ เหมาะสำหรับการสร้างความเย็นที่ไม่ต้องการความเร็วสูง
- ความเร็วกลาง (Medium): ความเร็วพัดลมระดับกลาง เหมาะสำหรับการปรับอุณหภูมิภายในห้องให้เย็นลงอย่างสม่ำเสมอ
- ความเร็วสูง (High): ความเร็วสูงสุดของพัดลม เหมาะสำหรับการทำความเย็นอย่างรวดเร็วในกรณีที่ห้องร้อนมาก

2.3.3 การควบคุม Swing : บานเกล็ดที่อยู่หน้าคอยล์เย็นทำหน้าที่ปรับทิศทางลมเย็นให้กระจายทั่วห้อง สามารถปรับให้ลมพัดไปในทิศทางที่ต้องการ หรือให้ลมหมุนไปทั่วทุกมุมห้องเพื่อการกระจายความเย็นอย่างทั่วถึง

- ระบบ Swing : บานเกล็ดปรับลม (Air Swing) ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับแผงควบคุม ทำให้บานเกล็ดแกว่งซ้าย-ขวา หรือขึ้น-ลง เพื่อเปลี่ยนทิศทางลมแบบอัตโนมัติ
- หลักการทำงาน : เมื่อต่อสายที่ตำแหน่ง SWING บานเกล็ดจะเคลื่อนที่ตามที่ตั้งค่าหรือคำสั่งจากผู้ใช้งาน ช่วยกระจายลมให้ทั่วห้องอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.4 การควบคุมด้วยเซ็นเซอร์ (Sensor Control) : เครื่องปรับอากาศมักจะมีเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้อง ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์และพัดลม โดยเซ็นเซอร์เหล่านี้มักจะทำงานร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control System) ดังนี้

- เทอร์โมสแตท (Thermostat): ตรวจวัดอุณหภูมิในห้องและส่งสัญญาณให้คอมเพรสเซอร์เริ่มหรือหยุดการทำงาน เพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่ตามที่ตั้งไว้
- เซ็นเซอร์ความชื้น (Humidity Sensor): ใช้ตรวจวัดความชื้นในอากาศและปรับการทำงานของพัดลมและคอมเพรสเซอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็น

2.3.5 การควบคุมการป้องกันระบบ (Protection System) : เพื่อป้องกันไม่ให้ระบบเสียหายจากการใช้งานเกินพิกัด ดังนี้

- ฟิวส์ (Fuse) : ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร หากมีการใช้กระแสไฟฟ้าเกินขีดจำกัด ฟิวส์จะขาดเพื่อตัดกระแสไฟออกจากวงจร
- ระบบป้องกันการงานหนักเกินไป (Overload Protection) : ป้องกันไม่ให้คอมเพรสเซอร์ทำงานหนักเกินไปหรือทำงานในสถานะที่อุณหภูมิสูงเกินไป

3. รายละเอียดในการปฏิบัติงาน (Details)

3.1 ร่วมกันศึกษาตามหัวข้อที่กำหนด ดังนี้

- แกะแผ่นวงจรออกจากกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมาศึกษา
- วิเคราะห์หลักการทำงานในแต่ละส่วนบนแผ่นวงจร
- องค์กรประกอบบนแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน



รูปที่ 22 งานเทคนิคแกะแผ่นวงจรออกจากกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมาศึกษา



รูปที่ 23 ด้านหน้าแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน



รูปที่ 24 ด้านหลังแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

3.2 แยกกันศึกษาและค้นคว้าตามหัวข้อที่กำหนด ดังนี้

- หน้าที่ของอุปกรณ์บนแผ่นวงจรของกล่องควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
- วิธีการต่อรูเมอร์และหลักการควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

4. แผนการปฏิบัติงานในสัปดาห์ต่อไป (Plans)

4.1 ศึกษาการควบคุมมอเตอร์คอยล์เย็น

4.2 ศึกษาการควบคุมมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

5. บันทึกเพิ่มเติม (Open Issues)

ลงชื่อ ทศพร ทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 8/6/2567

เอกสารอ้างอิง

Itsaree relax. (2563, สิงหาคม 31). วิธีการต่อเทอร์โมรูมแอร์แขวน แบบมีสาย [วิดีโอ]. Youtube.

<https://youtu.be/TmswkShXIEE?si=Me2iQkv3ONYLNUNK>

412 [ช่างเอสแอร์บ้าน](#). (2565, มีนาคม 20). การต่อวงจรและการใช้งานรูมแอร์ #รีโมทคอนโทรลแบบมีสาย #room control #รูมแอร์ [วิดีโอ]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=gplyp_pW1t4

Diode คืออะไร? ทำหน้าที่อะไร? มีกี่ชนิด (Accessed September 7, 2024.)

<https://www.ab.in.th/article/49/diode->

[%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-%E0%B8%97%E0%B8%B3%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%81%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%8A%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%94.](#)

"ไดโอด (Diode) คืออะไร? (Accessed 7 Sep. 2024). <https://klang->

[ic.com/blog/%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%82%E0%B8%AD%E0%B8%94-\(diode\)-](#)

[%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-/](#)

Sunnery LED. "ฟิวส์คืออะไร.(Accessed September 7, 2024)

[.http://www.sunneryled.com/article/18/%E0%B8%9F%E0%B8%B4%E0%B8%A7%E0%B8%AA%E0%B9%8C%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3](http://www.sunneryled.com/article/18/%E0%B8%9F%E0%B8%B4%E0%B8%A7%E0%B8%AA%E0%B9%8C%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3)

Klang-IC. "วาริสเตอร์ (Varistor) คืออะไร? สำคัญแค่ไหน?" *Klang-IC*. (Accessed September 7, 2024).

<https://klang->

[ic.com/blog/%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%AA%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C-\(varistor\)-](#)

[%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%97%E0](#)

[%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-%E0%B8%AA%E0%B8%B3%E0%B8%84%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B9%81%E0%B8%84%E0%B9%88%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%99/](#)

Carrier Thailand. "Compressor." *Carrier Thailand*. (Accessed September 7, 2024).

<https://carrierthailand.com/compressor/>

Sumipol. "Temperature Sensor in Production Line." *Sumipol*. (Accessed September 7, 2024).

<https://www.sumipol.com/knowledge/temperature-sensor-in-production-line/>

กฎของโอห์ม .*TruePlookpanya*. TruePlookpanya, n.d.,

<https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/33969>. Accessed 7 Sep. 2024.

Lekise. "Article Cable." *Lekise*. June 2020. (Accessed September 7, 2024).

<https://www.lekise.com/th/blog/2020/06/article-cable>

รูปภาพสายไฟจาก." *Pantip*,(27 Aug. 2018), <https://pantip.com/topic/37223967>. (Accessed 7 Sep. 2024).