บทที่ 3
ทฤษฎีและหลักการทำงาน

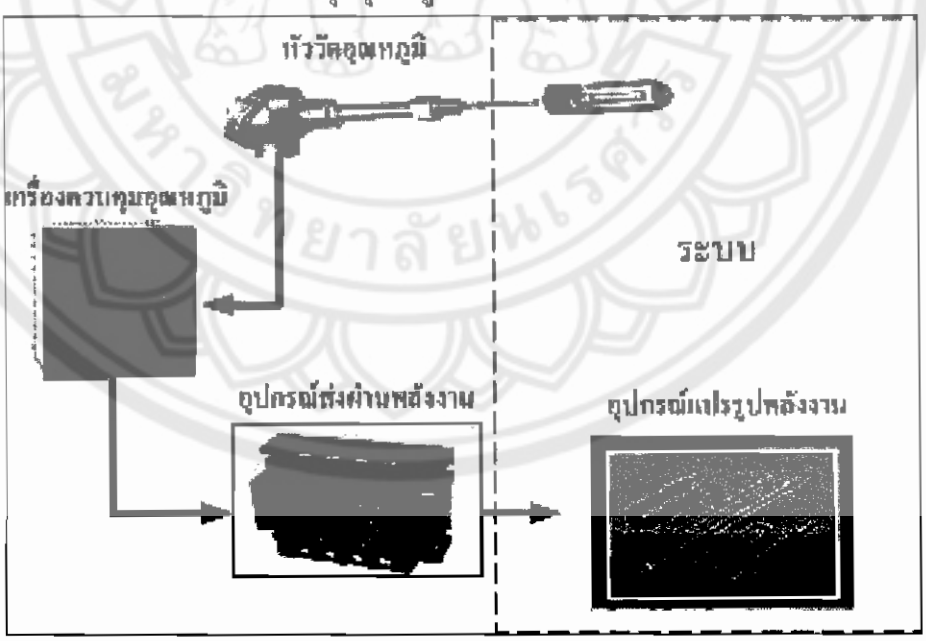
ในหัวข้อนี้เราจะกล่าวถึงทฤษฎีของตัวอุปกรณ์หลักที่ใช้ในตู้อบกล้วยโดยอุปกรณ์เหล่านี้เราจะได้เรียนรู้พื้นฐานการใช้งาน และการนำไปประยุกต์การใช้งานได้โดยเราจะกล่าวถึง ระบบควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control System), รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay), เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple), โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid vale) และ รีเลย์ (Relay)

3.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control System) [4]

การควบคุมอุณหภูมิเป็นสิ่งที่พบเห็นได้ในอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท ตั้งแต่การควบคุมความเย็นไปจนถึงความร้อนสูงๆ สืบเนื่องจากในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตเครื่องควบคุมอุณหภูมิออกมามากมายหลายรุ่นหลายแบบ ซึ่งบางครั้งทำให้เกิดความสับสนในการเลือกใช้ ซึ่งในการพิจารณาเลือกใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ และส่วนประกอบของระบบควบคุมอุณหภูมิ

ระบบควบคุมอุณหภูมิประกอบไปด้วย เครื่องควบคุมอุณหภูมิ หัววัดอุณหภูมิ อุปกรณ์ส่งผ่านพลังงาน ตามรูปที่ 3.1

ส่วนประกอบของระบบควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบระบบควบคุมอุณหภูมิ

หัววัดอุณหภูมิจะทำหน้าที่แปลงตัวแปรอุณหภูมิให้อยู่ในรูปของไฟฟ้า ซึ่งเครื่องควบคุมอุณหภูมิสามารถรับรู้ได้ เครื่องควบคุมอุณหภูมิจะทำหน้าที่ประเมินค่าที่วัดได้กับค่าที่ผู้ใช้ตั้งไว้แล้วจะส่งเอาท์พุตออกไปควบคุมอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานซึ่งจะส่งพลังงานไปยังอุปกรณ์แปรรูปพลังงานไปเป็นความร้อน/เย็น

อุปกรณ์แปรรูปพลังงานและอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานจะมีอยู่หลายแบบแต่จะมีความสัมพันธ์ เช่น ฮีตเตอร์ไฟฟ้าหรือแอร์ อุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานอาจจะเป็นรีเลย์หรือแมกเนติกสวิทช์ ถ้าอุปกรณ์แปรรูปพลังงานเป็นแบบอนาล็อก (เร่ง-หรี่ได้) อุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานอาจจะเป็นโซลิดสเตทรีเลย์แบบอนาล็อกหรืออินเวอร์เตอร์ ซึ่งใช้ เร่ง - หรี่ ความเร็วรอบมอเตอร์ ถ้าอุปกรณ์แปรรูปพลังงานเป็นแบบใช้น้ำมันเชื่อเพลิงอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานอาจเป็นวาล์วน้ำมันเป็นต้น

ประเภทของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ [5]

ในปัจจุบัน เครื่องควบคุมอุณหภูมิได้ถูกพัฒนารูปแบบให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับงานซึ่งมีประเภทต่างๆ ดังนี้

1. เทอร์โมสแตท (Thermostat) ซึ่งตัวมันอาจจะทำหน้าที่เป็นทั้งตัวควบคุมและหัววัดเทอร์โมสแตทจะเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิที่ใช้กลไกลซึ่งไม่ต้องอาศัยไฟเลี้ยง จุดเด่นของเทอร์โมสแตทก็คือใช้งานง่ายและมีราคาถูก ส่วนจุดอ่อนคือ ความอ่อนตัวในการใช้งานและความแม่นยำในการควบคุม

2. เครื่องควบคุมแบบสัญญาณเตือน (Analog Control) คือ เครื่องควบคุมอุณหภูมิทางไฟฟ้าแบบพื้นฐาน เป็นเครื่องควบคุมที่ต้องอาศัยหัววัดอุณหภูมิในการแปลงค่าอุณหภูมิมาอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งจะมีวงจรที่ทำหน้าที่ประเมินค่าและส่งเอาท์พุตออกไปควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ อีกที เครื่องควบคุมแบบนี้อาจจะมีภาคแสดงผลเป็นอนาล็อก, ดิจิตอลหรืออาจจะไม่มีภาคแสดงผลเลย ซึ่งก็จะส่งผลให้ราคาแตกต่างกันออกไป ข้อดีของเครื่องควบคุมประเภทนี้คือ ราคาถูกใช้งานง่าย ส่วนจุดอ่อนคือมักจะมีฟังก์ชั่นต่างๆ น้อย (เช่น สัญญาเตือน, ช่วงอุณหภูมิทำงานปรับเลือกไม่ได้ เป็นต้น) การควบคุมมักเป็นแบบเปิด/ปิด (ON/OFF) ซึ่งจะทำให้มีช่วงการแกว่งของอุณหภูมิมาก

3. เครื่องควบคุมแบบPID (PID Control) คือเครื่องควบคุมอุณหภูมิทางไฟฟ้าแบบใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นเครื่องควบคุมที่พัฒนาขึ้นมาจากเครื่องควบคุมแบบพื้นฐาน โดยอาศัยวิทยาการของไมโครโปรเซสเซอร์ประยุกต์เข้าไป จึงส่งผลให้เครื่องควบคุมแบบนี้มีความยืดหยุ่นสูง คือมักจะเลือกอินพุตได้หลายประเภทและหลายช่วง มีโหมดควบคุมให้เลือกหลายแบบ และมีฟังก์ชั่นต่างๆให้เลือกตามความเหมาะสม โดยมากแล้วเครื่องควบคุมนี้จะมีภาคแสดงผลเป็นแบบดิจิตอล แต่จุดอ่อนของเครื่องควบคุมประเภทนี้ก็คือ การใช้งานค่อนข้างยุ่งยาก

ประเภทของอินพุต

เมื่อเลือกเครื่องเครื่องควบคุมอุณหภูมิ จุดหลักของข้อพิจารณาอีกอย่างคือ เครื่องควบคุมจะต้องมีภาครับที่ถูกต้องกับประเภทของหัววัดอุณหภูมิ ซึ่งจำแนกหัววัดอุณหภูมิเป็นแบ่งประเภทต่างๆ ได้คือ

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ซึ่งยังแยกเป็นประเภทย่อย ๆ คือ Type K, J, R, S, และ T เป็นต้น เทอร์โมคัปเปิ้ลจะเป็นตัววัดอุณหภูมิที่ได้รับความนิยมที่สุด (โดยเฉพาะ Type K) เนื่องจากราคาไม่แพง มีช่วงการทำงานกว้างและให้ความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ดี

RTD (Resistance Temperature Detectors) เป็นหัววัดที่มีความแม่นยำสูง ช่วงการทำงานจะอยู่ในช่วง ประมาณ 0 – 400°C แต่เนื่องจากราคาสูง จึงได้รับความนิยมน้อยกว่า Type K

สัญญาณมาตรฐานทางไฟฟ้า ได้แก่

- สัญญานกระแสไฟฟ้า (Current Dominant Signal) 4 – 20 mA ที่นิยมมากที่สุด
- สัญญาณแรงดันไฟฟ้า (Voltage Dominant Signal) 1 – 5 V นิยมมากที่สุด 0 -10 V (ใช้กับอุปกรณ์บางชนิดเช่น Vibration Transducer) และ 0 – 10 mV

ประเภทของเอาท์พุต

เอาท์พุตของตัวควบคุมอุณหภูมิจะเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมตัวส่งผ่านพลังงาน ดังนั้น เราจึงต้องพิจารณาเลือกประเภทของเอาท์พุตให้เหมาะสมกับงาน ตารางข้างล่างจะเป็นการเลือกประเภทของเอาท์พุตให้เหมาะสมกับตัวส่งผ่านพลังงาน

ตารางที่ 3.1 ตารางประเภทเอาท์พุต

ประเภทเอาท์พุต	
ตัวส่งผ่านพลังงาน	**เอาท์พุตของตัวควบคุม**
ON/OFF : ประเภทแมกเนติกสวิทช์	เอาท์พุตแบบรีเลย์ ซึ่งจะต้องอาศัยไฟเลี้ยงที่เหมาะสม
ON/OFF : ประเภทโซลิดสเตทรีเลย์ที่ใช้ไฟเลี้ยง 3 – 32 VDC	เอาท์พุตแบบพัลซ์ ซึ่งจะจ่ายไฟ 5 VDC หรือ 12 VDC ให้โซลิดสเตทรีเลย์โดยตรง
Analog : เช่นโซลิดสเตทรีเลย์แบบสัญญาณเตือน,อินเวอร์เตอร์ เป็นต้น	เอาท์พุตแบบอนาล็อก 4 -20
วาล์ว : ซึ่งใช้มอเตอร์เป็นตัวเร่ง – หรี่ ในการจ่ายเชื้อเพลิง	**เอาท์พุต แบบเฉพาะสำหรับขับเซอร์โวมอเตอร์**

ประเภทสัญญาณเตือน (Alarm)

นอกจากเอาท์พุตหลักของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่ควบคุม ให้ตัวส่งผ่านพลังงานแล้ว บางครั้งอาจจะต้องการเอาท์พุตเพื่อใช้ส่งเสียงเตือนหรือควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งก็คือเอาท์พุตสัญญาณเตือน มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน

สัญญาณเตือนแบบอุณหภูมิ (Temperature Alarm): เป็นสัญญาณเตือนเนื่องจากอุณหภูมิในขณะเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ไม่สอดคล้องกัน ซึ่งสำหรับเครื่องควบคุมบางรุ่นจะสามารถให้เราปรับแต่งคุณสมบัติบางประการของตัวสัญญาณเตือนได้ คุณสมบัติของสัญญาณเตือนแบบอุณหภูมิที่น่าพิจารณา คือ

- แบบไม่ขึ้นกับค่าเซตพอยต์ (Absolute): หมายถึง ถ้าอุณหภูมิมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าสัญญาณเตือน ตัวสัญญาณเตือนจะทำงาน

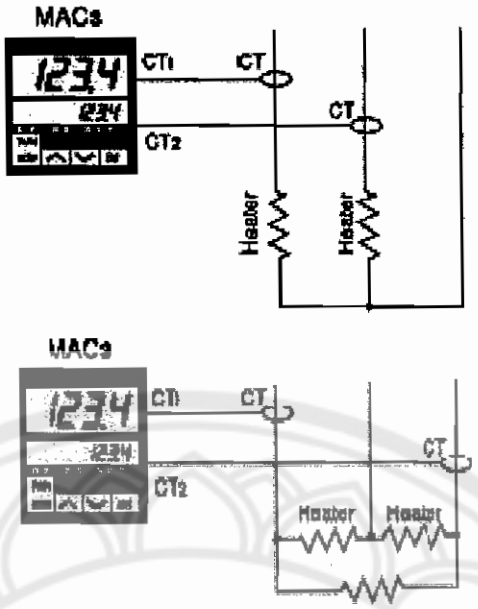
- แบบขึ้นกับค่าเซตพอยต์ (Deviation): หมายถึง ถ้าอุณหภูมิมากกว่า หรือน้อยกว่า (ค่าเซตพอยท์± ค่าสัญญาณเตือน) สัญญาณเตือน จะทำงาน

- แบบช่วง (Within / Without): หมายถึง ถ้าอุณหภูมิอยู่ในช่วงหรืออยู่นอกช่วงการเตือนสัญญาณเตือนจะทำงาน

- ปกติเปิด (NO)/ปกติปิด (NC): เป็นการกำหนดให้สัญญาณเตือนทำงานหรือไม่ทำงานเมื่อถึงค่าที่ตั้งไว้

- แบบค้าง / แบบไม่ค้าง: แบบค้างสัญญาณเตือนจะทำงานค้างจนกระทั่งมีการรีเซตและแบบไม่ค้าง สัญญาณเตือนจะทำงานตามปกติคือ เมื่ออยู่ในสถานะที่ตั้งไว้สัญญาณเตือนก็จะทำงาน เมื่อพ้นสถานะสัญญาณเตือนก็จะหยุดทำงาน

- Standby / NO Standby: หมายถึง ช่วงเริ่มต้นสัญญาณเตือนทำงานเลยเมื่อเริ่มเข้าไปอยู่ในสภาวะที่ตั้งไว้หรือสัญญาณเตือนไม่ทำงานเมื่ออยู่ในสภาวะที่เราตั้งไว้ อย่างไรก็ตามต้องให้พ้นสภาวะเตือนไปก่อน และเมื่อกลับมาสู่สภาวะปกติอีกครั้งสัญญาณเตือนถึงจะทำงาน



รูปที่ 3.2 สัญญาณเตือนประเภทความร้อน(Heater Break Alarm)

- สัญญาณเตือนประเภทความร้อน (Heater Break Alarm): เป็นสัญญาณเตือนที่ไว้ตรวจสอบว่าอุปกรณ์แปรรูปพลังงานยังทำงานปกติอยู่หรือไม่ตามรูปที่ 3.2 โดยอาศัยหลักการของการตรวจจับกระแสของอุปกรณ์แปรรูปพลังงาน ซึ่งในขณะที่ตัวควบคุมส่งเอาท์พุตให้อุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานไปให้ตัวแปรรูปพลังงานนั้น ถ้าไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นจะต้องเกิดกระแสขึ้นเนื่องจากการแปรรูปพลังงาน (เช่น ฮีตเตอร์ไฟฟ้า) ถ้ามีความผิดปกติเกิดขึ้นจะไม่มีการแปรรูปพลังงานเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ไม่มีกระแสหรือกระแสลดลง ในวงจรสัญญาณเตือนก็จะทำงาน

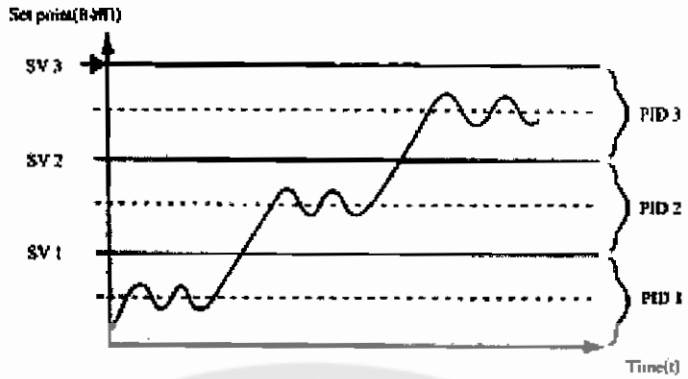
- สัญญาณเตือนแบบเซนเซอร์ (Sensor Break Alarm): เป็นสัญญาณเตือนที่ทำงานเมื่อหัววัดอุณหภูมิส่งสัญญาณผิดปกติมีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่าย่านของหัววัด ซึ่งอาจจะเกิดการขาด หรือแตกหักของเซนเซอร์

- สัญญาณเตือนแบบการควบคุม (Program Control Alarm): สัญญาณเตือนเกิดเนื่องจากการทำงาน ของ Step Control ในแต่ละรูปแบบ

ประเภทของโหมดควบคุม

- โหมด ON/OFF: เป็นการควบคุมอย่างง่ายที่เรามักจะพบเห็นได้ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิทั่วๆไปซึ่งตัวเอาท์พุตจะทำงานเมื่ออุณหภูมิขณะนั้นมากกว่า (หรือน้อยกว่า) ค่าที่ตั้งไว้

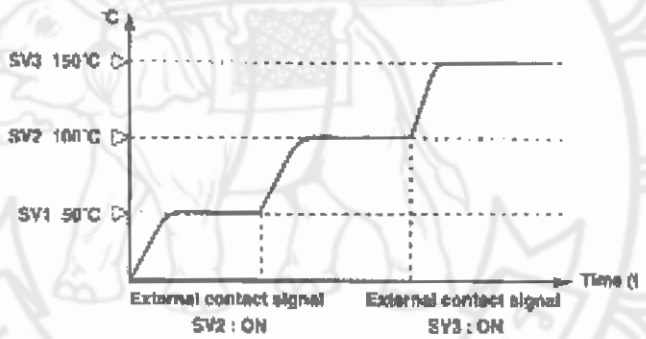
- โหมด PID (Group 1, 2, 3): PID จะต่างจากโหมด ON/OFF ตรงที่การรักษาระดับของอุณหภูมิที่จุดเซตพอยต์ ได้นิ่งกว่า โหมด ON/OFF และสามารถเลือกใช้งานได้ ถึง 3 กลุ่ม หรือเรียกว่า Group PID 1, 2, และ 3 ดังรูปที่ 3.3 โดยเราสามารถเลือกย่านอุณหภูมิได้ตามกราฟ



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงผล PID

ระบบการควบคุมทุกค่าเซตพอยท์ โดยค่า PID จะแยกอิสระจากกันทำให้อุณหภูมินิ่ง แม้เปลี่ยนเซตพอยท์เป็นค่าใหม่ก็ตาม เราสามารถดูค่าต่างๆได้จากรูปที่ 3.4

ประเภทของฟังก์ชั่นเพิ่มเติม



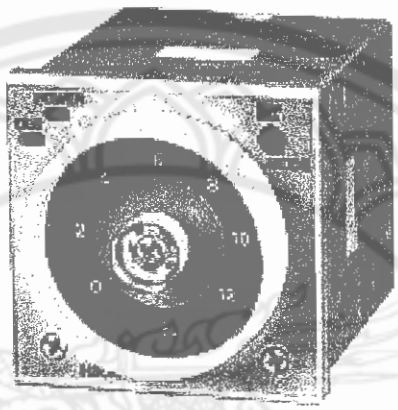
รูปที่ 3.4 ฟังก์ชั่นเปลี่ยนค่าเซตพอยท์จากภายนอก (Digital Input)

โดยรูปที่ 3.4 เป็นกราฟการเลือกย่านตั้งค่าอุณหภูมิที่เราต้องการย่านเช่นเราต้องการช่วงอุณหภูมิ 0 - 50°C ก็เลือกที่ SV1 เป็นต้น

14345137
ฝร.
ว 494
2550

3.2 รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay) [6]

รีเลย์ตั้งเวลาเป็นสวิตช์ที่อาศัยหลักการทำงานหน่วงเวลาด้วยระบบมอเตอร์ไฟฟ้า หรือระบบลม หรือระบบอิเล็กทรอนิกส์ การนำไปใช้งาน เช่น การควบคุมมอเตอร์ การปิด – เปิดสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น มี 2 ชนิด คือ รีเลย์ตั้งเวลาแบบหน่วงเวลาเมื่อมีสัญญาณไฟเข้า และหน่วงเวลาเมื่อตัดสัญญาณไฟออก



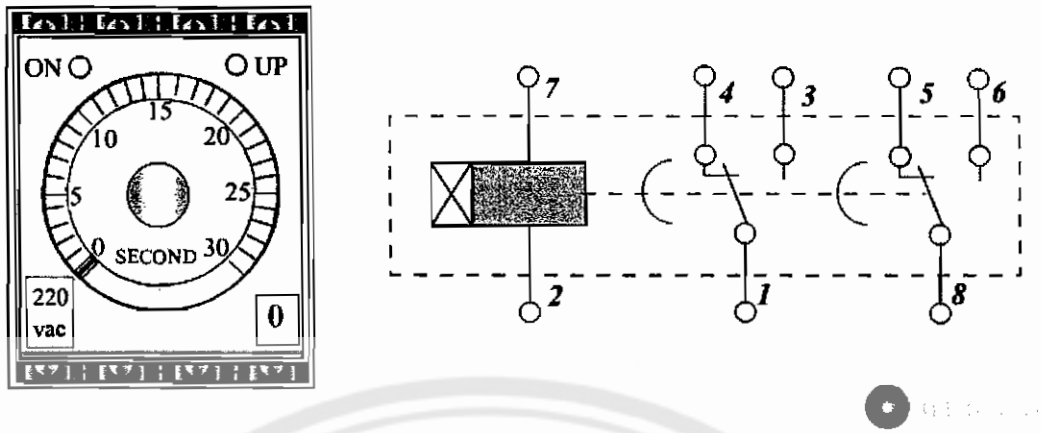
รูปที่ 3.5 รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay)

หลักการทำงาน

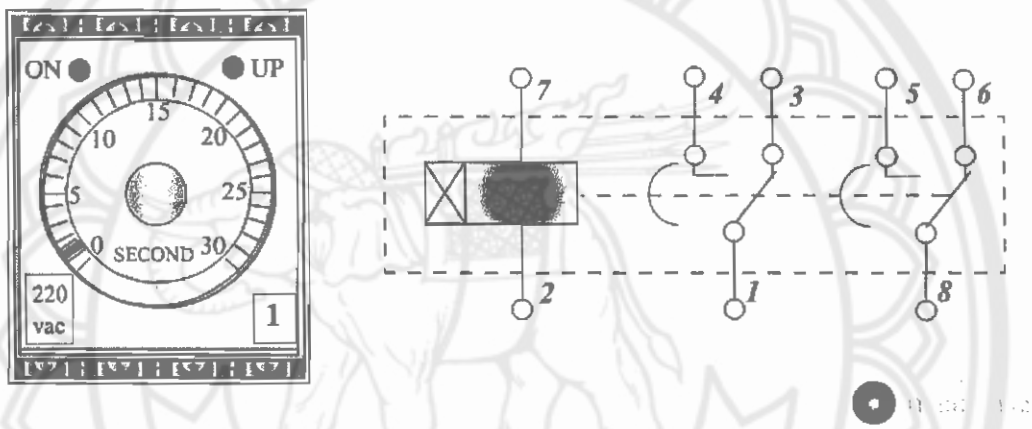
เมื่อจ่ายไฟเข้าขดลวดรีเลย์ ชุดหน้าสัมผัสยังคงตำแหน่งปกติก่อน เช่น ปกติปิด ชุดหน้าสัมผัสจะต่อถึงกัน เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ ชุดหน้าสัมผัสจะเปลี่ยนตำแหน่งเป็นตำแหน่งตรงข้ามกัน คือ ปกติเปิด และจะค้างตำแหน่งนั้นจนกว่าจะหยุดจ่ายไฟให้เข้าขดลวดกับรีเลย์ ใช้ในการควบคุมให้มอเตอร์เริ่มทำงานแบบสตาร์ทหมุนทำงานต่อไป หรืองานที่ต้องการให้อุปกรณ์หนึ่งทำงานไประยะหนึ่งแล้วหยุดทำงาน

ประเภทของ Timer Relay

1) หน่วงเวลาหลังจากเอาไฟเข้า (On-Delay Timer) เมื่อจ่ายไฟให้กับรีเลย์ตั้งเวลาหน้าสัมผัสจะอยู่ในตำแหน่งเดิมก่อน เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้แล้วหน้าสัมผัสจึงจะเปลี่ยนไปที่สภาวะตรงข้าม และจะค้างอยู่ในตำแหน่งนั้นจนกว่าจะหยุดการจ่ายไฟให้กับรีเลย์ดังรูปที่ 3.6 และ 3.7

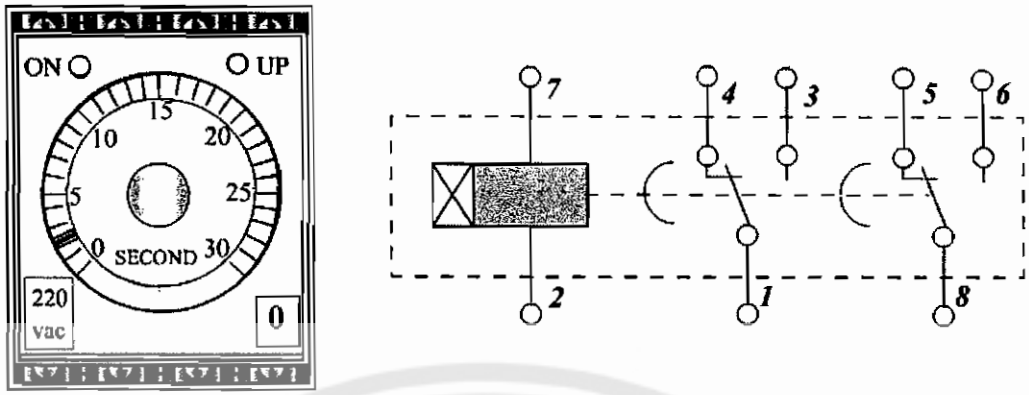


รูปที่ 3.6 ขณะยังไม่ได้สั่งงานรีเลย์หลอดจะยังไม่สว่าง

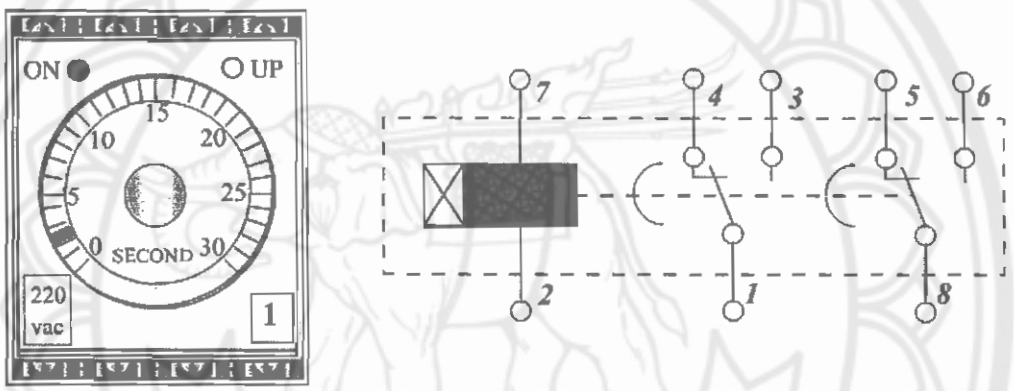


รูปที่ 3.7 เมื่อมีการตั้งเวลารีเลย์จะเริ่มทำงานสังเกตที่ตัวนับเวลา

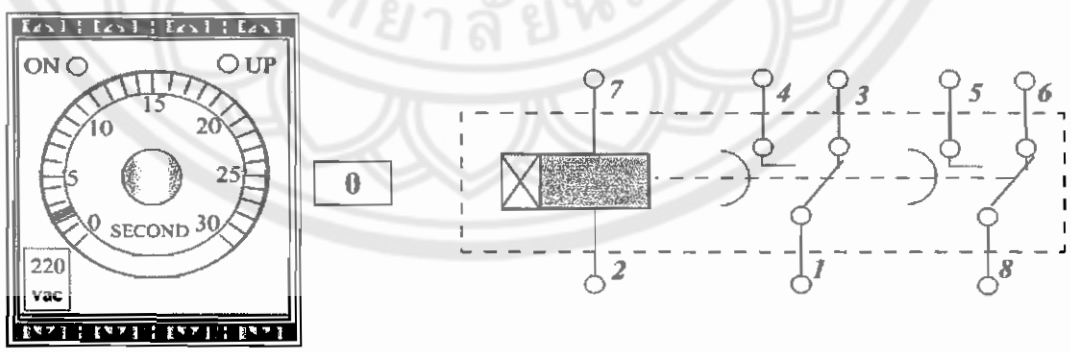
2) หน่วงเวลาหลังจากเอาไฟออก (Off-Delay Timer) เมื่อจ่ายไฟให้กับรีเลย์ตั้งเวลาหน้าสัมผัสจะเปลี่ยนสภาวะทันที หลังจากที่เอาไฟออกจากขดลวดแล้วและถึงเวลาที่ตั้งไว้หน้าสัมผัสจึงจะกลับมาอยู่ในรีเลย์ตั้งเวลา สภาวะเดิม รีเลย์ตั้งเวลาแบบอิเล็กทรอนิกส์ และแบบใช้มอเตอร์ขับ ไม่สามารถทำงานแบบนี้ได้ดูการทำงานได้ดังรูปที่ 3.8 – 3.11



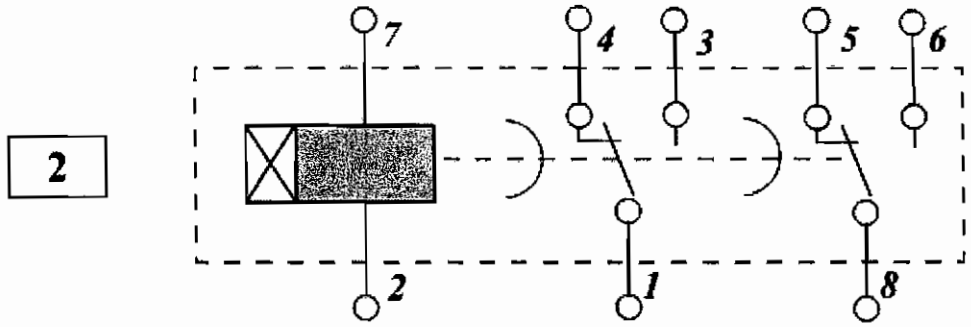
รูปที่ 3.8 การทำงานของรีเลย์แบบ Off



รูปที่ 3.9 เมื่อมีการตั้งเวลารีเลย์จะทำงาน สังเกตตัวตั้งเวลา



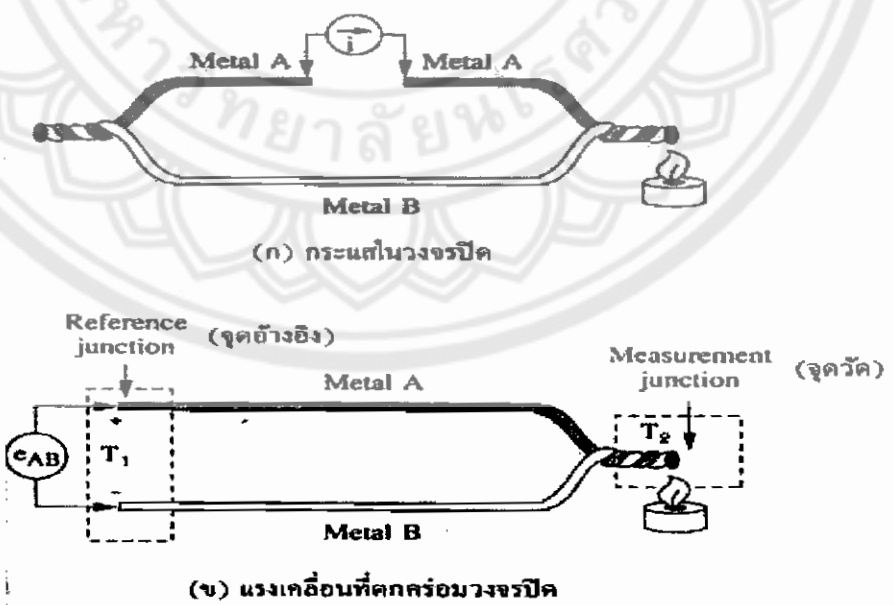
รูปที่ 3.10 เมื่อรีเลย์ทำงาน จะมีการหน่วงเวลาไว้ ตามที่เราตั้งไว้จนกระทั้งถึงเวลา



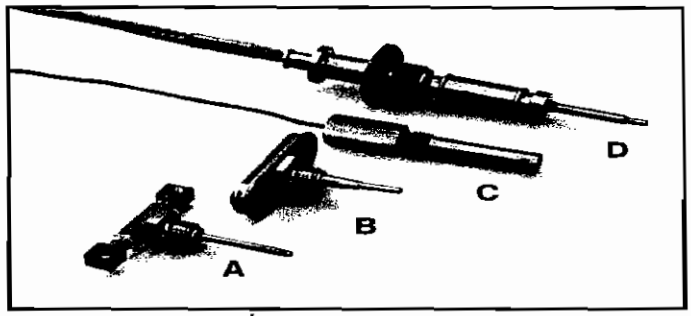
รูปที่ 3.11 เมื่อครบตามเวลาที่ตั้งไว้ รีเลย์จะหยุดทำงาน

3.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electro Magnetic Force, emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว ซึ่งแตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอมนำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomus Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ.1821 ในรูปที่ 3.12 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็คดังกล่าว ส่วนรูปที่ 3.13 เป็นรูปของเทอร์โมคัปเปิล



รูปที่ 3.12 แสดงผลของซีแบ็ค



รูปที่ 3.13 เทอร์โมคัปเปิล

ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Thermoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปลเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

1. ผลของซีแบ็ค (Seebeck Effect) โดยใช้ทฤษฎีโซลิดสเตด เราสามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าจากย่านของอุณหภูมิดังกล่าวนั่นคือ

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B)dT \qquad (3.1)$$

สมการนี้จะอธิบายผลของซีแบ็ค ซึ่งพบว่า

1. ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ

2. ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ก็จะมีค่าเป็นศูนย์

3. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าก็จะเป็นศูนย์

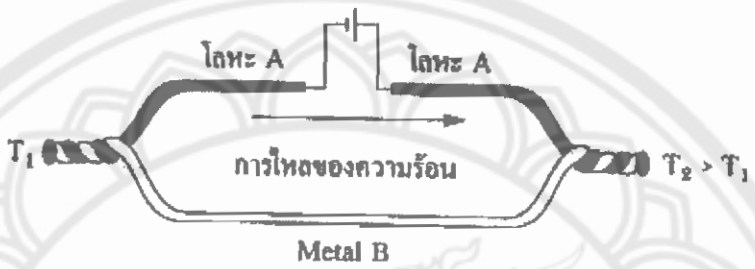
โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้เช่นกันคือ

$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1) \qquad (3.2)$$

เมื่อ α = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีแบ็ค; volts/K

T_1, T_2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ; K

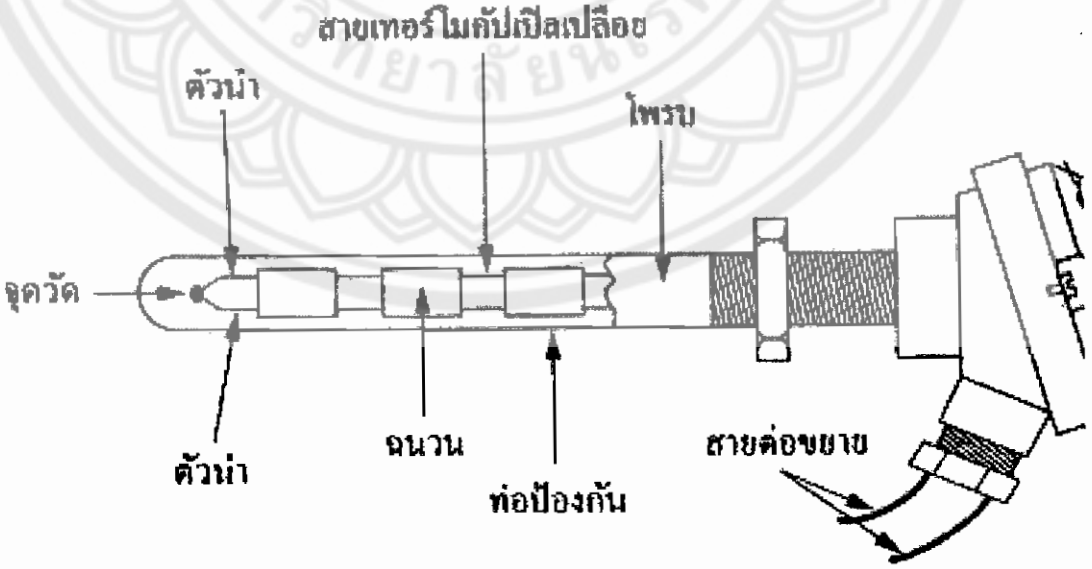
2. ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) หากคิดย้อนกลับจากผลของซีแบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดความร้อน (T_2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า "ผลของเพลเทียร์" (Peltier Effect) ดังรูปที่ 3.14 และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



รูปที่ 3.14 ผลของเพลเทียร์

คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน (Characteristic of Standard Thermocouples)

1. ความไว (Sensitivity) จากตารางแรงเคลื่อนของ NBS แสดงว่าย่านของแรงเคลื่อนจากเทอร์โมคัปเปิลจะมีค่าน้อยกว่า 100 mV แต่ความไวที่แท้จริงในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับการใช้วงจรปรับสภาพสัญญาณและตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง



รูปที่ 3.15 แสดงโครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

2. โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณะดังรูปที่ 3.15 โดยต้องมีลักษณะดังนี้คือ: มีความต้านทานต่ำ ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเกิดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่นำไปใช้วัดค่า และเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตัวฝักหรือท่อป้องกันส่วนมากจะทำจากสเตนเลส ความไวของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับความหนาของท่อป้องกันทั้งเยอรมันเนียมและซิลิคอนจะทำให้คุณสมบัติการเกิดเทอโมอิเล็กทริกจึงนิยมใช้กันมากในอุปกรณ์ทำความเย็น (Pettier Element) มากกว่าที่จะใช้เป็นเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ ขนาดของสายเทอร์โมคัปเปิลกำหนดได้จากการใช้งานแต่ละอย่าง

3. **ย่านการใช้งาน (Range)** ย่านอุณหภูมิการใช้งานและความไวในการวัดของเทอร์โมคัปเปิล แต่ละตัว จะแตกต่างกันตามแต่ละสมาคมจะกำหนด ในส่วนที่สำคัญคือค่าแรงเคลื่อนที่ออกมาจากแต่ละอุณหภูมิ จะต้องอ้างอิงกับตารางค่ามาตรฐานของแต่ละสมาคมที่ใช้ให้ถูกต้องเป็นเอกภาพเดียวกันหมดทั้งระบบ

4. เวลาตอบสนอง (Time Response) เวลาตอบสนองของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับขนาดของสายและวัสดุที่นำมาทำท่อป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล

5. การปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning) ปกติแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลจะมีขนาดน้อยมากจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์ขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายสูงๆ

การใช้งานเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน (Characteristic of Thermocouple Standard Type)

ในปัจจุบัน พบว่ามีเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานอยู่ 7 ชนิดตามมาตรฐานของ ANSI และ ASTM โดยการจำแนกตามประเภทของวัสดุที่ใช้ทำได้แก่

1. เทอร์โมคัปเปิลแบบ S ประดิษฐ์โดยนาย Le Chatelier ในปี 1886

ข้อดีของแบบ S

- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิง (Oxidizing)
- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะงานเฉื่อย (Inert) คืองานที่ไม่เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาใดๆ ได้ง่าย
- นิยมใช้กับงานวัดตัวแปรที่มีอุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมเหล็ก
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1550°C และอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ–50 ถึงประมาณ 1700°C
- หากอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะให้ความเที่ยงตรงสูงที่สุด
- ใช้ในการสอบเทียบ ตั้งแต่จุดแข็งตัวของแอนติโมนี (630.74°C) จนถึงจุดแข็งตัวของทองแดง (1064.43°C) ตามมาตรฐาน IPTS 68

ข้อเสียของแบบ S

- ต้องใช้ท่อป้องกันในทุกสภาวะบรรยากาศ
- ไม่เหมาะกับงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง (Reducing)
- ไม่เหมาะกับงานที่เป็นสุญญากาศ (Vacuum)
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอโลหะ เช่น สังกะสี ตะกั่ว
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของอโลหะ เช่น จำพวก อาเซนิก ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส เพราะจะมีอายุการใช้งานสั้นลง

2. เทอร์โมคัปเปิลแบบ R เป็นแบบที่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูง ๆ

ข้อดีของแบบ R

- ให้แรงเคลื่อนทางด้านเอาท์พุตสูงกว่าแบบ S
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1600°C
- วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วง-50 ถึงประมาณ 1700°C
- เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูงๆ เช่น ในเตาหลอมเหล็ก อุตสาหกรรมแก้ว
- ทนทานต่อการกัดกร่อน และให้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดีส่วนลักษณะข้อเสียเช่นเดียวกับแบบ S แต่ส่วนที่เพิ่มเติมคือ ให้ความเป็นเชิงเส้นต่ำเพิ่ม อุณหภูมิต่ำกว่า 540°C

3. เทอร์โมคัปเปิลแบบ B ผลิตครั้งแรกเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน

ข้อดีของแบบ B

- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วงประมาณ 100 ถึงประมาณ 1600°C
- วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึงประมาณ 1750°C
- แข็งแรงกว่าแบบ S และแบบ R
- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงและสภาวะเฉื่อย ให้ความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณ (Linearity) ดี

ข้อเสียของแบบ B

- ให้แรงเคลื่อนของไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เมื่อวัดอุณหภูมิที่เงื่อนไขเดียวกัน
- ไม่เหมาะกับสภาวะที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง
- ไม่เหมาะกับสภาวะที่เป็นสุญญากาศ
- ไม่เหมาะกับสภาพงานที่มีไอของโลหะและอโลหะเช่นเดียวกับแบบ Rและ S
- ให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสองค่า (Double Value Region) จากอุณหภูมิในช่วง 0 - 42°C ทำให้ไม่สามารถทาราบได้ว่าที่แรงเคลื่อนไฟฟ้านั้นมี อุณหภูมิเป็นเท่าใด เช่นที่อุณหภูมิ 0°C จะแรงเลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 42°C
- ให้ความชัน(การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิ) ของสัญญาณต่ำกว่า

4. เทอร์โมคัปเปิลแบบ J พบว่าหากใช้แพลทินัมมาทำเป็นเทอร์โมคัปเปิลความคุ้มทุนก็ลดลงไป ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลราคาถูกลง จึงใช้วัตถุธาตุอื่นที่มีราคาถูกกว่ามาทดแทนแพลทินัม โดยรหัสสีตามมาตรฐาน BS (British Standard) มีดังนี้ ถ้าขั้วบวก จะเป็นสีดำ ขั้วลบจะเป็นสีขาว ทั้งตัวจะเป็นสีดำ

ความแน่นอนตามมาตรฐาน BS 1797 Part 30, 1993 ได้แก่

1. Class 1 = -40°C ถึง +750°C $\pm 0.004 \times t$ หรือ ± 1.5°C
2. Class 2 = -40°C ถึง +750°C $\pm 0.0075 \times t$ หรือ ± 2.5°C

เมื่อ. t คือ อุณหภูมิจริง

ข้อดีของแบบ J

- ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิได้ดี
- มีราคาถูกกว่าแบบที่ทำจากธาตุบริสุทธิ์
- ตามมาตรฐาน BS 7937 Part 30 สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่อเนื่องจากช่วงประมาณ 210 ถึง 1200°C
- เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่ งานที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิง และงานที่อยู่ในสภาพเฉื่อย เมื่ออุณหภูมิไม่เกิน 760°C
- นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก
- เป็นแบบที่นิยมใช้ ราคาไม่แพง

ข้อเสียของแบบ J

- วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบ T
- ไม่เหมาะสมมากนักกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C
- หากวัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 538°C จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิงที่สายซึ่งทำจากเหล็กด้วยอัตราสูง
- หากใช้งานนานเกินช่วง 20 ปี ส่วนผสมทางเคมี คือ แมงกานีสในเหล็กจะเพิ่มขึ้น 0.5% ทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

5. เทอร์โมคัปเปิลแบบ K ธาตุหนึ่งที่เป็นฐานสำหรับการสร้างคือ นิกเกิล เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้เริ่มผลิตให้เป็นมาตรฐานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1916 โดยพื้นฐานการผลิต ขั้วหนึ่งจะเป็นนิกเกิลที่เจือปนด้วยอะลูมิเนียมส่วนอีกด้านที่เจือปนด้วยโครเมียม เพราะว่าในปี ค.ศ. 1916 ยังไม่สามารถสร้างนิเกิลลบบริสุทธิ์ได้จึงได้เติมสารไม่บริสุทธิ์ต่าง ๆ ในส่วนผสมของวัสดุชนิด K แต่ในปัจจุบันได้มีการระมัดระวังส่วนผสมที่จะทำให้เกิดความไม่บริสุทธิ์ดังกล่าวเพื่อเหตุผลในการบำรุงรักษาและสอบเทียบ

ด้วยเหตุนี้เทอร์คัปเปิลชนิด K ที่กำหนดเป็นค่ามาตรฐานจะไม่ใช้โลหะผสมแต่โดยทั่วไปจะผสมธาตุพิเศษเข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแรงเคลื่อน/อุณหภูมิของจุดหลอมละลายที่กำหนดไว้ข้อควรระวังในการใช้งานของชนิด K มีดังนี้

1. ขั้วลบของเทอร์โมคัปเปิลจะเป็นวัสดุเฟอร์โรแมกเนติก (เหล็กที่เป็นสารแม่เหล็ก) ที่อุณหภูมิห้อง แต่ที่จุดคิวรีของมัน (Curie Point) คืออุณหภูมิที่มันเปลี่ยนจากคุณสมบัติเหล็กไปเป็นแม่เหล็ก อยู่ในช่วงที่ใช้งานพอดี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางเอาต์พุตอย่างทันทีทันใด ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าจุดคิวรีดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะผสม จุดคิวรีนี้จะเปลี่ยนคุณสมบัติจากเทอร์โมคัปเปิลตัวหนึ่งให้เป็นเทอร์โมคัปเปิลอีกตัวหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องทดลองหาการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนที่ไม่ทราบค่า ณ อุณหภูมิที่เราไม่ทราบค่านี้

2. ที่อุณหภูมิสูง ๆ (ช่วง 200°C ถึง 600°C) เทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะมีผลของฮีสเตอร์รีซีสเกิดขึ้นขณะที่มันอ่านค่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและในช่วงที่อุณหภูมิลดลง ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สามารถจะคาดเดาการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนได้

3. ที่อุณหภูมิ 1000°C ขั้วของเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะเกิดออกไซด์ เป็นเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อน

4. การใช้โคบอลต์เป็นโลหะผสมสำหรับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะทำให้เกิดปัญหาในอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ หรือในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีฟลักซ์นิวตรอนสูง ๆ ธาตุบางตัวจะรับเอาการปลดปล่อยนิวเคลียร์ จึงทำให้เปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุต

ย่านการทำงานและความแน่นอนของเทอร์โมคัปเปิลในงานอุตสาหกรรม ที่กำหนดโดยมาตรฐาน IEC 584(รหัสสำหรับการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล) ช่วงในการวัดอุณหภูมิต่อเนื่องของเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะเป็น –270°C ถึง +1,370°C โดยมีระดับความแน่นอนซึ่งกำหนดโดยมาตรฐาน IEC 584 (ตารางอ้างอิงสำหรับเทอร์โมคัปเปิลนานาชาติ เป็นดังนี้

1. Class 1 = -40°C	ถึง +1,000°C	± 0.004 x t	หรือ ± 1.5°C
2. Class 2 = -40°C	ถึง +1,200°C	± 0.0075 x t	หรือ ± 2.5°C
3. Class 1 = -200°C	ถึง +40°C	± 0.015 x t	หรือ ± 2.5°C

เมื่อ t อุณหภูมิจริงที่ทำการวัด

รหัสสีสำหรับสายเทอร์โมคัปเปิลกำหนดโดยมาตรฐาน BS 4937 part 30, 1993 สำหรับชนิด K ขั้วบวกจะเป็นสีเขียว ขั้วลบจะเป็นสีขาว ถ้าตลอดทั้งตัวจะเป็นสีเขียว ส่วนสายชดเชยสัญญาณ ก็เหมือนกับสีด้านบนที่กล่าวมา โดยสรุป

ข้อดีของแบบ K

- สำหรับการวัดอุณหภูมิช่วงสั้น ๆ จะวัดได้จาก –180°C ถึงประมาณ 1,350°C
- สามารถใช้วัดในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซิง หรือสภาวะแบบเฉื่อย (Inert) ได้ดีกว่าแบบอื่นๆ

- สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี

- ให้อัตราการเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่น ๆ (ความชันเกือบเป็น 1) และมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลด้วยกัน

- เป็นแบบที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด

ข้อเสียของแบบ K

- ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิงและออกซิไดซิงโดยตรง

- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของซัลเฟอร์

- ไม่เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศ (ยกเว้นจะใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ)

- หลังการใช้งานไป 30 ปี ทำให้ส่วนผสมทางเคมีเปลี่ยนไป เป็นผลทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนไป

6. เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

ข้อดีของแบบ T

- ดีกว่าแบบ K ตรงที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า นั่นคือเหมาะกับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ เช่นในห้องเย็น ตู้แช่แข็ง

- ให้ความแน่นอนในการวัดดีกว่าแบบ K (ช่วงที่ต่ำกว่า 100°C ความแน่นอนจะได้ ± 1%)

- มีเสถียรภาพในการวัดอุณหภูมิดี

- การวัดสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงรีดิวซิงและงานที่มีปฏิกิริยาแบบเฉื่อยจะทำได้ดี

- วัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องได้จากช่วง –185 ถึง 300°C และวัดอุณหภูมิแบบช่วงสั้นๆ ได้จากช่วง –250 ถึง 400°C

- ทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนได้ดี

ข้อเสียของแบบ T

- เป็นแบบที่วัดอุณหภูมิช่วงบวกได้น้อยกว่าแบบอื่น

- หากใช้วัดอุณหภูมิที่สูงกว่า 370°C จะทำให้เกิดออกไซมาก

- ไม่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิที่สัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรง(ทำให้ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำเปลี่ยนไป คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย)

- เมื่อใช้งานไปนาน ๆ ในช่วง 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิลและสังกะสี จะเพิ่มประมาณ 10% ทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน

- คุณสมบัติของแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิไม่เป็นเชิงเส้น (แต่ก็ปรับปรุงได้จากวงจรปรับสภาพสัญญาณ)

7. เทอร์โมคัปเปิลชนิด E

ข้อดีของแบบ E

- ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัดอุณหภูมิมิเทียบกับแบบอื่น ๆ ในสภาวะเดียวกัน
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 800°C
- คุณสมบัติอื่น ๆ คล้ายกับแบบ K

การแก้ไขให้ระบบวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลให้ทำงานได้ดีขึ้น ต้องปฏิบัติดังนี้

1.ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่ที่สุดที่จะเป็นไปได้ เพราะมันจะไม่พ่วงเอาความร้อนออกจากพื้นที่การวัดเข้ามา

2. ถ้าต้องการใช้สายขนาดเล็ก ๆ ให้ใช้เฉพาะในขอบเขตที่ทำการวัด และใช้สายขยาย (Extinction Wire) ในขอบเขตที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสาย

3. หลีกเลี่ยงความเค้นทางกลและการสั่นสะเทือนที่มีผลให้เกิดความเครียดในสาย

4. เมื่อใช้สายเทอร์โมคัปเปิลยาว ๆ ให้ต่อชีลด์ที่สายไปยังขั้วต่อสายของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ และใช้สายขยายสัญญาณแบบบิตเกลียว

5. หลีกเลี่ยงบริเวณที่เต็มไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกลางสาย

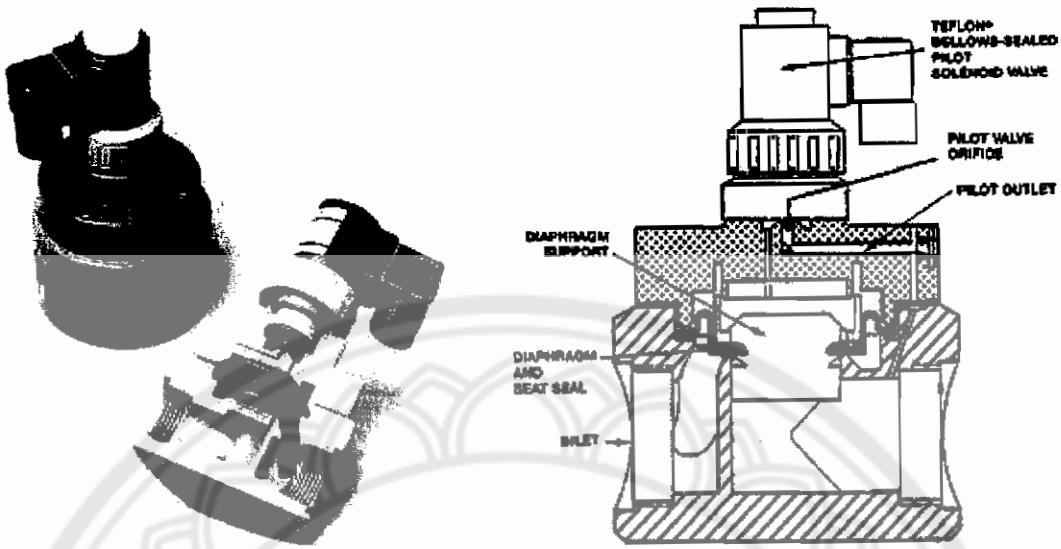
6. พยายามเลือกสายเทอร์โมคัปเปิลในพิกัดอุณหภูมิของมัน

7. ป้องกันวงจรแปลง Integrate A/D จากการรบกวน

8. ใช้สายขยายเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ ๆ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสายน้อย ๆ

9. ทดสอบและเก็บค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก่า ๆ ไว้ พร้อมกับวัดค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก็บไว้เป็นช่วง ๆ

3.4 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)



รูปที่ 3.16 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์ว คือวาล์วควบคุมชนิดกลไกนำและวาล์วจะปิดในเวลาทำงานปกติ มันจะใช้พลังงานของของเหลวในระบบเป็นผู้ช่วยในการเปิด/ปิด ภายใต้สถานะความดันที่ถูกต้อง เมื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับคอยล์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นบริเวณส่วนบนสุดของก้านวาล์วพลังแม่เหล็กจะดึงก้านวาล์วและลิ้นวาล์วของวาล์วนำขึ้นของเหลวที่อยู่ด้านบนไดอะแฟรมจะถูกขับออกผ่านทางรูระบายเล็กๆ (Orifice) ไปยังทางออกของท่อหลัก ในขณะเดียวกันความดันทางเข้าบริเวณส่วนล่างของไดอะแฟรมจะยกไดอะแฟรมขึ้น และเปิดลิ้นวาล์วหลัก ของเหลวก็ไหลเข้าตลอดแนวทางเดินของวาล์วเมื่อหยุดจ่ายไฟฟ้าให้กับคอยล์ สปริงภายในตัวโซลินอยด์จะผลักก้านวาล์วและลิ้นปิดช่องทางเดินของวาล์วนำ ความดันจะเริ่มสะสมบริเวณด้านบนไดอะแฟรมมากขึ้นจนดันไดอะแฟมเลื่อนลงปิดวาล์วของวาล์ว

คุณสมบัติของโซลินอยด์วาล์ว

ในเวลาทำงานปกติ วาล์วอยู่ในตำแหน่งปิด ติดตั้งในแนวระนาบกับท่อ ปิดกั้นของเหลวได้ สนิททนความดันทำงานสูง รับความดันทางด้านเข้าสูงถึง 140 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และทนความดันย้อนกลับสูงถึง 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตัวอย่างเช่นควบคุมการอัตราการไหลของหัวสเปรย การฉีดสารเคมีด้วยความดันสูงเป็นต้น

- มีค่าสัมประสิทธิ์การไหลสูง (Control Valves) วาล์วขนาด 1/2" มีค่า Cv = 5.2, วาล์วขนาด 3" มีค่า Cv = 80

- รูปทรงเป็นเอกลักษณ์ซีลทำจากเทฟลอนครีบ (Bellow) ป้องกันการรั่วไหลออกสู่บรรยากาศ

- ปลอดภัย/ไว้ใจได้ด้วยงานออกแบบลิขสิทธิ์ Fail-Dry ช่วยแจ้งเตือนล่วงหน้าให้เห็นชัดในกรณีที่ซีลทำงานบกพร่องขณะที่วาล์วยังทำงานต่อไป จนสามารถกำหนดวันซ่อมบำรุงได้

- อายุการใช้งานมากกว่า 1,000,000 ครั้ง

- ใช้งานได้หลากหลาย ใช้ได้กับสารเคมีชนิดต่างๆ กรด ด่าง สารละลาย สารละลายคลอรีน

- โครงสร้างแข็งแรง ทนทานต่อการกัดกร่อนจากภายในและภายนอก ในพื้นที่ที่สัมผัสกับของเหลวไม่มีชิ้นส่วนทำจากโลหะ

- ในกรณีฉุกเฉินไฟฟ้าดับ วาล์วจะอยู่ในตำแหน่งปิด

- พลังงานเต็มประสิทธิภาพด้วยคอยล์ 11 วัตต์

- คอยล์หล่อขึ้นรูป มีจุดเชื่อมต่อไฟตามมาตรฐานDINหุ้มห่อมิดชิด

- มีขนาดให้เลือกตั้งแต่ 1/2", 3/4", 1", 1-1/2", 2", และ 3"

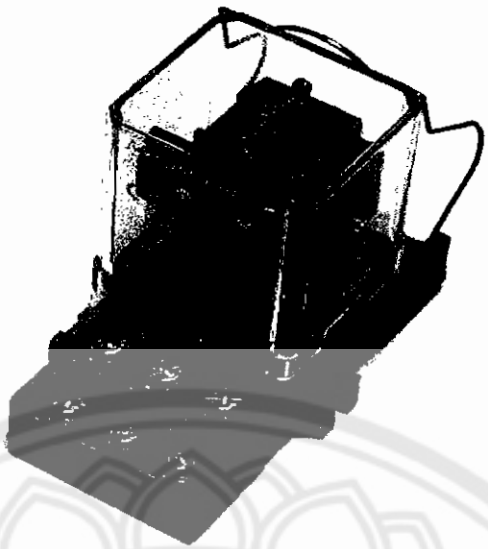
3.5 รีเลย์ (Relay)

คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำหน้าที่ ตัด - ต่อวงจร คล้ายกับสวิตซ์ โดยใช้หลักการหน้าสัมผัส และการที่จะให้รีเลย์ทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้รีเลย์ตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ รีเลย์จะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้รีเลย์ รีเลย์ก็จะกลายเป็นวงจรเปิด ไฟที่เราใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์ก็จะเป็นไฟที่มาจาก เพาเวอร์ฯ ของเครื่อง ดังนั้นทันทีที่เปิดเครื่อง ก็จะทำให้รีเลย์ทำงาน

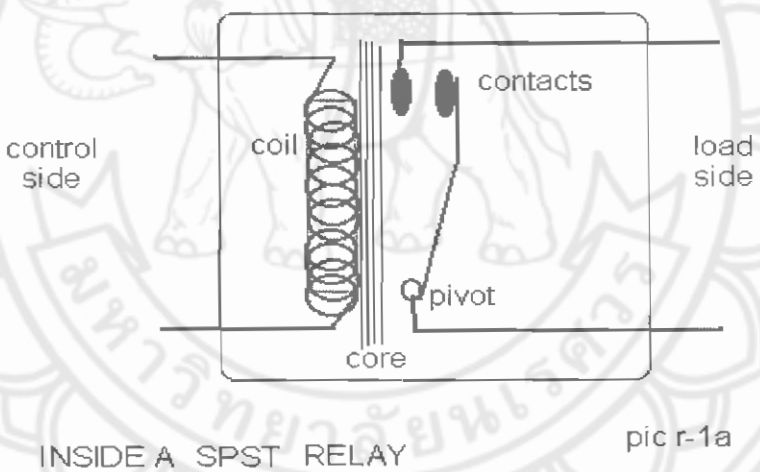
รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (Solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1) รีเลย์กำลัง (Power Relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2) รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"



รูปที่ 3.17 รีเลย์ (Relay)



รูปที่ 3.18 วงจรภายในของรีเลย์ (Relay)

หลักการของรีเลย์ คำว่า รีเลย์ (Relay) ตรงตัวตามแบบฉบับของนักอิเล็กทรอนิกส์คงจะได้ความว่า ตัวถ่ายทอดกำลัง เพราะเราป้อนกำลังงานไฟฟ้าให้แก่รีเลย์เพียงเล็กน้อย ก็สามารถควบคุมวงจรกำลังงานสูงๆ ที่ต่ออยู่กับ หน้าสัมผัส (ซึ่งช่างทั่วไปมักนิยมเรียกว่า คอนแทกต์) ของรีเลย์ได้ ไม่ว่าจะเป็นรีเลย์แบบธรรมดา หรือแบบเฉพาะงาน ถ้าถอดมันออกมาให้ล่อนจ้อนแล้วจะมีเหลืออยู่เพียง หน่วยสร้างสนามแม่เหล็ก และกลุ่มของหน้าสัมผัส ดังรูปที่ 3.17 เวลาใช้เราก็เพียงแต่ป้อนกระแสไฟฟ้าแก่หน่วยสร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งมักจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ก็จะเกิดสนามแม่เหล็กจากแกนเหล็กไปดูดเหล็กก่อน ที่เรียกว่า อาร์เมเจอร์ให้โน้มต่ำลงมา ที่ปลายของ

อาร์เมเจอร์ด้านหนึ่งมักจะยึดติดกับสปริงและอีกปลายหนึ่งยึดติดกับหน้าสัมผัสการเคลื่อนอาร์-เมเจอร์จึงเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัสอันนี้ให้แยกจาก หรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกด้านหนึ่ง ซึ่งยึดติดอยู่กับที่ เมื่อหยุดป้อนกระแสเข้าขดลวด อาร์เมเจอร์ก็จะเด้งกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมด้วยแรงหดตัวของสปริง ตัวอย่างในรูปที่ 3.18 เป็นแบบหนึ่งที่เมื่อป้อนกระแสแล้ว หน้าสัมผัสทั้งสองจะแตะกัน

สรุปว่ารีเลย์คืออุปกรณ์ที่เราควบคุมมันด้วยไฟฟ้าเพื่อให้ไปปิด หรือเปิดหน้าสัมผัส (ทำหน้าที่เหมือนกับสวิตช์) ซึ่งจะไปควบคุมวงจรเดียวกันหรือวงจรอื่นๆ อีกทอดหนึ่งหน้าสัมผัสมีหลายแบบ

นอกจากนั้นเพื่อให้เป็นการชัดแจ้งว่าภาวะปกติ (เมื่อไม่มีกระแสป้อนเข้าขดลวด) หน้าสัมผัสของรีเลย์อยู่ในลักษณะใดจึงมีอักษรย่อเพิ่มเติมเข้ามาอีกเช่น NO (ย่อมาจาก Normally - Open) หมายถึงภาวะปกติหน้าสัมผัสกับขั้วแยกจากกัน และจะแตะกันก็ต่อเมื่อขดลวดของรีเลย์ได้รับปริมาณกระแสมากพอ อีกตัวหนึ่ง คือ NC (ย่อมาจาก Normally Closed) หมายถึงภาวะปกติหน้าสัมผัสกับขั้วจะแตกกัน และจะแยกจากกันก็ต่อเมื่อขดลวดของรีเลย์ได้รับกระแส

นอกจากแบบการจัดหน้าสัมผัสดังกล่าวมาแล้ว ยังมีแบบอื่นๆ อีก ซึ่งสมาคมผู้ผลิตรีเลย์ในอเมริกา (NARM) ได้รวบรวมแบบต่างๆ พร้อมสัญลักษณ์ไว้เป็นตามตารางตังแสดงในตารางที่ 1 แต่ละแบบจะมีชื่อเรียกเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวเลขหน้าตัวอักษรจะแสดงจำนวนกลุ่มหรือชุดของหน้าสัมผัส ดัวอย่างเช่น รีเลย์ที่มีหน้าสัมผัส (4PST No) ก็จะระบุตามมาตรฐานนี้ได้เป็น 4A

หลังจากรู้หลักการทำงานโดยสังเขปมาบ้างตามสมควรแล้ว นักอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่มักจะคิดว่าการเลือกซื้อและใช้งานของรีเลย์เป็นเรื่องง่าย ไม่มีอะไรต้องไปคิดให้วุ่นวายสมองเพียงแต่ทราบค่าแรงดันและกระแสที่จะต้องป้อนให้ขดลวดก็พอแล้ว ดังนั้น ในการเลือกซื้อรีเลย์สักตัวหนึ่งจึงมักจะตกหลุมพรางข้อเท็จจริง 5 ประการใหญ่ๆ ดังนี้

- เลือกสเปกของรีเลย์เกินความต้องการ
- รู้จักวงจรที่จะใช้รีเลย์น้อยไป
- เลือกสเปกของรีเลย์ต่ำกว่าการใช้งานจริง
- มองข้ามความสัมพันธ์ระหว่างสเปกบางตัวไป
- ขนาดของรีเลย์ไม่ตรงตามการออกแบบ