บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาจัดทำเครื่องผลิตไอน้ำแบบพกพาเพื่อให้ได้เครื่องที่มีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้ จึงอาศัยแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 กาต้มน้ำไฟฟ้า

กาน้ำร้อนเป็นอุปกรณ์ต้มน้ำ โดยมีอุปกรณ์ให้ความร้อนหรือแผ่นความร้อนให้ความร้อนในการต้มน้ำ โดยปกติกาต้มน้ำไฟฟ้าถูกออกแบบให้สามารถทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงถึงจุดเดือดประมาณ 100 องศาเซลเซียสหรือ 212องศา ฟาเรนไฮต์ ส่วนประกอบของกาต้มน้ำมีดังนี้

2.1.1 อุปกรณ์ทำความร้อน (HEATING ELEMENT)

อุปกรณ์ให้ความร้อนหรือฮีทเตอร์ของกาต้มน้ำร้อนชนิดนี้มีทั้งปิดและกึ่งปิดไม่ว่าจะเป็นฮีทเตอร์ แบบใดก็ตามที่ใช้กับกาต้มน้ำนี้จะถูกออกแบบสำหรับต้องทำงานกับน้ำโดยต้องมีน้ำอยู่ในกาตลอดเวลาถ้าปล่อยให้น้ำแห้งหรือต่ำกว่าระดับที่กำหนด ก็อาจเป็นผลทำให้ฮีทเตอร์เสียหายได้

ภาพที่ 2.1 แสดงฮีทเตอร์ในกาต้มน้ำ

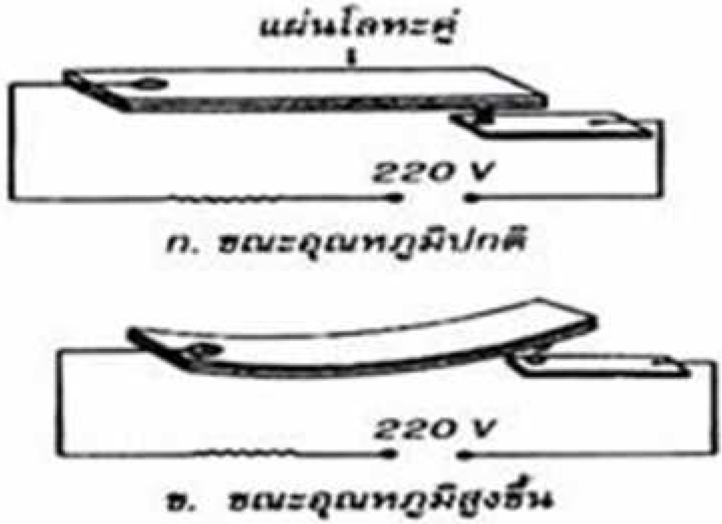
หลักการทำงานของฮีทเตอร์เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทาน จะทำให้ลวดตัวนำร้อน และถ่ายเทความร้อนให้กับโหลด ดังนั้น ลวดตัวนำความร้อนจคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้สูงสำหรับการผลิตฮีตเตอร์ โดยส่วนใหญ่ในตัวฮีตเตอร์จะมีผงฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์(ยกเว้นฮีตเตอร์อินฟราเรด ฮีตเตอร์รัดท่อและฮีตเตอร์แผ่น) อยู่ภายใน เพื่อทำหน้าที่กั้นระหว่างขดลวดตัวนำกับผนังโลหะของฮีตเตอร์ ซึ่งผงฉนวนนี้จะมีคุณสมบัตินำความร้อนได้ดีมาก แต่จะมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นข้อควรระวัง คือ ห้ามมีความชื้นในผงฉนวนนี้เด็ดขาด เพราะจะทำให้มีค่าความนำทางไฟฟ้าสูงขึ้น และอาจจะทำให้ฮีตเตอร์เกิดการลัดวได้ หากพบว่าฮีตเตอร์มีความชื้น (ผลจากการวัดโดยใช้เครื่องมือทางไฟฟ้า) สามารถแก้ไขโดยการนำฮีตเตอร์ไปอบเพื่อไล่ความชื้นออกจากตัวฮีตเตอร์

2.1.2 อุปกรณ์การควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat)

อุปกรณ์การควบคุมอุณหภูมิของกาน้ำร้อนชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็นแบบไบเมทอล (Bi- Metallic) ซึ่งทำมาจากกโลหะสองชนิดที่มีอัตราการขยายตัวไม่เท่ากันมายึดติดแนบแน่นเข้าด้วยกัน เมื่อแผ่นไบเมทอลลิคได้รับความร้อนจะเกิดการงอตัวมาควบคุมคอนแทค(Contact)ในการตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านฮีทเตอร์

ภาพที่ 2.2 Thermostat ในกาต้มน้ำ

หลักการทำงานของตัวควบคุมอุณหภูมิ ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิ หรือระดับความร้อนของเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยจะตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเครื่องใช้นั้นร้อนถึงจุดกำหนด

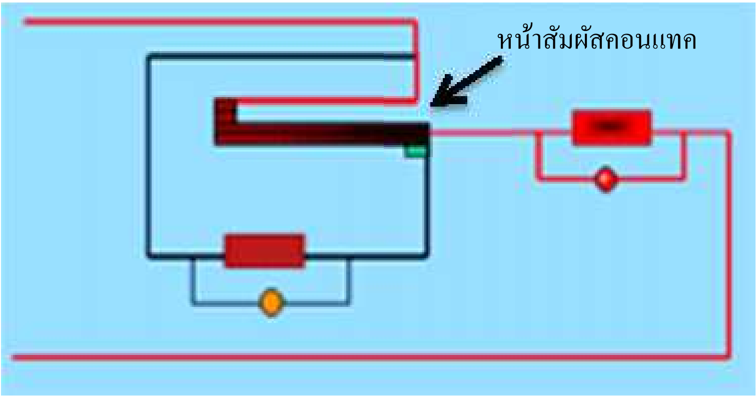


ภาพที่ 2.3 การทำงานของเทอร์โมสตัท (ก) ขณะอุณหภูมิปกติ (ข) ขณะอุณหภูมิสูง

เทอร์โมสตัท มีส่วนประกอบเป็นโลหะต่างชนิดกัน 2 แผ่นประกบกัน เมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวได้ต่างกัน เช่น เหล็กกับทองเหลือง โดยให้แผ่นโลหะที่ขยายตัวได้น้อย (เหล็ก) อด้านบน ส่วนแผ่นโลหะที่ขยายตัวได้มาก (ทองเหลือง) อยู่ด้านล่าง เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแผ่นโลหะทั้งสองมากขึ้น จะทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนแผ่นโลหะทั้งสองโก้งงอ เป็นเหตุให้จุดสัมผัสแยกออกจากกัน เกิดเป็นวงจรเปิด กระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านไม่ได้ และเมื่อแผ่นโลหะทั้งสองเย็นลงก็จะสัมผัสกันเหมือนเดิม เกิดเป็นวงจรปิด กระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านแผ่นโลหะทั้งสองได้อีกครั้งวนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป

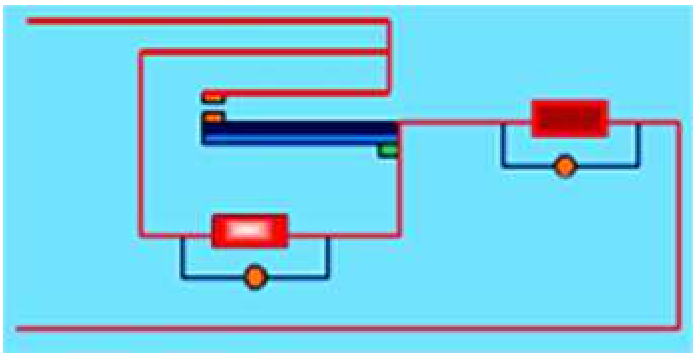
2.2 หลักการทำงานของกาน้ำร้อน

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัส (Contact) ที่ต่ออนุกรมกับขดลวดความร้อน (Main Heater) ในช่วงนี้น้ำจะยังมีอุณหภูมิต่ำทำให้หน้าสัมผัสยังแตะกันอยู่ เมื่อเวลาผ่านไปกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน จะทำให้เมนฮีตเตอร์เกิดความร้อนขึ้นและส่งผ่านความร้อนไปยังน้ำทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นในขณะ ที่เมนฮีตเตอร์ทำงาน หลอดไฟแสดงสภาวะการทำงาน(หลอดHeat) ที่ต่อขนานกับเมนฮีตเตอร์จะสว่าง แสดงให้ทราบว่าเมนฮีตเตอร์กำลังทำงานให้ความร้อนอยู่



ภาพที่ 2.4 แสดงการทำงานของหน้าสัมผัสคอนแทคในสภาวะแตะกัน

เมื่ออุณหภูมิของน้ำถึงจุดที่ตั้งไว้ (ประมาณ 80-100องศาเซลเซียส) จะทำให้แผ่นไบ-เมทอลิค โค้งงอตัวผลักดันให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกันตัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเมนฮีตเตอร์ แต่กระแสไฟฟ้ายังคงไหลผ่าลวดความร้อนชุดรักษาอุณหภูมิ (Warm Heater) จากนั้นจะไหลไปยังเมนฮีตเตอร์จนครบวงจร ขณะที่กระแสไหลผ่านเมนฮีตเตอร์ในสภาพเช่นนี้เมนฮีตเตอร์จะไม่ทำงาน เพราะเมนฮีตเตอร์มีค่าความต้านทานน้อยกว่าลวดความร้อนชุดรักษาอุณหภูมิมาก ดังนั้นแรงดันจึงตกคร่อมที่ลวดความร้อนชุดรักษาอุณหภูมิเกือบทั้งหมด ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำคงที่ตลอดเวลา



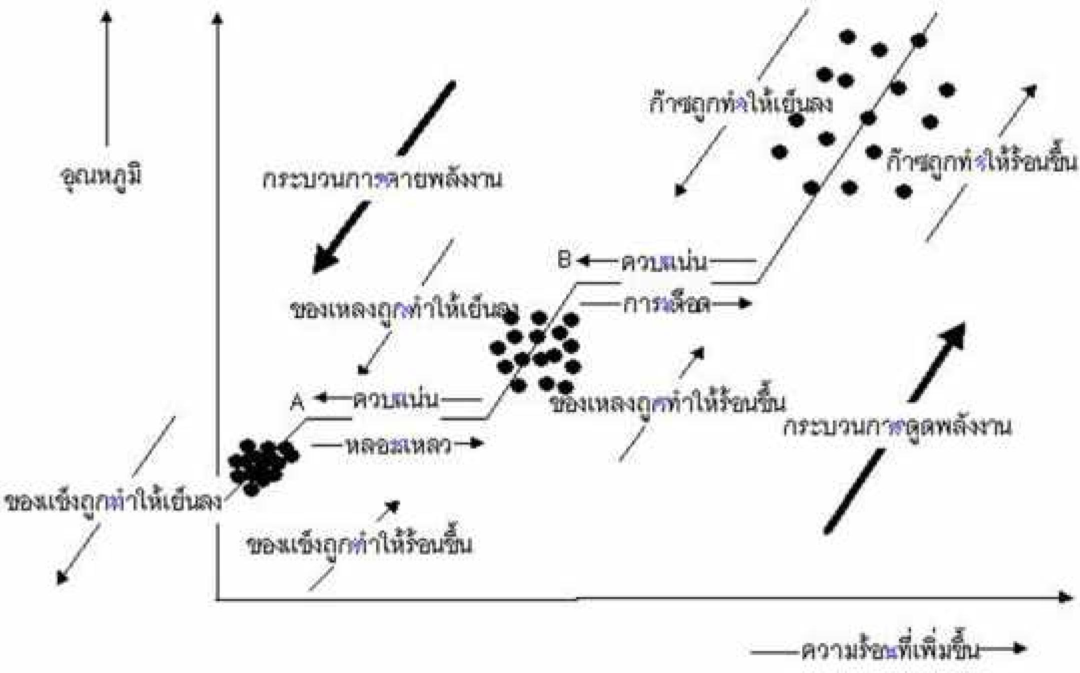
ภาพที่ 2.5 แสดงการทำงานของหน้าสัมผัสคอนแทคในสภาวะแยกออกจากกัน

ส่วนของหลอดไฟแสดงการทำงาน หลอดไฟแสดงสภาวะทำงาน(หลอดHeat)จะดับเพราะแรงดันตกคร่อมเมนฮีตเตอร์ไม่เพียงพอ แต่หลอดบอกสภาวะของลวดความร้อนชุดรักษาอุณหภูมิของน้ำ(หลอดWarm) จะสว่างเพราะแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมมากพอที่ทำให้หลอดสว่าง

2.3 พลังงานและการเปลี่ยนสถานะ

สารต่างๆที่มีอยู่ในโลกนี้ มีได้ 3สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลวและก๊าซ โดยปรกติสารแต่ละชนิดจะปรากฎอยู่ในสถานะหนึ่งเท่านั้น อย่างไรก็ตามสถานะของสารสามารถ เปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาได้โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ตัวอย่างเช่น น้ำที่ภาวะปกติจะเป็นของเหลว เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำ จะสามารถทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำได้ และเมื่อลดอุณหภูมิของน้ำลงก็จะสามารถทำให้น้ำกลายเป็นน้ำแข็งได้เมื่อให้ความร้อนแก่ของแข็ง อุณหภูมิของแข็งจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่ง ของแข็งจะเริ่มหลอมเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ขณะที่หลอมเหลวอุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลง จนเมื่อของแข็งหลอมเหลวหมด ถ้ายังคงให้ความร้อนต่อไปอีก ของเหลวจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดหนึ่งจะเริ่มกลายเป็นไอน้ำ ขณะที่ของเหลวกลายเป็นไอ อุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลง จนเมื่อของเหลวกลายเป็นไอหมดแล้ว ถ้ายังคงให้ความร้อนต่อไปอีก อุณหภูมิของไอก็จะค่อยๆสูงขึ้นในทางตรงข้าม ถ้าลดความร้อนของไอของสาร อุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลงจนถึงจุดหนึ่ง ไอจะควบแน่นกลายเป็นของเหลว และถ้ายังคงลดอุณหภูมิลงอีก ของเหลวจะมี อุณหภูมิลดลงจนถึงหนึ่ง จะเริ่มเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของแข็งการเพิ่มความร้อนและการลดความร้อนของสารจะทำให้มีการถ่ายเทพลังงาน และเป็นผลให้สารเปลี่ยนสถานะได้

สารทุกชนิดสามารถดำรงได้ 3 สถานะ ขึ้นอยู่กับสภาวะที่สารดำรงอยู่โดยทั่วไป สารสามารถเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่งได้ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนดังนี้



ภาพที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนสถานะของสารเมื่อเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อน

ของแข็งเมื่อได้รับพลังงานความร้อน จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนถึงอุณหภูมิหนึ่งที่ของแข็งเริ่มเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว อุณหภูมิขณะนั้นคือจุดหลอมเหลวของสารขณะที่ของแข็งหลอมเหลวเป็นของเหลวทั้งหมดใช้พลังงานความร้อนแฝงเรียกว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว อุณหภูมิจึงคงที่ เมื่อของเหลวได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจะสูงขึ้นอีก จนถึงอุณหภูมิหนึ่งที่ของเหลวเริ่มเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ อุณหภูมิขณะนั้นคือจุดเดือดของสาร ขณะที่ของเหลวกลายเป็นไอทั้งหมด จะใช้พลังงานความร้อนแฝงเช่นเดียวกันเรียก ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ดังนั้น ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวและของเหลวเป็นไอเ กระบวนการดูดพลังงานทุกขั้นตอนในทางตรงข้าม เมื่อไอควบแน่นเป็น ของเหลวและของเหลวควบแน่นเป็นของแข็ง จึงเป็นกระบวนการคายพลังงานทุกขั้นตอน

2.4 ความร้อน

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เปลี่ยนมาจากพลังงานรูปอื่น เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานกล (พลังงานศักย์และพลังงานจลน์) พลังงานเคมี พลังงานนิวเคลียร์ หรืองาน เป็นต้นพลังงานความร้อนมีหน่วยเป็นจูล (Joule, J) ในระบบเอสไอ (SI) แต่บางครั้งอาจบอกเป็นหน่วยอื่นได้ เช่น แคลอรี (cal) และบีทียู (BTU)

พลังงานความร้อน 1 แคลอรี คือ พลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส (°C) ในช่วง 14.5 °C ถึง 15.5 °C

พลังงานความร้อน 1 บีทียู คือ พลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำมวล 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ (°F) ในช่วง 58.1 °F ถึง 59.1 °F

จากการทดลองพบว่า

1 cal = 4.186 J

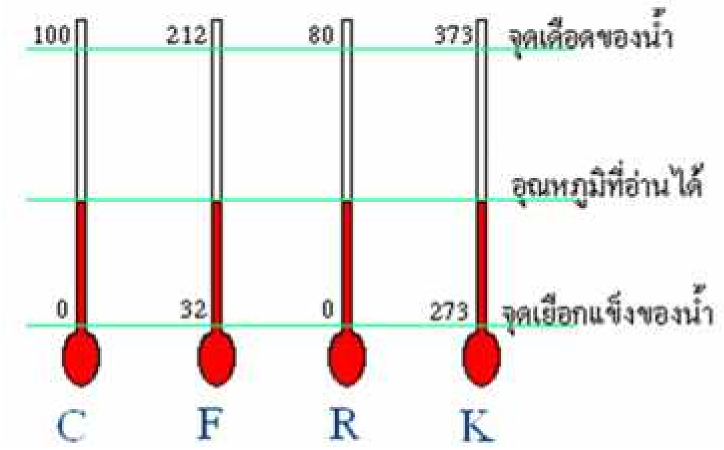
1 BTU = 252 cal = 1055 J

2.5 อุณหภูมิ

นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดว่าอุณหภูมิ คือ ปริมาณที่แปรผันโดยตรงกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส การที่เราจะบอกว่าวัตถุใดร้อนมากหรือน้อย เราสามารถบอกได้ด้วยอุณหภูมิของวัตถุนั้น คือ วัตถุที่มีระดับความร้อนมากจะมีอุณหภูมิสูง วัตถุที่มีระดับความร้อนน้อยจะมีอุณหภูมิต ดังนั้นถ้าเราเอาวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงมาสัมผัสวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ พลังงานความร้อนจะถูกถ่ายโอนจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ จนวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน อุปกรณ์ที่ใช้วัด [illegible]

1. [illegible] (Celsuis, °C) หรือบางที่เรียกว่าองศาเซนติเกรด (ที่ความดัน 1 บรรยากาศ จุดเยือกแข็งของน้ำเป็น 0 เซลเซียสและจุดเดือดเป็น 100 เซลเซียส ระหว่างจุด [illegible]เดือดแบ่งเป็น 100 ส่วนเท่าๆ กัน)

2. [illegible] (Kelvin, K) เป็นหน่วยของอุณหภูมิสัมบูรณ์ (ที่ความดัน 1 บรรยากาศ จุดเยือกแข็งของน้ำเป็น 273.16 เคลวินและจุดเดือดเป็น 373.16 เคลวิน ระหว่างจุดเยือแข็งและจุดเดือดแบ่งเป็น 100 ส่วนเท่าๆ กัน) ห[illegible]



ภาพที่ 2.7 [illegible]

[illegible]ที่ 2.7 เป็นเทอร์โมมิเตอร์ 4 อัน ต่างชนิดกัน วัดอุณหภูมิของวัตถุชนิดเดียวกัน [illegible] ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{R}{80} = \frac{K-283}{100} \qquad (1.1)$$

2.6 ปริมาณความร้อนของวัตถุ (HEAT, Q)

เป็นพลังงานความร้อนที่วัตถุรับเข้ามาหรือคายออกไปจากการศึกษาผลของความร้อนต่สสารหรือวัตถุในชั้นนี้จะศึกษาเพียงสองด้าน คือ

1. [illegible] (SPECIFIC HEAT) [illegible] พลังงานความร้อนที่ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงโดยสถานะยังคงรูปเดิม
2. [illegible] (LATENT HEAT)หมายถึง พลังงานความร้อนที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสถานะโดยอุณหภูมิคงที่

[illegible] (HEAT CAPACITY, C) คือความร้อนที่ทำให้สารทั้งหมดที่กำลังพิจารณามีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหนึ่งหน่วย โดยสถานะไม่เปลี่ยน ถ้าให้[illegible] ΔQ [illegible] ทำให้อุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนไป ΔT ดังนั้นถ้าอุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนไป 1 หน่วย จะใช้ค่า[illegible] (C) [illegible]

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad \text{[illegible] (J/K)} \qquad (1.2)$$

[illegible] (SPECIFIC HEAT CAPACITY, C) คือความร้อนที่ทำให้สาร(วัตถุ) มวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหนึ่งองศาเคลวิน คือ

$$c = \frac{\Delta Q}{m\Delta T} \quad \text{[illegible] (J/kg-K)} \qquad (1.3)$$

นั่นคือ เมื่อสารมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มจาก T_1 [illegible] T_2 [illegible] ร้อนที่สารได้รับ คือ

$$Q = C\Delta T \quad \text{[illegible]} \quad Q = mc\Delta T$$

วัสดุ	ความจุความร้อนจำเพาะของสาร (J/kg K)
[illegible]	900
[illegible]	390
[illegible]	450
ตะกั่ว	130
[illegible]	140
[illegible]	860
[illegible]	2,500
น้ำ	4,186
[illegible]	3,500

ตารางที่ 2.1แสดงความจุความร้อนจำเพาะของสารที่อุณหภูมิห้องและที่ความดันบรรยากาศ

2.7 ความร้อนแฝง (LATENT HEAT)

ความร้อนแฝง คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสถานะโดยอุณหภูมิคงที่

2.7.1 ความร้อนแฝงจำเพาะ (SPECIFIC LATENT HEAT, L)

ความร้อนที่ทำให้สาร(วัตถุ) มวลหนึ่งหน่วยเปลี่ยนสถานะไปจนหมด เช่น น้ำ ที่ความ [illegible]1 บรรยากาศ ความร้อนที่ทำให้น้ำแข็ง 1 กิ[illegible]0 [illegible] กลายเป็นน้ำหมดที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะใช้ความร้อน 333 กิโลจูล ดังนั้น ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของน้ำ คือ L_f

$$L_f = 333 \text{ kJ/kg} \qquad (1.4)$$

และที่ความดัน 1 บรรยากาศ ความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 กิโล[illegible]100 [illegible] กลายเป็นไอน้ำหมดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะใช้ความร้อน 2256 กิโลจูล ดังนั้น ความร้อนแฝงจำเพาะของในการกลายเป็นไอของน้ำ คือ L_v

$$L_v = 2256 \text{ kJ/kg} \qquad (1.5)$$

นั่นคือ ถ้าให้ Q คือความร้อนที่ท[illegible]([illegible])[illegible] m เปลี่ยนสถานะหมดคือ

$$Q = mL \qquad (1.6)$$

2.7.2 การถ่ายโอนความร้อน (HEAT TRANSFER)

ความร้อนจะถ่ายโอนหรือส่งผ่านจากวัตถุที่มีระดับความร้อนสูง(อุณหภูมิสูง) ไปสู่วัตถุที่มีระดับความร้อนต่ำ (อุณหภูมิต่ำ) การถ่ายโอนความร้อนมี 3 แบบ [illegible]

2.7.2.1 การนำ (CONDUCTION)

เป็นการถ่ายโอนพลังงานความร้อนผ่านตัวกลางซึ่งโดยมากจะเป็นพวกโลหะต่างๆ เช่น [illegible]อามือไปจับช้อนโลหะที่ปลายข้างหนึ่งแช่อยู่ในน้ำร้อนมือ[illegible] ส่งผ่านจากน้ำร้อนมายังมือเราโดยมีช้อนโลหะเป็นตัวนำความร้อน

2.7.2.2 การพา (CONVECTION)

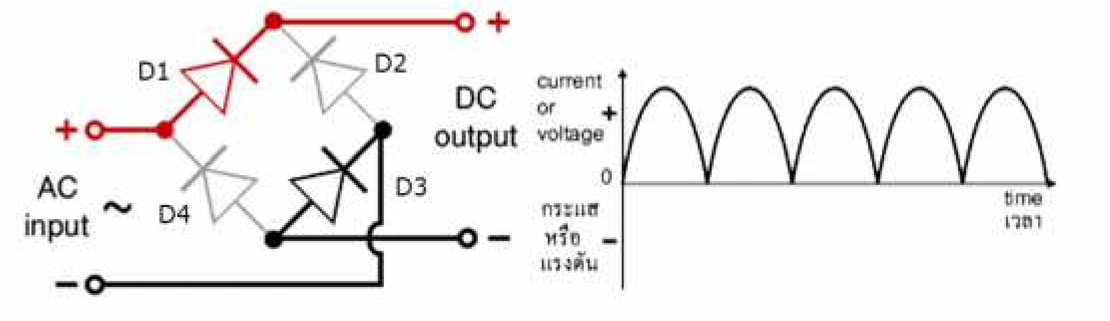
เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของตัวกลางเป็นตัวพาความร้อนไปจากบริเวณที่มี[illegible]([illegible])ไปสู่บริเวณที่มีระดับความร้อนต่ำ(อุณหภูมิต่ำ) เช่นเวลาต้มน้ำความร้อนจากเตาทำให้น้ำที่ก้นภาชนะร้อน [illegible]น้ำด้านบนจึงลอยตัวสูงขึ้นส่วนน้ำด้านบนอุณหภูมิต่ำกว่าความหนาแน่นมากก็จะจมลงมาแทนที่ การหมุนวนของน้ำทำให้เกิดการพาความร้อน

2.7.2.3 การแผ่รังสี (RADITION)

เป็นส่งพลังงานความร้อนที่อยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(รังสีอินฟราเรด) ดังนั้นจึงไม่ต้อง[illegible]รเคลื่อนที่ เช่นการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก โดยทั่วไปวัตถุที่แผ่รังสีได้ดีก็จะรับ(ดูดกลืน)รังสีได้ดีด้วย วัตถุชนิดนั้นเราเรียกว่าวัตถุดำ(Black Body)[illegible] ในธรรมชาติ มีแต่ในอุดมคติ ดังนั้นวัตถุที่มีลักษณะใกล้เคียงวัตถุดำคือ วัตถุที่มีสีดำ ในทา[illegible] วัตถุขาวจะ ไม่ดูดกลืนรังสีและ ไม่แผ่รังสีที่ตกกระทบ มีแต่ในอุดมคติเท่านั้น

2.8 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (BRIDGE RECTIFIER)

การเรียงกระแสแบบบริดจ์สามารถใช้ไดโอดเดี่ยวสี่ตัวมาต่อกันหรือสามารถใช้ไดโอด[illegible] เรียกว่าการเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นเพราะใช้คลื่นไฟฟ้ากระแสสลับทั้งหมด(ทั้งด้านบวกและด้านลบ)ตัวเรียงกระแสแบบบริดจ์จะเกิดแรงดันตกคร่ 1.4V [illegible] 0.7V [illegible]ที่ 2.8 [illegible]ยงกระแสแบบบริดจ์จัดแบ่งตามกระแสสูงสุดที่สามารถผ่านได้และแรงดันกลับสูงสุดที่ทนได้([illegible] RMS นั้นคือวงจรเรียงกระแสจะสามารถทนแรงดันยอดได้)



([illegible]) [illegible] ([illegible]) รูปคลื่นวงจรเรียงกระแส

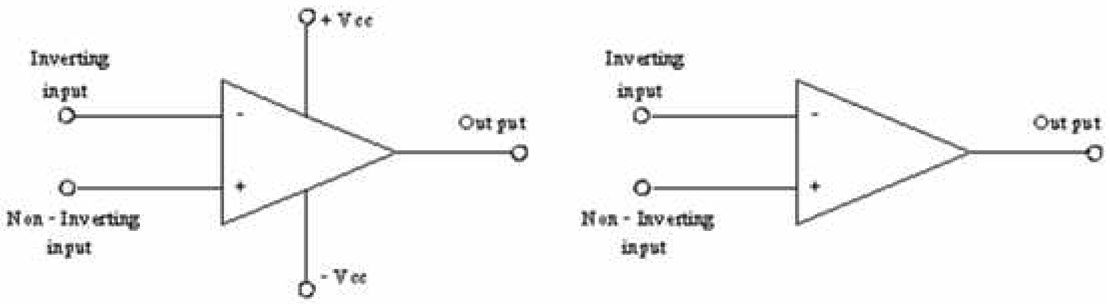
ภาพที่ 2.8 [illegible]เต็มคลื่นแบบบริดจ์

จากรูปที่ 2.8 ([illegible]) [illegible] ดังนั้นทิศทางสลับกันของไฟฟ้ากระแสสลับ [illegible] ส่วนรูปที่ 2.8 (ข) เป็นเอาท์พุท ไฟกระแสตรงเต็มคลื่น [illegible] สมการที่ 1.7 [illegible]

$$V_{DC} = V_P = 1.414 \times V_{AC} \qquad (1.7)$$

2.9 ออปแอมป์ (OPERATIONAL AMPLIFIER)

[illegible] (Op-Amp) เป็นชื่อย่อสำหรับเรียกวงจรขยายที่มาจาก Operating Amplifier [illegible] (Direct Coupled Amplifier) ที่มีอัตราการขยายสูงมากใช้การป้อนกลับแบบ [illegible] ทำให้ผลการทำงานของวงจรไม่ขึ้นกับพารามิเตอร์ภายในขอ ออปแอมป์ วงจรภายในประกอบด้วยวงจรขยายที่ต่ออนุกรมกัน วงจรขยายดิฟเฟอเรนเชียล วงจ เลื่อนระดับและวงจรขยายกำลังด้านทางออก สัญลักษณ์ที่ใช้แทนออปแอมป์จะเป็นรูปสามเหลี่ยม ไอซีออปแอมป์เป็นไอซีที่แตกต่างไปจากลิเนียร์ไอซีทั่วๆ ไปคือไอซีออปแอมป์มีขาอินพุท 2 ขา [illegible] (Non-Inverting Input) [illegible] + [illegible] (Inverting Input) [illegible] – ส่วนทางด้านออกมีเพียงขาเดียว เมื่อสัญญาณป้อนเข้าขาไม่กลับเฟสสัญญาณทางด้านออก [illegible] สัญญาณเข้าที่ขาเข้ากลับเฟส สัญญาณทางออกจะมีเฟสต่าง ไป 180 องศา จากสัญญาณทางด้านเข้า



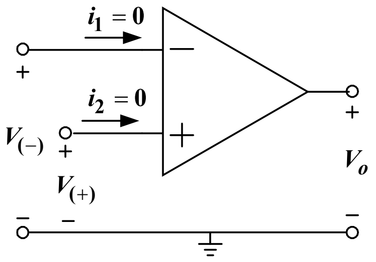
ภาพที่ 2.9 [illegible]

[illegible] A [illegible]

[illegible]

$$A \;;\; \infty$$
$$R_i \;;\; \infty$$
$$R_o \;;\; 0$$

และสามารถสรุปความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.10 [illegible]

ดังนั้นกระแสที่ไหลเข้าออปแอมป์ทางด้านอินพุตจะมีค่าเท่ากับศูนย์

$$i_1 = 0, i_2 = 0 \text{ [illegible] } i_1 = i_2 \quad (1.8)$$

และแรงดันที่ขาบวกและขาลบจะมีค่าเท่ากัน

$$V_{(+)} = V_{(-)} \quad (1.9)$$

$V_{(+)} = V_{(-)}$ ง่ายๆด้วยการสังเกตที่วงจรถ้าขั้วใดขั้วหนึ่งต่อลงกราวด์ ค่าแ

ค่าแรงดันตกคร่อมที่ขั้วก็จะมีค่าเท่ากับค่าแรงดันที่แหล่งจ่ายนั้น

2.10 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (TEMPERATURE SENSOR)

เปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากสัญญาณอนาล็อก 3

2.10.1 THERMOCOUPLE

Thermocouple เป็นอุปกรณ์เบื้องต้นในการวัดอุณหภู โดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลอุณหภูมิเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว มาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่า "จุดอุณหภูมิ" ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียก "จุดอ้างอิง" หากที่จุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจร Thermocouple วัสดุที่ใช้ทำ Thermocouple สดุที่มีคุณภาพ ทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้มี

ภาพที่ 2.10 (Temperature Sensor)

[illegible] Thermocouple ที่ทำให้ยากต่อการใช้งานมีดังนี้

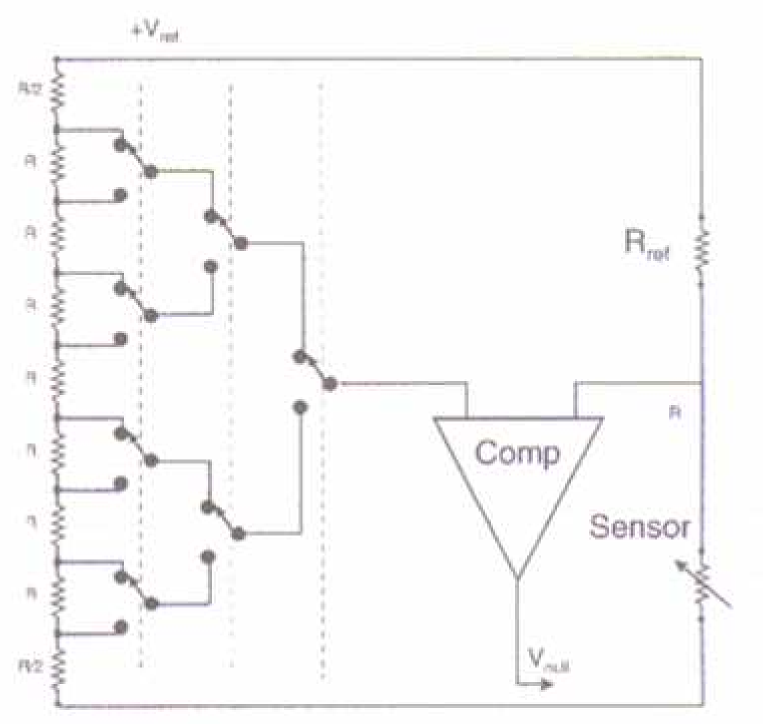
- [illegible] Thermocouple อยู่ที่อุณหภูมิ 273 [illegible] (จุดเยือกแข็งของน้ำ) ซึ่งเป็นจุด [illegible]
- ผลของระดับแรงดันไฟฟ้าที่ Thermocouple [illegible] (mV) [illegible]
- [illegible]
- ถ้าแนวโน้มของค่าที่วัดได้ไม่เป็นเส้นตรง จะใช้การประมาณค่าผลลัพธ์ซึ่งทำให้ไ [illegible]

2.10.2 RESISTANCE TEMPERATURE DETECTOR (RTD)

[illegible] ตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะ ซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มตามอุณหภูมิ ความต้านทานของโลหะที่เพิ่มขึ้นนี้ เรียกว่า “สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบบวก” [illegible] -270 to 850 °C. วัสดุที่นำมาใช้จะเป็นโลหะที่มีความต้านทานจำเพาะต่ำ เช่น แพลทินัม ทังส [illegible]

ตัวเซ็นเซอร์นี้ลดข้อเสียของ Thermocouple [illegible] ที่ใดก็ได้ (ไม่จำเป็นต้องไปทำที่จุดอ [illegible] Thermocouples) [illegible]

- ต้องการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของความต้านทานค่ามาก ๆ ตรง [illegible] Thermocouples ซึ่งต้องการวัดค่าที่อยู่ในช่วงเล็กๆ แต่ทั้งสองแบบยังต้องอาศัยกระบวนการการ [illegible] นั่นหมายถึงยังต้องการการแปลงสัญญาณทางอนาล็อกอยู่
- [illegible] วัสดุที่ใช้



Bridge-Nulling A/D Converter

ภาพที่2.11 การเปลี่ยนจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

จากรูปแสดงให้เห็นว่ารูปแบบพิเศษของการเปลี่ยนจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญ [illegible] (Bridge) เพื่อใช้ในการวัดค่าความต้านทาน [illegible] สังเกตว่าระดับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงไม่จำเป็นสำหรับวงจรนี้ ในขณะที่วงจร Comparator [illegible] Ladder อาจต้องใช้ระดับแรงดันทางไฟฟ้าอ้างอิงนี้ บางทีเทคนิคนี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องวัดความต้านทานเนื่องจากสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของ [illegible]

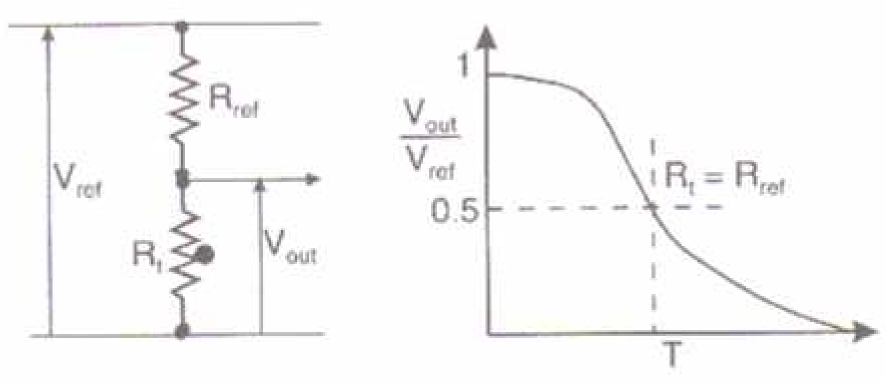
2.10.3 THERMISTOR

เป็นอุปกรณ์ความต้านทานชนิดที่สามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานเมื่อได้รับความร้อน โดยที่ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น กับอุณหภูมิ แบ่งเป็น 2 ลักษ [illegible]

- POSITIVE TEMPERATURE COEFFICIENT (PTC) เป็นชนิดที่ปกติจะมีค่าความต้านทานต่ำ เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้มีค่าความต้านทานสูงขึ้นตามลำดับอุณหภูมิ นำไปใช้

ตรวจสอบระดับความร้อน หรือทำให้เกิดความร้อนขึ้นเพื่อควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ วงจรล้างสนามแม่เหล็กอัตโนมัติของเครื่องรับโทรทัศน์สี (Degaussing Coil)

- NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT (NTC) เป็นชนิดที่ปกติจะมีความต้านทานสูงเมื่อได้รับความร้อน ค่าความต้านทานจะต่ำลง ใช้งานด้านการตรวจสอบความร้อนเพื่อ งจรขยายเสียงที่ดีใช้ตรวจจับความร้อนที่เกิดจากการทำงานแล้วป้อนกลับไปลดการทำงานของวงจรให้น้อยลง เพื่ออุปกรณ์หลักจะไม่เกิดความร้อนมากจนเกินไป ซึ่งข้อดีของ Thermistor แต่ข้อเสียคือค่าที่ได้ไม่ถูกต้องหรือแน่ ซึ่งค่า $1/T = A + B\ln(R) + C(\ln(R))^3$ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น โดยจะเพิ่ม Thermistor 2.12



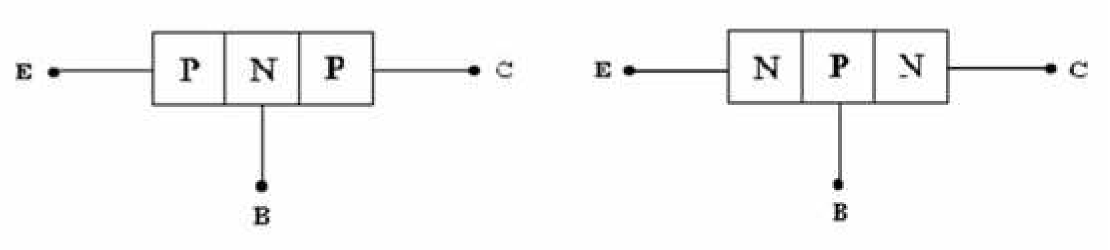
Thermistor Circuit and Output

ภาพที่2.12

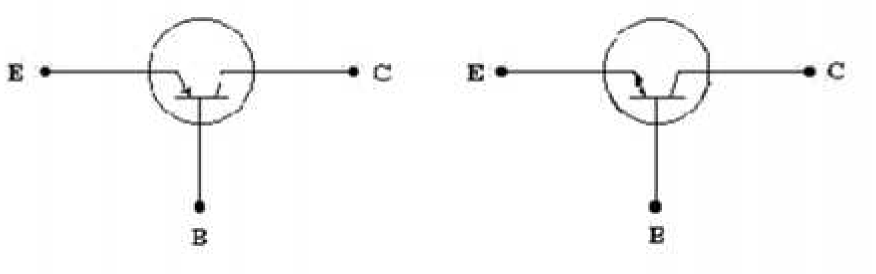
ที่ 2.12 การวัดจะได้ผลที่ดี ถ้า Rt Rref R ที่มีค่าห่างออกไป ดังนั้นโดยปกติใน การใช้งาน จึงมักจะเซตให้วงจร มีการ ที่อยู่ในช่วงกลางๆการหาค่าที่แท้จริงที่วัดได้ ซึ่งต้องแปลงมาจากปริมา เป็นเรื่องที่ยุ่งยากเพราะต้อง มีการวัด และเปรียบเทียบมากมาย เพื่อการหา Table Look-Up โดยทั่วไป เทอร์มิสเตอร์มักจะไม่ได้ถูกออกแบบมา เพื่อให้สเปคสามารถแทนกันได้โดยสมบูรณ์ ดังนั้นในการใช้งาน เทอร์มิสเตอร์แต่ละตัวจึงต้องทำการวัดเพื่อหาตารางเปรียบเทียบ อย่างไรก็ตาม ยังมีเทอร์มิสเตอร์เฉพาะบางแบบ ที่ถูกออกแบบมาให้สามารถแทนกันได้ ทำให้การใช้งานสะดวกขึ้นมาก

2.11 ทรานซิสเตอร์(TRANSISTOR)

ทรานซิสเตอร์สร้างมาจากวัสดุประเภทสารกึ่งตัวนำชนิด P □□□□□□N □□□□□□□□□□□□□ ให้เกิดรอยต่อระหว่างเนื้อสารนี่สองรอยต่อ โดยสามารถจัดทรานซิสเตอร์ได้ 2 ชนิ □□□□□□□□□□□□□NPN □□□□□□□□□□□□□□□□□PNP รอยต่อจากเนื้อสารทั้ง 3 นี้ มี□□□□□□□□ □□□□□□□□□□เพื่อใช้เชื่อมโยงหรือบัดกรีกับอุปกรณ์อื่นดังนั้นทรานซิสเตอร์จึงมี 3 ขา มีชื่อเรียกว่า □□□□□□□□□(□□□□□□C)□□□□□□□(□□□□□□E)□□□□□□(□□□□□□B)□□□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ภาพที่ 2.13



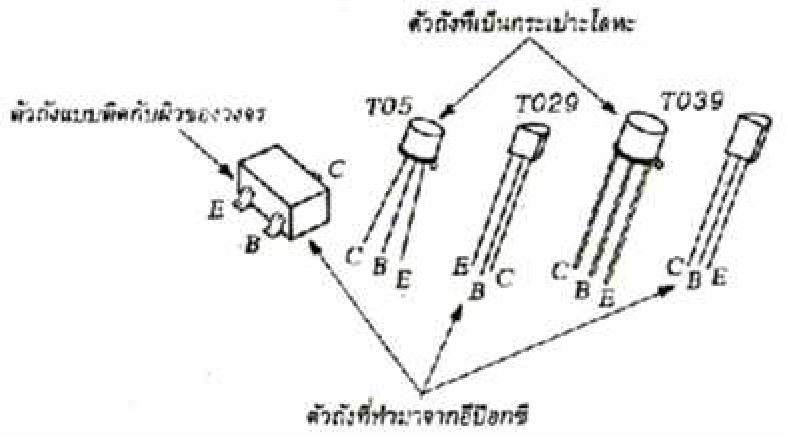
ภาพที่ 2.13 □□□□□□□□□□□□□□□□□□□PNP □□□□□□□□□□□□□□□□□□NPN



ภาพที่ 2.14 □□□□□□□□□□□□□□□□□PNP □□□□□□□□□□□□□□□□□□NPN

2.11.1 รูปลักษณะของทรานซิสเตอร์

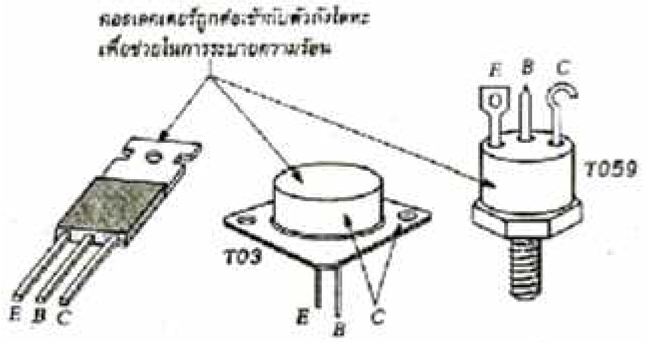
□□□□□□□□□□□□□□□□ Low Power จะบรรจุอยู่ในตัวถังที่เป็นโลหะพลาสติกหรืออีป็อก □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ Low Power ทั้ง 4 □□□□□□□□□□□□□



ภาพที่ 2.15 □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ Low Power

จากภาพที่ 2.15 จะมีลวดตัวนำยื่นออกมาจากส่วน ล่างของตัวถัง เหตุผลที่ถูกออกแบบในลักษณะนี้เนื่องจาก เมื่อใช้ทรานซิสเตอร์ประเภทนี้ในวงจรจะต้องเสียบขาทรานซิสเตอร์ในช่องเสียบ บ□ แผ่นวงจรก่อนที่จะทำการบัดกรี

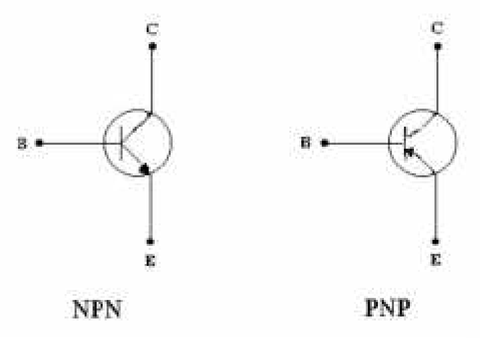
□□□□□□□□□□□□ High Power □□□□□□□ภาพที่ 2.16 ทรานซิสเตอร์ประเภทนี้ถูกออกแบบเพื่อให้สามารถติดตั้งโครงสร้างที่เป็นโลหะทั้งนี้เพื่อให้โลหะที่ทรานซิสเตอร์ติดตั้งอยู่ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้ กับทรานซิสเตอร์ประเภทนี้ สำหรับลวดตัวนำที่ต่อยื่นออกมาจะเป็นขา □□□ ของทรานซิสเตอร์ ถ้าในกรณีที่มี 2 ขา โดยขาที่ยื่นอ□□□□□□□□□□□□□□□□□□ □□□□□ อิมิตเตอร์ ส่วนตัวถังจะทำหน้าที่เป็นขาคอลเลคเตอร์



ภาพที่ 2.16 □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ High Power

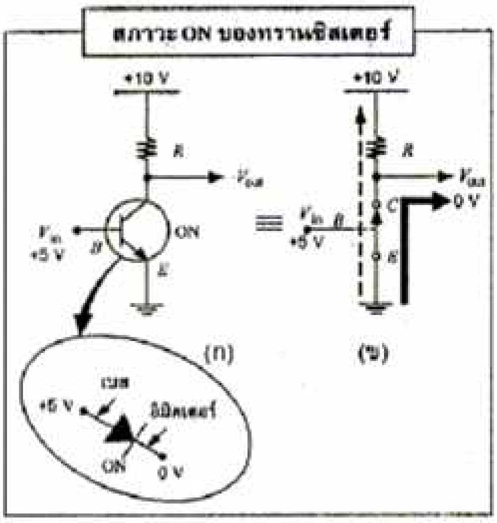
2.11.2 การทำงานของทรานซิสเตอร์

ภาพที่ 2.17 [illegible] NPN [illegible] PNP [illegible] ทรานซิสเตอร์นั้นจะประกอบด้วยไดโอดจำนวน 2 [illegible] - [illegible] - [illegible] โดยเมื่อเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ไดโอดทั้งสองจะต่อกันแบบหลังชนหลัง [illegible] PNP ไดโอดทั้งสองจะชี้เข้าไปยังขาเบส



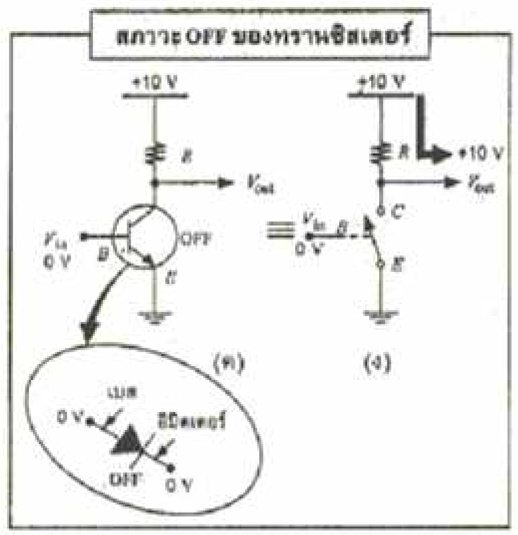
ภาพที่ 2.17 [illegible] NPN [illegible] PNP

ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานเป็นสวิตซ์ [illegible] -[illegible] (B-E)นั่นคือ เมื่อ เบส-อิ[illegible] ON [illegible]-[illegible] OFF



ภาพที่ 2.18 [illegible] ON [illegible]

[illegible] (IB) ให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ เพื่อให้รอยต่อระหว่างคอลเลคเตอร์กั[illegible] และต้องจ่ายกระแสเบสให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสจนอิ่มตัวจะเกิดกระแส [illegible] C [illegible] E [illegible]

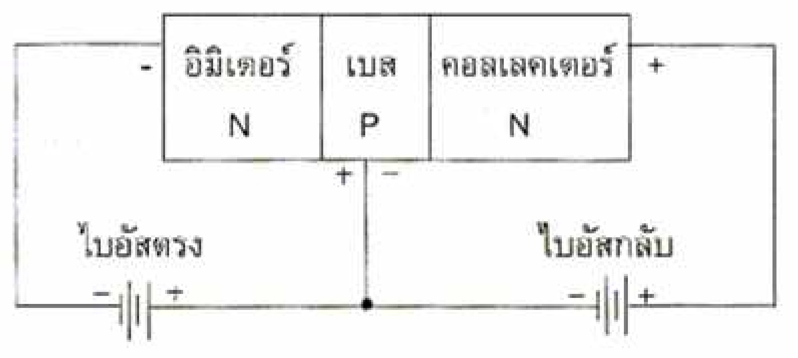


ภาพที่ 2.19 [illegible] OFF [illegible]

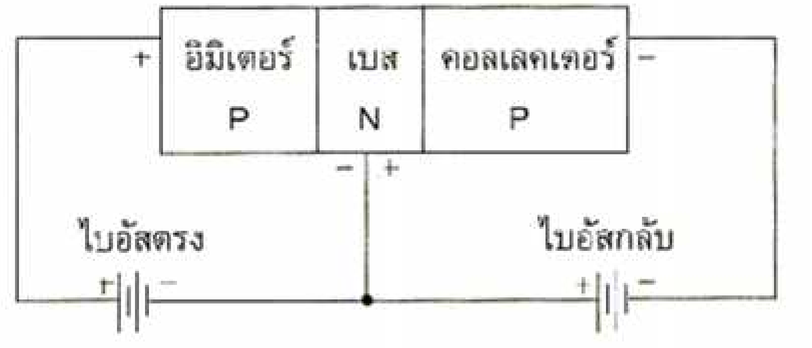
ดังภาพที่ 2.19 เมื่อหยุดปล่อยกระแสเบสให้ [illegible] (IC = 0) ขณะนี้ทรานซิสเตอร์ [illegible] C [illegible] E [illegible] C [illegible] E [illegible]

2.11.3 การจัดไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์

จากที่ทราบแล้วว่าไดโอดชนิดรอยต่อ P-N เมื่อได้รับไบอัสตรงจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหล [illegible] จะต้องได้รับการไบอัสที่เหมาะสมจึงจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ [illegible]



([illegible]) [illegible] NPN



([illegible]) [illegible] PNP

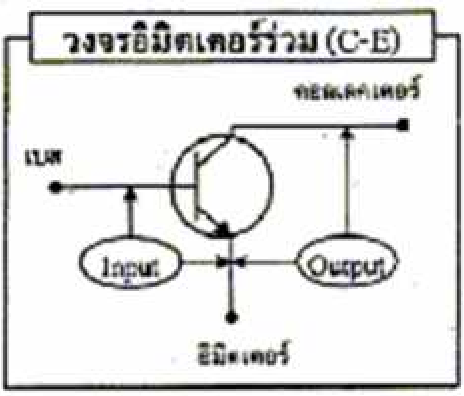
ภาพที่ 2.20 [illegible] NPN [illegible] PNP

จากภาพที่ 2.20 [illegible] อิมิตเตอร์ได้รับการไบอัสตรง ขณะที่ขาเบสและคอลเลคเตอร์ [illegible]

2.11.4 รูปแบบการต่อใช้งานของทรานซิสเตอร์

[illegible] าง ๆ มากมาย แต่วงจรเหล่านั้นก็ยังสามารถที่จะจัดแยกออกเป็นกลุ่มได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

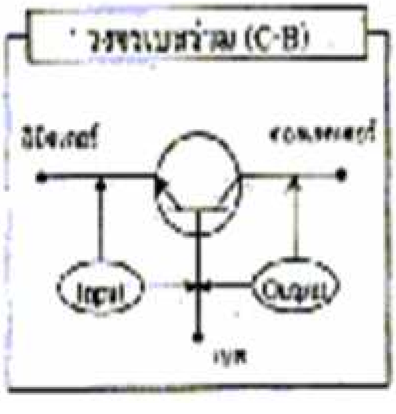
2.11.4.1 [illegible] C- E (Common - Emitter)



ภาพที่ 2.21 [illegible] C- E (Common - Emitter)

จากภาพที่ 2.21 [illegible] ในขณะที่ [illegible] ลักษณะนี้ จะเห็นว่าสัญญาณอินพุตจะเป็นตัวควบคุมกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ซึ่งก็จะเป็น [illegible] ควบคุมกระแสคอลเลคเตอร์ซึ่ง [illegible] (Common)

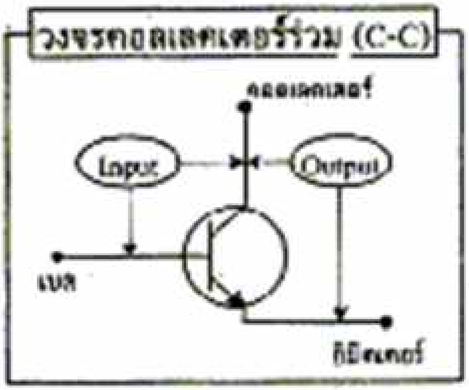
2.11.4.2 [illegible] C-E (Common - Bars)



ภาพที่ 2.22 [illegible] C-E (Common - Bars)

จากภาพที่ 2.22 [illegible] ส่วนขาเบสของวงจรรูปแบบนี้จะใช้เป็น [illegible] (Common) ให้กับทั้งอินพุตและเอาต์พุต

2.11.4.3 [illegible] C-C (Common – Collector)



ภาพที่ 2.23 [illegible] C-C (Common – Collector)

จากรูปที่ 2.23 [illegible] สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะไปปรากฏคร่อมขาอิมิตเตอร์ [illegible] (Common) ของทั้งอินพุตและเอาต์พุต

2.12 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ไฟฟ้าเชิงกล (Electromechanical Relay : EMR) เป็นสวิตช์แม่เหล็กทำหน้าที่เปิดและปิดวงจรของโหลดด้วยการกระตุ้นด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดการคอนแทค หรือไม่คอนแทคของวงจร การประยุกต์ EMR มีทั้งในวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การใช้ควบคุมวาล์วการไหลและใช้ควบคุมเครื่องกลหลายประเภท

ระดับแรงดันที่กระตุ้นรีเลย์เป็นผลให้เกิดคอนแทคสวิตซึ่ง มีชื่อเรียกว่าแรงดันพิค - อัพ (Pick-Up Voltage) หลังจากรีเลย์ได้รับการกระตุ้น ระดับแรงดันของขดลวดรีเลย์ที่คอนแทคจะย้อนกลับมาที่เดิม เรียกแรงดันนี้ว่าแรงดันดร็อป – เอาต์ (Drop-Out Voltage) โดยปกติจะออกแบบรีเลย์ไม่ดร็อป - เอาต์ จนกว่าแรงดันจะตกลงมีค่าน้อยที่สุดประมาณ 85% ของอัตราแรงดันและในขณะเดียวกันขดลวดรีเลย์จะไม่พิค – อัพ จนกว่าแรงดันจะเพิ่มเป็น 85% ของอัตราแรงดันโดยที่ขดลวดไม่เสียหาย ในปัจจุบันเราผลิตรีเลย์เป็นโครงสร้างโมดูล ทำให้สามารถป้องกันความชื้นและแรงรบกวนเชิงกลได้

มีความแตกต่างของกระแสในขดลวดรีเลย์จากเวลาที่ขดลวดถูกกระตุ้นครั้งแรก เมื่อคอนแทคทำงานอย่างสมบูรณ์ ขดลวดได้รับการกระตุ้น Plunger จะเคลื่อนที่เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างเส้นทางแม่เหล็ก จึงทำให้กระแสเริ่มต้นในขดลวดมีค่าสูง กระแสในขณะดังกล่าวนเรียกว่า อิน – รัช เคอร์เรนท์ (In – Rush Current) ขณะที่ Plunger เคลื่อนที่กลับเข้าไปในขดลวดระดับของกระแสจะลดลงมีค่าต่ำมากเรียกว่า ซีลด์ – เคอร์เรนท์ มีค่าประมาณ 8 เท่าของซีลด์ – เคอร์เรนท์ เราจำแนกชนิดของรีเลย์ออกเป็นสองประเภทตามลักษณะของการใช้งาน คือ รีเลย์กระแสตรงและรีเลย์กระแสสลับการใช้งานในแรงดัน กระแส ความต้านทานและกำลัง ขดลวดรีเลย์ที่มีความไวสูงจะมีกระแสเป็น mA ซึ่งใช้กันมากในทรานซิสเตอร์เป็นรีเลย์แบบไม่มีเปลือกหุ้มจึงสามารถเห็นคอนแทค ขดลวด และส่วนต่างๆ ที่เคลื่อนที่ได้ ในกรณีที่เป็นรีเลย์แบบเปิดจะมีกรอบพลาสติกหุ้มรีเลย์ไว้ เพื่อป้องกันการผุกร่อนแสดงดังภาพที่ 2.24

ภาพที่ 2.24 แสดงลักษณะของรีเลย์ควบคุม