





บริษัทยาโนเทคโนโลยีการศึกษาศาสตร์ 2533

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง PROGRAMMABLE TEMPERATURE TRANSMITTER

ผู้จัดทำ

1. นายคำเนิน เกตุเพชร 32.6205
2. นายพิเชษฐ์ พงศ์นนทชัย 32.6214

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. วิทยา กิมป์สุวรรณกร)

เลขที่ T33010 ต.6
เลขทะเบียน 027813
วัน, เดือน, ปี 12 ก.ค. 34

เครื่องส่งสัญญาณอุณหภูมิที่โปรแกรมได้

- ผู้จัดทำ 1. นายจำเริญ เกตุหงษา 32.62305
2. นายสิริเชษฐ์ รุ่งโรจน์เกษม 32.6214

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. วิภาดา พิมพ์สุวรรณพร

บทคัดย่อ

PROGRAMMABLE TEMPERATURE TRANSMITTER เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณอุณหภูมิที่นิยมใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปโดยสัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA โดยใช้ THERMOCOUPLE TYPE K. เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ โดยสามารถ PROGRAM ใช้งานได้ 3 ช่วง ได้แก่ 0-100°C, 0-200°C และ 0-1000°C อีกทั้งยังสามารถแสดงผลการวัดอุณหภูมิเป็นตัวเลขบนแผงแสดงผล LCD ได้ด้วย และยังยังสามารถ PROGRAM ค่า LOW ALARM และ HIGH ALARM ได้ด้วย เมื่อ PROGRAM ค่า LOW ALARM และ HIGH ALARM แล้ว เครื่องจะทำการตรวจสอบอยู่ตลอดเวลาว่าค่าที่วัดได้สูงกว่าหรือต่ำกว่าจะ ALARM โดยจะส่งเป็น CONTACT ของ RELAY เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้ปฏิบัติงานทราบว่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าที่ต้องการแล้ว ให้ที่ผู้ตรวจสอบแสดงผลแก้ไขกระบวนการต่อไป

PROGRAMMABLE TEMPERATURE TRANSMITTER

1. MR. DAMNOEN KETPETCH 32.6205

2. MR. PICHET PONGNONTACHAI 32.6214

Advisor WITTAYA THIPSUWANPORN

ABSTRACT

Programmable Temperature Transmitter is an equipment used in sending temperature signal which are well used in general industrial factory. The signal that send out is a standard 4-20 mA signal. By using the thermocouple typek to check the temperature. This may program the range into 3 different range, which are 0-100 °C, 0-200 °C, and 0-500 °C and The result of temperature values will show in numeric on the LCD manitor. Also this may program the low alarm and the high alarm value. When programed on the low alarm and high alarm value, the machine will keep a full time checking that whether the value is higher or lower than the setting value. If the value is higher or lower than the setting value. The signal will sent out a contact of relay to notice the operator that the value is higher or lower than the alarm value so that the operator may correct it in the process step.

บทนำ

สืบเนื่องจากประสบการณ์ในการทำงานที่ผ่านมา จะพบว่าในการวัดอุณหภูมิในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น จำเป็นต้องใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (RANGE) ที่ต่างๆ กัน เพื่อความเหมาะสมของแต่ละกระบวนการในระบบอุตสาหกรรม ทำให้ต้องใช้ตัวส่งสัญญาณอุณหภูมิ (TEMPERATURE TRANSMITTER) หลาย ๆ รุ่น เนื่องจากแต่ละรุ่นจะกำหนดย่าน (RANGE) ในการวัดเฉพาะเจาะจงเอาไว้ ไม่สามารถแทนกันได้หรืออาจใช้แทนกันได้ แต่จำเป็นต้องเปลี่ยน MODULE แล้วทำการปรับแต่งเครื่องเสียใหม่ เพื่อให้ได้สัญญาณมาตรฐานตรงกับย่านที่จะทำการวัด ยกตัวอย่างเช่น เรามี TEMP. TRANSMITTER RANGE 0-500 °C (4-20 mA) เมื่อต้องการนำไปใช้วัดอุณหภูมิในช่วง 0-100 °C ได้ เป็นต้น จึงเป็นเรื่องยุ่งยากในการนำไปใช้งานและลำบากในการควบคุม SPARE PARTS ในกรณีที่เกิดการชำรุด โครงการนี้จึงได้ริเริ่มขึ้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น โดยเครื่องมือวัดอุณหภูมิในโครงการนี้มีชื่อว่า PROGRAMMABLE TEMPERATURE TRANSMITTER ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ใช้ THERMOCOUPLE TYPE K เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิและสามารถที่จะ PROGRAM ย่านการวัดได้ 3 ย่านคือ 0-100, 0-200 และ 0-500 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าสามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางขึ้น ไม่เฉพาะเจาะจงในย่านใดย่านหนึ่ง อีกทั้งยังสะดวกในการนำไปใช้งาน

CONCEPT ในการวางโครงการ

1. นำเอา MICROPROCESSOR มาใช้เพื่ออาศัยคุณสมบัติของ MICROPROCESSOR ในการ PROGRAM กำหนดย่านการวัด โดยโครงการนี้ได้นำเอา MICROPROCESSOR เบอร์ Z - 80 มาใช้ เหตุผลที่เลือก MICROPROCESSOR เบอร์ Z - 80 ก็เพราะมีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย อีกทั้งอุปกรณ์สนับสนุนก็ยังมีขายทั่วไปตามท้องตลาด แต่แนวทางในการพัฒนาโครงการในอนาคตจะนำเอา MICROPROCESSOR ในตระกูล MCS-51 มาใช้แทน

2. การกำหนดย่านในการวัด ทำได้โดยเลือก DIP SWITCH พร้อมทั้งเปลี่ยน PROGRAM ของเครื่องด้วย โดยสามารถกำหนดย่านในการวัดได้ดังนี้คือ 0-100, 0-200 และ 0-500 องศาเซลเซียส (TYPE K) ส่วนแนวทางในการพัฒนานั้น จะไม่ใช้ DIP SWITCH และย่านการวัดนั้นจะขยายออกไปถึง 1000 องศาเซลเซียส โดยย่านการวัดทางต่ำสุด ไม่จำเป็นต้องเป็น 0 เสมอไปอาจเป็น 100-200 หรือ 200-500 องศาเซลเซียส เป็นต้น อีกทั้งสามารถนำไปใช้กับ THERMOCOUPLE TYPE อื่นๆ ได้ เช่น J, R, S, B เป็นต้น

3. สามารถ กำหนด LOW ALARM และ HIGH ALARM ได้โดย PROGRAM

ส่วนเพิ่มเติม (OPTION)

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าปัจจุบัน COMPUTER (PC) ได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น เนื่องจากความสามารถของ COMPUTER ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทำสถิติรายงานผลประจำวัน, เดือนหรือปี ฯลฯ เป็นต้น โครงการนี้ก็อาจจะทำให้เครื่องวัดอุณหภูมิในโครงการนี้สามารถที่จะติดต่อกับ COMPUTER (PC) เพื่อจะเก็บข้อมูล ทำกราฟ รายงานผลต่าง ๆ ได้โดยผ่านทาง RS - 232

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
บทนำ	
สารบัญ	
บทที่ 1 ทฤษฎี	1
1.1 อุดมภูมิและมาตราวัดอุดมภูมิ	1
1.2 เครื่องมือวัดอุดมภูมิที่อาศัยหลักการเชิงไฟฟ้า	7
1.3 เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน	13
1.4 REFERENCE JUNCTION	26
1.5 เทอร์โมคัปเปิล และส่วนประกอบ	31
1.6 ช่วงเวลาตอบสนองของการวัดอุดมภูมิ	47
1.7 ลักษณะการติดตั้งใช้งานของอุปกรณ์วัดอุดมภูมิ	56
1.8 ความผิดพลาดของการวัดอุดมภูมิ	64
บทที่ 2 วงจรและการทำงาน	68
2.1 การทำงานของบล็อกไดอะแกรม	68
2.2 การนำงานของวงจรทั้งหมด	70
สรุปผลการทดลองและปัญหาในการทำโครงงานนี้	74
ภาคผนวก	76
- MONITOR PROGRAM	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	

1.1 อุณหภูมิและมาตราวัดอุณหภูมิ

1.1.1 หน่วยวัดและมาตราวัดอุณหภูมิ (Temperature Units and temperature scales)

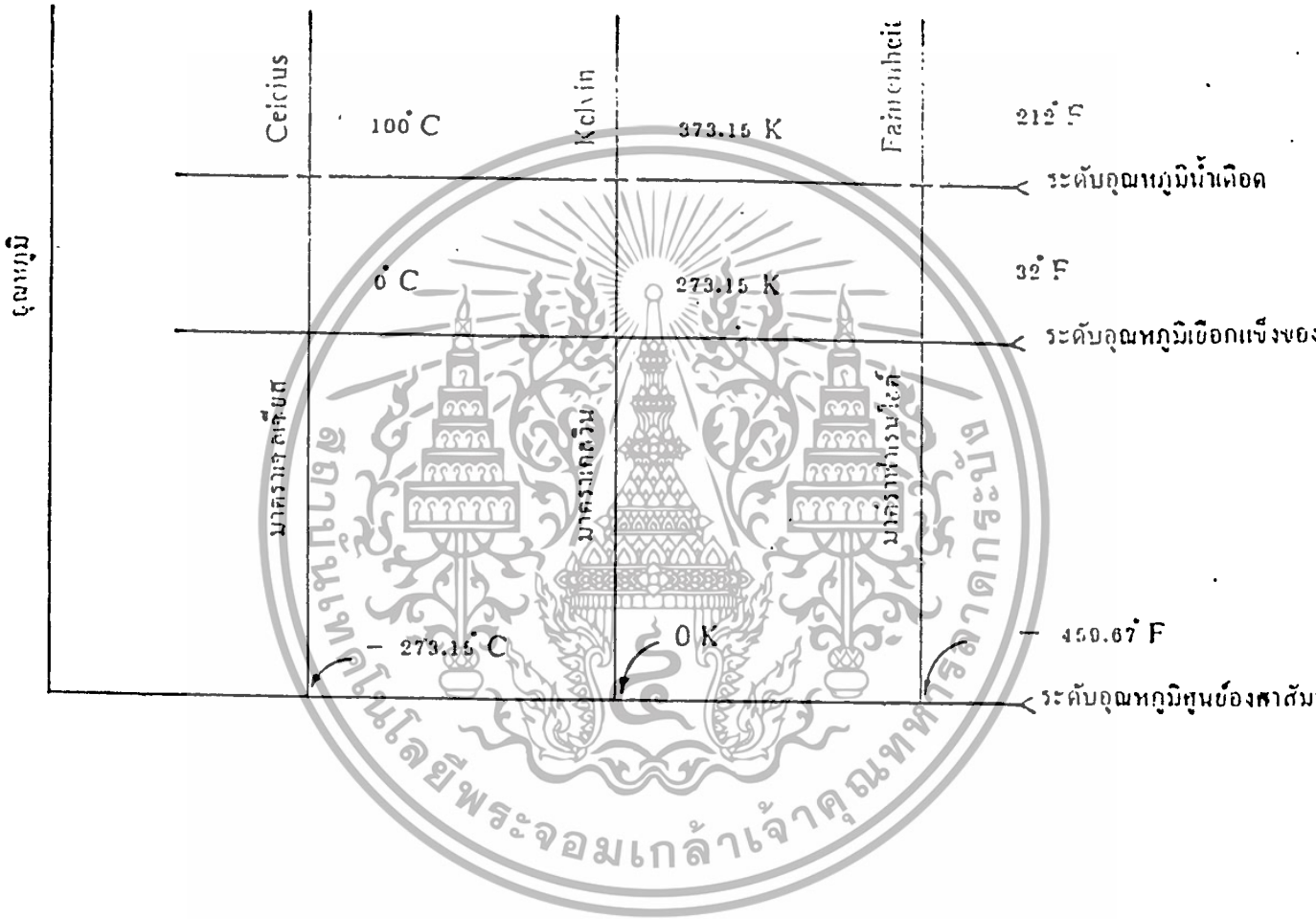
อุณหภูมิเป็นหน่วยมูลฐานที่สำคัญ และใช้มากที่สุดค่าหนึ่งในอุตสาหกรรม หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายหน่วยด้วยกันคือ เซลเซียส (Celcius) เคลวิน (Kelvin) ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit)

เซลเซียส เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน (Anders Celcius (1701-1744) โดยเซลเซียส พบว่า ∞ ความดันบรรยากาศน้ำบริสุทธิ์จะมีจะระดที่ทางอุณหภูมิอยู่สองจุดคือ จุดเยือกแข็งของน้ำ และจุดที่น้ำเดือด เขาจึงได้กำหนดจุด 0 องศาที่จุดเยือกแข็งของน้ำและ 100 องศา ที่จุดเดือดของน้ำ

ฟาเรนไฮต์ เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ดัทช์ Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1763) โดยฟาเรนไฮต์ ได้พยายามหาจุดต่ำสุดของอุณหภูมิโดยการทดลองกับสารต่าง ๆ หลาย ๆ อย่าง และพบว่าจุดเยือกแข็งของแอมโมเนียมคลอไรด์ เป็นจุดต่ำสุดของอุณหภูมิเท่าที่เขาทดลองได้ จึงกำหนดจุดนี้เป็นจุด 0 องศา ส่วนจุดบนของสเกลนั้น เขาพบว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์เป็นจุดที่อุณหภูมิคงที่ จึงกำหนดจุดนี้เป็น 98 องศา สาเหตุที่ไม่กำหนดจุดบนของสเกลเป็น 100 องศา เพราะต้องการให้มีค่าเป็นสัดส่วนทวีคูณของ 12 ตามหน่วยอื่น ๆ ที่นิยมในสมัยนั้น

ทั้งหน่วยเซลเซียส และฟาเรนไฮต์ก็เป็นมาตราวัดอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองหาสภาวะคงที่ทางอุณหภูมิของสาร ∞ จุดต่าง ๆ 6 ซึ่งอยู่ในย่านบรรยากาศของพื้นโลกและแบ่งสเกลให้เป็นไปตามความสะดวกเหมาะสมมิได้มีหลักการตายตัวอะไร ต่อมานักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษลอร์ดเคลวิน เป็นผู้ค้นคิดหน่วยของอุณหภูมิทางวิทยาศาสตร์ขึ้นในปี 1851 เรียกว่ามาตราเคลวิน โดยกำหนดจุดอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ (zero absolute temperature) ขึ้น ∞ จุดที่เป็น ideal นี้ อีเล็กตรอนในอะตอมของสารต่าง ๆ จะหยุดโคจรรอบนิวเคลียสโดยไม่มีพลังงานความร้อนหลงเหลืออยู่ในสารนั้น ๆ อีกต่อไป ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้เย็นจัดถึงจุดนี้ได้ (กำหนดได้จากการคำนวณ) และแบ่งช่วงของมาตราตามมาตราเซลเซียส ระบบหน่วยสากล (The Systeme International d'Unites) ซึ่งเรียกย่อว่า SI ได้กำหนดหน่วยสากลของอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิกเป็นมาตราเคลวิน และหน่วยของอุณหภูมิทั่ว ๆ ไปเป็นเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิทั้ง 3 มาตรา

เปรียบเทียบจุดอ้างอิง (reference) ของมาตราต่าง ๆ

จุดศูนย์สัมบูรณ์	= - 273.15 °C	= 459.67 °F	= 0 K
จุดเยือกแข็งของน้ำ	= 0 °C	= 32 °F	= 273.15 K

เอกสารนี้เป็นจุดเดือดของน้ำไว้สำหรับการใช้งาน 100 °C การศึกษาเท่านั้น 212 °F ให้นำไปใช้ 373.15 K การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการเปลี่ยนมาตราเซลเซียสและฟาเรนไฮต์เป็นมาตราเคลวิน

$$\begin{aligned} \dots K &= \dots ^\circ\text{C} + 273.15 \\ \dots K &= 5 \frac{^\circ\text{F} - 32}{9} + 273.15 \end{aligned} \quad \dots$$

1.1.2 อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน (Reference Temperatures)

มาตราสากลของอุณหภูมิในทางปฏิบัติ (International Practical Temperature Scale) ได้ถูกกำหนดขึ้นโดยที่ประชุมของกลุ่มประเทศผู้นำทางอุตสาหกรรมในปี 1968 และเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปเรียกโดยย่อว่า IPTS 68 ได้กำหนดจุดอ้างอิงมาตรฐานของอุณหภูมิ (reference temperature) เพิ่มเติมขึ้นอีกหลายจุดโดยกำหนดจากจุดเยือกแข็งหรือจุดไตรภาค (triple point) ซึ่งเป็นจุดที่มีสภาวะคงที่ทางอุณหภูมิจากสารต่าง ๆ เพราะเมื่อวิทยาการเจริญมากขึ้น ความต้องการอุณหภูมิอ้างอิง (reference temperature) ณ จุดที่สูงกว่าจุดเดือดของน้ำต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำก็มีมากขึ้น

IPTS 68 ได้กำหนดมาตราของอุณหภูมิมาตรฐานขึ้น 2 มาตรา คือ เซลเซียส และเคลวิน

IPTS-68 REFERENCE TEMPERATURE (จุดอ้างอิงอุณหภูมิมาตรฐาน IPTS 68)

EQUILIBRIUM POINT	K	°C
(จุดที่มีสภาวะคงที่ทางอุณหภูมิตั้ง)		
จุดไตรภาคของไฮโดรเจน	13.81	- 259.34
จุดสมมูลในสภาวะก๊าซและของเหลวของไฮโดรเจน ที่ความดัน 25/76 ของความดันบรรยากาศ	17.042	- 256.108
จุดเดือดของไฮโดรเจน	20.28	- 252.87
จุดเดือดของนีออน	27.102	- 246.048
จุดไตรภาคของออกซิเจน	54.361	- 218.789
จุดเดือดของออกซิเจน	90.188	- 182.962
จุดไตรภาคของน้ำบริสุทธิ์	273.16	0.01
จุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์	373.15	100
จุดแข็งตัวของสังกะสี	692.73	419.58
จุดแข็งตัวของเงิน	1,235.58	961.93
จุดแข็งตัวของทอง	1,337.58	1,064.43
จุดแข็งตัวของดีบุก	505.1181	231.9681

อุณหภูมิของสาร ณ จุดต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้จะใช้เป็นจุดอ้างอิงมาตรฐาน (references) ในการสอบเทียบค่าสากลของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (หมายเหตุ มาตราเคลวินไม่ต้องเขียน $^{\circ}\text{K}$ ให้กำหนดอักษร K ตามหลัง เช่น 273.15 K)

1.1.3 หลักการวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิมียหลายชนิด โดยเครื่องมือแต่ละชนิดอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสารคือ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้ เมื่ออุณหภูมิที่วัดเปลี่ยนแปลงไป และการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่แน่นอนและนิรนัยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเชิงกล

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
ใช้ของเหลวบรรจุในหลอดแก้วปิด (thermometer)	อุณหภูมิ --> เทอร์โมมิเตอร์ --> การขยายตัวของของเหลว	ปรอท แอลกอฮอล์	-130 ถึง 315 °C [-200 ถึง 600 °F]
เปลี่ยนการขยายตัวเป็นความดัน (Filled Thermal)	อุณหภูมิ --> เทอร์โมมิเตอร์ Filled Thermal --> ความดัน ปริมาตร	ปรอท แอลกอฮอล์	-185 ถึง 540 °C [-300 ถึง 1000 °F]
แบบแถบโลหะ	อุณหภูมิ --> ตัววัด Bimetal --> ระยะทาง	INVAR-Ni+ Fe + Cr.	-60 ถึง 425 °C [-30 ถึง 800 °F]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
เทอร์โมคัปเปิล	อุณหภูมิ --> เทอร์โมคัปเปิล --> แรงเคลื่อนไฟฟ้า	-type B - S - R - K - E - J - T	600 + 1,700 °C 0 + 1,600 °C 0 + 1,600 °C -200 + 1,200 °C -200 + 800 °C -200 + 800 °C -200 + 350 °C
อาร์ทีดี	อุณหภูมิ --> RTD --> ความต้านทาน	พลาตินัม Pt นิกเกิล ทองแดง	-258 900 °C -150 300 °C -200 120 °C
เทอร์มิสเตอร์	อุณหภูมิ --> เทอร์มิสเตอร์ --> ความต้านทาน	เทอร์มิสเตอร์	- 30 300 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงแสงและการแผ่รังสี

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
ออปติคอลไพโร- มิเตอร์	ความเข้ม--> เปรียบเทียบความ ของแสง เข้มของแสง --> อุณหภูมิ	-	> 700 ° C

หลักการวัดอุณหภูมิโดยวิธีการทางเคมี

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
crayon แล็คเคอร์	อุณหภูมิ --> แล็คเคอร์ --> หลอมละลาย เปลี่ยนสี	สารเคมี	37 ถึง 150 ° C 100 ถึง 300 ° C

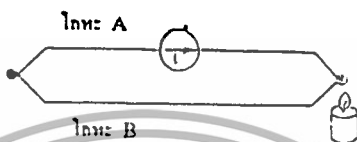
1.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่อาศัยหลักการเชิงไฟฟ้า

1.2.1 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouples)

ความเป็นมา ในปี ค.ศ. 1821 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน Thomas Seebeck พบว่า เมื่อนำลวดโลหะ 2 เส้นที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อกันทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร เส้นลวดทั้งสองนี้ตามรูปที่ 1.2 (ก) ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง และถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออก จะทำให้เกิดไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นที่ปลายด้านเปิด แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้เรียกว่า "ซีเบ็คโวลเตจ"

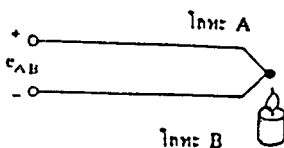
เมื่อ คือด่าสัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค (Seebeck Coefficient) เป็นค่าคงที่มีหน่วยเป็น Volt/ K T คือผลต่างของอุณหภูมิ และ e_{AB} คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้



รูปที่ 1.2 (ก) แสดงวงจรการทดลองของซีเบ็ค

ต่อมาในปี 1834 นักวิทยาศาสตร์ Jean C.A. Peltier พบว่าเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกับที่ซีเบ็คสร้างขึ้น จะทำให้เกิดอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองของจุดต่อแตกต่างกัน โดยปลายข้างหนึ่งจะร้อนขึ้นและปลายอีกข้างหนึ่งจะเย็นลง วงจรการทดลองของเพลเทียร์เป็นดังรูปที่ 1.3 วัสดุทั้งสองทำจากบิสมีล และแอนติโมนี

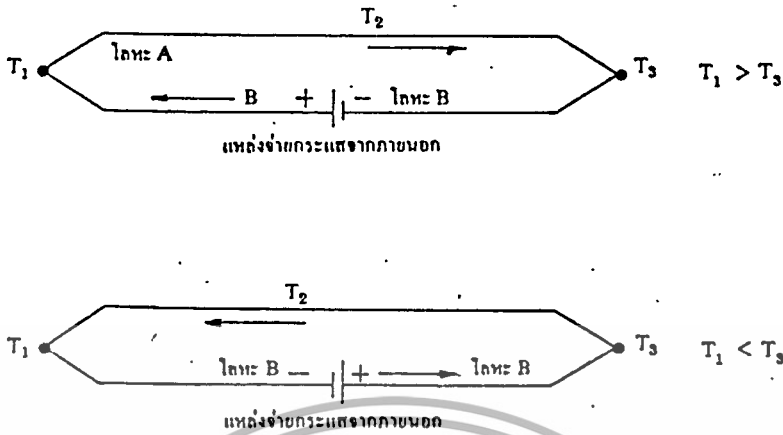
$$e_{AB} = \alpha \Delta T$$



e_{AB} = ซีเบ็คโวลเตจ

รูปที่ 1.2 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 แสดงวงจรการทดลองของเพลเทียร์

เมื่อมีกระแสจากแหล่งจ่ายภายนอกไหลผ่านเข้าไปในวงจร จะทำให้ปลายข้างขวามีอุณหภูมิสูงขึ้น และปลายข้างซ้ายมีอุณหภูมิลดลง ในทางกลับกัน เมื่อปลายทิศทางการไหลของกระแสจะทำให้จุดอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสองกลับกันด้วย

จากการค้นพบของซีเบ็คและเพลเทียร์ การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเทอร์โมคัปเปิลได้ดำเนินต่อมาจนเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิใช้อย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรม เช่นในปัจจุบัน

1.2.2 กฎของการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเนื่องจากความร้อน (Thermoelectric Laws) สำคัญที่ควรทราบ

ก. กฎของวงจรโลหะชนิดเดียว (Law of the Homogeneous Circuit)

ในวงจรที่ประกอบขึ้นด้วยโลหะชนิดเดียวกัน จะไม่เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ ปลายจุดต่อทั้งสอง

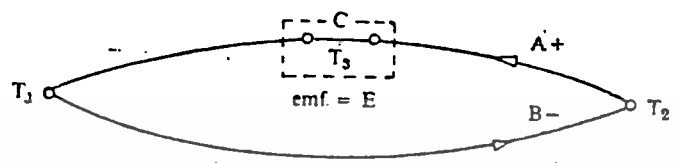
กระแสไฟฟ้าจะเกิดขึ้นในกรณีที่ลวดทั้งสองเป็นโลหะต่างชนิดกัน แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง

ข. กฎของโลหะแทรก (Law of Intermediate Metals)

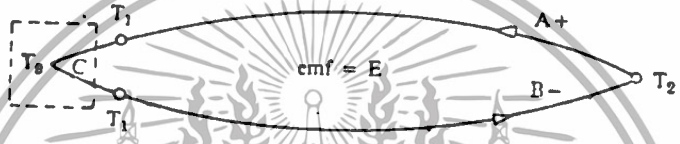
ในวงจรเทอร์โมคัปเปิล ถ้ามีโลหะแทรกอยู่ในส่วนหนึ่งส่วนใดของวงจร หาก

เอกสารนี้จัดทำเพื่อแจกจ่ายให้แก่นักเรียน นักศึกษา และบุคลากรในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยไม่คิดค่าตอบแทนใด ๆ หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โทร. 02-78413

ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ในทางปฏิบัติมีอยู่เสมอ เช่น ข้อต่อ (connectors) หรือสายทองแดงที่
ใช้ต่อเข้ามิเตอร์



โลหะ C ที่ต่อแทรกอยู่ในวงจรจะไม่มีผลต่อการวัดค่าอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองเท่ากัน

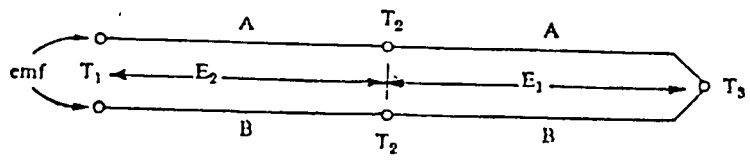


รูปที่ 1.4 แสดงโลหะแทรก

ก. กฎของอุณหภูมิแทรก (Law of Intermediate Temperature)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยเทอร์โมคัปเปิลชุดใด ๆ ที่มีอุณหภูมิที่จุดต่อต่าง
กัน จะมีค่าเท่ากับผลบวกทางพีชคณิต ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิลชุดนั้น ตาม
รูปคือ ผลรวมของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับผลรวมของเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองชุด

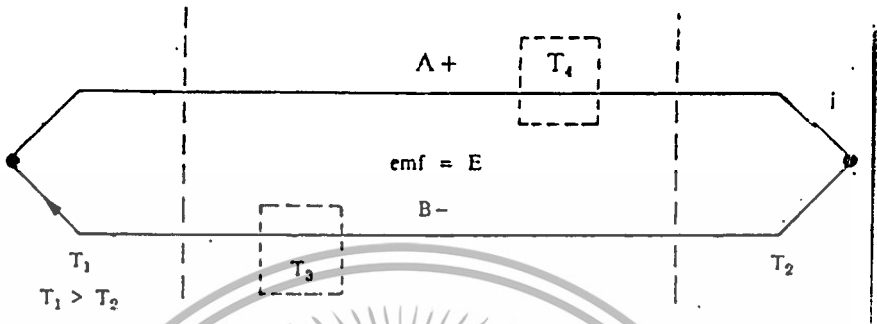
$emf = E_1 + E_2$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 1.5 แสดงกฎของอุณหภูมิแทรกให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. ปรากฏการณ์ (Phenomena) ของเทอร์โมคัปเปิลที่ควรทราบ

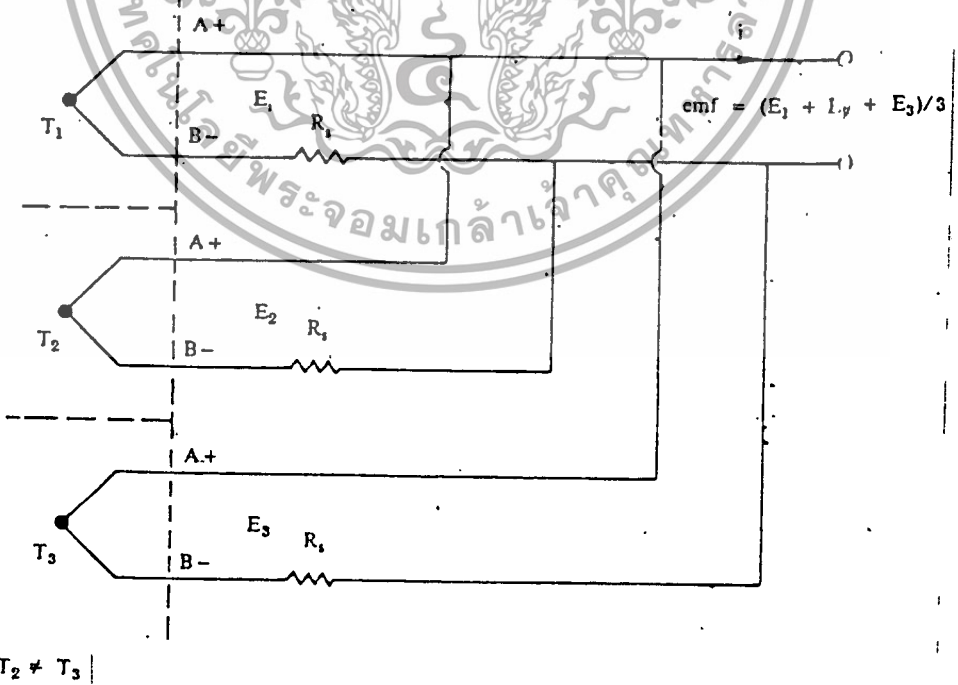
1. ในเทอร์โมคัปเปิลคู่เดียวกันอุณหภูมิที่มีผล คือ อุณหภูมิที่ปลายแยกจุดต่อทั้งสองเท่านั้น อุณหภูมิบนจุดต่าง ๆ ตามสายจะไม่มีผลต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น



รูปที่ 1.6 อุณหภูมิช่วงกลางสายจะไม่มีผลต่อการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า

(Temperature gradients do not generate emf's homogeneous conductor)

2. การต่อขนาดเทอร์โมคัปเปิลเข้าด้วยกัน ผลที่ได้คืออุณหภูมิเฉลี่ย

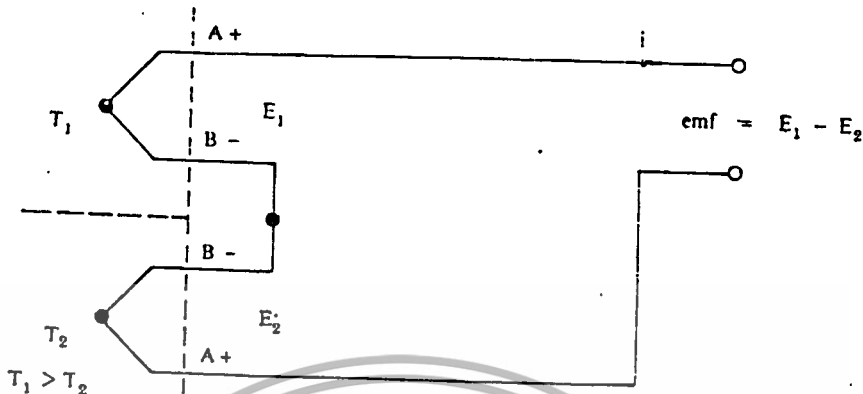


รูปที่ 1.7 รูปแสดงการขนานเทอร์โมคัปเปิลเป็นการหาอุณหภูมิเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การต่อเทอร์โมคัปเปิลสองชุดกลับข้ามกันเป็นการวัดผลต่างของอุณหภูมิ

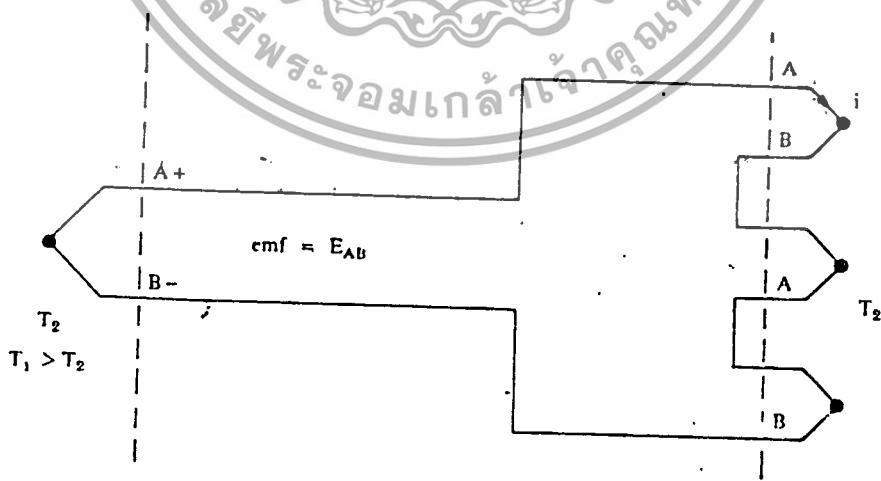


รูปที่ 1.8 แสดงการหาผลต่างของอุณหภูมิที่จุด T_1 และ T_2

(Temperature differences are measured using thermocouples with reversed polarities)

4. การเพิ่มเทอร์โมคัปเปิลที่ T_1 หรือ T_2 ตามรูปจะไม่มีผลต่อแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้น

เกิดขึ้น

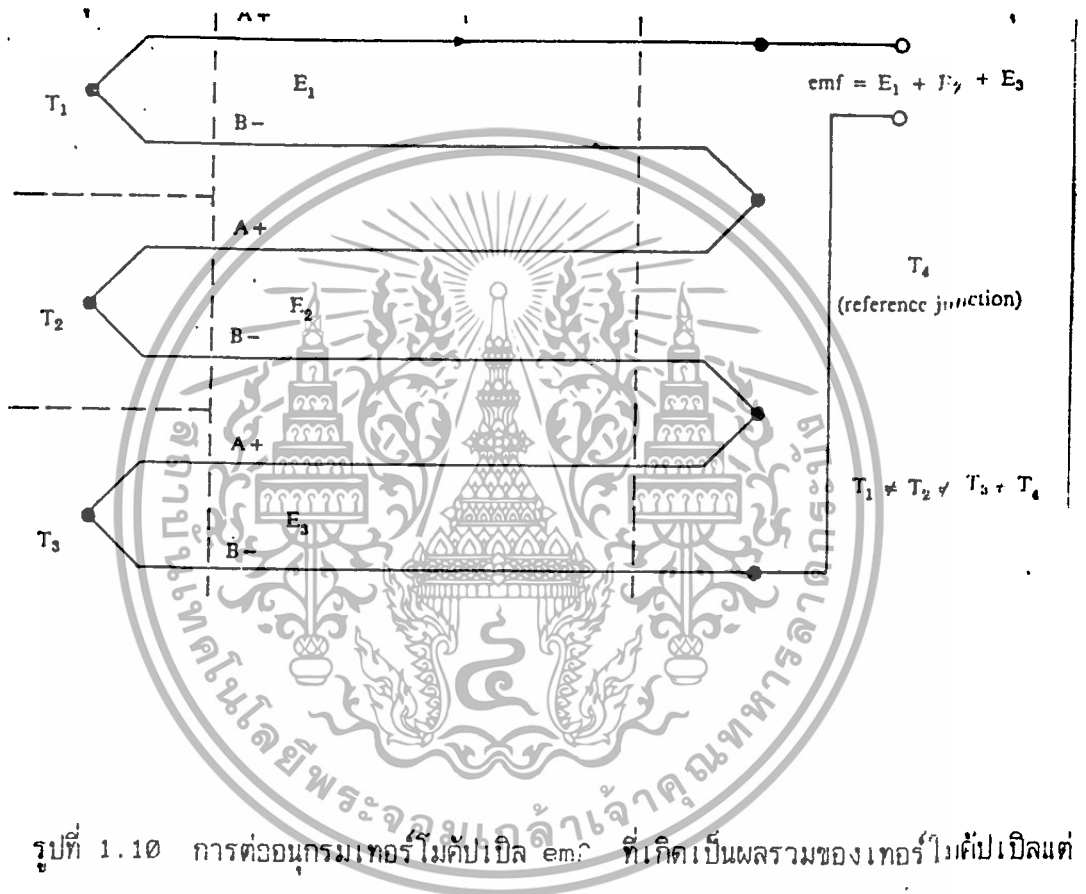


รูปที่ 1.9 การต่อเทอร์โมคัปเปิลเพิ่มไม่มีผลต่อแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้น

(Additional thermocouples at T_1 or T_2 do not affect the overall emf.)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การต่ออนุกรมเทอร์โมคัปเปิล แรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นจะเป็นผลรวมของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุด



รูปที่ 1.10 การต่ออนุกรมเทอร์โมคัปเปิล emf ที่เกิดเป็นผลรวมของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุด

(series thermocouples can also be used to measure temperature averages, providing a special reference junction source and calibration is used)

1.3 เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน

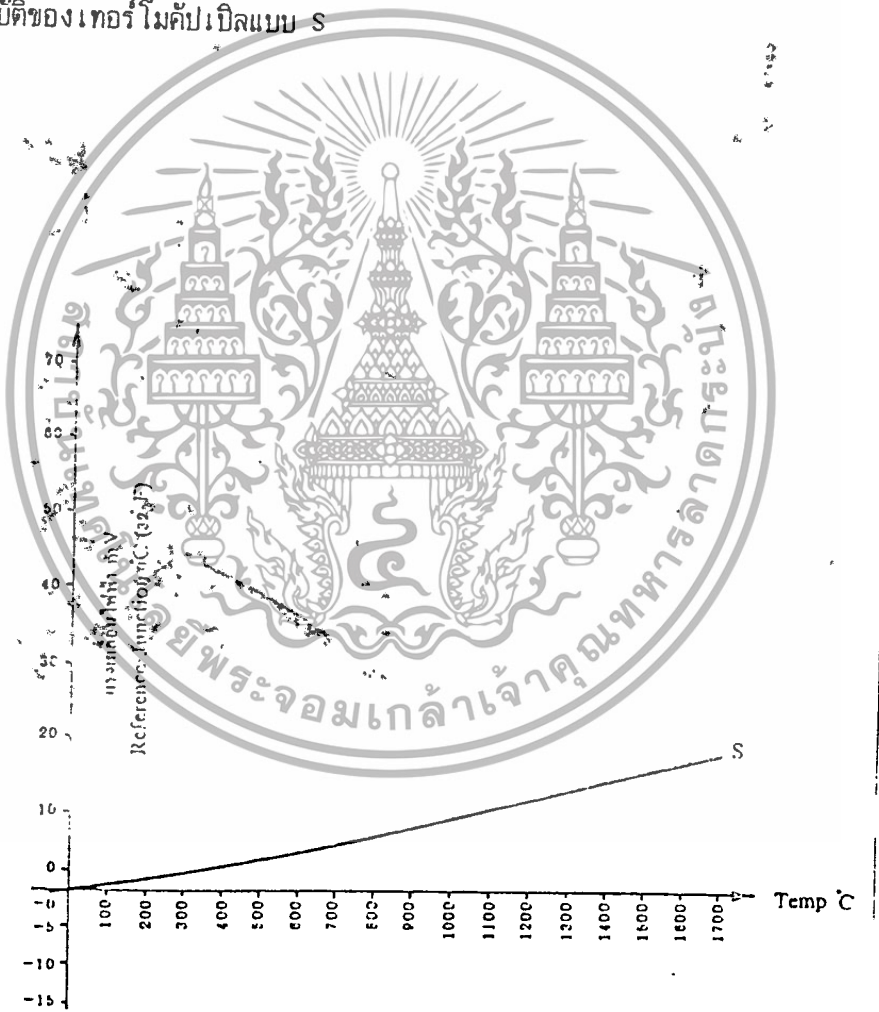
นับตั้งแต่ซี เบ็ค ได้ค้นพบหลักการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลในปี 1821

เป็นต้นมารายละเอียดในหลักการได้ถูกพัฒนาให้ก้าวหน้าเหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.1 เทอร์โมคัปเปิลแบบ S (Type S Platinum 10% Rhodium V.S Platinum)

ในปี 1886 Le Chatelier ได้ประดิษฐ์เทอร์โมคัปเปิล โดยสายลวดทำจาก พลาตินัม และสายบวักทำจากโลหะผสม 90% ของพลาตินัม + 10% ของโรเดียมสามารถ วัดอุณหภูมิได้สูงถึง 1400 C ซึ่งต่อมาเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้ได้กลายเป็นแบบ S, มาตรฐานสากล ตาม IPTS 68 ระบุว่าสามารถใช้ในการสอบเทียบค่า และเปรียบเทียบเป็นค่า มาตรฐาน (calibration and comparision) ตั้งแต่จุดแข็งตัวของ แอนติโมนี (630.74 °C) จนถึงจุดแข็งตัวของทอง (1064.43 °C) ตามกราฟแสดงรูปที่ 1.11 คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ S



รูปที่ 1.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ S เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เทอร์โมคัปเปิลแบบ S นี้สามารถใช้งานในสภาวะที่เป็น oxidizing และ inert ได้ดีโดยสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1400°C หรือกับการใช้งานในระยะเวลาสั้น ๆ สามารถทนได้ถึง 1482°C แต่ไม่เหมาะสำหรับสภาวะงานที่เป็นแบบ reducing, vacuum หรือสภาพงานที่มีไอของโลหะ เช่น ตะกั่ว สังกะสี และไอของโลหะ เช่น อาเซนิก ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส ซึ่งจะให้มีอายุการใช้งานสั้นลง ถ้าจำเป็นต้องใช้จะต้องป้องกันด้วย protecting tube ที่เป็นแบบโลหะ เช่น อลูมินาบริสุทธิ ที่อุณหภูมิสูง ๆ เม็ดเกรนของผลาตินัมจะพองตัวและผลาตินัมก็จะเกิดสกปรก (contamination) ได้ง่าย ที่อุณหภูมิสูง ๆ ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ามักต่ำลง จากการวิเคราะห์ส่วนผสม (composition) ภายหลังการใช้งาน 20 ปี ส่วนผสมของโรเดียมจะเปลี่ยนสภาพเป็น พาลาเดียม ทำให้มีคุณสมบัติเสียไป การเปลี่ยนสภาพเช่นนี้จะ เกิดกับเทอร์โมคัปเปิลทุกแบบที่มีส่วนผสมของโรเดียม

1.3.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบ R (Type R Platinum 13% Rhodium V.S Platinum)

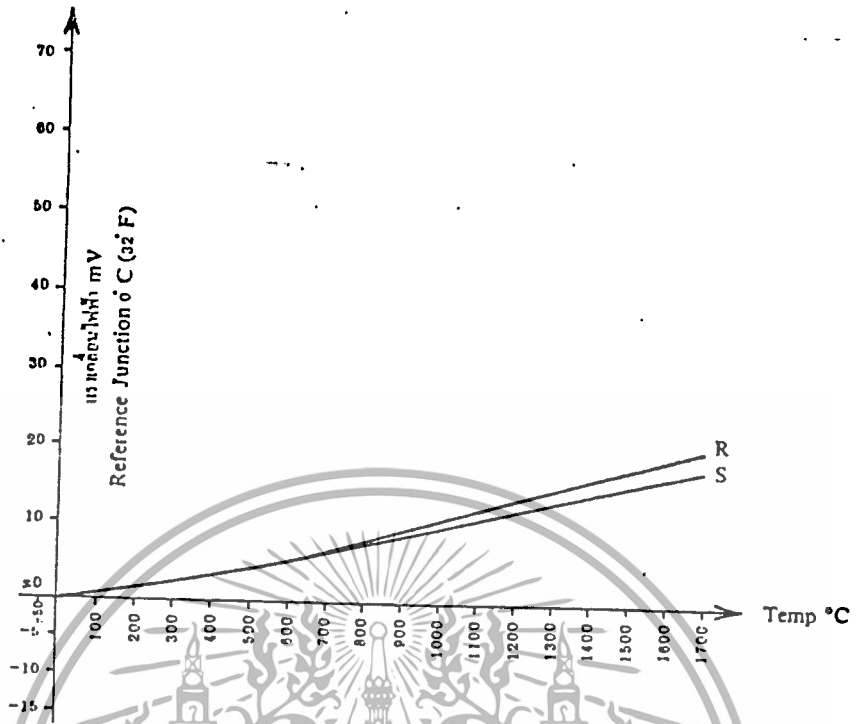
เทอร์โมคัปเปิลแบบ R สายบอกทำจาก พลาตินัม สายลบทำจาก พลาตินัม 87% + โรเดียม 13% ผลที่ได้จะทำให้แบบ R ให้เอาท์พุทสูงกว่าแบบ S ตามกราฟแสดง คุณสมบัติเปรียบเทียบกับแบบ S

1.3.3 เทอร์โมคัปเปิลแบบ B (Type B Platinum 30% Rhodium/Platinum 60% Rhodium)

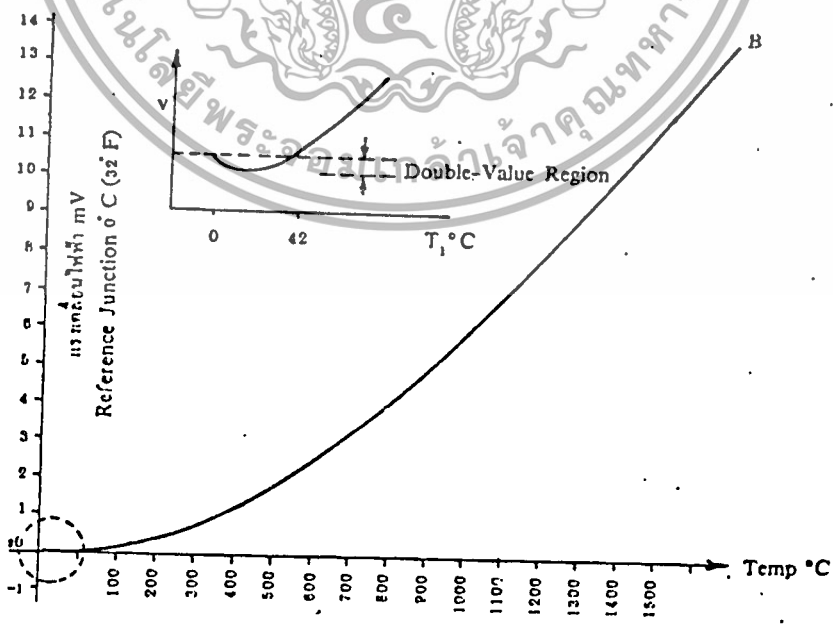
ผลิตขึ้นครั้งแรกเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน สายบอกทำจากพลาตินัม 70% + โรเดียม 30%, สายลบทำจากพลาตินัม 94% + โรเดียม 6% คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ B ตามกราฟที่แสดง

เทอร์โมคัปเปิลแบบ B จะให้แรงเคลื่อนต่ำกว่าแบบ S และแบบ R แต่ คุณสมบัติที่เด่นกว่าคือแข็งแรงและทนทานกว่า สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 1704°C (3100°F) ในสภาวะที่เป็น oxidizing หรือ inert แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานในสภาวะ reducing หรือ vacuum และในงานที่มีไอของโลหะและไอโลหะเช่นเดียวกับแบบ R และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



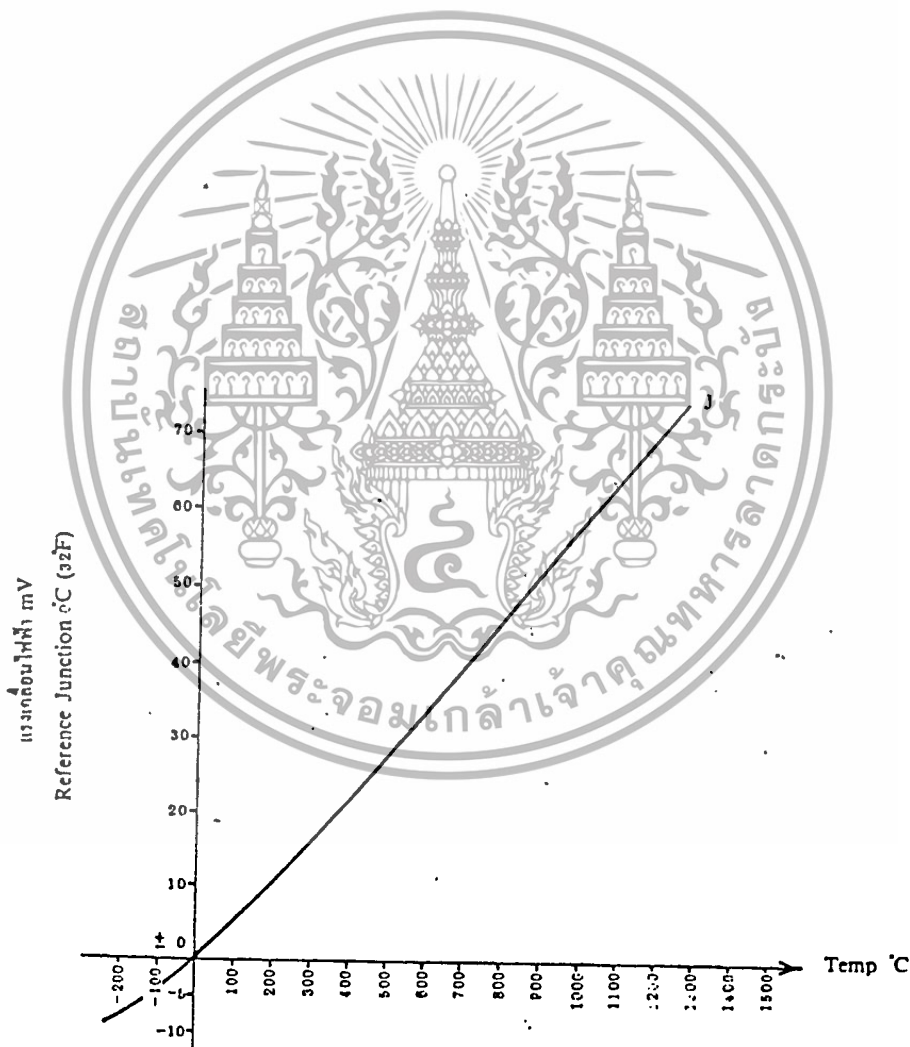
รูป 1.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ R คู่สมบัติเหมือนกับแบบ S ทนอุณหภูมิสูงสุดได้ 1400 °C



เอกสารนี้ระบุที่ 1.13 ที่กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิลแบบ B ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 เทอร์โมคัปเปิลแบบ J (Type J Iron V.S. Constantan)

เนื่องจากพลาคตินัมเป็นธาตุที่มีราคาแพง เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลมีราคาถูกลง ได้มีการค้นคว้าหาวัสดุที่มีราคาถูกลงกว่าเพื่อใช้แทนพลาคตินัม วัสดุที่เริ่มทดลองใช้ เช่น เหล็ก นิเกิล นิเกิลบริสทุที้ เปราะมากในสภาพงานที่เป็น oxidizing การทดลองต่อมาพบว่า โลหะผสมระหว่าง 60% ของทองแดง + 40% ของนิเกิล ที่ต่อมาเรียกว่า constantan สามารถแก้ปัญหานี้ได้ เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้สายบวกทำด้วยเหล็ก และสายลบทำด้วย constantan จึงถือกำเนิดขึ้น และต่อมากลายเป็นแบบมาตรฐานแบบ J



คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J เหมาะสำหรับสภาพงานที่เป็น vacuum, oxidizing reducing หรือ inert ที่อุณหภูมิไม่เกิน 760°C ไม่เหมาะสำหรับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C และอุณหภูมิสูงกว่า 538°C (1000°F) สายที่เป็นเหล็กจะเกิด oxidation ด้วยอัตราสูงกว่าปกติมาก สำหรับอุณหภูมิที่สูงกว่า 538°C จะต้องใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่จะช่วยให้อายุการใช้งานยืนยาวขึ้น จากการทดลองใช้งานภายใน 20 ปี พบว่าส่วนผลของโลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเปลี่ยนไป 0.5% (แมงกานีสเพิ่มขึ้นในเนื้อเหล็ก)

1.3.5 เทอร์โมคัปเปิลแบบ K (Type K Chromel V.S. Alumel)

เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลสามารถวัดอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบ J และมีราคาถูกกว่าจึงได้มีผู้ประดิษฐ์เทอร์โมคัปเปิลแบบใหม่ที่สายบวกทำจากโลหะผสมระหว่าง นิกเกิล 10% + โครเมียม 90% และสายลบทำจากโลหะผสมระหว่างนิกเกิล 95% + 5% ของส่วนผลระหว่างอลูมิเนียม, แมงกานีสและซิลิกอน ซึ่งต่อมาได้กลายเป็นแบบมาตรฐานแบบ K เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด สามารถใช้กับสภาพงานที่เป็น oxidizing หรือ inert ได้ดีกว่าแบบอื่น สามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1260° (2300°F) และอุณหภูมิต่ำลงถึง -250°C (-420°F) ในสภาพงานที่ต้องรับการแผ่รังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อนแบบ K ก็สามารถใช้งานได้ดีเช่นกัน

คุณสมบัติที่เด่นมากของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K คือให้แรงเคลื่อนเอาท์พุทสูงกว่าแบบอื่น ๆ

ข้อควรระวัง ไม่ควรใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ K สัมผัสโดยตรงกับ

1. ในสภาพงานที่เป็น reducing หรือเป็นการใช้งานสลับกันระหว่าง oxidizing

2. สภาพงานที่มีไอของซัลเฟอร์ เพราะซัลเฟอร์จะทำลายโลหะทั้งคู่ของเทอร์โมคัปเปิลโดยเฉพาะสายลบจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

3. สภาพงานที่เป็น vacuum ยกเว้นในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ

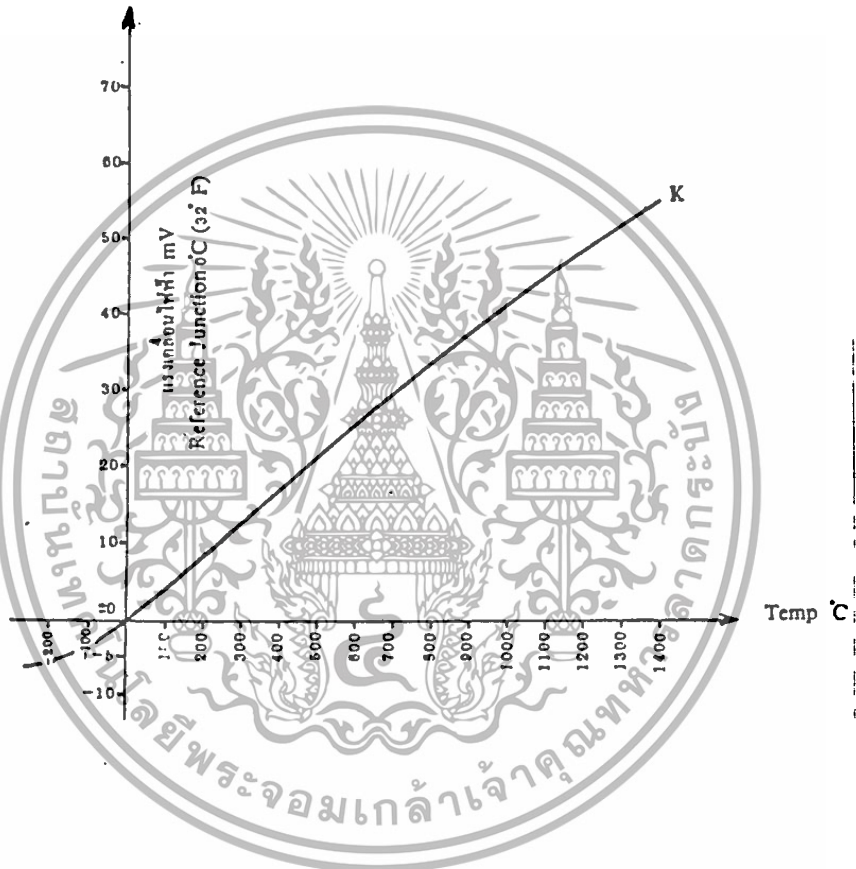
ถ้าจำเป็นต้องใช้งานเทอร์โมคัปเปิลกับสภาพดังกล่าวนี้จะต้องใช้

protecting tube ป้องกันเสียก่อน อายุการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K นี้

เอกสารนี้ประมาณที่ 20 ปี เพราะหลังจากนั้นส่วนผลจะเปลี่ยนไปโดยจะมีเหล็กเพิ่มขึ้นประมาณ 2%

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และส่วนผลมบางอย่าง เช่น แมงกานีส จะลดปริมาณลง



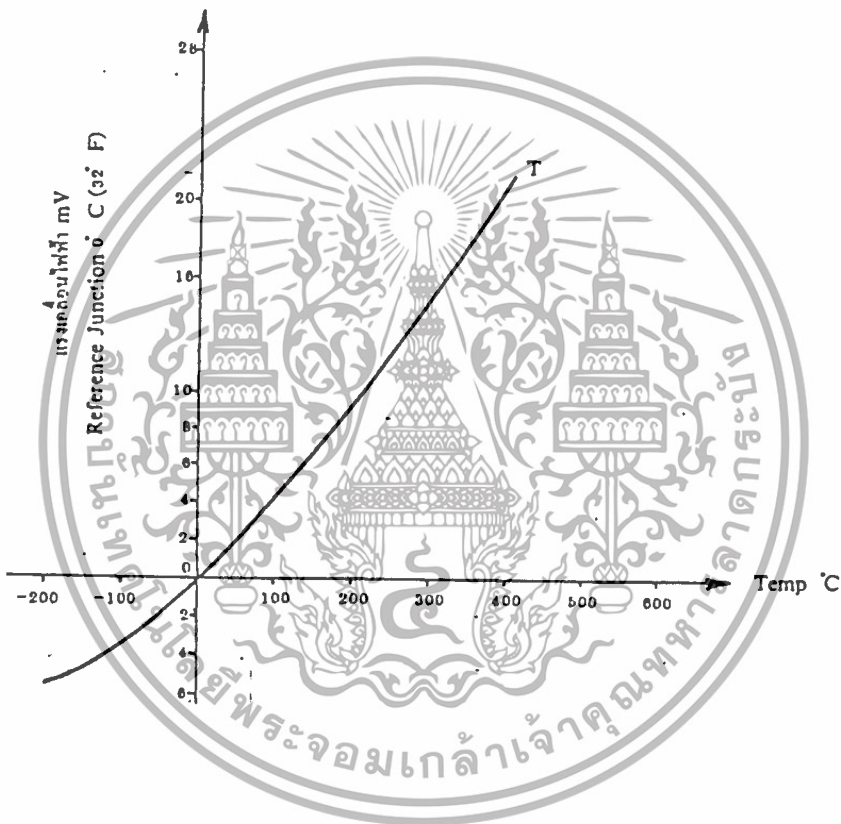
รูปที่ 1.15 แบบ K

1.3.6 เทอร์โมคัปเปิลแบบ T (Type T Copper V.S. Constantan)

เป็นเทอร์โมคัปเปิลแบบที่เหมาะสมสำหรับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ สายบวกของเทอร์โมคัปเปิลแบบ T ทำจากทองแดง และสายลบทำจาก constantan ในสภาพการใช้งาน ปกติสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำถึง -184°C แต่อุณหภูมิทางบวกวัดได้ต่ำกว่าแบบอื่น ๆ คือประมาณ 370°C เท่านั้น เพราะที่อุณหภูมิสูงกว่า 370° อัตราการเกิด

oxide ของโลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเพิ่มมากขึ้น เป็นแบบที่ทนทานก็ควรใช้ในบรรยากาศไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีความชื้นได้ดีเป็นพิเศษ และสามารถใช้งานในสถานะที่เป็น vacuum, oxidizing, reducing หรือ inert ได้ดี

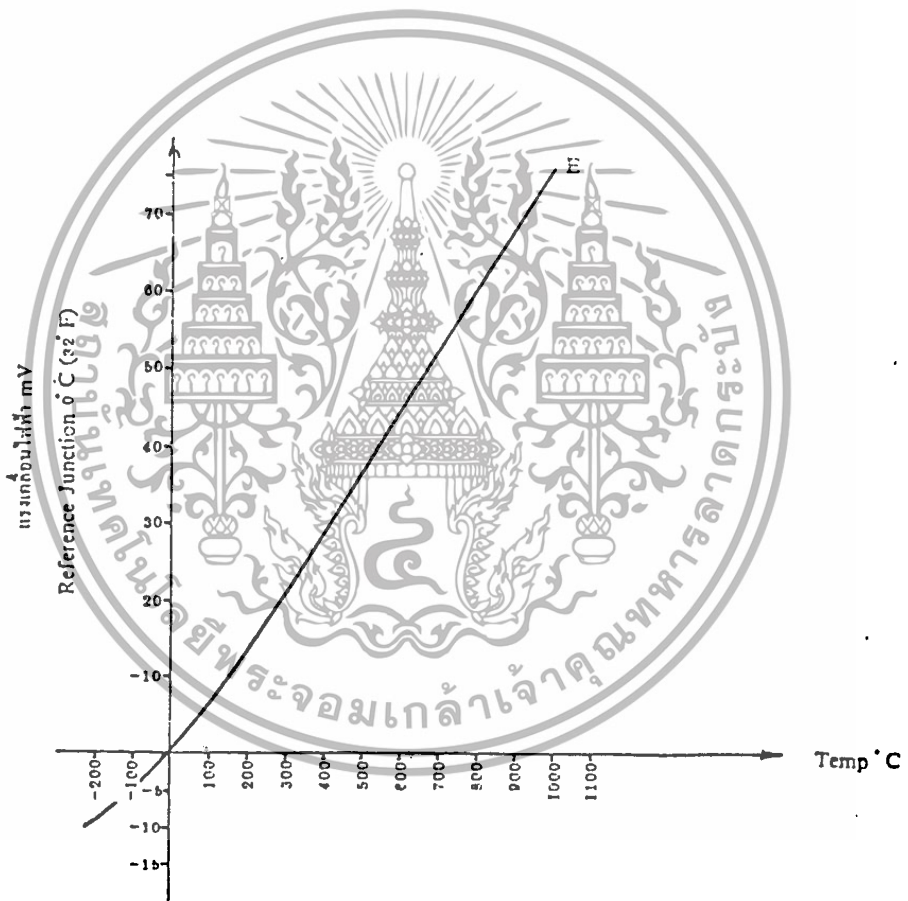


รูปที่ 1.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ T

การใช้งานที่ต้องสัมผัสกับการแผ่รังสีโดยตรงจะทำให้ส่วนผสมของเทอร์โมคัปเปิลเปลี่ยนไปได้ จึงไม่เหมาะกับงานลักษณะนี้ จากการทดลองใช้งานใน 20 ปี ส่วนผสมเอกสารนี้เป็นของนิเกิลและสังกะสี จะเพิ่มขึ้นประมาณ 10% เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.7 เทอร์โมคัปเปิลแบบ E (Type E Chromel V.S. Constantan)

สายบวกทำจากส่วนผสมระหว่าง 10% ของโครเมียม + 90% ของนิกเกิล และสายลบทำจาก constantan อุณหภูมิใช้งานปกติอยู่ระหว่าง -250°C ถึง 871°C เหมาะกับสภาพงานที่เป็น oxidizing คุณสมบัติด้านอื่น ๆ คล้ายกับเทอร์โมคัปเปิลแบบ K



รูปที่ 1.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้แบบ E การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.8 แบบของเทอร์โมคัปเปิลที่กล่าวมานี้เป็นแบบมาตรฐาน

แต่ในปัจจุบันได้มีการทดลองนำโลหะอีกหลายชนิด เช่น ทังสแตน รีเนียม (rhynium) เอริเดียม (iridium) มาประดิษฐ์เทอร์โมคัปเปิลแบบใหม่ เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ต่างไปจากแบบมาตรฐานที่มีอยู่ซึ่งจะได้รับการจัดเข้าเป็นแบบมาตรฐานในอนาคตต่อไป

- นิโครซิล - นีซิล (นิเกิล, โครเมียม, ซิลิกอน - นิเกิล, ซิลิกอน) คุณสมบัติ ช่วงอุณหภูมิใช้งาน จาก - 240 °C ถึง 1230 °C คุณสมบัติโดยทั่วไปเหมือนแบบ K แต่ให้อายุการใช้งานนานและมีเสถียรภาพดีกว่าแบบ K
 - พลาตินัม 20%, โรเดียม 80% - พลาตินัม 5%, โรเดียม 95%
 - พลาตินัม 40%, โรเดียม 60% - พลาตินัม 20%, โรเดียม 80%
 - พลาตินัม 13%, โรเดียม 87% - พลาตินัม 1%, โรเดียม 99%
 - พลาตินัม 15%, เอริเดียม 85% - พลาตินัม ให้แรงเคลื่อนเอาต์พุตสูงกว่าแบบที่มีส่วนผสมพลาตินัมชนิดอื่น ๆ
- พลาตินัม 5%, โมลิบดีนัม 95% - โมลิบดีนัม 99.9%, พลาตินัม 0.1% ทำให้คุณสมบัติการรับภาระแผ้ว
 - รังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อนได้ดีกว่าแบบที่มีส่วนผสมพลาตินัมชนิดอื่น
 - เอริเดียม 40%, โรเดียม 60% - โรเดียม สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงถึง 1830 °C
 - ทังสแตน - ทังสแตน 74%, รีเนียม 26%
 - ทังสแตน 97%, รีเนียม 3% - ทังสแตน 75%, รีเนียม 25% สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงถึง 2760 °C
 - ทังสแตน 95%, รีเนียม 5% - ทังสแตน 74%, รีเนียม 26%
 - ทองแดง - ทอง 97.89%, โคบอลต์ 2.11% สำหรับวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำถึงจุด 0 °
 - โครเมิล - ทอง 99.03%, เหล็ก 0.07% สำหรับการวัดอุณหภูมิที่มีค่าลบมาก ๆ ให้แรงเคลื่อนเอาต์พุตสูง และมีเสถียรภาพดี

สรุปส่วนผสม, ย่านอุณหภูมิและแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน
ตารางที่ 1.1 แสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบของเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน

แบบ	ส่วนผสม	ย่านอุณหภูมิใช้งาน		แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่ได้ mV
		° C	° F	
B	พลาคินัม - 30% โรเดียม	0 to 1820	32 to 3310	0 to 13.814
	พลาคินัม - 6% โรเดียม			
R	พลาคินัม - 13% โรเดียม	-50 to 1768	-60 to 3210	-02.26 to 21.108
	พลาคินัม			
S	พลาคินัม - 10% โรเดียม	-50 to 1768	-60 to 3210	-0.236 to 18.698
	พลาคินัม			
J	เหล็ก/คอนสแตนแตน	-210 to 760	-350 to 1400	-8.096 to 42.922
K	โครเมิล/อลูเมิล	-270 to 1372	-450 to 2500	-6.458 to 54.875
T	ทองแดง/คอนสแตนแตน	-270 to 400	-450 to 750	-6.258 to 20.869
E	โครเมิล/คอนสแตนแตน	-270 to 1000	-450 to 1830	-9.835 to 76.358

- แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดกับจุดเยือกแข็งของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แสดงภาวะแวดล้อมในการใช้งานเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐานโดยไม่ต้อง
ใช้ protecting tube

ความเหมาะสมในการใช้งาน							
TC แบบ	บรรยากาศ oxidizing	บรรยากาศ reducing	บรรยากาศ inert	vacuum	บรรยากาศ sulferous	อุณหภูมิ < ๑๐๐ °C	มีไอ โลหะ
B	ได้	ไม่ได้	ได้	ได้ในช่วงสั้น ๆ	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
R	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
S	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
J	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้ที่ > 500 °C	ไม่ได้	ได้
K	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ได้
T	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ได้
E	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้ +	ได้

* ใช้งานได้ดีกว่าแบบ E, J และ T เมื่ออุณหภูมิ > 550 °C
+ โดยเฉพาะกับอุณหภูมิ < ๑๐๐ °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 แสดงช่วงอุณหภูมิของการสอบเทียบของเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐานและค่าผิดพลาดที่อยู่ในฉีกัด

เทอร์โมคัปเปิล แบบ	ย่านอุณหภูมิ °C	ค่าผิดพลาดในฉีกัด		ขนาดสายที่ ที่สุด (AWG)
		แบบมาตรฐาน (เอาค่าที่มากกว่า)	แบบพิเศษ (เอาค่าที่มากกว่า)	
B	870 to 1,700	$\pm 0.5\%$		24
R & S	0 to 1,450	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.25\%$	$\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.1\%$	24
J	0 to 750	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.75\%$	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$	8
K	0 to 1,250	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.75\%$	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$	8
T	0 to 350	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.75\%$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$	14
E	0 to 900	$\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.5\%$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 0.4\%$	8
	ย่าน < 0 °C			
K	-200 to 0	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ or $\pm 2\%$		
T	-200 to 0	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ or $\pm 1.5\%$		
E	-200 to 0	$\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ or $\pm 1\%$		

ตามตารางนี้เป็นค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้, ค่าผิดพลาดในช่วงอุณหภูมิสูงเกินกว่าย่านอุณหภูมินี้ ค่าผิดพลาดมิได้ระบุไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

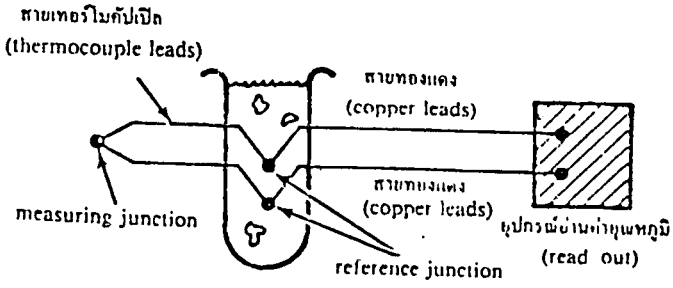
1.4 Reference Junction

เทอร์โมคัปเปิลเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิฟเฟอเรนเชียล (differential temperature) ตามรูปค่ามิลลิโวลต์ที่วัดได้เกิดจากอุณหภูมิ T_1 มากกว่าหรือน้อยกว่า T_2 ในทางปฏิบัติ T_2 จะเป็นอุณหภูมิของบรรยากาศที่อาจเปลี่ยนแปลงได้จากจุดที่ต่ำกว่าศูนย์จนถึง $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ดังนั้นอุณหภูมิที่เอาได้คือค่าอุณหภูมิที่สูงกว่าบรรยากาศขึ้นไป แต่อุณหภูมิที่ทุกคนเข้าใจ ค่าที่บอกต้องเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ ดังนั้นการที่ให้เทอร์โมคัปเปิลชี้บอกค่าตามความเข้าใจของคนทั่วไป จะต้องรักษาอุณหภูมิ T_2 ให้คงที่อยู่ที่จุดเยือกแข็งของน้ำ ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) ตลอดเวลา วิธีการรักษาอุณหภูมิ reference junction มีหลายวิธี



รูปที่ 1.19 The Seebeck effect

1.4.1 วิธีที่ 1 รักษาอุณหภูมิของ Reference Junction ให้คงที่ด้วยน้ำแข็งตามรูปที่ 1.20



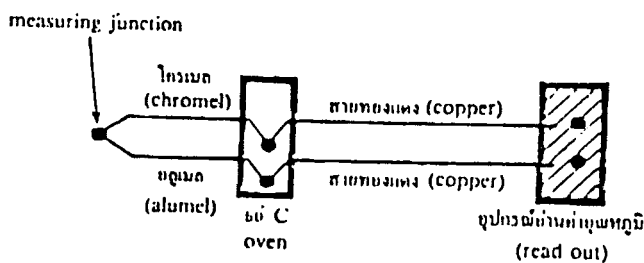
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในด้านวิชาการเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 รูปที่ 1.20 ใช้น้ำแข็งรักษาอุณหภูมิ Reference junction ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

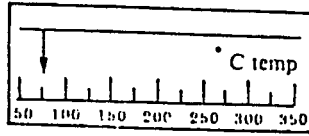
น้ำและน้ำแข็งซึ่งปนเป็นเกล็ดที่ ทำจากน้ำบริสุทธิ์ reference junction จะต้องจุ่มอยู่ในน้ำผสมน้ำแข็งอย่างน้อย 4.5 นิ้ว ความผิดพลาดอาจเกิดขึ้นได้ถ้าจุ่ม reference junction ลึกลงไปจนถึงด้านล่างของภาชนะซึ่งเป็นน้ำ เพราะอุณหภูมิด้านล่างจะสูงกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ อาจสูงได้ถึง 4 °C การกำหนดอุณหภูมิของ reference junction ด้วยวิธีนี้เหมาะสำหรับทดลองใช้ในห้องปฏิบัติการ ในการทดลองควรถ่ายน้ำออกเป็นระยะ ๆ และเติมน้ำแข็งไปด้วยเพื่อป้องกันความผิดพลาดดังกล่าว วิธีการรักษาอุณหภูมิของ reference junction ด้วยวิธีที่ 1 นี้ สามารถทดลองได้ชั่วคราวในห้องทดลองทดลองเท่านั้น ถ้าเป็นการใช้งานในอุตสาหกรรมต้องใช้วิธีดังกล่าวต่อไป

ข้อแนะนำ ถ้าเทอร์โมคัปเปิลที่มีเหล็ก หรือนิกเกิล เป็นส่วนผสมหลัก (base alloy) ขนาดสายไม่ควรเกินเบอร์ 14 gage B & S และถ้าเป็นเทอร์โมคัปเปิลที่มีส่วนผสมของทองแดง หรือโลหะชั้นสูง (noble metal) เช่น ทอง หรือแพลตินัม ขนาดสายไม่ควรเกินเบอร์ 20 gage B & S

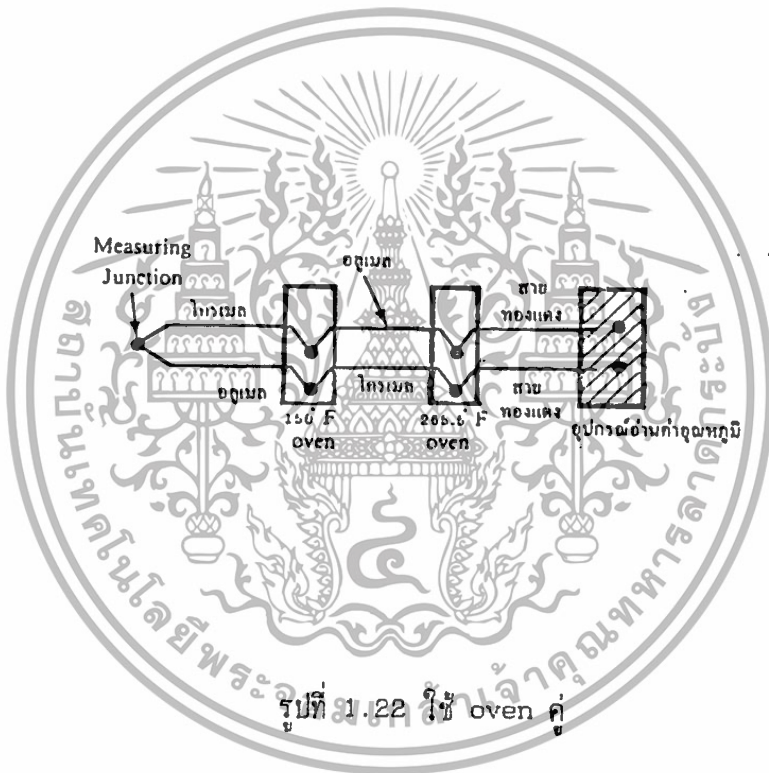
1.4.2 วิธีที่ 2 การรักษาอุณหภูมิของ Reference Junction ในห้องที่

ที่จุด ๆ หนึ่งด้วยเตาไฟฟ้ารักษาอุณหภูมิ (ovens) ตามรูป อุณหภูมิใน oven จะต้องสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ ที่เป็นไปได้ ที่บอกรู้โดยทั่วไปจะเป็น 50 °C, 150 °F มีค่าผิดพลาดจาก + 0.1 °C ถึง + 0.05 °C, oven ตัวหนึ่งสามารถใช้รักษาอุณหภูมิ reference junction ของเทอร์โมคัปเปิลได้หลายคู่ ถ้าอุณหภูมิของ oven เท่ากับ 50 °C จะสังเกตได้ว่า ที่หน้าปัดของเครื่องมือวัดจะชี้บอกอุณหภูมิตั้งแต่ 50 °C ขึ้นไป จะไม่บอกอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้ การรักษาอุณหภูมิภายใน oven ส่วนใหญ่จะใช้ thermostat ที่เป็นแบบโลหะคู่ (bimetallic) เป็นตัวตัดต่อไฟเข้าขดลวดทำความร้อน





รูปที่ 1.21 (ข) แสดง indicator ที่ใช้กับเทอร์โมคัปเปิลแบบใช้ oven รักษาอุณหภูมิ reference junction ที่ 50 °C



รูปที่ 1.22 ใช้ oven คู่

การรักษอุณหภูมิของ reference junction แบบ 2 ovens ตามรูปเป็นเทคนิคที่สามารถสร้างอุณหภูมิ temperature ที่ 0 °C ได้ "โดยอาศัยหลักการต่ออนุกรมของเทอร์โมคัปเปิล" โครเมิล-อลูเมล จาก measuring junction ถูกต่อเข้ากับ oven ตัวแรกซึ่งรักษอุณหภูมิไว้ที่ 150 °F และจาก oven ตัวแรกจะมีจุดต่อ อลูเมล-โครเมิล เข้า oven ตัว 2 ที่รักษอุณหภูมิไว้ที่ 265.5 °F โปรดพิจารณาในส่วน of reference ก่อน จะเห็นว่าจุดต่ออยู่ 3 จุด ต่ออนุกรมกันอยู่ใน oven ที่ 1 มีโครเมิล-อลูเมล อยู่ 2 จุด รักษาอุณหภูมิไว้ที่ 150 °F ใน oven 2 มีอยู่ 1 จุดต่อรักษอุณหภูมิได้

ที่ 265.5 °F

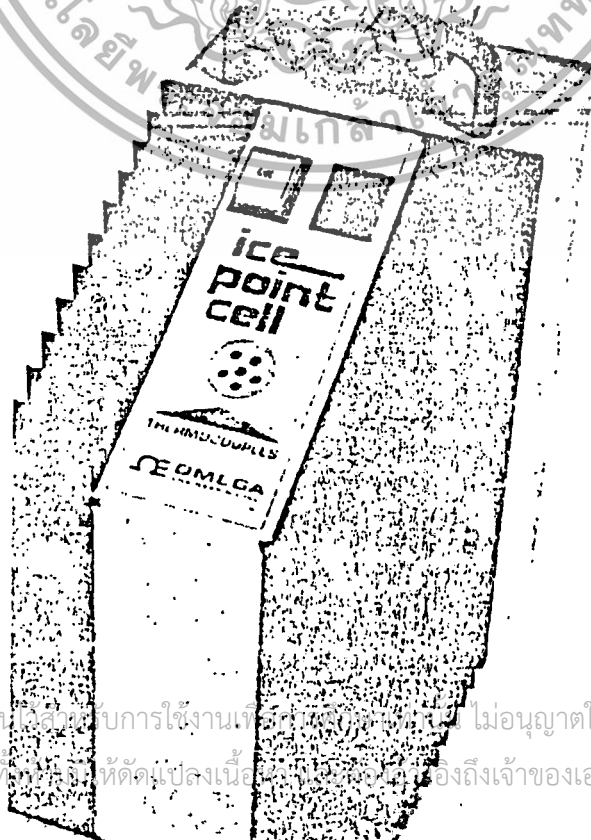
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน oven แรกจะสร้างแรงเคลื่อนที่ = $2.666 \times 2 = 5.332 \text{ mV}$.

ใน oven ที่ 2 จะสร้างแรงเคลื่อนที่ = 2.332 mV (โปรดพิจารณาตามตารางของแบบ K) และมีทิศทางสวนกับแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นใน oven แรก ทำให้ผลรวมทางพีชคณิตของ 3 จุด เท่ากับศูนย์ ดังนั้นแรงเคลื่อนที่ได้จาก measuring junction จึงเสมือนว่ามีอุณหภูมิ reference ที่ 0°C ความเที่ยงตรง (accuracy) ของการวัดด้วยวิธี 2 ovens เหมือนกับแบบ oven เดี่ยว จุดที่สำคัญคือ ความกว้างของ ฮิสเตอร์ซิสของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิใน oven ถ้าฮิสเตอร์ซิส แคบจะให้ค่าถูกต้องดีกว่า

1.4.3 วิธีที่ 3 ใช้เครื่องทำความเย็นรักษาอุณหภูมิ (Thermoelectric Refrigeration)

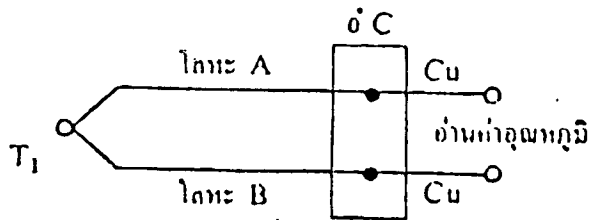
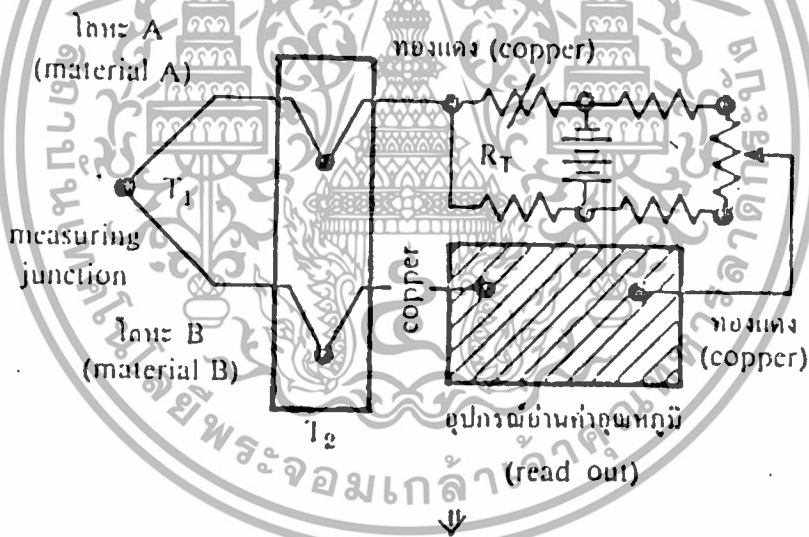
หลักการของการรักษาอุณหภูมิที่จุด 0°C คือการรักษาสถานะของแข็ง - ของเหลวอันเป็นจุดสมมูลที่มีสถานะคงที่ทางอุณหภูมิของน้ำ ขณะที่น้ำเริ่มแข็งตัวอุณหภูมิจะทรงตัวอยู่ที่ 0°C และปริมาตรจะขยายขึ้นอีก 9% ถ้าน้ำยังไม่แข็งตัวทั้งหมดอุณหภูมิก็จะไม่ลดลงต่ำกว่านี้ตามรูป เป็นเครื่องรักษาอุณหภูมิให้คงที่ที่จุด 0°C ที่ใช้ ice point cell ควบคุมอุณหภูมิตัดต่อการทำงานของเครื่องทำความเย็น โดยใช้เบลโลว์เป็นตัวควบคุม เมื่อน้ำเริ่มแข็งตัวปริมาตรจะเพิ่มขึ้นทำให้เบลโลว์ขยายตัวไปตัดสวิตช์ และจะต่อใหม่เมื่ออุณหภูมิลดลงค่าความผิดพลาดของวิธีนี้ประมาณ $\pm 0.1^\circ\text{C}$



1.4.4 วิธีที่ 4 ใช้งานไฟฟ้าแบบบริจ

วิธีนี้ใช้ความต้านทานที่เปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิ (temperature sensitive resistor) R_t เช่น อาร์ทีดี หรือเทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ในวงจรบริจเป็นตัวชดเชยอุณหภูมิบรรยากาศที่เปลี่ยนไป สมมติว่า เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้เป็นแบบ K อุณหภูมิของบรรยากาศขณะนั้นเป็น 27°C V_1 จะมีค่า 1.081 mV. เมื่อรวมกับค่า mV. จากเทอร์โมคัปเปิลก็จะมีค่าเท่ากับผลต่างของอุณหภูมิ T_1 และ T_2 บวกด้วย 27°C ซึ่งจะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิ T_1 เทียบกับจุดเยือกแข็งของน้ำ ค่า V_1 จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิบรรยากาศเนื่องจากการเปลี่ยนค่าของ R_t ดังนั้นอุณหภูมิ T_1 ที่อ่านได้เสมือนเปรียบเทียบกับจุด 0°C ตลอดเวลา

* สิ่งสำคัญที่ต้องระมัดระวัง คือ ไฟเลี้ยงวงจรจะต้องมีค่าคงที่ มิฉะนั้นค่าที่ได้จะผิดไป*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 วิชาที่ 1 : 3 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เทอร์โมคัปเปิลและส่วนประกอบ (Thermocouple Hardware and Fabrication)

ส่วนประกอบที่สำคัญในการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลมีหลายส่วน แต่ละส่วนนับแต่ตัวเทอร์โมคัปเปิลเองและส่วนประกอบอื่น ๆ ก็ได้รับการออกแบบ เพื่อให้เหมาะสม สอดคล้องกับสภาพการใช้งาน และให้อายุการใช้งานยืนยาว

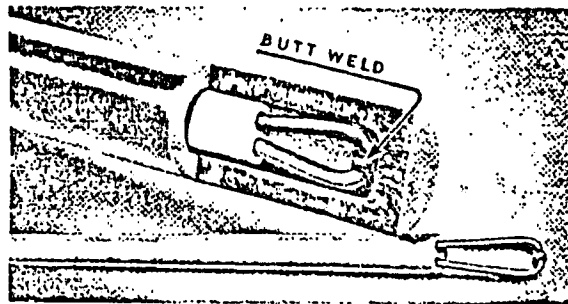
1.5.1 ตัวเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple elements)

หลักการเลือกวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิล ได้ถูกกำหนดตามความต้องการตามสภาพของงานดังนี้

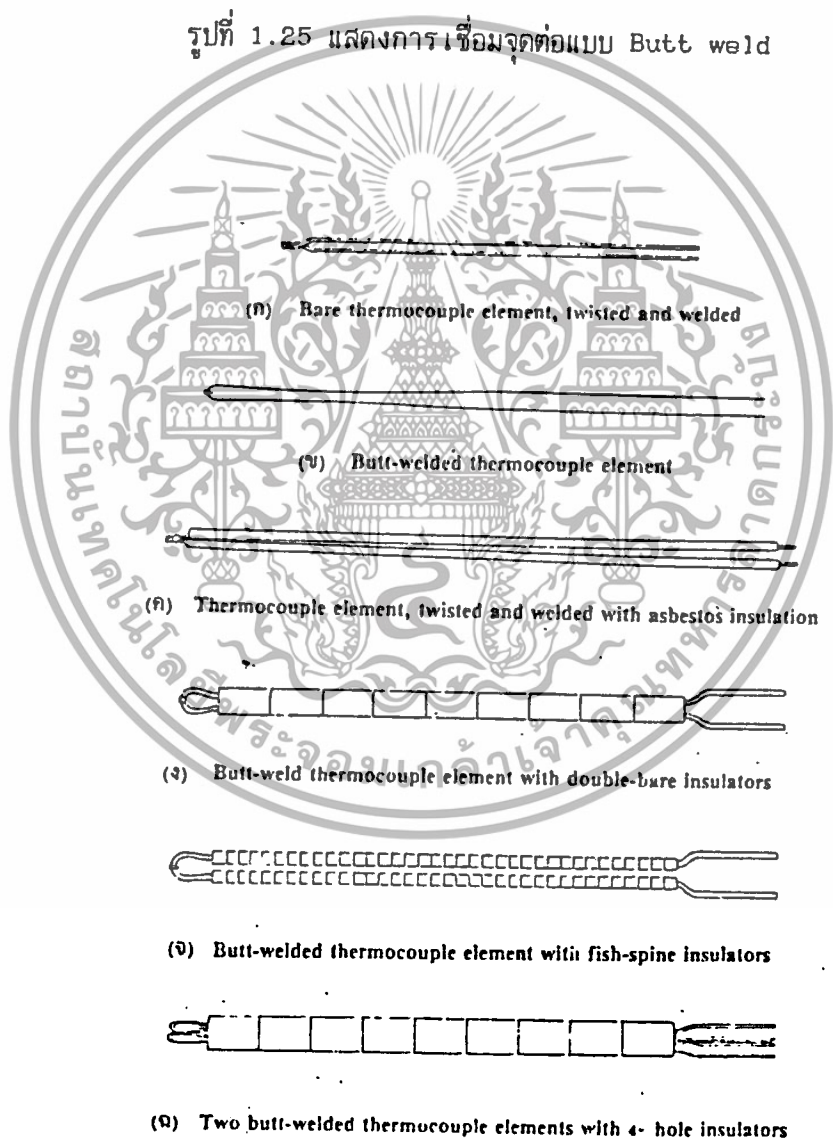
- ส่วนผสมของโลหะที่ใช้ทำจะต้องไม่เปลี่ยนแปลง หรือสูญเสียธาตุส่วนผสมไปในเวลาอันรวดเร็ว
- จะต้องให้แรงเคลื่อนเอาท์พุทที่มีเสถียรภาพ (stable) ในการใช้งานไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในช่วงเวลาใช้งาน
- มีความแข็งแรง และทนต่อสภาวะแวดล้อมในการใช้งานที่พิสูจน์ได้

ตัวเทอร์โมคัปเปิล โดยปกติจะถูกเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน เรียกว่า จุดต่อสำหรับวัด (measuring junction) และร้อยด้วยฉนวนเพื่อป้องกันการลัดวงจรแบบที่มีใช้อยู่โดยทั่วไปในปัจจุบัน

ตามรูปที่ 26 (ก) เป็นเทอร์โมคัปเปิลเปลือย จุดต่อสำหรับวัดบิดเป็นเกลียว และเชื่อมปลายไว้รูปที่ 1.26 (ข) แสดงการเชื่อมปลายจุดต่อแบบ butt weld ซึ่งเป็นแบบที่ดีที่สุด รูปที่ 1.26 (ค) จุดต่อบิดเป็นเกลียวและเชื่อมปลายไว้พันฉนวนด้วยใยหิน (asbestos) ซึ่งสามารถทนความร้อนได้ดี รูปที่ 1.26 (ง) ปลายจุดต่อเป็นแบบ butt weld ร้อยติดกันด้วยฉนวนกระเบื้องแบบรูปคู่ สามารถตัดโค้งได้บ้าง รูปที่ 1.26 (จ) ฉนวนเป็นแบบร้อยแยกกันทั้งสองเส้น รูปที่ (ฉ) เป็นเทอร์โมคัปเปิล 2 คู่ ร้อยติดกันด้วยฉนวนกระเบื้องแบบ 4 รู เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน



รูปที่ 1.25 แสดงการเชื่อมจุดต่อแบบ Butt weld



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่สงวนไว้แก่ทางการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 ครอบโลหะป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล (Metal Sheath)

เพื่อให้สภาพของเทอร์โมคัปเปิลเรียบร้อยแข็งแรง พร้อมทั้งจะนำไปใช้งานคู่สายของเทอร์โมคัปเปิลจะต้องประกอบอยู่ภายใน metal sheath ลักษณะการประกอบตัวเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับ metal sheath มี 3 วิธี แต่ละวิธีก็มีลักษณะการใช้งานเฉพาะตัวของมัน คือ แบบเปลือยจุดต่อ (exposed) แบบใช้ metal sheath เป็นจุดต่อเทอร์โมคัปเปิล (ground junction) และแบบไม่ใช้ metal sheath เป็นจุดต่อ (unground junction)

- จุดต่อสำหรับวัด (measuring junction) แบบเปลือย (exposed junction) เหมาะสำหรับงานแบบสแตติก หรือวัดอุณหภูมิของก๊าซที่ไม่กัดกร่อนต้องการให้ผลการวัดที่ไวที่สุด (minimum response time) จุดต่อสำหรับวัดสัมผัสกับของเหลว (fluid) ที่ต้องการวัดโดยตรง ผลเสียของ exposed junction คือ ชำรุดเสียหายง่าย และอายุการใช้งานสั้นไม่เหมาะสำหรับงานความดันสูง หรือ fluid ที่มีกรกลั่นตัว
- จุดต่อสำหรับวัดแบบที่ไม่เชื่อมต่อกับตัววัด หรือ ground เรียกว่าแบบ ungrounded junction สำหรับงานแบบสแตติก หรือของ fluid ที่เป็นสารกัดกร่อนแบบ ungrounded junction จะให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ถูกต้องสามารถทนต่อสภาพงานที่มีความดันสูงถึง 100,000 Psi และมีอายุการใช้งานยืนยาวที่สุด แต่มีข้อเสียคือ ให้ผลการวัดช้า เหมาะกับงานที่อุณหภูมิไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนแปลงช้า ๆ และมีราคาสูงกว่าแบบอื่น ๆ
- จุดต่อสำหรับแบบ grounded สายทั้งคู่ของเทอร์โมคัปเปิลถูกเชื่อมหัวลงบนส่วนปลาย sheath (grounded junction) เหมาะสำหรับงานที่เป็นแบบสแตติก หรือ fluid ที่เป็นสารกัดกร่อนให้ผลการตอบสนองต่ออุณหภูมิไวกว่าแบบ ungrounded junction ทนต่อสภาพงานที่มีความดันสูงได้

metal sheath ของเทอร์โมคัปเปิลแบบธรรมดาจะเป็นสแตนเลสสตีลชนิดต่าง ๆ ทนอุณหภูมิสูงสุดได้ตั้งแต่ 843 °C (แบบ 304) ไปจนถึง 1035 °C (แบบ 309) สำหรับการวัดอุณหภูมิสูงกว่านั้น จะต้องใช้วัสดุอย่างอื่น เช่น

โมลิบดีนัม

สามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 2200 °C

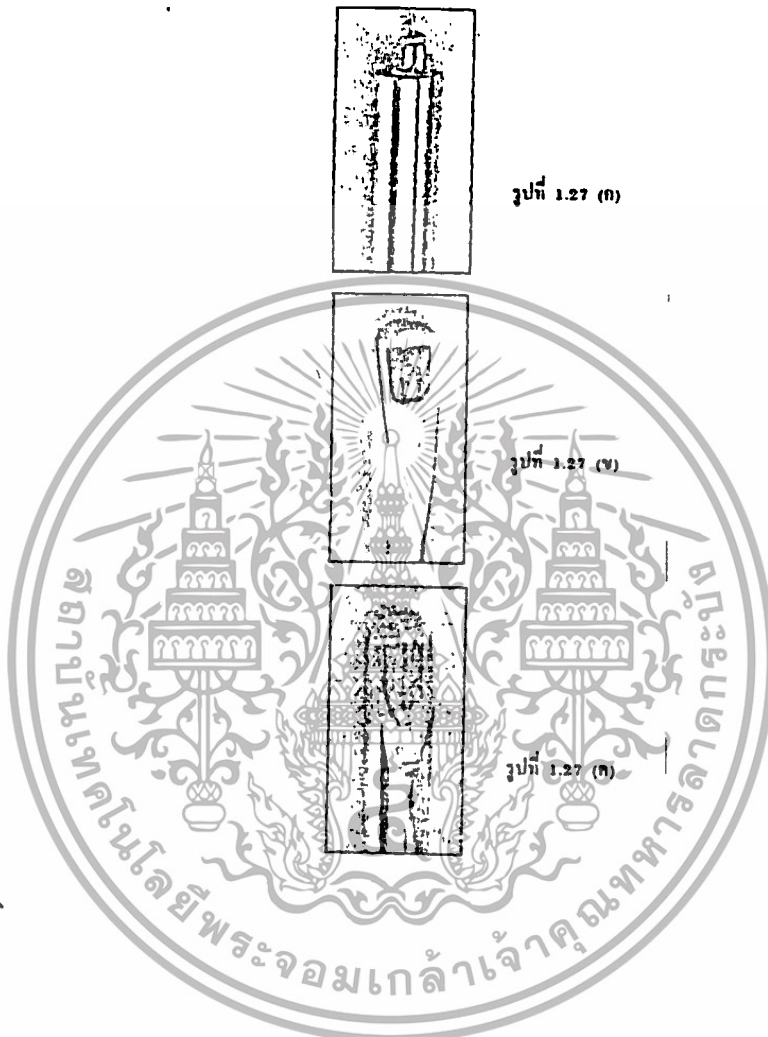
โมลิบดีนัม 50% รีเนียม 50%

สามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 2400 °C

แทนทาลัม

สามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 2480 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาเรานำไปใช้



รูปที่ 1.27 แสดงจุดต่อเทอร์โมคัปเปิลกับ metal sheath แบบต่าง ๆ

1.5.3 ฉนวนของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Insulators)

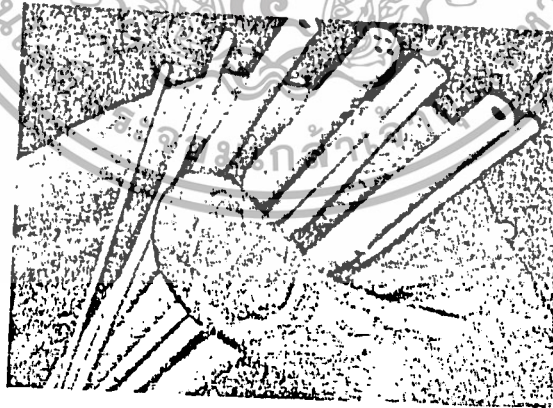
ฉนวนของเทอร์โมคัปเปิล สำหรับกันตัวเทอร์โมคัปเปิล กับ metal sheath ส่วนใหญ่จะเป็นสารประเภทแมกนีเซียมออกไซด์, อลูมิเนียมออกไซด์ หรือเบอร์ซิลเลียมออกไซด์ ลักษณะเดียวกับที่ใช้ในขดลวดทำความร้อน (heater) ในปัจจุบัน วิธีการทำฉนวน

คือใส่ผงอลูมิเนียมออกไซด์ ลงไปใน metal sheath ที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลอยู่แล้ว และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 บัณฑิตทำให้ metal sheath มีขนาดเล็กลง เป็นการอัดอลูมิเนียมออกไซด์ให้แน่น หลัง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะถูกนำไปอบร้อนเป็นการคลายความเครียดอื่นเนื่องมาจากการบีบอัดตัว metal sheath และเป็นการอบไล่ความชื้นที่มีอยู่ในตัว sheath การทำฉนวนด้วยวิธีนี้จะทำให้ได้เทอร์โมคัปเปิลที่กระดัดแข็งแรง และสะดวกสำหรับการติดตั้งใช้งาน ฉนวนแบบกระเบื้อง (ceramic) เป็นแบบที่ผู้ใช้งานเป็นผู้เลือกใช้เองตามสภาพงาน มีหลายแบบให้เลือกทั้งขนาดรูปร่างและความยาว

ส่วนผสมของกระเบื้องฉนวน 99% เป็น Al_2O_3 นอกจากนั้นเป็น Oxide ของสารต่าง ๆ เช่น SiO_2 , MgO , Na_2O , CaO , Fe_2O_3 คุณสมบัติของกระเบื้องฉนวนคือ เป็นตัวปิดกั้นก๊าซ และ vacuum ได้ดีเป็นพิเศษ, เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีแม้ที่อุณหภูมิสูง ๆ, ไม่ทำปฏิกิริยากับแพลตินัม, ทังสเตนและโมลิบดีนัม ที่เป็นส่วนผสมของตัวเทอร์โมคัปเปิล และสามารถทนอุณหภูมิใช้งานได้ถึง $1900^{\circ}C$



ตารางที่ 1.4 คุณสมบัติทางกายภาพโดยทั่วไป

คุณสมบัติ			
ส่วนผสมหลัก	99.7% Al_2O_3	99% Al_2O_3	80% Mullite 20% Glass
การดูดซึมน้ำ	0.00	0.00	0.00
ถ.พ.	3.85	3.7	24
เมื่อใช้กับก๊าซ	ไม่ให้ก๊าซซึมผ่าน	ไม่ให้ก๊าซซึมผ่าน	ไม่ให้ก๊าซซึมผ่าน
ทนต่อแรงอัด (Psi)	300,000	300,000	100,000
ทนต่อแรงดึง (Psi)	30,000	30,000	14,000
Transverse Strength (Psi)	55,000	55,000	20,000
สัมประสิทธิ์การขยายตัว เมื่อได้รับความร้อน			
24 °C - 250 °C	6.2×10^{-6}	6.6×10^{-6}	-----
24 °C - 500 °C	7.4×10^{-6}	7.3×10^{-6}	-----
24 °C - 1000 °C	8.5×10^{-6}	8.1×10^{-6}	-----
24 °C - 1500 °C	9.8×10^{-6}	-----	-----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.4 คุณสมบัติทางกายภาพโดยทั่วไป (ต่อ)

คุณสมบัติ			
การนำความร้อนโดยประมาณ (Btu/ft ² /hr/°F/in)			
24°	230	210	16
800 °C	60	50	-----
ทนต่อการใช้งานที่อุณหภูมิสูงสุด	1950 °C 3540 °F	1900 °C 3450 °F	1650 °C 3000 °F
ค่าไดอิเล็กทริก คอนสแตนต์ (1 MC)	9.29	8.61	4.95
ค่า Dielectric strength (Volt/mil)	230	250	250
ค่าความต้านทาน (ohm cm)	10 ¹⁸	10 ¹³	-----
ค่า T _e	800 °C	1100 °C	-----
ค่าความแข็ง (Mohs scale)	9	9	7
วิธีการสร้าง	Cast&Extrusion	Cast Extrusion	Extrusion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉนวนแบบอ่อนมีอยู่หลายประเภท เช่น ฝ้าย, โพลีวีนิล, ไนลอน รายละเอียดเปรียบเทียบพอสังเขปตามตารางด้านล่างนี้

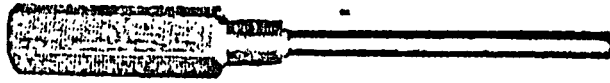
ประเภทของฉนวน	อุณหภูมิที่ใช้ได้ตามปกติ	ทนทานต่อความชื้น	การเสื่อมสภาพจากการเสียดสี
ฝ้าย (cotton)	94 °C (200 °F)	ไม่ตี	พอใช้
โพลีวีนิล	105 °C (220 °F)	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม
อีนาเมลและฝ้าย	94 °C (200 °F)	พอใช้	พอใช้
ไนลอน	126 °C (260 °F)	ดี	ดี
เทฟลอน	204 °C (400 °F)	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม
โพลีไมด์	315 °C (600 °F)	ดีเยี่ยม	ดี
เทฟลอนและไฟเบอร์กลาส	315 °C (600 °F)	ดีเยี่ยม	ดี
แอสเบสทอสลัด	538 °C (1000 °F)	ไม่ตี	ไม่ตี

1.5.4 Protection tubes

Protection tubes จะทำหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการ คือ เสริมความแข็งแรงทนทานให้ตัวเทอร์โมคัปเปิล และป้องกันการเสียหายของตัวเทอร์โมคัปเปิล จากสภาวะของการใช้งาน เช่น สารเคมีหรือการแผ่รังสีของแหล่งกำเนิดความร้อนของระบบ อันจะทำให้สารประกอบในตัวเทอร์โมคัปเปิลเปลี่ยนไป คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลก็จะเปลี่ยนไปด้วยในสภาพงานที่ fluid เป็นสารกัดกร่อน มีความดันสูง หรือในบางโอกาสต้องการถอดตัวเทอร์โมคัปเปิล เพื่อการซ่อมบำรุงโดยไม่รบกวนการทำงานของระบบในกรณีเช่นนี้ Protection well เป็นตัวกลางที่ช่วยแก้ปัญหานี้ได้ โดยมันจะเป็นตัวกลางไม่ให้ fluid สัมผัสกับเทอร์โมคัปเปิลโดยตรง และปิดกั้นความดันของระบบไม่ให้รั่วออกสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางปฏิบัติอาจเรียกชื่อต่างกันไปเช่น เทอร์โมเวล (themowells) หรือ Bulb ซึ่งก็มี ความหมายเหมือนกัน โดยทั่ว ๆ ไปมีอยู่ 4 แบบ ตามรูปที่ 1.29



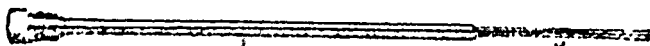
(ก) lagging well



(ข) tapered well



(ค) flange well



(ง) reinforced neck well

รูปที่ 1.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนสตีล สามารถใช้กับงานที่มีอุณหภูมิสูงถึง $.700^{\circ}$ (1300° F) เหมาะสมกับสภาพงานที่เป็น Oxidizing

เฟอร์ริค สแตนเลสสตีล (Ferritic Stainless Steel) ที่หมายเลขอนุกรม 300 เช่น 304, 305, 310 สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงจาก 900° C (1650° F) ถึง 1039° C (2000° F) และในสภาวะงานที่เป็น reducing ได้ดี

นิเกิลอัลลอย (High nicked alloy) นิกโรม (Nichrome) และอินโคเนล (Inconel) สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงถึง 1150° C ในสภาวะ oxidizing ได้ดี โปรดพิจารณาตามตารางที่ 1.6

Protection tube แบบ เซรามิค เหมาะสมกับงานสภาพต่อไปนี้

- เทอร์โมคัปเปิลที่มีส่วนผสมของแพลตินัม
- อุณหภูมิสูงเกินกว่า Protection tube แบบโลหะจะทนได้
- เป็นก๊าซสกปรกที่กัดกร่อน Protection tube แบบโลหะ

เซรามิคที่ใช้ส่วนใหญ่แล้วจะมี Mullite เป็นส่วนผสมที่สำคัญ ซึ่ง Mullite นี้จะเป็นตัวเสริมคุณสมบัติความแข็งแรงทนทาน ทางเชิงกล (mechanical) และทางความร้อน (thermal shock) ดีมาก สามารถใช้อุณหภูมิได้ถึง 1650° C (3000° F)

ซิลิคอนคาร์ไบด์ใช้เป็น Protection tube ภายนอกได้ดีในสภาพที่มีเปลวไฟ แต่จะต้องไม่มีก๊าซสกปรกหรือเป็นอันตรายต่อโลหะ เพราะก๊าซเหล่านี้จะซึมผ่านซิลิคอนคาร์ไบด์ได้ อลูมินาหลอม (Fused alumina) เป็นสารที่ใช้ทำ Protection tube ได้ดีทั้งภายนอกและภายใน สามารถทนอุณหภูมิได้สูงถึง 1980° C (3600° F) ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเทอร์โมคัปเปิลที่มีส่วนผสมของแพลตินัม หรือแพลตินัม-โรเดียม Protection tube แบบเซรามิคปกติแล้วจะทนความดันของระบบได้ไม่สูงนัก นอกจากแบบพิเศษที่ระบุมา

ตารางที่ 1.6 แสดงคุณสมบัติของโลหะที่ใช้ทำ sheath ในด้านอุณหภูมิใช้งานและจุดหลอมละลาย

คุณสมบัติของโลหะที่ใช้ทำ sheath ในเชิงอุณหภูมิ				
โลหะที่ใช้	อุณหภูมิสูงสุดที่ทางผู้ผลิตแนะนำให้ใช้		อุณหภูมิลดลง	
	F	C	F	C
ทองแดง	300	149	1980	1082
อลูมิเนียม	700	371	1220	660
โมเนล	1000	538	2450	1343
เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนต่ำ	1200	649	2775	1525
คัปโป-นิเกิล	1400	760	2260	1238
430 สแตนเลสสตีล	1550	843	2600	1427
374 สแตนเลสสตีล	1650	899	2550	1399
316 สแตนเลสสตีล	1650	899	2500	1371
304 สแตนเลสสตีล	1650	899	2600	1427
446 สแตนเลสสตีล	2000	1093	2550	1399
310 สแตนเลสสตีล	2000	1093	2550	1399
309 สแตนเลสสตีล	2000	1093	2550	1399
อินโคเนล	2100	1149	2600	1427
แฮสเทลลอย	2300	1260	2350	1288
นิเกิล	2300	1260	2650	1454
อินโคเนล 702	2400	1316	2570	1410
พลาตินัม	3050	1677	3223	1773
นีโอเบียม (โคลัมเบียม)	3600	1982	4474	2468
โมลิบดีนัม	4000	2200	4752	2622
ทันทาลัม	4500	2480	5425	2996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去เป็นประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.7 เป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุ Thermocouple sheath และเทอร์โมเวลล์ตามสภาพของ Fluid ในระบบ โดยพิจารณาคุณสมบัติในทางเคมี

Fluid ในระบบ	สภาวะ	โลหะที่ควรใช้	Fluid ในระบบ	สภาวะ	โลหะที่ควรใช้
Acetate Solvents	Crude or Pure	Monel or Nickel	Chlorine Gas	Moist 70°F	Hastelloy C
Acetic Acid	10%-70°F	304 Stainless Steel	• • •	Moist 212°F	Hastelloy C
• • •	80%-70°F	304 Stainless Steel	Chromic Acid	8%-70°F	304 Stainless Steel
• • •	80%-212°F	316 Stainless Steel	• • •	10%-212°F	316 Stainless Steel
• • •	99%-70°F	430 Stainless Steel	• • •	80%-212°F	316 Stainless Steel
• • •	99%-212°F	430 Stainless Steel	Citric Acid	18%-70°F	304 Stainless Steel
Acetic Anhydride		Monel	• • •	18%-212°F	316 Stainless Steel
Acetone	212°F	304 Stainless Steel	• • •	Concentrated 212°F	317 Stainless Steel
Acetylene		304, Monel, Nickel	Cool Tar	Hot	304 Stainless Steel
Alcohol Ethyl	70°F	304 Stainless Steel	Coal Oven Gas		Aluminum
• • •	212°F	304 Stainless Steel	Copper Nitrate		304, 316
Alcohol Methyl	70°F	304 Stainless Steel	Copper Sulphate		304, 316
• • •	212°F	304 Stainless Steel	Croic Oils		316 Stainless Steel
Aluminum	Molten	Cast Iron	Cottonseed Oil		Steel (C1018), Monel, Nickel
Aluminum Acetate	Saturated	304 Stainless Steel	Crossols		304 Stainless Steel
Aluminum Sulphate	10%-70°F	304 Stainless Steel	Cresole Crude		Steel (C1018), Monel Nickel
• • •	Saturated 70°F	304 Stainless Steel	Cyanogen Gas		304 Stainless Steel
• • •	10%-212°F	316 Stainless Steel	Dowtherm		Steel (C1018)
• • •	Saturated 212°F	316 Stainless Steel	Epsom Salt	Hot and Cold	304 Stainless Steel
Ammonia	All concentrations 70°F	304 Stainless Steel	Ether	70°F	304 Stainless Steel
Ammonium Chloride	All concentrations 212°F	316 Stainless Steel	Ethyl Acetate		Monel
Ammonium Nitrate	All concentrations 70°F	304 Stainless Steel	Ethyl Chloride	70°F	304 Stainless Steel
• • •	All concentrations 212°F	304 Stainless Steel	Ethylene Glycol		Steel (C1018)
Ammonium Sulphate	8%-70°F	304 Stainless Steel	Ethyl Sulphate	70°F	Monel
• • •	10%-212°F	316 Stainless Steel	Ferric Chloride	1%-70°F	316 Stainless Steel
• • •	Saturated 212°F	316 Stainless Steel	• • •	8%-70°F	Tantalum
Aniline	All concentrations 70°F	304 Stainless Steel	• • •	8%-Boiling	Tantalum
Amylacetate		Monel	Ferric Sulphate	8%-70°F	304 Stainless Steel
Asphalt		Steel (C1018)	Ferrous Sulphate	Dilute 70°F	304 Stainless Steel
• • •		Phosphor Bronze, Monel, Nickel	Formaldehyde		304 Stainless Steel
Barium Carbonate	70°F	304 Stainless Steel	Freon		Steel (C1018)
Barium Chloride	8%-70°F	Monel	Formic Acid	8%-70°F	316 Stainless Steel
• • •	Saturated 70°F	Monel	• • •	8%-150°F	316 Stainless Steel
• • •	Aqueous-Hot	316 Stainless Steel	Galic Acid	8%-70°F	Monel
Barium Hydroxide		Steel (C1018)	• • •	8%-150°F	Monel
Barium Sulphate		Nichrome	Gasoline	70°F	304 Stainless Steel
Benzaldehyde		Steel (C1018)	Glucose	70°F	304 Stainless Steel
Benzene	70°F	304 Stainless Steel	Glycerine	70°F	304 Stainless Steel
Benzine		Steel (C1018)	Glyceral	70°F	304 Stainless Steel
• • •		Monel Inconel	Heat Treating		446 Stainless Steel
Benzol	Hot	304 Stainless Steel	Hydrobromic Acid	48%-212°F	Hastelloy B
Boric Acid	8% Hot or Cold	304 Stainless Steel	• • •	1%-70°F	Hastelloy C
Bromine	70°F	Tantalum	• • •	1%-212°F	Hastelloy B
Butadiene		Brass, 304	• • •	8%-70°F	Hastelloy C
Butane	70°F	304 Stainless Steel	• • •	8%-212°F	Hastelloy B
Butylacetate		Monel	• • •	28%-70°F	Hastelloy B
Butyl Alcohol		Copper	• • •	25%-112°F	Hastelloy B
Butylenes		Steel (C1018)	Hydrocyanic Acid		316 Stainless Steel
• • •		Phosphor Bronze	Hydrofluoric Acid		Hastelloy C
Butyric Acid	8%-70°F	304 Stainless Steel	Hydrogen Peroxide	70°F	316 Stainless Steel
• • •	8%-150°F	304 Stainless Steel	• • •	212°F	316 Stainless Steel
Calcium Bisulfite	70°F	316 Stainless Steel	Hydrogen Sulphide	Wet and dry	316 Stainless Steel
Calcium Chlorate	Dilute 70°F	304 Stainless Steel	Iodine	70°F	Tantalum
• • •	Dilute 180°F	304 Stainless Steel	Kerosene	70°F	316 Stainless Steel
Calcium Hydroxide	10%-212°F	304 Stainless Steel	Lactic Acid	8%-70°F	304 Stainless Steel
• • •	20%-212°F	304 Stainless Steel	• • •	8%-150°F	316 Stainless Steel
• • •	50%-212°F	317 Stainless Steel	• • •	10%-212°F	Tantalum
Carbolic Acid	All 212°F	316 Stainless Steel	Lacquer	70°F	316 Stainless Steel
Carbon Dioxide	Dry	Steel (C1018), Monel	Latex		Steel (C1018)
Carbon Dioxide	Wet	Aluminum, Monel, Nickel	Lead Sulphur		Steel (C1018), 304, Monel
Carbon Tetrachloride	10%-70°F	Monel	Linseed Oil	70°F	304 Stainless Steel
Chloracetic Acid		316SS, 317SS	Magnesium Chloride	8%-70°F	Monel
Chlorine Gas	Dry 70°F	317 Stainless Steel			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.7 เป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุ Thermocouple sheath และเทอร์โมเวลล์ตามสภาพของ Fluid ในระบบ โดยพิจารณาคุณสมบัติในทางเคมี (ต่อ)

Fluid ในระบบ	สภาวะ	โลหะที่ควรใช้	Fluid ในระบบ	สภาวะ	โลหะที่ควรใช้
Magnesium Chloride	5%-212°F	Nickel	Resin		304 Stainless Steel
Magnesium Sulphate	Cold and Hot	Monel	Rosin	Molten	304 Stainless Steel
Malic Acid	Cold and Hot	316 Stainless Steel	Sea Water		Monel
Mercury		Steel (C1018), 304, Monel	Sal ammoniac		Monel
Methane	70°F	Steel (1020)	Salicylic Acid		Nickel
Milk		304, Nickel	Shellac		304 Stainless Steel
Mixed Acids (Sulphuric and Nitric all temp and %)		Carpenter # 20	Soap	70°F	304 Stainless Steel
Molasses		Steel (C1018), 304 Monel, Nickel	Sodium Bicarbonate	All concentrations 70°F 5%-150°F	304 Stainless Steel
Muriatic Acid	70°F	Tantalum	Sodium Bisulphate		Monel
Naphtha	70°F	304 Stainless Steel	Sodium Carbonate	5%-70°F 5%-150°F	304 Stainless Steel
Natural Gas	70°F	304 Stainless Steel	Sodium Chloride	5%-70°F 5%-150°F	316 Stainless Steel
Neon	70°F	304 Stainless Steel	Sodium Chloride	Saturated - 70°F Saturated - 212°F	316 Stainless Steel
Nickel Chloride	70°F	304 Stainless Steel	Sodium Fluoride	5%-70°F	316 Stainless Steel
Nickel Sulphate	Hot and Cold	304 Stainless Steel	Sodium Hydroxide		Monel
Nitric Acid	5%-70°F	304 Stainless Steel	Sodium Hypochlorite	5% a/b	304 Stainless Steel
"	20%-70°F	304 Stainless Steel	Sodium Nitrate	Fused	316 Stainless Steel
"	50%-70°F	304 Stainless Steel	Sodium Peroxide		304 Stainless Steel
"	50%-212°F	304 Stainless Steel	Sodium Phosphate		Steel (C1018)
"	55%-212°F	316 Stainless Steel	Sodium Silicate		Steel (C1018)
"	Concentrated-70°F	304 Stainless Steel	Sodium Sulphate	70°F	304 Stainless Steel
"	Concentrated-212°F	Tantalum	Sodium Sulphide	70°F	316 Stainless Steel
Nitrobenzene	70°F	304 Stainless Steel	Sodium Sulphur	150°F	304 Stainless Steel
Nitrous Acid		304 Stainless Steel	Steam		304 Stainless Steel
Oleic Acid	70°F	316 Stainless Steel	Stearic Acid		304 Stainless Steel
Oleum	70°F	316 Stainless Steel	Sulphur Dioxide	Moist Gas-70°F Gas-575°F	316 Stainless Steel
Oxalic Acid	5%-Hot and Cold 10%-212°F	304 Stainless Steel	Sulphur	Dry-Molten Wet	304 Stainless Steel
Oxygen	70°F	Monel Steel (C1018)	Sulphuric Acid	5%-70°F 5%-212°F 10%-70°F 10%-212°F 50%-70°F 50%-212°F 80%-70°F 80%-212°F	316 Stainless Steel
Oxygen	Liquid	304 Stainless Steel	Tannic Acid	70°F	304 Stainless Steel
Palmitic Acid		316 Stainless Steel	Tar		Steel (C1018), 304, Monel, Nickel
Petroleum Ether		304 Stainless Steel	Tartaric Acid	70°F 150°F	304 Stainless Steel
Phenol		304 Stainless Steel	Tin	Molten	Cast Iron
Pentane		304 Stainless Steel	Tolvene		Aluminum, Phosphor Bronze, Monel
Phosphoric Acid	1%-70°F 5%-70°F 10%-70°F 10%-212°F 30%-70°F 30%-212°F 85%-70°F 85%-212°F	304 Stainless Steel 316 Stainless Steel Hastelloy C Hastelloy B Hastelloy B Hastelloy B hastelloy B	Trichlorid Ethylene		Steel (C1018)
Picric Acid	70°F	304 Stainless Steel	Turpentine		304 Stainless Steel
Potassium Bromide	70°F	316 Stainless Steel	Varnish		304 Stainless Steel
Potassium Carbonate	1%-70°F	304 Stainless Steel	Vegetable Oils		Steel (C1018), 304, Monel
Potassium Chlorate	70°F	304 Stainless Steel	Vinegar		304 Stainless Steel
Potassium Chloride	5%-70°F 5%-212°F	304 Stainless Steel 304 Stainless Steel	Water	Fresh	Copper, Steel (C1018), Monel
Potassium Hydroxide	5%-70°F 25%-212°F 80%-212°F	304 Stainless Steel 304 Stainless Steel 316 Stainless Steel	Water	Salt	Aluminum, Brass, Monel
Potassium Nitrate	5%-70°F 5%-212°F	304 Stainless Steel 304 Stainless Steel	Whiskey, Wine		304, Nickel
Potassium Permanganate	5%-70°F	304 Stainless Steel	Xylene		Copper
Potassium Sulphate	5%-70°F 5%-212°F	304 Stainless Steel 304 Stainless Steel	Zinc	Molten	Cast Iron
Potassium Sulphide	70°F	304 Stainless Steel	Zinc Chloride		Monel
Propane		304 Stainless Steel	Zinc Sulphate	5%-70°F Saturated-70°F 25%-212°F	304 Stainless Steel 304 Stainless Steel 304 Stainless Steel
Pyrogallic Acid		304 Stainless Steel			
Quinine Bisulphate	Dry	316 Stainless Steel			
Quinine Sulphate	Dry	304 Stainless Steel			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วของ Fluid ในท่อ

Fluids ที่ไหลจะทำให้เกิดความถี่ขึ้นตามธรรมชาติ ความถี่นี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วของการไหลความถี่ที่เกิดขึ้นจะต้องน้อยกว่าค่าความถี่รีโซแนนซ์ของ Protecting well ซึ่งเมื่อถึงความถี่รีโซแนนซ์ จะทำให้เกิดการสั่นอย่างรุนแรงทำให้เกิดความเสียหาย โดยปกติ Protecting well จะต้องหนาพอที่ทนต่อความเร็วของการไหลในท่อในสภาวะใช้งานได้ ตารางต่อไปนี้ตัวอย่างความเร็วสูงสุดของการไหลของ fluid สำหรับ Protecting well แบบมาตรฐานและแบบเรียว (tapered) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1/4 นิ้ว และภายใน 3/4 นิ้ว ที่ทำจากวัสดุต่าง ๆ สอดใส่เข้าไปในท่อด้วยความยาว 4.5 นิ้ว และ 10.5 นิ้ว

ตารางที่ 1.8 แสดงความเร็วสูงสุดของ fluid กับ Protecting Well ที่ใช้

วัสดุที่ใช้ทำ Protecting well	ความลึกของการสอด ใส่ตัว Protecting well	ความเร็วสูงสุดของ fluid ที่ประเภท Protecting well วัสดุ/วินาที	
		แบบมาตรฐาน (ตรง)	
โมเนลที่ 480 °C (900 °C)	4.5	112.0	155.0
	10.5	20.7	28.4
คาร์บอนสตีลที่ 535 °C (1000 °F)	4.5	123.0	180.0
	10.5	22.8	33.0
สแตนเลสสตีล แลล 304, 306 ที่ 535 °C (1000 °F)	4.5	128.0	197.0
	10.5	23.6	36.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.5 Extension Wire

เนื่องจากในการใช้งานจริงระยะทางระหว่าง Measuring และ Reference Junction บางครั้งอยู่ห่างกันสายเทอร์โมคัปเปิลมีราคาแพงมาก จึงต้องหาสายมาต่อในช่วงนี้ที่มีราคาถูกกว่า สายเทอร์โมคัปเปิลและมีคุณสมบัติทางการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามอุณหภูมิ (thermoelectric) เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิล ในช่วงอุณหภูมิไม่สูงนัก สูงสุดของบรรยากาศ ที่จะเป็นไปได้ สายชนิดนี้เรียกว่า extension wire ในที่นี้จะเขียนถึง extension wire ที่ใช้กับเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐานเท่านั้น สำหรับแบบไม่มาตรฐาน (nonstandard) นั้น จะต้องดูจากคู่มือ

Extension wire มี 2 แบบ คือแบบที่ 1 ทำจากสารประเภทเดียวกับตัวเทอร์โมคัปเปิล และแบบที่ 2 ทำจากโลหะต่างชนิดกับตัวเทอร์โมคัปเปิล

ตารางที่ 1.9 แสดงการเปรียบเทียบ Extension Wire สำหรับเทอร์โมคัปเปิลแบบ

มาตรฐาน

เทอร์โมคัปเปิล แบบ	Extension Wire แบบ	Extension Wire		อุณหภูมิใช้งาน P	ค่าผิดพลาด P		ตรวจได้ด้วย สมมุติ		ตามมาตรฐาน ANSI	
		สายขาวหุ้มดำ	สายลวดหุ้มทอง		แบบ มาตรฐาน	แบบ พิเศษ	สาย ขาว	สาย ลวด	สายขาวสี	สายลวดสาย
E	1	NiCr (Chromel)	Constantan	32 ถึง 400	± 3	-	-	-	ม่วง, น้ำตาล	แดง
J	1	เหล็ก	Constantan	32 ถึง 400	± 4	± 2	ได้	-	ขาว, น้ำตาล	แดง
K	1	NiCr (Chromel)	NiAl (Alumel)	32 ถึง 400	± 4	-	-	ได้	เหลือง, น้ำตาล	แดง
T	1	ทองแดง	Constantan	-75 ถึง 200	± 17	± 1/4	-	-	น้ำเงิน, น้ำตาล	แดง
R	2	ทองแดง	ทองแดง	75 ถึง 400	± 12	-	-	-	-	-
S	2	ทองแดง	ทองแดงผสม	75 ถึง 400	± 12	-	-	-	-	-
B	2	ทองแดง	ทองแดง	32 ถึง 200	-	-	-	-	-	-

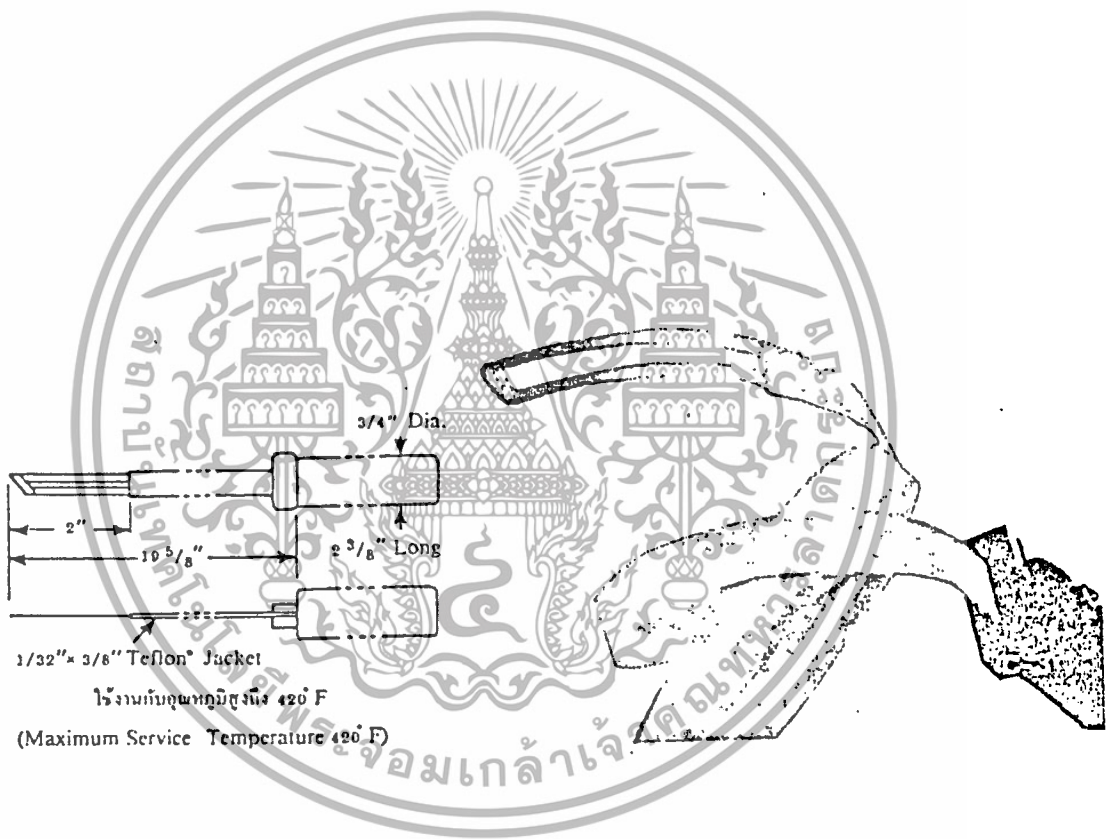
หมายเหตุ แบบ R, S และ T หากค่าผิดพลาดนี้มีราคาแพงจึงต้องใช้ Extension Wire แบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.6 เทอร์โมคัปเปิลสำหรับงานลักษณะพิเศษ

ปลายด้านที่วัดอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลได้รับการออกแบบหลายรูปแบบ ให้เหมาะสมกับลักษณะของงานวัดอุณหภูมิที่ผิวของโลหะ

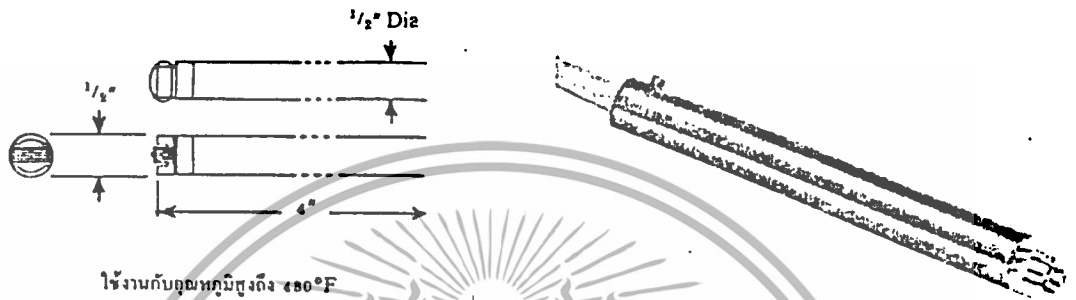
Measuring Junction ออกแบบเป็นแผ่นบางขนาด 0.006 นิ้ว ยาวมากกว่า 1 ฟุต สำหรับงานที่ต้องสอดไปในแนวยาวเข้าไปวัดอุณหภูมิของชิ้นงานเคลือบป้องกันด้วยเทฟลอน อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 420 °F



รูปที่ 1.32

สำหรับวัดอุณหภูมิของผิวด้านนอกของชิ้นงานที่ต้องเคลื่อนที่หรือ หมุน มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 ถึง 60 นิ้ว และมีความเร็วไม่เกิน 300 ฟุต ต่อนาที อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 400 °F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใช้งานกับอุณหภูมิสูงถึง 480°F
(Maximum Service Temperature 480 F)

รูปที่ 1.35

เป็น Probe ขนาดเล็กที่ให้ผลการวัดไว (rapid response) ประมาณ 0.5 ถึง 2 วินาที สำหรับวัดอุณหภูมิพื้นผิวของโลหะและประมาณ 3 ถึง 10 วินาที สำหรับวัดอุณหภูมิของพื้นผิวโลหะ เหมาะสำหรับวัดอุณหภูมิอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 480 °F

1.6 ช่วงเวลาตอบสนองของการวัดอุณหภูมิ (Response time)

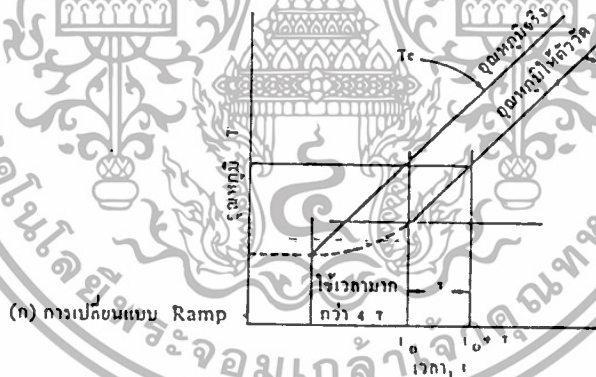
เครื่องมือวัดอุณหภูมิทุกชนิด มีช่วงเวลาน่างคือ อุณหภูมิที่ชี้บอกจะช้ากว่าอุณหภูมิจริง เนื่องจากต้องรับหรือคายความร้อน, ความร้อนผ่านตัว Protection tube-Sheath - ฉนวน ก่อนจึงจะถึงตัววัดอุณหภูมิ ความเร็วของการวัดอุณหภูมิขึ้นอยู่กับ first order thermal time constant.

$$T = \frac{w V c}{hA} \dots\dots$$

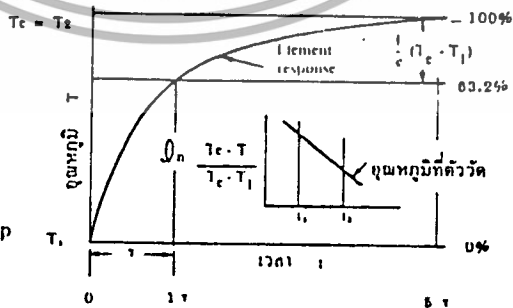
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ τ เป็นค่า time constant มีหน่วยเป็น วินาที, w เป็นค่าน้ำหนักจำเพาะ, V เป็นค่าของปริมาตร, C เป็นค่าความร้อนจำเพาะ, h เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และ A เป็นพื้นที่รับความร้อน

การเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิในระบบ พอลจะแบ่งแยกออกเป็น 2 อย่าง คือ แบบเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ เป็นสัดส่วนกับเวลา (ramp) และการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (step) ตามรูปที่ 1.40 (ก) เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ ramp อุณหภูมิของตัววัดจะขึ้นช้ากว่าอุณหภูมิจริงในระบบมากกว่า 4τ รูปที่ 1.40 (ข) เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ step อุณหภูมิของตัววัดจะขึ้นช้ากว่าอุณหภูมิจริง และขึ้นในรูปของ Exponential, ค่า time constant คือค่าเวลาที่ตัววัดใช้ขึ้นเกือบเมื่อ 63.2% ของอุณหภูมิจริงในระบบ ตัววัดจะใช้เวลามากกว่า 5τ ในการขึ้นถึงค่า 100% ของอุณหภูมิจริง



(ก) การเปลี่ยนแปลงแบบ Ramp



(ข) การเปลี่ยนแปลงแบบ Step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ในอินเทอร์เน็ตโดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รูปที่ 1-36 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแบบ Ramp และแบบ Step โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.1 องค์ประกอบของ Response ของเทอร์โมคัปเปิล

Response ของ Thermocouples ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้

- ขนาดสายของเทอร์โมคัปเปิล
- การเชื่อมจุด measuring junction
- bulb or well
- ส่วนที่ช่องว่าง (air space)
- ความเร็วในการไหลของ fluid
- ความหนาแน่นของ fluid

ขนาดสายและการเชื่อมจุด Measuring Junction

โปรดพิจารณาตามรูปที่ 1.37 เป็นการแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของค่า time constant ที่เพิ่มขึ้นตามลักษณะต่าง ๆ ของเทอร์โมคัปเปิล โดยคำนวณจากการให้อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงแบบ step และไหลผ่านเทอร์โมคัปเปิลด้วยความเร็ว 65 ฟุตต่อวินาที

รูปที่ 1.37 (ค) กราฟทางซ้ายแสดงว่า time constant ของเทอร์โมคัปเปิลแบบเปิด และจุดต่อเป็นแบบ butt weld ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 0.004 นิ้วถึง 0.022 นิ้ว ค่า time constant สำหรับสายขนาดเล็กจะมีค่าน้อยกว่าสายขนาดใหญ่

รูปที่ 1.37 (ค) กราฟทางขวา แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของ sheath ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ ground junction กับค่า time constant ที่ sheath ขนาดเล็ก 0.022 นิ้ว ค่า time constant ประมาณ 0.1 วินาที แต่ที่ sheath ขนาด 0.033 นิ้ว time constant จะสูงขึ้นเป็น 2 วินาที

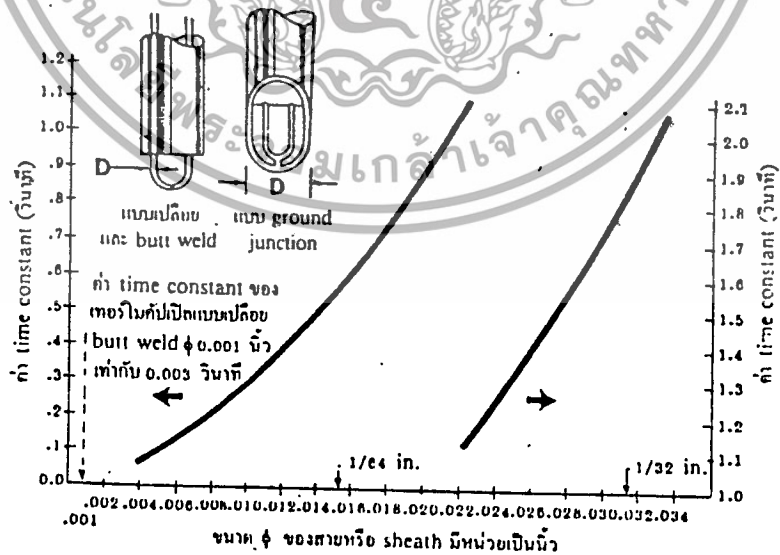
รูปที่ 1.37 (ข) กราฟทางซ้ายแสดงความสัมพันธ์เหมือนรูปที่ 1.42 (ก) แต่มีขนาดสายและ sheath ใหญ่กว่า, ขนาดสายจาก 0.03125 นิ้ว ถึง 0.375 นิ้ว ค่า time constant จะเปลี่ยนตามขนาดสายจาก 1.8 วินาที จนถึง 85 วินาที, ขนาด sheath จาก 1/32 นิ้ว จนถึง 3/8 นิ้ว ซึ่งจะทำให้ time constant เปลี่ยนจาก 1.8 วินาทีถึง 85 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

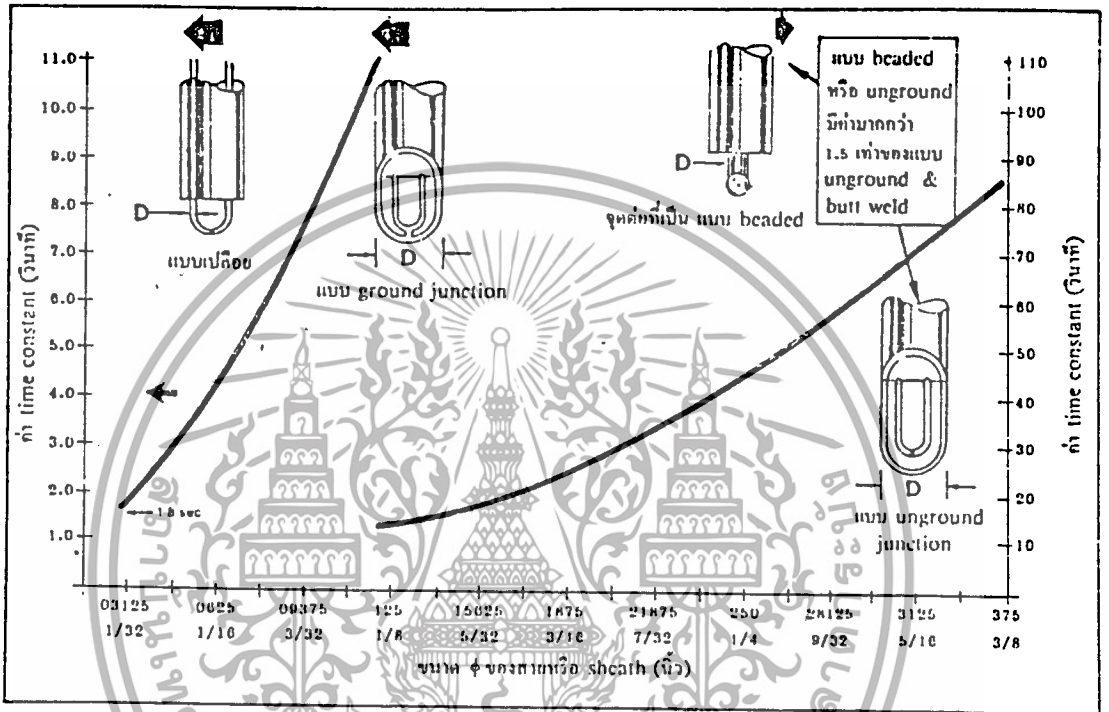
รูปที่ 1.37 (ข) ทางซ้ายมือแสดงการต่อ measuring junction แบบ bead และการต่อ junction ใน sheath แบบ unground สำหรับสายของเทอร์โมคัปเปิลขนาดต่าง ๆ ค่า time constant ของเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองแบบต้องคูณด้วย 1.5 ของค่า time constant ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ butt weld และแบบ ground junction จากรูป 1.42 พอสรุปได้ว่า

- response time ของสายเทอร์โมคัปเปิลขนาดเล็กจะเร็วกว่า สายขนาดใหญ่ เนื่องจากสายขนาดใหญ่ต้องการปริมาณความร้อนมากกว่าสายขนาดเล็ก ในการเพิ่มอุณหภูมิที่เท่ากัน

- จุดเชื่อมต่อแบบ butt weld ซึ่งเป็นจุดต่อที่มีขนาดเล็กที่สุด จะให้ response time รวดเร็วที่สุด เร็วกว่าแบบ bead และแบบย้าหมุด หรือแบบบิดเป็นเกลียว (twist junction) จะให้ response ช้าที่สุด เนื่องจากมีจุดต่อขนาดใหญ่ และเมื่อใช้ร่วมกับ protecting tube หรือ well จุดเชื่อมต่อของเทอร์โมคัปเปิลภายใน well ก็มีผลต่อ time constant โดยตรง แบบ ground junction จะใช้เวลาในการวัดประมาณ 2 ใน 3 ของแบบ unground junction เท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานรูปที่ 1.37 (ก) นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



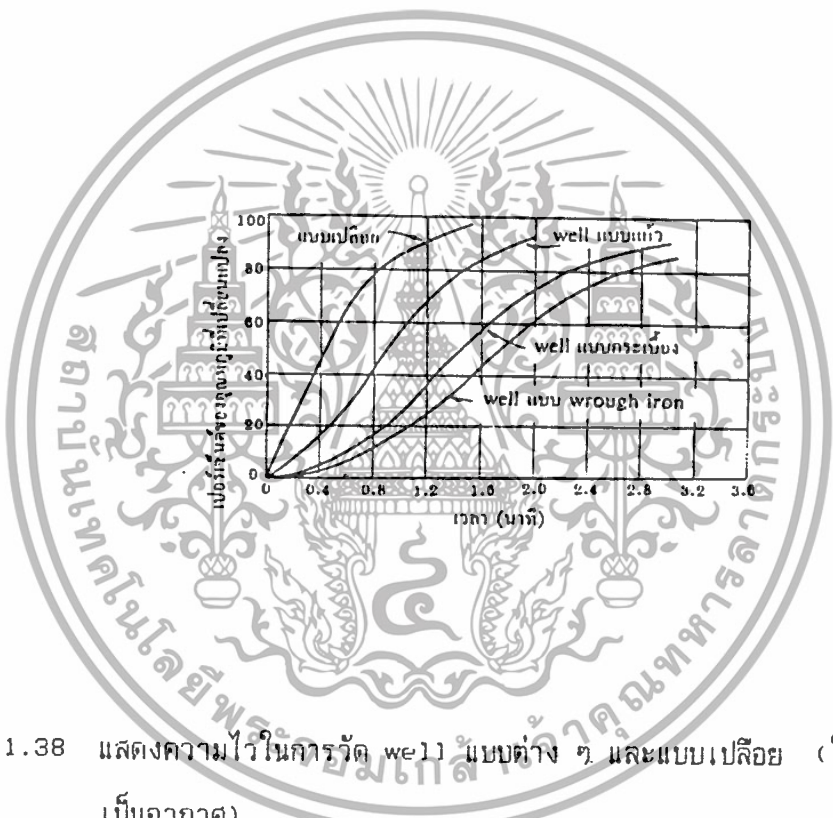
รูปที่ 1.37 (ช)

การนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ทำ Protecting Well ก็มีผลทำให้ response time ไม่เท่ากัน ตามรูปที่ 1.38 เป็น response time ของวัสดุที่ใช้ทำ protecting well แบบต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแบบเทอร์โมคัปเปิลแบบเปิด (bare thermocouples) แบบแก้วจะให้ผลตอบสนอง เร็วกว่าแบบกระเบื้อง (porcelain) และแบบ wrought iron

- Air Space ช่องว่างระหว่าง protecting well กับตัวเทอร์โมคัปเปิล ก็มีผลทำให้ความเร็วในการวัดลดลงไปอย่างมาก เนื่องจากอากาศไม่ใช่สารนำความ

เอกสารนี้เป็น รื้อนที่ตีร ตั้งนั้น ในทางปฏิบัติจึงต้องลดขนาดของช่องว่าง (clearance) ในช่วงที่กล่าวนี้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้แคบที่สุด เทอร์โมคัปเปิลบางตัวที่ sheath ของมันมีสปริงดันตัว sheath ให้ติดกับ protecting well ตลอดเวลาจุดประสงค์คือ ต้องการลดช่องว่างนี้ เพื่อให้ได้ผลการวัดไวขึ้น และต้องการให้ได้ผลดียิ่งขึ้นคาร์ใส่ น้ำมันหรือผงกราไฟท์ลงไปในช่วงปลายของ เทอร์โมคัปเปิลด้วย แต่ต้องแน่ใจว่าในสภาวะการใช้งานปกติอุณหภูมิจะต้องไม่สูงหรือต่ำจน ทำให้น้ำมันเดือดหรือแข็งตัว และน้ำมันจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับ protecting well และเทอร์โมคัปเปิล ถ้าการติดตั้งอยู่ในแนวนอนจะใช้น้ำมันไม่ได้ การใช้จาระบีชนิด ทนความร้อนผสมกับผงกราไฟท์ ผงกราไฟท์สามารถใช้งานกับอุณหภูมิในย่านกว้าง

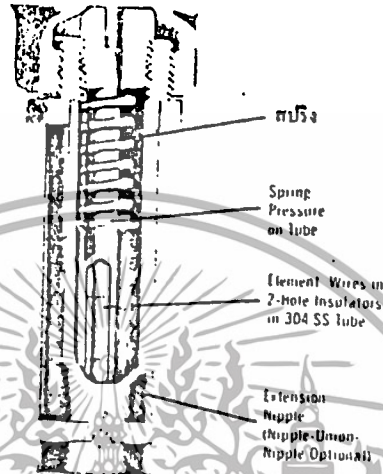


รูปที่ 1.38 แสดงความไวในการวัด well แบบต่าง ๆ และแบบเปลือย (ในตัวกลางที่เป็นอากาศ)

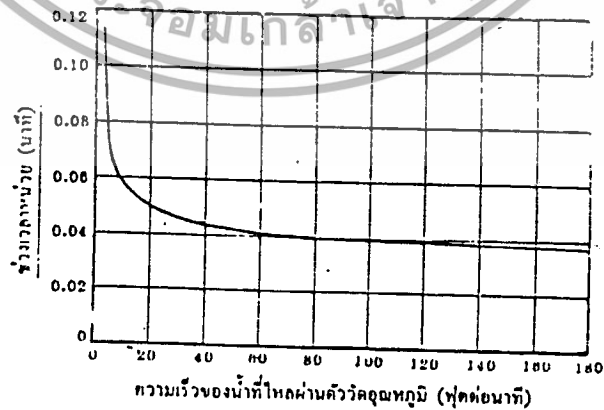
- ความเร็วของ fluid ที่ไหลผ่านตัววัด (sensor) ก็มีผลทำให้อุณหภูมิของตัววัดขึ้นช้าหรือเร็วได้ เพราะเมื่อความเร็วของ fluid มากขึ้น ก็จะถ่ายเทความร้อนให้ตัววัดได้เร็วขึ้น ทำให้ได้ผลตอบสนองเร็วขึ้น ตามรูปที่ 1.39 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของความเร็วในการไหลของน้ำกับช่วงเวลาหน่วง (lag coefficient) ที่ความเร็วของน้ำไหลผ่านตัว bulb 2 ฟุตต่อนาทีช่วงเวลาหน่วงประมาณ 0.1 นาที แต่ที่ความเร็วของน้ำ 20 ฟุตต่อนาทีช่วงเวลาหน่วงจะลดลงเหลือประมาณ 0.05 นาที ดังนั้น เพื่อที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่หน่วยงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์จัดทำขึ้นเพื่อประโยชน์ด้านวิชาการและไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที่ แต่ความเร็วในการไหลก็มีขีดจำกัด ซึ่งกำหนดขึ้นตามความแข็งแรงทนทานของตัวเทอร์โมเวลล์



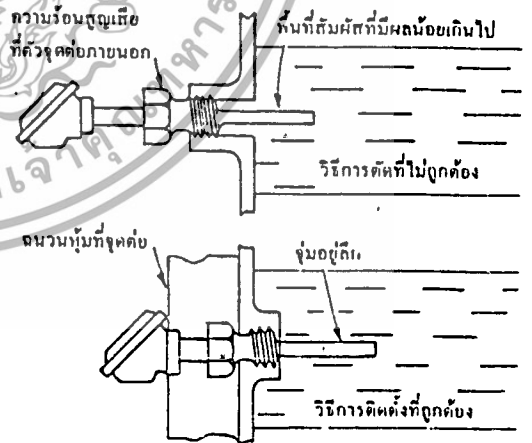
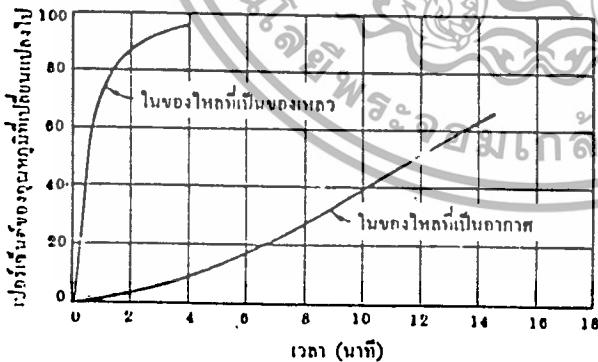
รูปที่ 1.39



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้ซึ่งการคัดที่เปลี่ยนแปลงไปตามความไม่เร็วในการไหลของน้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความหนาแน่นของ Fluid ที่ไหลผ่านตัววัดอุณหภูมิ ก็มีผลทำให้ผลการวัดเร็วหรือช้าได้ fluid ที่มีความหนาแน่นมากกว่า ส่วนใหญ่จะมีค่าความร้อนจำเพาะสูงกว่า fluid ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า ดังนั้นการคายความร้อนให้กับตัวอุณหภูมิ ก็จะเป็นไปได้เร็วกว่า ตามรูปที่ 1.41 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบผลตอบสนองในการวัดอุณหภูมิของ fluid ที่เป็นของเหลวและอากาศที่มีความเร็วในการไหลผ่านเท่ากัน จะเห็นว่าอากาศจะมีค่า time constant มากกว่า fluid ที่เป็นแบบของเหลว

- การติดตั้งที่ถูกต้อง จะช่วยให้ผลการวัดรวดเร็วและถูกต้องยิ่งขึ้น ตามรูปจะต้องสอด protectings well เข้าไปให้ลึกพอสมควร ประมาณ 10 หรือ 15 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตัวเทอร์โมเวสส์ และใช้ฉนวนความร้อนหุ้มป้องกันการสูญเสียความร้อนของตัววัดอุณหภูมิด้วยตามรูปที่ 1.42



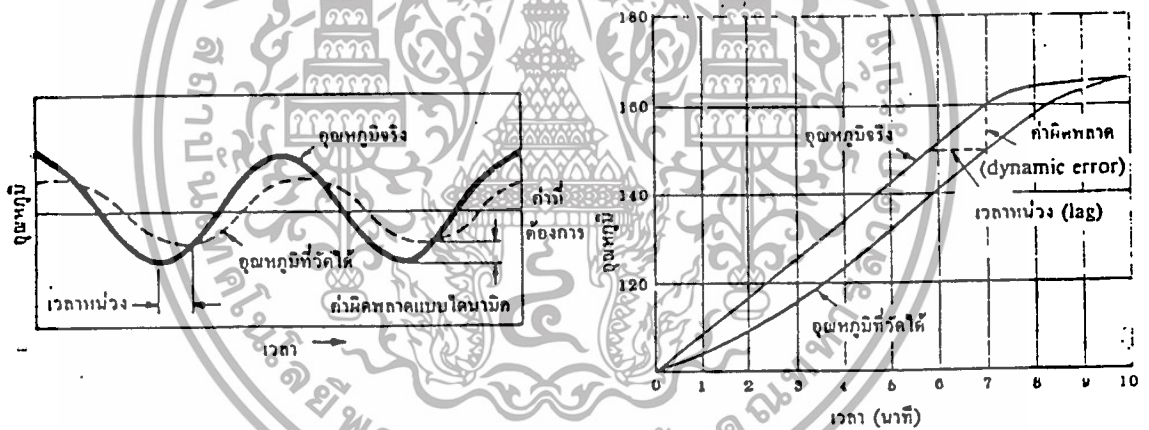
รูปที่ 1.41 แสดงความไหวในการวัดค่าของของไหล

รูปที่ 1.42 แสดงการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ที่มีค่าความหนาแน่นต่างกัน การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ www.dia.go.th การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.2 Dynamic Response

ในสภาพการวัดอุณหภูมิแบบต่อเนื่องในระบบ (process) ถ้าอุณหภูมิของ fluid เปลี่ยนแปลงแบบไซเคิล ช่วงเวลาหน่วงจะทำให้เกิดค่าการวัดชั่วขณะผิดพลาด และทำให้ค่าที่วัดได้ต่ำลงไปบ้าง ตามรูป เพราะขณะที่ค่าอุณหภูมิที่วัดจะขึ้นถึงค่าสูงสุดนั้น ค่าอุณหภูมิจริงในระบบ เริ่มลดลงและทำให้ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ไม่สูงเท่าของระบบจริง ลักษณะที่เกิดขึ้นเรียกว่า การผิดพลาดแบบไดนามิก (dynamic error) อันเกิดจากช่วง เวลาหน่วง (lag) ซึ่งเป็นธรรมชาติของการวัดอุณหภูมิ ดังนั้น การเลือกชนิด, ขนาด และวิธีการติดตั้งตัววัดอุณหภูมิ จึงต้องคำนึงถึงช่วงเวลาตอบสนอง ควรให้ไวที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดค่าผิดพลาดอันนี้



รูปที่ 1.43 ค่าผิดพลาดและเวลาหน่วงที่เกิดขึ้นเมื่อ การเปลี่ยนแปลงแบบเป็นคาบ (cyclic change)

รูปที่ 1.44 ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการ เพิ่มและ ลดลงของอุณหภูมิ

สำหรับตัววัดอุณหภูมิแบบไพโรมิเตอร์ เป็นแบบที่ตัววัดไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุที่ ต้องการวัดอุณหภูมิ แต่ใช้หลักการแผ่รังสีของคลื่นความร้อนออกจากวัตถุแทน การวัดด้วยวิธี เอกสารนี้เป็นนี้จะให้หลักการวัดที่ร่วมกับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.10 แสดง response time ของตัววัดอุณหภูมิแบบต่าง ๆ

ตัววัดแบบเปิด (bare) ไม่มี Bulb	ค่า Time Constant 63.2% โดยประมาณ (วินาที)
เทอร์โมคัปเปิล	
1/8 นิ้ว sheath จุดต่อแบบ beaded และ ground	0.34
1/4 นิ้ว sheath จุดต่อแบบ unground	4.5
1/4 นิ้ว sheath จุดต่อแบบ ground	1.7
1/4 นิ้ว sheath จุดต่อแบบ exposed	0.09
RTDs	
ขนาด 0 sheath 0.18/16 นิ้ว	0.8
ขนาด 0 sheath 1/8 นิ้ว	1.2
ขนาด 0 sheath 1/4 นิ้ว	5.5
ขนาด 0 sheath 1/4 นิ้วแบบคู่	8
Thermal Filled System	
ไนโตรเจนขนาดกระเปาะ 0 3/8 นิ้ว	2
ปรอท ขนาด 0 1/4 นิ้ว	1.6
" " 0 3/8 นิ้ว	2.5
" " 0 3/4 นิ้ว	6.5

1.7 ลักษณะการติดตั้งใช้งานของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

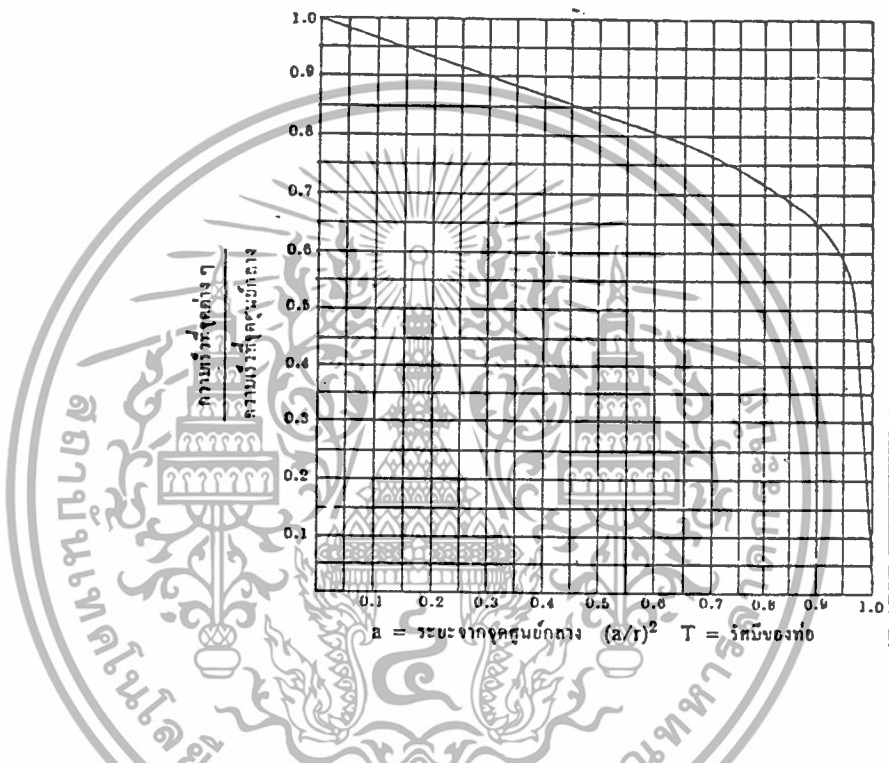
การติดตั้งวัดอุณหภูมิ เช่น เทอร์โมเวลล์หรือแบบแถบโลหะคู่

(bimetallic) เพื่อวัดอุณหภูมิของ fluid ที่ไหลอยู่ภายในท่อ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ก.

ตัวเทอร์โมเวลล์จะต้องลึกพอ เพื่อให้ผลการวัดที่ถูกต้อง และมีผลตอบสนองที่รวดเร็ว และ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ตัวเทอร์โมเวลล์จะต้องไม่ไปกีดขวางการไหลของ fluid ภายในท่อหรือไม่ทำให้ Fluid ที่ไหลอยู่เกิดการหมุนวน ก่อนเข้าตัววัด Flow ด้วยออริมิส อันจะทำให้ค่า flow ที่วัดได้ผิดไป



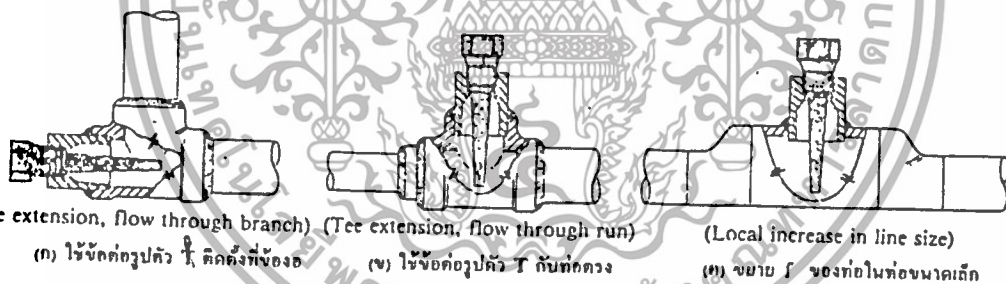
รูปที่ 1.45 แสดงความเร็วของ fluid ภายในท่อ ณ จุดต่าง ๆ จากจุดศูนย์กลางท่อจนถึงผิวภายในท่อ แกนในแนวนอนคือค่าอัตราส่วนระหว่างระยะห่างจากจุดศูนย์กลางกับระยะรัศมีของท่อกำลังสอง และแกนในแนวตั้งคือ ค่าอัตราส่วนระหว่างความเร็ว ณ จุดต่าง ๆ ที่ห่างออกไปจากจุดศูนย์กลาง กับความเร็วของ fluid ณ จุดศูนย์กลางของท่อ

กฎโดยทั่วไป (Rule of Thumb) ของการติดตั้งเทอร์โมเวลล์เพื่อให้ได้ผลการวัดที่ดี คือ จะต้องสอดใส่เข้าไปในท่อด้วยขนาดความยาวอย่างน้อย 10 ถึง 15 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตัวเทอร์โมเวลล์ นั่นคือพยายามให้บริเวณปลายของเวลล์

ซึ่งเป็นส่วนที่มีผลต่อการวัดโดยทางไฟฟ้า (sensitive portion) อยู่ในบริเวณเมื่อค่าที่เราอ่านค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการไหลสูงสุด โปรดพิจารณาอัตราเร็วที่จุดต่าง ๆ ของการไหลภายในท่อ บริเวณที่ติด
ผิวผนังท่อมีอัตราเร็วของการไหลเป็นศูนย์ และจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดที่บริเวณจุดศูนย์กลาง
กลางท่อ

1.7.1 สำหรับท่อที่มีขนาดเล็กจะต้องขยายท่อตรงช่วงติดตั้งเทอร์โมเวลล์ให้ใหญ่
พอที่จะติดตั้งได้ เพื่อไม่ให้เวลล์กีดขวางการไหลของ fluid และให้ได้ขนาดความยาว
ของเวลล์อยู่ใน fluid ตามต้องการ รูปที่ 1.46 แสดงการติดตั้งเทอร์โมเวลล์ในท่อข
ขนาดเล็ก ซึ่งมีอยู่ 3 วิธีคือใช้ข้อต่อรูปตัว T และขยายท่อ (ก) และ (ข) เป็นวิธีใช้ข้อต่อ
รูปตัว T ติดตั้งอยู่ที่ข้องอ และบริเวณกลางท่อ รูป 1.46 (ค) โดยการขยายขนาดท่อก่อน
แล้วจึงติดตั้งเทอร์โมเวลล์

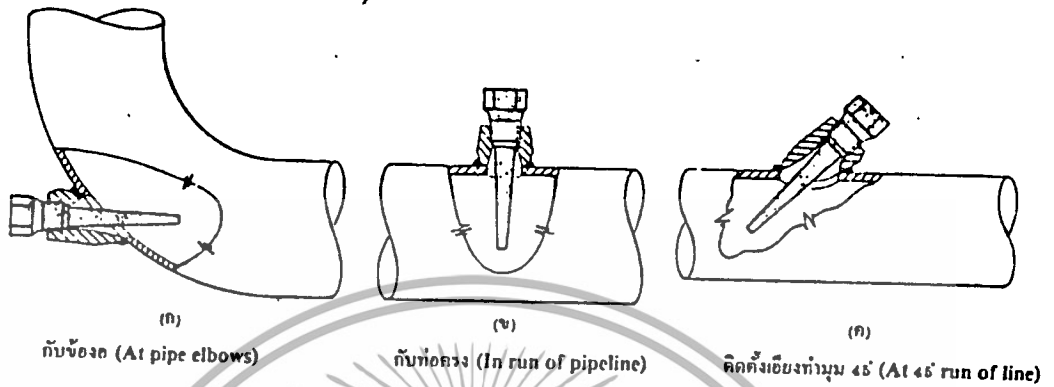


รูปที่ 1.46 สำหรับท่อขนาดเล็ก (For small-diameter piping)

1.7.2 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิกับท่อขนาดใหญ่

แสดงการติดตั้งเทอร์โมเวลล์ในท่อขนาดใหญ่ในลักษณะต่าง ๆ กัน (ก) เป็น
การติดตั้งบริเวณจุดงอโค้งของท่อ (ข) เป็นการติดตั้งในแนวตั้งบริเวณกลางท่อ และรูป

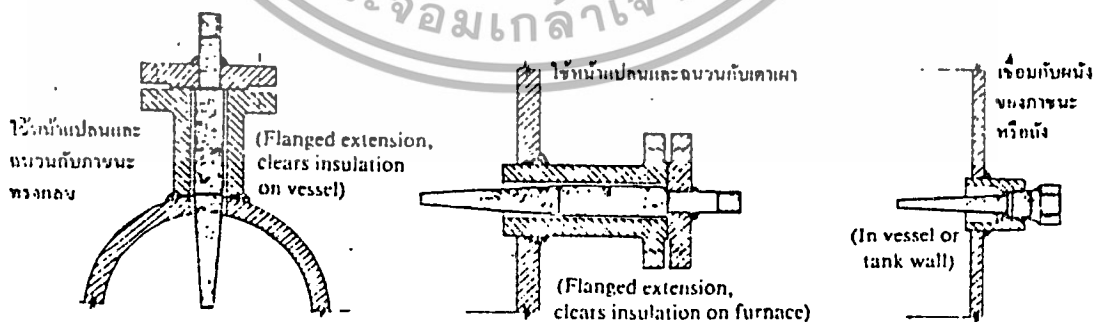
(ค) เป็นการติดตั้งในแนวเอียง 45° บริเวณกลางท่อ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.47 การติดตั้งเทอร์โมเวลล์สำหรับท่อขนาดใหญ่ (For large-diameter piping)

1.7.3 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิกับภาชนะและระบบอื่น ๆ

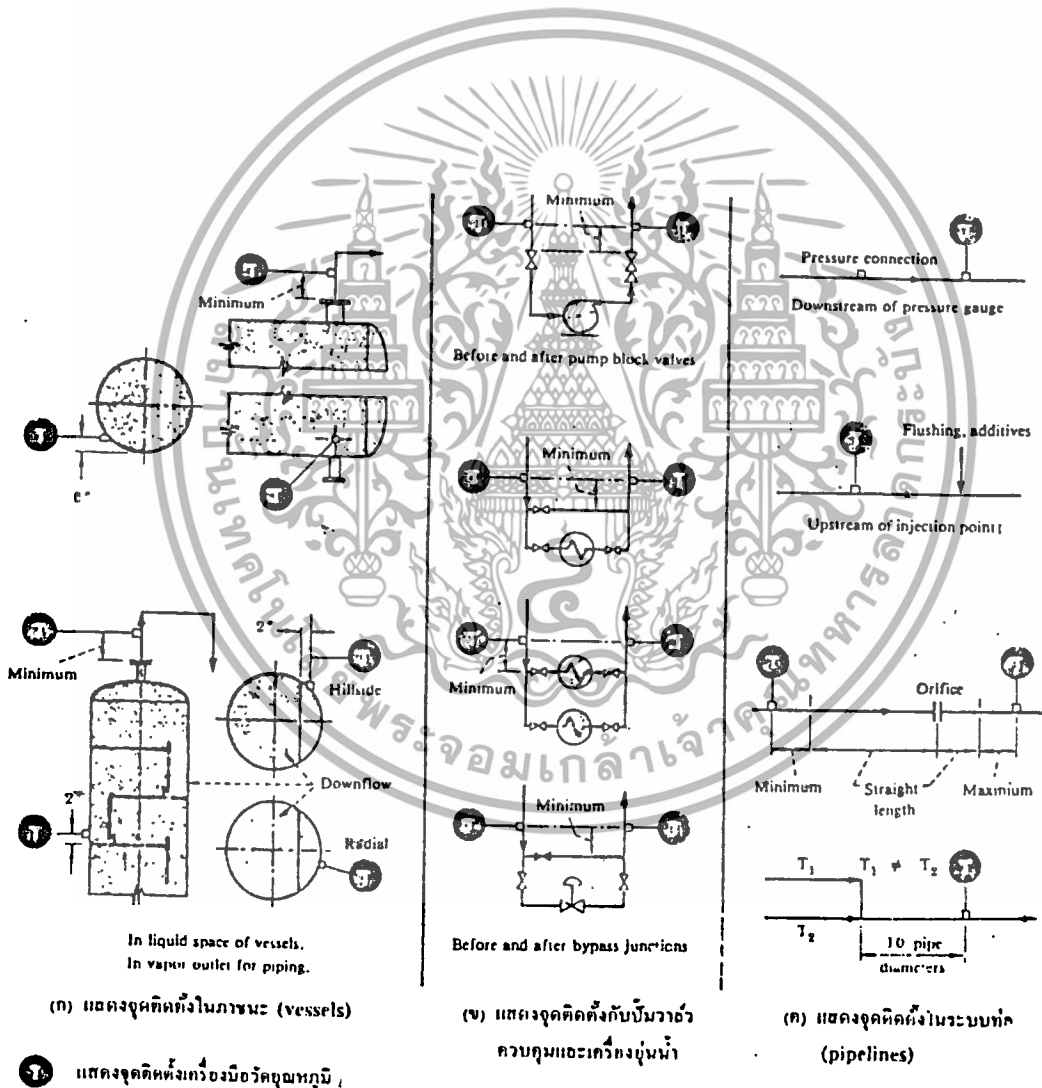
แสดงการติดตั้งเทอร์โมเวลล์กับภาชนะ (vessel) เช่น ถัง, drum หรือเตาเผา (furnace) ในลักษณะแนวตั้งและแนวนอน โดยใช้หน้าแปลนเป็นอุปกรณ์ช่วยยึด



รูปที่ 1.48 การติดตั้งเทอร์โมเวลล์กับภาชนะต่าง ๆ (For vessels, furnaces,

other equipment) เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบท่อ (piping design) จะต้องกำหนดจุดที่จะติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิขณะออกแบบด้วย เพราะอาจจะต้องขยายเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนาดเล็ก หรือคำนึงถึงผลอย่างอื่นที่จะติดตามมา เช่น จุดติดตั้งจะต้องอยู่ห่างจากคานเหนือออริฟิส สำหรับวัด flow อย่างน้อยเท่าใด (ตามลักษณะของ orifice) จึงจะไม่ส่งผลไปรบกวนการวัด flow ของออริฟิส หรือการวัดอุณหภูมิผสมจาก fluid ที่มีอุณหภูมิต่างกัน เมื่อไหลมารวมกันแล้วจุดที่วัดจะต้องอยู่ห่างออกไปอย่างน้อย 10 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลางท่อ เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิผสมที่ถูกต้อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่รูปที่ 1-49 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.49 (ก) เป็นตัวอย่างการเลือกจุดติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิในภาชนะ เช่น ถัง (drum) เมื่อต้องการวัดอุณหภูมิของ ของเหลวในภาชนะ จุดติดตั้งควรเป็นด้านล่างใกล้กับจุดต่อออกด้านล่าง ถ้าต้องการวัดอุณหภูมิของไอน้ำ ที่ออกจาก drum ควรเลือกจุดที่ใกล้กับภาชนะ (drum) เท่าที่จะทำได้

รูปที่ 1.49 (ข) สำหรับในระบบที่มีปั๊ม จุดที่ติดตั้งจะต้องอยู่ใกล้หน้าวาล์วทางด้านเข้าและหลังวาล์วทางด้านออกของปั๊มให้มาก เช่นเดียวกับ Heat Exchanger หรือวาล์วสำหรับควบคุม (control valve) จะต้องอยู่นอกวาล์ว bypass. ทั้งสองด้าน

รูปที่ 1.49 (ค) สำหรับในบริเวณที่ต้องวัดความดันและอุณหภูมิจะต้องต่อวัดความดันอยู่เหนือตัววัด อุณหภูมิ เพื่อให้ค่าความดันที่วัดได้ ไม่ได้รับผลกระทบจากตัวเทอร์โมเวลล์และลดพื้นที่หน้าตัดของท่อลงอันจะทำให้ความดันลดลงไปบ้าง

ในจุดที่ต้องมี fluid อย่างอื่นฉีดเข้ามาผสม (additives) เช่น ฆีตสาร เคมีบางอย่าง เข้าไปผสมกับน้ำมัน เพื่อให้การเผาไหม้ดีขึ้น ในลักษณะงานเช่นนี้ จุดติดตั้งตัววัดอุณหภูมิจะต้องอยู่เหนือจุดเติม (additives)

ออร์มิสสำหรับการวัด flow ท่อทางด้านหน้า (upstream side) ออร์มิสจะต้องตรงและมีความยาวตามกำหนด (ขึ้นอยู่กับค่า) จุดที่จะติดตั้งตัววัดอุณหภูมิจะต้องห่างจากออร์มิสมากที่สุด

การผสม fluid ที่มีอุณหภูมิต่างกัน จุดที่วัดอุณหภูมิผสมจะต้องอยู่ห่างจากจุดรวมของ fluid ทั้งสองเป็นระยะทางอย่างน้อย 10 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

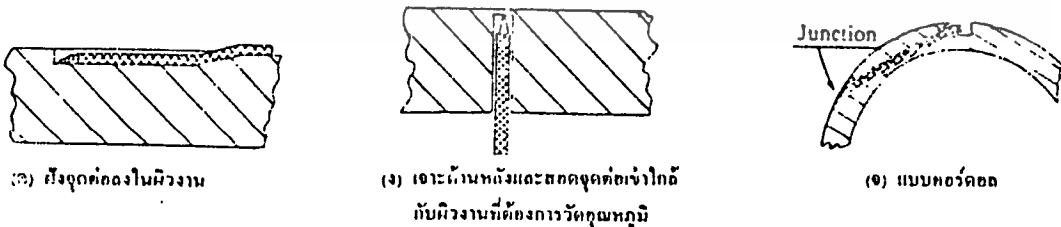
1.7.4 การติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลเพื่อวัดอุณหภูมิผิววัสดุ

วิธีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล เพื่อใช้วัดอุณหภูมิที่พื้นผิวทำได้หลายลักษณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะของวัตถุนั้น ๆ เช่น ขนาด ความหนา, บางของวัสดุ รูปแบบของการถ่ายเทความร้อน ตัวอย่างการติดตั้งในรูปของวัตถุเป็นการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลอย่างถาวรที่หมอบอยู่โดยทั่วไป รูปที่ 1.50 (ก) เมื่อต้องการวัดอุณหภูมิที่ผิวของโลหะบาง โดยการเชื่อม Measuring Junction ลงบนผิวของด้านที่ต้องการวัดอุณหภูมิ รูปที่ 1.50 (ข) เป็นการวัดอุณหภูมิที่ผิวของโลหะบางเช่นเดียวกับแบบ ก. แต่จุด Measuring Junction และผิว

เอกสารนี้เป็นของวัสดุที่ต้องกักรักษาอุณหภูมิไม่ได้ เชื่อมต่อกันโดยตรง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยพลการ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

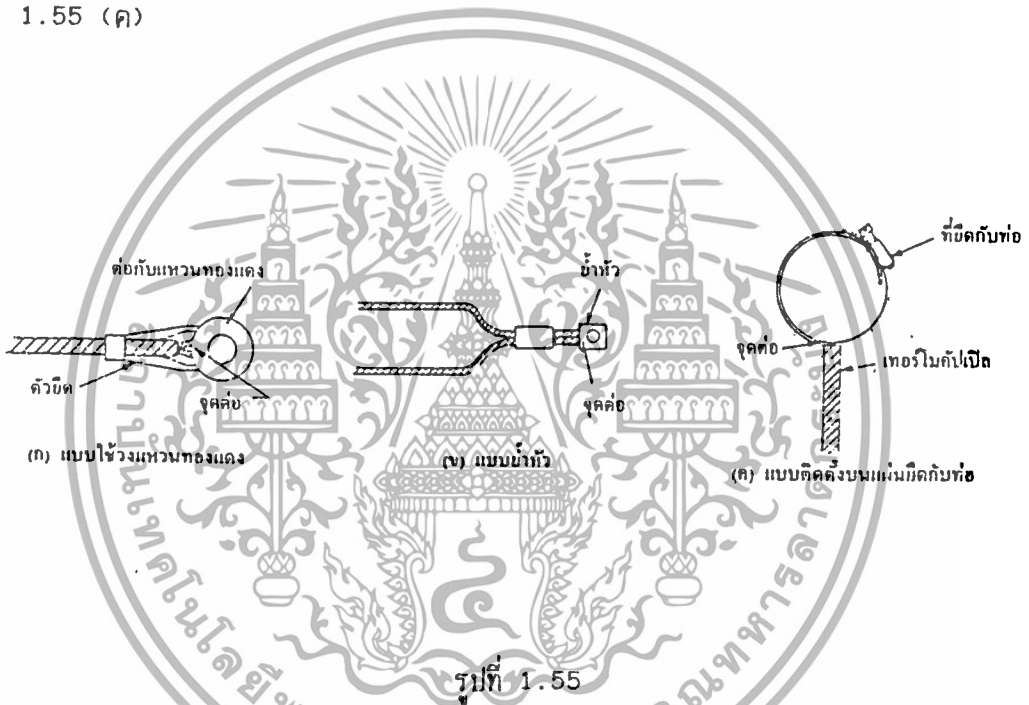
(collecting pad) เป็นตัวกลาง เพื่อให้การเตรียม Measuring Junction และการเชื่อมต่อเข้ากับพื้นผิวของโลหะเป็นไปได้โดยง่าย และแข็งแรงกว่าแบบ ก. แต่จะให้ผลการวัดต่ำกว่า สำหรับวัสดุที่หนานั้น เพื่อให้ผลการวัดถูกต้องยิ่งขึ้น การติดตั้งสามารถทำได้ตามรูปที่ 1.50 (ค) และ (ง) ตามรูป (ค) Measuring Junction ถูกฝังอยู่ในเนื้อโลหะโดยการเจาะร่องผิวของโลหะและเชื่อมต่อจุด Measuring Junction ลงในร่อง

ผิวด้านนอกจะถูกฉาบให้เต็มเหมือนสภาพเดิมด้วยซีเมนต์, การติดตั้งอีกวิธีหนึ่งคือการเจาะผิววัสดุอีกด้านหนึ่ง เข้ามาให้ใกล้กับผิวด้านที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ตามรูปที่ 1.50 (ง) และเชื่อมต่อ Measuring junction เข้ากับปลายสุดของรูที่เจาะ วิธีการตามรูปที่ 1.50 (ง) เหมาะสำหรับงานที่มีความดันไม่สูงนัก แต่ต้องการผลการวัด (response) ที่รวดเร็ว แต่สำหรับการวัดอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของท่อ ท่อที่จัดเตรียมไว้แล้วดังรูปที่ 1.50 (จ) ที่เรียกว่า chordal สามารถใช้ได้ ท่อช่วงนี้ต้องสั่งซื้อมาเป็นพิเศษ โดยกำหนดชนิดของโลหะ, ขนาดของท่อ, ยานอุณหภูมิที่ต้องการวัด แล้วติดตั้งท่อที่จัดเตรียมเทอร์โมคัปเปิลไว้ภายในนี้ลงบนบริเวณที่ต้องการทราบอุณหภูมิที่ผิวของท่อ



รูปที่ 1.50 วิธีการติดตั้งจุดต่อของ เทอร์โมคัปเปิล เพื่อวัดอุณหภูมิที่ผิวของชิ้นงานบางประเภท เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ซึ่งจะไม่มีการเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล สำหรับการวัดอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุแบบชั่วคราว เพื่อหาข้อมูลเป็นครั้งคราว สามารถทำได้โดยการออกแบบ Probe (หัววัด) แบบพิเศษ ตามรูป หัววัดตามรูปที่ 1.51 (ก) Measuring Junction จะถูกเชื่อมลงบนแหวนทองแดง เพื่อให้สะดวกสำหรับการติดตั้งด้วยสกรูลงบนพื้นผิวของวัสดุ Support ด้านข้าง ทั้งสองที่ติดกับแนวแหวนทองแดง เพื่อให้เกิดความแข็งแรง สำหรับการใช้งาน ถ้าเป็นแผ่นโลหะบางอาจใช้หมุดย้ำก็ได้ตามรูปที่ 1.51 (ข) หรืออีกลักษณะหนึ่งจุด Measuring Junction ถูกติดตั้งอยู่บนวงแหวนที่รัศรอบท่อ วงแหวนนี้สามารถปรับให้แน่นได้ตามรูปที่ 1.55 (ค)



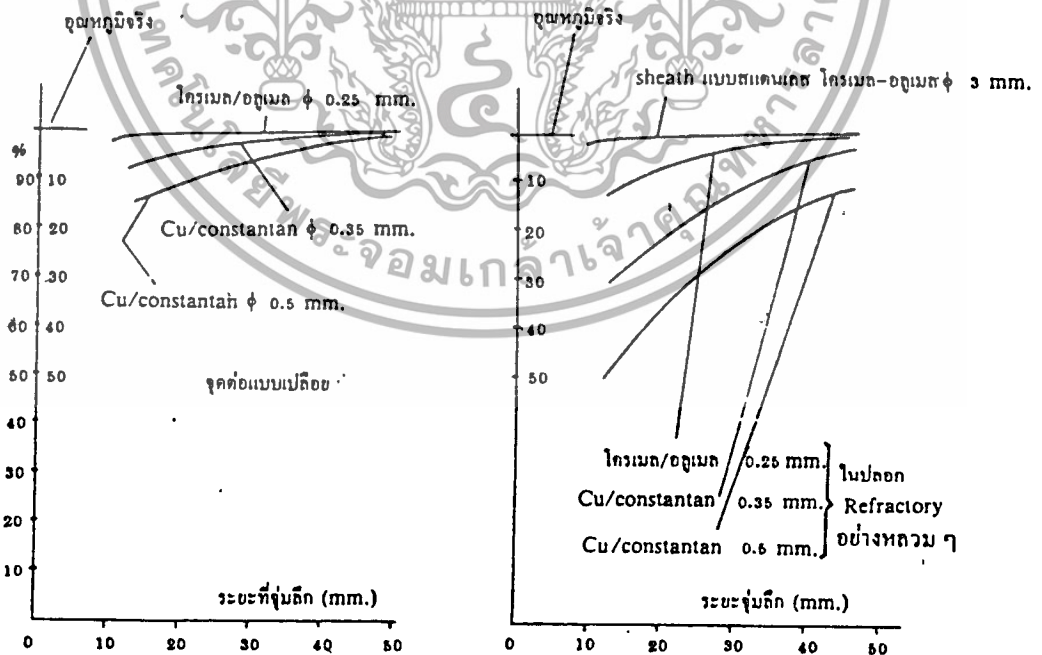
การติดตั้งวัดอุณหภูมิที่ผิวของวัตถุ จะทำให้อุณหภูมิที่พื้นผิวบริเวณนั้นผิดไปบ้าง เพราะการกระจายความร้อน และการคายความร้อนของผิวบริเวณนั้นจะผิดไปจากเดิม เช่น การติดตัวเทอร์โมคัปเปิลตามรูป จะทำให้การไหลของ fluid ที่ผิวบริเวณนั้นผิดไป ดังนั้น เพื่อที่จะลดความผิดพลาดนี้ให้เหลือน้อยที่สุด การติดตั้งควรทำอย่างระมัดระวัง โดยใช้สายขนาดเล็ก และพิจารณาความหนาบางของวัสดุ ถ้ามีความหนาพออาจติดตั้งได้โดยวิธี เชาะร่องขนาดพอที่จะติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลได้ และใช้ซีเมนต์ทนความร้อน ฉาบผิวให้เรียบ สภาพจะได้ใกล้เคียงกับก่อนการติดตั้งมากที่สุด ถ้าเป็นผิวของวัตถุที่สามารถมองเห็นจากภายนอกได้ การใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไพโรมิเตอร์ จะช่วยลดความผิดพลาดในส่วนนี้ได้

เอกสารนี้เป็นแต่จะต้องระมัดระวังในเรื่องใช้ Emisivity แทนนั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 ความผิดพลาดของการวัดอุณหภูมิ

1.8.1 ความผิดพลาดเนื่องจากการนำความร้อน (Conduction Errors in TC)

ในการใช้เทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิในช่วงต่ำจาก 0 °C ถึง 150 °C จำเป็นต้องสอดใส่เทอร์โมคัปเปิลเข้าไปสัมผัสอยู่กับ fluid ลึกพอสมควรเพราะถ้าไม่ลึกพอ จะได้ค่าอุณหภูมิต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากการนำความร้อนออกสู่ภายนอกของตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง จากการทดลองวัดอุณหภูมิของอากาศในช่วง 60 °C ถึง 150 °C (อุณหภูมิในช่วงนี้มีการสูญเสียความร้อนของตัวเทอร์โมคัปเปิล เนื่องจากการแผ่รังสีน้อยมาก) ไหลในท่อด้วยความเร็วประมาณ 2.5 เมตร ต่อวินาที และ 10 เมตรต่อวินาที ด้วยเทอร์โมคัปเปิลแบบ K และแบบ T ผลที่ได้ตามกราฟในรูปที่ 1.52 สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดเล็กจะให้ผลถูกต้องมากกว่า เพราะมีค่าการนำความร้อนออกน้อยกว่าสายขนาดใหญ่ เทอร์โมคัปเปิลแบบ K จะเกิดค่าผิดพลาด เนื่องจากการนำความร้อนน้อยกว่าแบบ T ที่ขนาดสายเท่ากัน ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่เกิดจากการนำความร้อนออกของตัวเทอร์โมคัปเปิลเองควรใช้สายขนาดเล็ก และสอดใส่ตัวเทอร์โมคัปเปิลเข้าไปให้ลึกเกิน 50 mm. ขึ้นไป



รูปที่ 1.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8.2 ค่าผิดพลาดของเทอร์โมคัปเปิลตามพิกัด

เพื่อให้ผลการวัดอุณหภูมิถูกต้องควรเลือกชนิด, ขนาด และย่านการใช้งานให้เหมาะสมกับสภาพของงาน ต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำขนาดสาย และพิกัดค่าผิดพลาดของเทอร์โมคัปเปิลแบบต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ISA

ตารางที่ 1.11 ข้อแนะนำขนาดสายของเทอร์โมคัปเปิลและอุณหภูมิสูงสุดของการใช้งานตามมาตรฐาน ISA กำหนดไว้ดังนี้

ขนาดสายของเทอร์โมคัปเปิล และอุณหภูมิสูงสุดของการใช้งาน					
เทอร์โมคัปเปิลแบบ AWG =	8 gage	14 gage	20 gage	24 gage	28 gage
J	-	370 °C	260 °C	200 °C	200 °C
K	760 °C	590 °C	480 °C	370 °C	370 °C
E	870 °C	650 °C	540 °C	430 °C	430 °C
K	1260 °C	1090 °C	980 °C	870 °C	870 °C
R&S	-	-	-	1480 °C	-
B	-	-	-	1700 °C	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.12 ค่าผิดพลาดของเทอร์โมคัปเปิลที่อยู่ในฉีกัด มาตรฐาน ISA เมื่ออุณหภูมิของ Junction 0°C

เทอร์โมคัปเปิลแบบ	ย่านอุณหภูมิ	พิสัยของค่าผิดพลาด	
		แบบมาตรฐาน (ใช้ค่าที่สูงกว่า)	แบบพิเศษ (ใช้ค่าที่สูงกว่า)
T	0 ถึง 350°C	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 0.75\%$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ หรือ 0.4%
J	0 ถึง 750°C	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 0.75\%$	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 0.4\%$
E	0 ถึง 900°C	$\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 0.5\%$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 0.4\%$
K	0 ถึง 1250°C	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 0.75\%$	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 0.4\%$
R หรือ S	0 ถึง 1450°C	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 0.25\%$	$\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 0.1\%$
B	$800 - 1700^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5\%$	-
T	-200°C ถึง 0°C	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 1.5\%$	-
E	-200°C ถึง 0°C	$\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 1\%$	-
K	-200°C ถึง 0°C	$\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ หรือ $\pm 2\%$	-

* ค่าอุณหภูมิผิดพลาดตามตาราง... กำหนดค่า 100% จากอุณหภูมิที่กำลังวัดอยู่ เช่น พิสัยค่าผิดพลาดของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J ในช่วงอุณหภูมิ 0 - 750°C = + 3/4% ถ้าค่าอุณหภูมิที่กำลังวัดเป็น 538°C ดังนั้นค่าที่อ่านได้จะต้องอยู่ในช่วง $538^{\circ}\text{C} + 3/4\% = 538 + 4^{\circ}\text{C}$ แต่ถ้าอุณหภูมิผิดพลาด + 3/4% น้อยกว่า + 2.2 $^{\circ}\text{C}$ เช่นที่อุณหภูมิที่วัดเป็น 250°C ซึ่ง + 3/4% เท่ากับ + 1.825 $^{\circ}\text{C}$ ผ่านพิสัยค่าก็จะเป็น $250^{\circ}\text{C} + 2.2^{\circ}\text{C}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.13 พิกัดค่าผิดพลาดของ Extension Wires ที่ Reference Junction
0 °C ตามมาตรฐาน ISA

Extension Wire แบบ	ย่านอุณหภูมิ	พิกัดค่าผิดพลาด	
		แบบมาตรฐาน	แบบพิเศษ
K	0 ถึง 200 °C	± 2.2 °C	-
J	0 ถึง 200 °C	± 2.2 °C	± 1.1 °C
E	0 ถึง 200 °C	± 1.7 °C	-
T	-60 °C ถึง +100 °C	± 1.0 °C	± 0.5 °C

ความผิดพลาดในการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล อาจเกิดขึ้นได้หลายแห่ง เช่น extension wire จุดต่อต่าง ๆ ในการต่อคู่สาย extension wire จะต้องระมัดระวังมิให้ผิดพลาดโดยการสลับสายทั้งที่ตัวเทอร์โมคัปเปิลและอุปกรณ์อ่านค่ามิลลิโวลต์ หรือตัวทรานสมิตเตอร์ สาย shield รอบ extension wire ก็จะต้องได้รับการต่อลง ground อย่างถูกวิธี เพราะค่าแรงเคลื่อนที่เกิดจากเทอร์โมคัปเปิลมีค่าน้อยอยู่ในย่านมิลลิโวลต์เท่านั้น และถ้าลากสาย extension wire ยาวขึ้นโอกาสที่จะได้รับการเหนี่ยวนำจากสายไฟฟ้าอื่น ๆ ที่มีกระแสสลับไหลอยู่ก็มีมากขึ้น จะทำให้เกิดค่าผิดพลาดขึ้นได้ ตามจุดต่อต่าง ๆ ต้องให้มีน้อยจุดที่สุดและเป็นวัสดุที่เลือกตามข้อแนะนำของทางบริษัทผู้ผลิต ถ้าจุดต่อยาว และอุณหภูมิปลายจุดต่อไม่เท่ากัน ความผิดพลาดจะเกิดขึ้น เพราะขัดกับกฎของไฟฟ้าที่เกิดจากความร้อน (thermoelectric law) "ซีโลนแหแรก"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

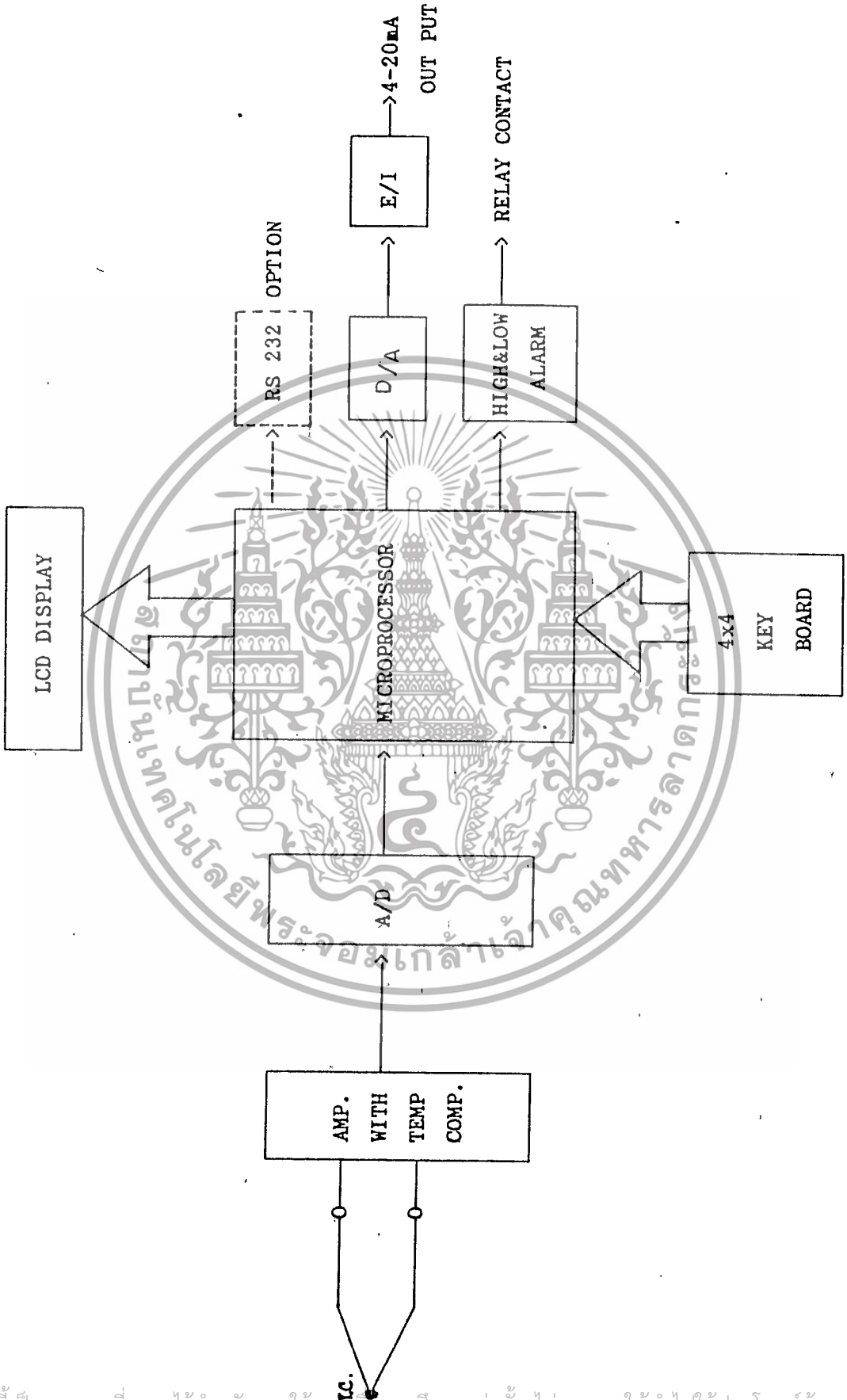
บทที่ 2 วงจรและการทำงาน

2.1 การทำงานของ BLOCK DIAGRAM

- 2.1.1 AMPLIFIER WITH TEMPERATURE COMPENSATE จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนขยายภาคแรก ซึ่งรวมวงจร COMPENSATE ด้วยและส่วนขยายภาคที่สอง ในส่วนภาคขยายภาคที่แรก นั้นจะทำหน้าที่ขยายแรงดัน (emf) จาก THERMCOUPLE ซึ่งมีค่าต่าง ๆ ให้มีแรงดันสูงขึ้น ส่วนวงจร COMPENSATE นั้นจะทำหน้าที่ชดเชย การเปลี่ยนแปลงค่าของ OUT PUT ของวงจรขยายภาคแรก ให้มีค่า $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ ในขณะที่ AMBIENT TEMP. เปลี่ยนแปลงส่วนภาคขยาย ภาคที่สอง จะทำการขยายให้มีแรงดัน OUT PUT เท่ากับ $0-5\text{V}$ ในแต่ละย่าน เช่นในกรณี $0-100^{\circ}\text{C}$ นั้นจะมีอัตราขยายเป็น 5 เท่า, $0-200^{\circ}\text{C}$ มีอัตราขยาย 2.5 เท่า และ $0-500^{\circ}\text{C}$ มีอัตราขยาย 1 เท่า
- 2.1.2 ANALOG TO DIGITAL CONVERTER เป็นภาคที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ ANALOG ($0-5\text{V}$) ให้เป็นสัญญาณ DIGITAL (OFF) เพื่อส่งให้แก่ CPU เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป
- 2.1.3 DIGITAL TO ANALOG CONVERTER เป็นภาคที่รับสัญญาณ DIGITAL มาจาก CPU แล้วทำการเปลี่ยนให้เป็น ANALOG ($0-5\text{V}$)
- 2.1.4 VOLTAGE TO CURRENT CONVERTER ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดัน ($0-5\text{V}$) ให้เป็น กระแสมาตรฐานที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ $4-20 \text{ mA}$
- 2.1.5 LCD DISPLAY ทำหน้าที่แสดงผลค่าอุณหภูมิที่อ่านได้และแสดงค่า ALARM LOW และ ALARM HIGH หรือ TEMP. RANGE SETTING ต่าง ๆ
- 2.1.6 KEY BOARD ทำหน้าที่ติดต่อกับ CPU ในกรณีที่เราต้องการเปลี่ยนย่านการวัด หรือ เปลี่ยนค่า ALARM LOW, HIGH ต่าง ๆ
- 2.1.7 RS-232 ทำหน้าที่ติดต่อกับระหว่าง เครื่องวัดอุณหภูมิกับ COMPUTER (PC) ในกรณีที่ ต้องการเก็บสถิติของค่าอุณหภูมิที่ทำการวัด
- 2.1.8 MICROPROCESSOR ทำหน้าที่ติดต่อกับอุปกรณ์ที่กล่าวข้างต้นทั้งหมด โดยจะรับข้อมูลจาก A/D มาประมวลผล ซึ่งขึ้นอยู่กับ RANGE ที่ถูก PROGRAM ผ่านทาง KEY BOARD และส่งผลไปแสดงที่ LCD DISPLAY และส่งข้อมูลไปยัง D/A เพื่อเปลี่ยนเป็นกระแส มาตรฐานอีกทั้งยังติดต่อรับข้อมูลกับ PC COMPUTER ผ่านทาง RS-232 อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การทำงานของวงจรทั้งหมด

2.2.1 ภาคขยายภาคแรกจะใช้ IC # LM 308 ซึ่งเป็น OP-AMP เป็นตัวทำหน้าที่ขยาย e_{mf} จาก THERMOCOUPLE โดยมี TEMP. SENAOR เบอร์ LM 335 ทำหน้าที่เป็นตัว COMPENSATE แต่เนื่องจาก VOLTAGE ที่ตัว LM 335 จะมีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 10 mV/K เครื่องมือวัดอุณหภูมิของเราจะวัดเป็นองศาเซลเซียส จึงต้องเปลี่ยน VOLTAGE ที่ตัว LM 335 ให้มีการเปลี่ยนแปลง $10 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$ จากนั้นจะส่งไปที่ IC # LM 308 อีกตัวหนึ่ง IC ตัวนี้จะสามารถเลือก GAIN ขยายได้ขึ้นอยู่กับ RANGE ที่ต้องการวัด

2.2.2 เมื่อได้ VOLTAGE OUT PUT จากวงจรขยาย ภาคที่สองแล้ว ก็ส่งไปให้ IC # ADC 0804 ซึ่งทำหน้าที่เป็น A/D ขนาด 8 Bit ทำการแปลง VOLTAGE OUT PUT ที่ได้ให้เป็นสัญญาณ DIGITAL ส่งให้ CPU โดยในตอนแรก CPU จะต้องส่งสัญญาณ VOLTAGE OUT PUT ที่ได้ให้เป็นสัญญาณ DIGITAL ส่งให้ CPU โดยในตอนแรก CPU จะต้องส่งสัญญาณ CS มาพร้อมกับ Rd มายัง ADC 0804 เพื่อรับข้อมูล DIGITAL ไปประมวลผล

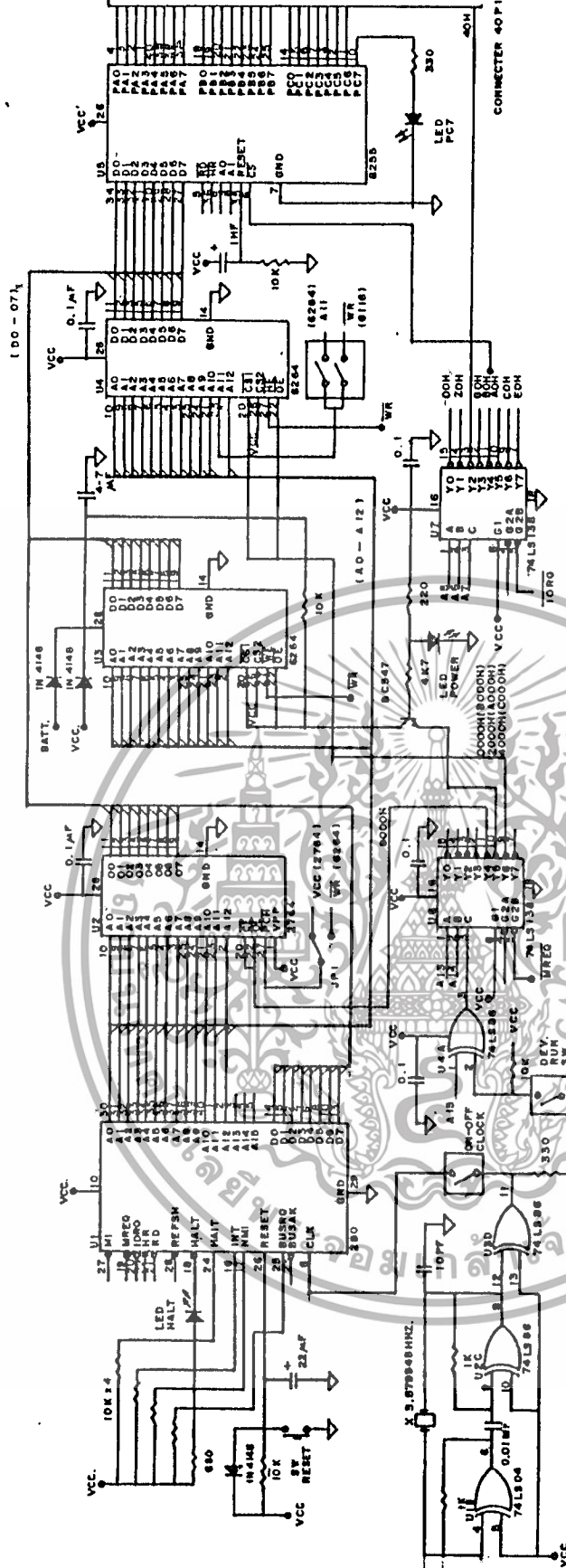
2.2.3 CPU ใช้เบอร์ 280 โดยใช้คริสตอล ความถี่ 3.579 MHz ต่อร่วมกับ INVERTING GATE เพื่อกำเนิดสัญญาณ CK. ให้แก่ CPU โดยมี EPROM # 2764 ทำหน้าที่เก็บข้อมูลในการเปลี่ยนแปลงย่านการวัดซึ่ง CPU จะติดต่อกับ EPROM และ RAM ได้โดยให้ 74 LS 138 เป็นตัว DECODE เลือก

2.2.4 I/O PROT เบอร์ 8255 ทำหน้าที่เป็นตัวต่อระหว่าง CPU กับ DAC 0808 และ MM 74C 923 โดย CPU จะส่งข้อมูล DIGITAL ผ่าน 8255 จะทำการ LATCH ข้อมูลแต่ที่ใช้ในโครงการนี้ จะใช้เพียง 16 KEY เท่านั้น ซึ่งเมื่อมีการกด KEY MM 74C 923 จะส่งสัญญาณไปทำงานยัง PROGRAM INTERRUPT ซึ่งใน PROGRAM จะสั่งให้ไปอ่านค่า KEY CODE จาก PORT B ของ 8255 อีกทีหนึ่งและ CPU จะติดต่อกับ 8255 ได้โดยใช้ 74 LS 138 เป็นตัว DECODE PORT และส่วนหนึ่งจะส่งไปยังขา CS ของ ADC 0804

2.2.5 วงจร DISPLAY นั้นเป็นการติดต่อกันระหว่าง CPU กับ CONTROLLER ภายในของ LCD DISPLAY โดยในขณะที่เริ่มแรกจะต้อง PROGRAM ให้กับ CONTROLLER ภายใน LCD DISPLAY เสียก่อน เช่น PROGRAM ให้แสดงผลแบบ 5×7 หรือแสดงผลแบบ 5×10 จุด เป็นต้น

2.2.6 วงจรส่วนสุดท้าย เป็นวงจร VOLTAGE TO CURRENT CONVERTER ซึ่งสามารถปรับ ZERO และ SPAN ของวงจรได้โดยมี INPUT VOLTAGE เป็น $0-5\text{V}$ และ OUT PUT CURRENT $4-20\text{mA}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

1. จากการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิห้องเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้ OUT PUT ของวงจร AMPLIFIER เปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้เกิดการ ERROR ในการอ่านค่า ซึ่งบางขณะ OUT PUT จะเปลี่ยนแปลงไป 0.1 V (100 mV) ในกรณี RANGE 0-500^o C จะผิดพลาดถึง 10^o C แต่ในกรณี RANGE 0-100^o C ก็จะทำให้ผิดพลาดไปประมาณ 2^o C เมื่อเทียบกับตารางที่ให้ทำการปรับค่าไว้ก่อนหน้านี
2. จากการทดลองพบว่า ในการแปลงค่า A/D CONVERTER นั้นบางครั้งพบว่า การแปลงค่าไม่แน่นอน ซึ่งทำให้ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้วิ่งไปวิ่งมา
3. เมื่อมีการ RESET CPU แล้วจะทำให้ OUT PUT ของวงจร AMPLIFIER เปลี่ยนแปลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำ PROJECT นี้

1. ZENER DIODE เบอร์ LM 329 B ซึ่งมีสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิค่า ไม่มีขายในท้องตลาด จึงจำเป็นต้องใช้ ZENER DIODE 6.9 V แทน และ IC OP - AMP เบอร์ LH 0044 C ก็ไม่มีขายเช่นกัน จึงใช้ IC OP - AMP เบอร์ LM 308 A ซึ่งมีค่า OFF SET DRIFT สูงกว่าแทน ทำให้ภาคขยายที่มีวงจร COMPENSATE อยู่ด้วยนั้น ปกติแล้ว จะได้ OUTPUT ประมาณ 10 mV/°C แต่จากการทดลองจะพบว่า ตลอดย่าน 0 - 500 องศา C จะได้ OUTPUT ไม่เท่ากับ 10 mV/°C

การแก้ไข OFF SET DRIFT ในวงจรขยายภาคแรก

SHORT THERMOCOUPLE ในวงจร และวัด OUTPUT ของวงจรที่ 25 และ 70 องศาเซลเซียส นำมาคำนวณลบค่า สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ B

$$B = \frac{V_{out} (70 \text{ องศา C}) - V_{out} (25 \text{ องศา C})}{45 \text{ องศา K}}$$

จากนั้น SHORT ZENER # LM329B แล้วปรับ TC ADJ. ให้ได้ OUTPUT เท่ากับ

$$V_{out} = (20 \text{ mV/องศา K} - B) \times 298 \text{ องศา K ที่ } 25 \text{ องศา C}$$

จากนั้นนำที่ SHORT ZENER DIODE ออก แล้วปรับ ZERO ADJUST จน

$$V_{out} = 246 \text{ mV ที่ } 25 \text{ องศา C}$$

2. ความไม่เป็นเชิงเส้นของ OUTPUT เนื่องจาก THERMOCOUPLE

3. ค่าผิดพลาดที่เกิดจาก IC A/D CONVERTER

การแก้ไขในหัวข้อที่ 2 และ 3 นั้น ทำได้โดยนำค่าที่ได้เทียบเป็นตารางตลอดย่านของการวัด แล้วใช้คุณสมบัติของ MICROPROCESSOR ในการแก้ไข เช่นที่อุณหภูมิ 200 องศา C ควรจะได้ค่า

OUTPUT จาก A/D CONVERTER เป็น FF ในกรณีที่อยู่ในย่าน 0 - 200 องศา แต่กลับได้

O/P จาก A/D - FD ก็นำค่าที่ได้ไปบวก 2 จะได้ FD + 2 = FF เป็นต้น

4. ความไม่แน่นอนในการแปลงค่าของ A/D CONVERTER ทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ERR  INL  ADDR  OBJ
1
2
3
4
5 2000
6 0020          DAC      EQU      20H
7 0021          INKEY    EQU      21H
8 0022          ALARM    EQU      22H
9 0023          CONTW    EQU      23H
10 0010          LCD1     EQU      10H
11 0011          LCD2     EQU      11H
12 0060          ADC      EQU      60H
13 00A0          ADC1     EQU      0A0H
14 0080          RESET    EQU      80H
15 2000
16
17
18
19 2000
20 3000          INPUTBUFFER EQU 03000H
21 3010          ALARMHI   EQU 03010H
22 3020          ALARMLO   EQU 03020H
23 3030          RANGEBUFFER EQU 03030H
24 3010          INKEYBUFFER EQU 03010H
25 3050          HIBUFFER   EQU 03050H
26 3060          LOBUFFER   EQU 03060H
27 3800          TABLE     EQU 03800H
28 3C00          INDEX      EQU 03C00H
29 2C00          REGISTER   EQU 02C00H
30 2500          RESULT     EQU 02500H
31 2000
32
33
34
35 2000
36 2000 31 FF JF          START: LD      SP,03FFFH
37 2003 3E 82            LD      A,082H
38 2005 D3 23            OUT     (CONTW),A
39 2007 3E 38            LD      A,038H
40 2009 D3 10            OUT     (LCD1),A
41 200B CD D6 20         CALL    DELAY1
42 200E 3E 0F            LD      A,0FH
43 2010 D3 40            OUT     (LCD1),A
44 2012 3E 0C            LD      A,0CH
45 2014 D3 40            OUT     (LCD1),A
46 2016 3E 00            LD      A,00H
47 2018 ED 47            START2: LD      I,A
48 201A 3E 01            LD      A,01H
49 201C D3 40            OUT     (LCD1),A
50 201E CD D6 20         CALL    DELAY1

```

ERR	LINE	ADDR	OBJ		
	51	2021	21 17 22		LD HL,DIS1
	52	2024	CD B3 20		CALL DISPLAY0
	53	2027	3E C2		LD A,0C2H
	54	2029	D3 40		OUT (LCD1),A
	55	202B	CD D6 20		CALL DELAY1
	56	202E	06 0A		LD B,0AH
	57	2030	21 8B 22		LD HL,DIS2 * ' TEMP
	58	2033	CD BF 20		CALL DISPLAY1
	59	2036	3E 00	INPUTKEY:	LD A,00
	60	2038	D3 60		OUT (ADC),A
	61	203A	CD C9 20		CALL DELAY0
	62	203D	DB A0		IN A,(ADC1)
	63	203F	32 00 30		LD (INPUTBUFFER),A
	64	2042	DB 21		IN A,(INKEY)
	65	2044	D3 80		OUT (RESET),A
	66	2046	FE 0F		CP 0FH
	67	2048	C4 E3 20		CALL NZ,CHECK_KEY
	68	204B	ED 57		LD A,I
	69	204D	FE 01		CP 01H
	70	204F	CA 16 20		JP Z,START2
	71	2052	3A 00 30		LD A,(INPUTBUFFER)
	72	2055	6F		LD L,A
	73	2056	26 3C		LD H,03CH
	74	2058	7E		LD A,(HL)
	75	2059	D3 20		OUT (DAC),A
	76	205B	21 00 38		LD HL,TABLE
	77	205E	17		LD B,A
	78	205F	0E 05	LOP0:	LD C,05H
	79	2061	23	LOP1:	LD HL
	80	2062	0D		DEC C
	81	2063	C2 61 20		JP NZ,LOP1
	82	2066	10 F7		DJNZ LOP0
	83	2068	3E CA		LD A,0CAH
	84	206A	D3 40		OUT (LCD1),A
	85	206C	CD C9 20		CALL DELAY0
	86	206F	06 05		LD B,05H
	87	2071	CD BF 20	DISP1:	CALL DISPLAY1
	88	2074	3E DF		LD A,0DFH
	89	2076	D3 41		OUT (LCD2),A
	90	2078	CD C9 20		CALL DELAY0
	91	207B	3E 43		LD A,43H
	92	207D	D3 41		OUT (LCD2),A
	93	207F	CD C9 20		CALL DELAY0
	94	2082	21 10 30	HIALARM:	LD HL,ALARMHI
	95	2085	BE		CP (HL)
	96	2086	CA 9B 20		JP Z,ALARM1
	97	2089	96		SUB (HL)
	98	208A	F2 9B 20		JP P,ALARM1
	99	208D	21 20 30	LOALARM:	LD HL,ALARMLO
100	2090	BE			CP (HL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ERR  LINE  ADDR  OBJ
      101  2091  CA A2 20
      102  2094  96
      103  2095  FA A2 20
      104  2098  C3 36 20
      105  209B  3E 01
      106  209D  D3 22
      107  209F  C3 36 20
      108  20A2  3E 02
      109  20A4  D3 22
      110  20AC  C3 36 20
      111  20A9
      112
      113
      114
      115  20A9
      116  20A9  08
      117  20AA  3E 01
      118  20AC  D3 40
      119  20AE  CD D6 20
      120  20B1  08
      121  20B2  C9
      122  20B3
      123
      124
      125
      126  20B3
      127  20B3  06 11
      128  20B5  7E
      129  20B6  D3 11
      130  20B8  CD C9 20
      131  20BB  23
      132  20BC  10 F7
      133  20BE  C9
      134
      135
      136  20BF
      137  20BF  7E
      138  20C0  D3 11
      139  20C2  CD C9 20
      140  20C5  23
      141  20C6  10 F7
      142  20C8  C9
      143
      144
      145
      146  20C9
      147  20C9  D9
      148  20CA  06 2B
      149  20CC  0E FF
      150  20CE  0D

```

JP Z,ALARM2
 SUB (HL)
 JP M,ALARM2
 JP INPUTKEY
 LD A,01H
 OUT (ALARM),A
 JP INPUTKEY
 LD A,02H
 OUT (ALARM),A
 JP INPUTKEY

ALARM1:
 ALARM2:

 * ROUTINE CLEAR SCREEN LCD DISPLAY *

CLEARLCD: EX AF,AF'
 LD A,01H
 OUT (LCD1),A
 CALL DELAY1
 EX AF,AF'
 RET

 * ROUTINE DISPLAY *

DISPLAY0: LD B,014H
 DISPLAY1: LD A,(HL)
 OUT (LCD2),A
 CALL DELAY0
 INC HL
 DJNZ DISP2
 RET

DISPLAY1: LD A,(HL)
 OUT (LCD2),A
 CALL DELAY0
 INC HL
 DJNZ DISPLAY1
 RET

 * ROUTINE DELAY TIME 101.5 mSEC *

DELAY0: EXX
 LD B,043D
 LOOP0: LD C,0FFH
 LOOP1: DEC C

ERR	LINE	ADDR	OBJ		
	151	20CF	C2 CE 20		
	152	20D2	10 F8	JP	NZ, LOOP1
	153	20D4	D9	DJNZ	LOOP0
	151	20D5	C9	EXX	
	155	20D6		RET	
	156				
	157				
	158				
	159	20D6			
	160	20D6	C5	DELAY1:	PUSH BC
	161	20D7	0C 03		LD B, 03
	162	20D9	0E FF	LOOP2:	LD C, 0FFH
	163	20DB	0D	LOOP3:	DEC C
	164	20DC	C2 DB 20		JP NZ, LOOP3
	165	20DF	10 F8		DJNZ LOOP2
	166	20E1	C1		POP BC
	167	20E2	C9		RET
	168				
	169				
	170				
	171	20E3	FE 0A		
	172	20E5	CC F7 20	CHECK_KEY:	CP 0AH
	173	20E8	FE 0B	RETURN:	CALL Z, SET_RANGE
	174	20EA	CC 52 21		CP 0BH
	175	20ED	FE 0C		CALL Z, SET_HI
	176	20EF	CC 62 21		CP 0CH
	177	20F2	3E 01		CALL Z, SET_LO
	178	20F4	ED 47		LD A, 01H
	179	20F6	C9		LD I, A
	180	20F7	CD A9 20	SET_RANGE:	RET
	181	20FA	21 F2 21		CALL CLEARLCD
	182	20FD	3E 80		LD HL, RANGED
	183	20FF	D3 40		LD A, 80H
	184	2101	CD 06 20		OUT (LCD1), A
	185	2104	CD B3 20	DISP_RANGE:	CALL DELAY1
	186	2107	3E C0		CALL DISPLAY0
	187	2109	D3 40		LD A, 0C0H
	188	210B	CD 06 20		OUT (LCD1), A
	189	210E	D3 80		CALL DELAY1
	190	2110	DB 21	KEY_PRESS:	OUT (RESET), A
	191	2112	D3 80		IN A, (INKEY)
	192	2114	FE 0F		OUT (RESET), A
	193	2116	28 F8		CP 0FH
	194	2118	FE 00		JR Z, KEY_PRESS
	195	211A	20 09		CP 00H
	196	211C	32 30 30		JR NZ, DATA
	197	211F	21 06 22		LD (RANGEBUFFER), A
	198	2122	C3 3C 21		LD HL, RANGE1
	199	2125	FE 01		JP DISP3
	200	2127	20 09	DATA:	CP 01H
					JR NZ, DATA1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ			
	201	2129	32 30 30		LD	(RANGEBUFFER), A
	202	212C	21 19 22		LD	HL, RANGE2
	203	212F	C3 3C 21		JP	DISP3
	204	2132	FE 02		CP	02H
	205	2134	20 DA	DATA1:	JR	NZ, KEY_PRESS
	206	2136	32 30 30		LD	(RANGEBUFFER), A
	207	2139	21 2C 22		LD	HL, RANGE3
	208	213C	CD B3 20	DISP3:	CALL	DISPLAY0
	209	213F	D3 80		OUT	(RESET), A
	210	2141	DB 21	KEY:	IN	A, (INKEY)
	211	2143	D3 80		OUT	(RESET), A
	212	2145	FE 0F		CP	0FH
	213	2147	28 F8		JR	Z, KEY
	214	2149	FE 0E		CP	0EH
	215	214B	20 F4		JR	NZ, KEY
	216	214D	3E 00		LD	A, 00H
	217	214F	C3 E8 20		JP	RETURN
	218	2152	11 10 30	SET_HI:	LD	DE, ALARMHI
	219	2155	ED 53 00 2C		LD	(REGISTER), DE
	220	2159	11 50 30		LD	DE, HIBUFFER
	221	215C	21 3F 22		LD	HL, HIDISPLAY
	222	215F	C3 72 21		JP	SET
	223	2162	11 20 30	SET_IO:	LD	DE, ALARMIO
	224	2165	ED 53 00 2C		LD	(REGISTER), DE
	225	2169	11 60 30		LD	DE, LOBUFFER
	226	216C	21 53 22		LD	HL, LODISPLAY
	227	216F	C3 72 21		JP	SET
	228	2172	CD A9 20	SET:	CALL	CLEARLCD
	229	2175	CD B3 20		CALL	DISPLAY0
	230	2178	3E C0		LD	A, 0C0H
	231	217A	D3 40		OUT	(LCD1), A
	232	217C	CD D6 20		CALL	DELAY1
	233	217F	21 A0 22		LD	HL, VALUE * 'VALUE
	234	2182	CD B3 20		CALL	DISPLAY0
	235	2185	3E CE		LD	A, 0CEH
	236	2187	D3 40		OUT	(LCD1), A
	237	2189	CD D6 20		CALL	DELAY1
	238	218C	06 03	LOOP_KEY:	LD	B, 03H
	239	218E	DB 21		IN	A, (INKEY)
	240	2190	FE 0F		CP	0FH
	241	2192	CA 8E 21		JP	Z, LOOP_KEY
	242	2195	FE 0E		CP	0EH
	243	2197	CA BB 21		JP	Z, MATH
	244	219A	FE 0A		CP	0AH
	245	219C	F2 8E 21		JP	P, LOOP_KEY
	246	219F	12		LD	(DE), A
	247	21A0	C6 30		ADD	A, 30H
	248	21A2	D3 41		OUT	(LCD2), A
	249	21A4	CD C9 20		CALL	DELAY0
	250	21A7	CD C9 20		CALL	DELAY0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ			
	254	21AA	CD C9 20			
	252	21AD	CD C9 20		CALL	DELAY0
	253	21B0	CD C9 20		CALL	DELAY0
	254	21B3	CD C9 20		CALL	DELAY0
	255	21B6	13		CALL	DELAY0
	256	21B7	D3 80		INC	DE
	257	21B9	10 D3		OUT	(RESET), A
	258	21BB	EB		DJNZ	LOOP_KEY
	259	21BC	2B	MATH:	EX	DE, HL
	260	21BD	2B		DEC	HL
	261	21BE	ED 5B 00 2C		DEC	HL
	262	21C2	DD 21 67 22		LD	DE, (REGISTER)
	263	21C6	FD 21 6A 22		LD	IX, FIRST
	264	21CA	3E 00		LD	IY, SECOND
	265	21CC	BE		LD	A, 00H
	266	21CD	CA D5 21		CP	(HL)
	267	21D0	46		JP	Z, LOAD0
	268	21D1	DD 23		LD	B, (HL)
	269	21D3	10 FC	SHIFT0:	INC	IX
	270	21D5	DD 7E 00		DJNZ	SHIFT0
	271	21D8	12	LOAD0:	LD	A, (IX+0)
	272	21D9	3E 00		LD	(DE), A
	273	21DB	23		LD	A, 00H
	271	21DC	BE		INC	HL
	275	21DD	CA E6 21		CP	(HL)
	276	21E0	46		JP	Z, ADDI
	277	21E7	FD 23		LD	B, (HL)
	278	21E3	10 FC	SHIFT2:	INC	IY
	279	21E5	1A		DJNZ	SHIFT2
	280	21E6	FD 8C 00	ADDI:	LD	A, (DE)
	281	21E9	23		ADD	A, (IY+0)
	282	21EA	8C		INC	HL
	283	21EB	21 00 25		ADD	A, (HL)
	284	21EE	6F		LD	HL, RESULT
	285	21EF	7E		LD	L, A
	286	21F0	12		LD	A, (HL)
	287	21F1	C9		LD	(DE), A
	288	21F2			RET	
	289					
	290					
	291					
	292	21F2	54 45 4D 50	RANGED	DB	'TEMP. RANGE SETTING'
	292	21F6	2E 20 52 41			
	292	21FA	4E 47 45 20			
	292	21FE	20 53 45 54			
	292	2202	54 49 4E 47			
	293	2206	20 20 20 20	RANGE1	DB	' 1). 0-100', 0pFH, 'C
	293	220A	31 29 2E 20			
	293	220E	30 2D 31 30			
	293	2212	30 DF 43 20			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ				
	293	2216	20 20 20				
	294	2219	20 20 20 20	RANGE2	DB		2). 0-200',0DFH,'C
	294	221D	32 29 2E 20				
	294	2221	30 2D 32 30				
	294	2225	30 DF 43 20				
	294	2229	20 20 20				
	295	222C	20 20 20 20	RANGE3	DB		3). 0-300',0DFH,'C
	295	2230	33 29 2E 20				
	295	2234	30 2D 33 30				
	295	2238	30 DF 43 20				
	295	223C	20 20 20				
	296	223F	20 18 49 17	HIDISPLAY	DB		' HIGH ALARM SETTING '
	296	2243	18 20 41 4C				
	296	2247	11 52 4D 20				
	296	224B	53 45 54 54				
	296	224F	49 4E 47 20				
	297	2253	20 4C 4F 57	LODISPLAY	DB		' LOW ALARM SETTING '
	297	2257	20 20 41 4C				
	297	225B	11 52 4D 20				
	297	225F	53 45 54 54				
	297	2263	49 4E 47 20				
	298	2267	00 61 C8	FIRST	DB		00H,64H,0C8H
	299	226A	00 0A 14 1E	SECOND	DB		00H,0AH,014H,01EH,028H,03
	299	226E	28 32 3C 16				
	299	2272	50 5A				
	300	2274	01 02 03	RANGE SET	DB		01,02,03
	301	2277	20 54 45 4D	DIS1	DB		' TEMP. TRANSMITTER '
	301	227B	50 2E 20 20				
	301	227F	54 52 41 4E				
	301	2283	53 4D 49 54				
	301	2287	54 45 52 20				
	302	228B	20 20 54 45	DIS2	DB		' TEMP. = XXX.X ',0DFH,'
	302	228F	4D 50 2E 20				
	302	2293	3D 20 58 58				
	302	2297	58 2E 58 20				
	302	229B	20 DF 43 20				
	302	229F	20				
	303	22A0	56 11 4C 55	VALUE	DB		' VALUE SETTING=XXX ',0DFH,'
	303	22A4	45 20 53 45				
	303	22A8	54 54 49 4E				
	303	22AC	47 3D 58 58				
	303	22B0	58 DF 43 20				
	304	22B4					

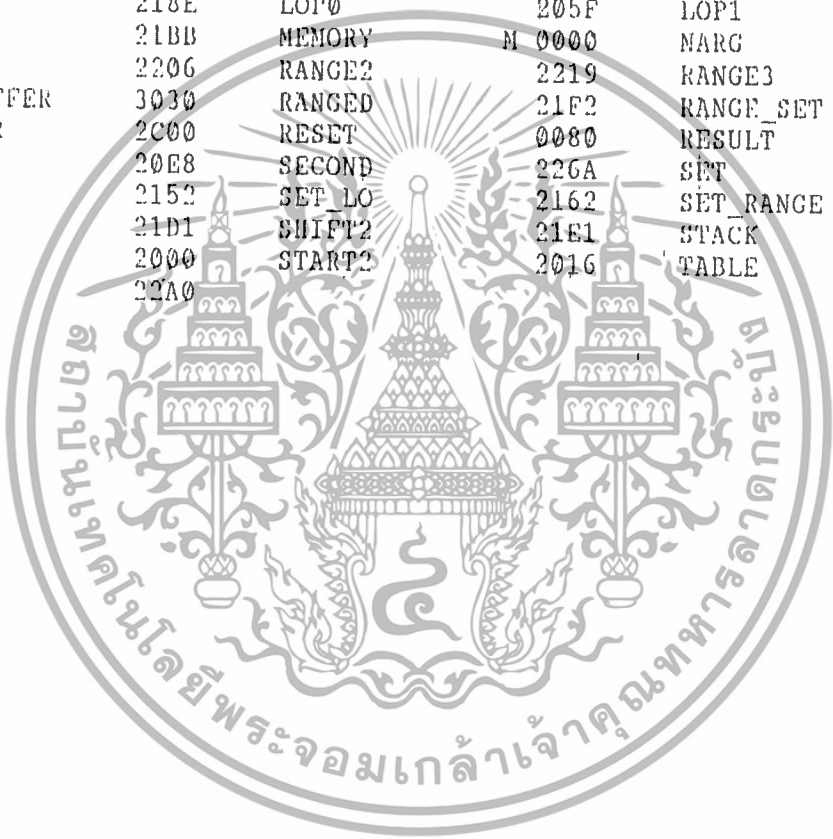
END

ASSEMBLER ERRORS - 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL TABLE

ADC	0060	ADC1	00A0	ADDI	21E6
ALARM	0022	ALARMJ	209B	ALARM2	20A2
ALARMH1	3010	ALARMLO	3020	CHECK_KEY	20E3
CLEARLCD	20A9	CONTW	0023	DAC	0030
DATA	2125	DATA1	2132	DELAY0	20C9
DELAY1	20D6	DIS1	3277	DIS2	228B
DISP1	2071	DISP2	20B5	DISP3	213C
DISPLAY0	20B3	DISPLAY1	20BF	DISP_RANGE	2104
FIRST	22G7	HIALARM	2082	HIBUFFER	3050
HIDISPLAY	223F	INDEX	3C00	INKEY	0021
INKEYBUFFER	3040	INPUTBUFFER	3000	INPUTKEY	2036
KFY	2141	KEY_PRESS	2110	LCD1	0040
LCD?	0041	LOAD0	21D5	LOADARM	208D
LOBUFFER	3060	LODISPLAY	2253	LOOP0	20CC
LOOP1	20CE	LOOP2	20D9	LOOP3	20DB
LOOP_KEY	218E	LOP0	205F	LOP1	2061
MATH	21BB	MEMORY	M 0000	MARG	0000
RANGE1	2206	RANGE2	2219	RANGE3	222C
RANGEBUFFER	3030	RANGED	21F2	RANGE_SET	2274
REGISTER	2C00	RESET	0080	RESULT	2500
RETURN	20E8	SECOND	226A	SET	2172
SET_HI	2152	SET_LO	2162	SET_RANGE	20F7
SHIFT0	21D1	SHIFT2	21E1	STACK	0000
START	2000	START2	2016	TABLE	3800
VALUE	22A0				



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LN1	ADDR	OBJ	ORG	03800H
	1				
	2	3800	30 30 30 2E	TABLE1	DB 030H,030H,030H,02EH,035H * 000.5
	2	3804	35		
	3	3805	30 30 30 2E	TABLE2	DB 030H,030H,030H,02EH,035H * 000.5
	3	3809	35		
	4	380A	30 30 30 2E	TABLE3	DB 030H,030H,030H,02EH,035H * 000.5
	4	380E	35		
	5	380F	30 30 30 2E	TABLE4	DB 030H,030H,030H,02EH,035H * 000.5
	5	3813	35		
	6	3814	30 30 30 2E	TABLE5	DB 030H,030H,030H,02EH,035H * 000.5
	6	3818	35		
	7	3819	30 30 31 2E	TABLE6	DB 030H,030H,031H,02EH,030H * 001.0
	7	381D	30		
	8	381E	30 30 31 2E	TABLE7	DB 030H,030H,031H,02EH,035H * 001.5
	8	3822	35		
	9	3823	30 30 31 2E	TABLE8	DB 030H,030H,031H,02EH,035H * 001.5
	9	3827	35		
	10	3828	30 30 32 2E	TABLE9	DB 030H,030H,032H,02EH,030H * 002.0
	10	382C	30		
	11	382D	30 30 32 2E	TABLE10	DB 030H,030H,032H,02EH,035H * 002.5
	11	3831	35		
	12	3832	30 30 33 2E	TABLE11	DB 030H,030H,033H,02EH,030H * 003.0
	12	3836	30		
	13	3837	30 30 33 2E	TABLE12	DB 030H,030H,033H,02EH,035H * 003.5
	13	383D	35		
	14	383C	30 30 33 2E	TABLE13	DB 030H,030H,033H,02EH,035H * 003.5
	14	3840	35		
	15	3841	30 30 34 2E	TABLE14	DB 030H,030H,034H,02EH,030H * 004.0
	15	3845	30		
	16	3846	30 30 34 2E	TABLE15	DB 030H,030H,034H,02EH,035H * 004.5
	16	384A	35		
	17	384B	30 30 35 2E	TABLE16	DB 030H,030H,035H,02EH,030H * 005.0
	17	384F	30		
	18	3850	30 30 35 2E	TABLE17	DB 030H,030H,035H,02EH,035H * 005.5
	18	3854	35		
	19	3855	30 30 35 2E	TABLE18	DB 030H,030H,035H,02EH,035H * 005.5
	19	3859	35		
	20	385A	30 30 36 2E	TABLE19	DB 030H,030H,036H,02EH,030H * 006.0
	20	385E	30		
	21	385F	30 30 36 2E	TABLE20	DB 030H,030H,036H,02EH,035H * 006.5
	21	3863	35		
	22	3864	30 30 37 2E	TABLE21	DB 030H,030H,037H,02EH,030H * 007.0
	22	3868	30		
	23	3869	30 30 37 2E	TABLE22	DB 030H,030H,037H,02EH,035H * 007.5
	23	386D	35		
	24	386E	30 30 38 2E	TABLE23	DB 030H,030H,038H,02EH,030H * 008.0
	24	3872	30		
	25	3873	30 30 38 2E	TABLE24	DB 030H,030H,038H,02EH,035H * 008.5
	25	3877	35		
	26	3878	30 30 38 2E	TABLE25	DB 030H,030H,038H,02EH,035H * 008.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LEAL	MOVR	OBJ			
26	387C	35				
27	387D	30 30 39 2F	TABLE26 DB	030H,030H,039H,02FH,030H	*	009.0
27	3881	30				
28	3882	30 30 39 2E	TABLE27 DB	030H,030H,039H,02EH,035H	*	009.5
28	3886	35				
29	3887	30 30 39 2E	TABLE28 DB	030H,030H,039H,02EH,035H	*	009.5
29	388B	35				
30	388C	30 31 30 2E	TABLE29 DB	030H,031H,030H,02EH,030H	*	010.0
30	389C	30				
31	3891	30 31 30 2E	TABLE30 DB	030H,031H,030H,02EH,035H	*	010.5
31	3895	35				
32	3896	30 31 31 2E	TABLE31 DB	030H,031H,031H,02EH,030H	*	011.0
32	389A	30				
33	389B	30 31 31 2E	TABLE32 DB	030H,031H,031H,02EH,035H	*	011.5
33	389F	35				
34	38AC		END			

ASSEMBLER ERRORS 0

MICROHC V

PAGE 3

MEMORY	START	TABLE	END	TABLE	END
TABLE1	3800	TABLE10	382D	TABLE11	3832
TABLE12	3837	TABLE13	383C	TABLE14	3841
TABLE15	3846	TABLE16	384B	TABLE17	3850
TABLE18	3855	TABLE19	385A	TABLE2	3805
TABLE20	385F	TABLE21	3864	TABLE22	3869
TABLE23	386E	TABLE24	3873	TABLE25	3878
TABLE26	387D	TABLE27	3882	TABLE28	3887
TABLE29	388C	TABLE3	380A	TABLE30	3891
TABLE31	389C	TABLE32	389B	TABLE4	380F
TABLE5	3814	TABLE6	3819	TABLE7	381E
TABLE8	3823	TABLE9	3828		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LF	ADDR	ORIG	ORG	038A0H
	1				
	2	38A0	30 31 31 2F	TABLE33 DB	030H,031H,031H,02EH,035H * 011.5
	2	38A4	35		
	3	38A7	30 31 32 2F	TABLE34 DB	030H,031H,032H,02EH,030H * 012.0
	3	38A9	30		
	4	38AA	30 31 32 2E	TABLE35 DB	030H,031H,032H,02EH,035H * 012.5
	4	38AE	35		
	5	38AF	30 31 33 2E	TABLE36 DB	030H,031H,033H,02EH,030H * 013.0
	5	38B3	30		
	6	38B4	30 31 33 2E	TABLE37 DB	030H,031H,033H,02EH,035H * 013.5
	6	38B8	35		
	7	38B9	30 31 33 2E	TABLE38 DB	030H,031H,033H,02EH,035H * 013.5
	7	38BD	35		
	8	38BE	30 31 34 2E	TABLE39 DB	030H,031H,034H,02EH,030H * 014.0
	8	38C2	30		
	9	38C3	30 31 34 2E	TABLE40 DB	030H,031H,034H,02EH,035H * 014.5
	9	38C7	35		
	10	38C8	30 31 35 2E	TABLE41 DB	030H,031H,035H,02EH,030H * 015.0
	10	38CC	30		
	11	38CD	30 31 35 2E	TABLE42 DB	030H,031H,035H,02EH,035H * 015.5
	11	38D1	35		
	12	38D2	30 31 36 2E	TABLE43 DB	030H,031H,036H,02EH,030H * 016.0
	12	38D6	30		
	13	38D7	30 31 36 2E	TABLE44 DB	030H,031H,036H,02EH,035H * 016.5
	13	38DB	35		
	14	38DC	30 31 36 2E	TABLE45 DB	030H,031H,036H,02EH,035H * 016.5
	14	38F0	35		
	15	38E1	30 31 37 2E	TABLE46 DB	030H,031H,037H,02EH,030H * 017.0
	15	38E5	30		
	16	38E6	30 31 37 2E	TABLE47 DB	030H,031H,037H,02EH,035H * 017.5
	16	38EA	35		
	17	38EB	30 31 38 2E	TABLE48 DB	030H,031H,038H,02EH,030H * 018.0
	17	38FF	30		
	18	38F0	30 31 38 2E	TABLE49 DB	030H,031H,038H,02EH,035H * 018.5
	18	38F4	35		
	19	38F5	30 31 38 2E	TABLE50 DB	030H,031H,038H,02EH,035H * 018.5
	19	38F9	35		
	20	38FA	30 31 39 2E	TABLE51 DB	030H,031H,039H,02EH,030H * 019.0
	20	38FE	30		
	21	38FF	30 31 39 2E	TABLE52 DB	030H,031H,039H,02EH,035H * 019.5
	21	3903	35		
	22	3904	30 32 30 2E	TABLE53 DB	030H,032H,030H,02EH,030H * 020.0
	22	3908	30		
	23	3909	30 32 30 2E	TABLE54 DB	030H,032H,030H,02EH,035H * 020.5
	23	390D	35		
	24	390E	30 32 30 2E	TABLE55 DB	030H,032H,030H,02EH,035H * 020.5
	24	3912	35		
	25	3913	30 32 31 2E	TABLE56 DB	030H,032H,031H,02EH,030H * 021.0
	25	3917	30		
	26	3918	30 32 31 2E	TABLE57 DB	030H,032H,031H,02EH,035H * 021.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ERR  L1M  ADDR  OBJ
26  391C  35
27  391D  30 32 32 2E  TABLE58 DB  030H,032H,032H,02EH,030H * 022.0
27  3921  30
28  3922  30 32 32 2E  TABLE59 DB  030H,032H,032H,02EH,035H * 022.5
28  3926  35
29  3927  30 32 32 2E  TABLE60 DB  030H,032H,032H,02EH,035H * 022.5
29  392B  35
30  392C  30 32 33 2E  TABLE61 DB  030H,032H,033H,02EH,030H * 023.0
30  392C  30
31  3931  30 32 33 2E  TABLE62 DB  030H,032H,033H,02EH,035H * 023.5
31  3935  35
32  3936  30 32 34 2E  TABLE63 DB  030H,032H,034H,02EH,036H * 024.0
32  393A  30
33  393B  30 32 31 2E  TABLE64 DB  030H,032H,033H,02EH,030H * 021.5
33  393F  30
31  3940
    
```

END

ASSEMBLER ERRORS 0

```

MEMORY 4 0000
TABLE33 38A0  TABLE34 38AC  TABLE35 38AA
TABLE36 38AF  TABLE37 38B1  TABLE38 38B9
TABLE39 38BC  TABLE40 38C3  TABLE41 38C8
TABLE42 38CD  TABLE43 38D2  TABLE44 38D7
TABLE45 38DC  TABLE46 38E1  TABLE47 38E6
TABLE48 38EB  TABLE49 38F0  TABLE50 38F5
TABLE51 38FA  TABLE52 38FF  TABLE53 3904
TABLE54 3909  TABLE55 390E  TABLE56 3913
TABLE57 3918  TABLE58 391D  TABLE59 3922
TABLE60 3927  TABLE61 392C  TABLE62 3931
TABLE63 393C  TABLE64 393B
    
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ	ORG	03940H
	1			ORG	03940H
	2	3940	30 32 34 2E	TABLE1	DB 030H,032H,034H,02EH,035H * 024.5
	2	3944	35		
	3	3945	30 32 35 2E	TABLE2	DB 030H,032H,035H,02EH,030H * 025.0
	3	3949	30		
	4	394A	30 32 35 2E	TABLE3	DB 030H,032H,035H,02EH,035H * 025.5
	4	394E	35		
	5	394F	30 32 36 2E	TABLE4	DB 030H,032H,036H,02EH,030H * 026.0
	5	3953	30		
	6	3954	30 32 36 2E	TABLE5	DB 030H,032H,036H,02EH,035H * 026.5
	6	3958	35		
	7	3959	30 32 36 2E	TABLE6	DB 030H,032H,036H,02EH,035H * 026.5
	7	395D	35		
	8	395E	30 32 37 2E	TABLE7	DB 030H,032H,037H,02EH,030H * 027.0
	8	3962	30		
	9	3963	30 32 37 2E	TABLE8	DB 030H,032H,037H,02EH,035H * 027.5
	9	3967	35		
	10	3968	30 32 37 2E	TABLE9	DB 030H,032H,037H,02EH,035H * 027.5
	10	396C	35		
	11	396D	30 32 38 2E	TABLE10	DB 030H,032H,038H,02EH,030H * 028.0
	11	3971	30		
	12	3972	30 32 38 2E	TABLE11	DB 030H,032H,038H,02EH,035H * 028.5
	12	3976	35		
	13	3977	30 32 39 2E	TABLE12	DB 030H,032H,039H,02EH,030H * 029.0
	13	397B	30		
	11	397C	30 32 39 2E	TABLE13	DB 030H,032H,039H,02EH,035H * 029.5
	14	3980	35		
	15	3981	30 32 39 2E	TABLE14	DB 030H,032H,039H,02EH,035H * 029.5
	15	3985	35		
	16	3986	30 33 30 2E	TABLE15	DB 030H,033H,030H,02EH,030H * 030.0
	16	398A	30		
	17	398B	30 33 30 2E	TABLE16	DB 030H,033H,030H,02EH,035H * 030.5
	17	398F	35		
	18	3990	30 33 31 2E	TABLE17	DB 030H,033H,031H,02EH,030H * 031.0
	18	3994	30		
	19	3995	30 33 31 2E	TABLE18	DB 030H,033H,031H,02EH,035H * 031.5
	19	3999	35		
	20	399A	30 33 32 2E	TABLE19	DB 030H,033H,032H,02EH,035H * 031.5
	20	399E	35		
	21	399F	30 33 32 2E	TABLE20	DB 030H,033H,032H,02EH,030H * 032.0
	21	39A3	30		
	22	39A4	30 33 32 2E	TABLE21	DB 030H,033H,032H,02EH,035H * 032.5
	22	39A8	35		
	23	39A9	30 33 33 2E	TABLE22	DB 030H,033H,033H,02EH,030H * 033.0
	23	39AD	30		
	24	39AE	30 33 33 2E	TABLE23	DB 030H,033H,033H,02EH,035H * 033.5
	24	39B2	35		
	25	39B3	30 33 33 2E	TABLE24	DB 030H,033H,033H,02EH,035H * 033.5
	25	39B7	35		
	26	39B8	30 33 34 2E	TABLE25	DB 030H,033H,034H,02EH,030H * 034.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ			
	26	39BC	30			
	27	39BD	30 33 34 2E	TABLE26 DB	030H,033H,034H,02EH,035H	* 034.5
	27	39C1	35			
	28	39C2	30 33 35 2E	TABLE27 DB	030H,033H,035H,02EH,030H	* 035.0
	28	39C6	30			
	29	39C7	30 33 35 2E	TABLE28 DB	030H,033H,035H,02EH,035H	* 035.5
	29	39CB	35			
	30	39CC	30 33 35 2E	TABLE29 DB	030H,033H,035H,02EH,035H	* 035.5
	30	39D0	35			
	31	39D1	30 33 36 2E	TABLE30 DB	030H,033H,036H,02EH,030H	* 036.0
	31	39D5	30			
	32	39DC	30 33 36 2E	TABLE31 DB	030H,033H,036H,02EH,035H	* 036.5
	32	39DA	35			
	33	39DB	30 33 37 2E	TABLE32 DB	030H,033H,037H,02EH,030H	* 037.0
	33	39DF	30			
	34	39E0		END		

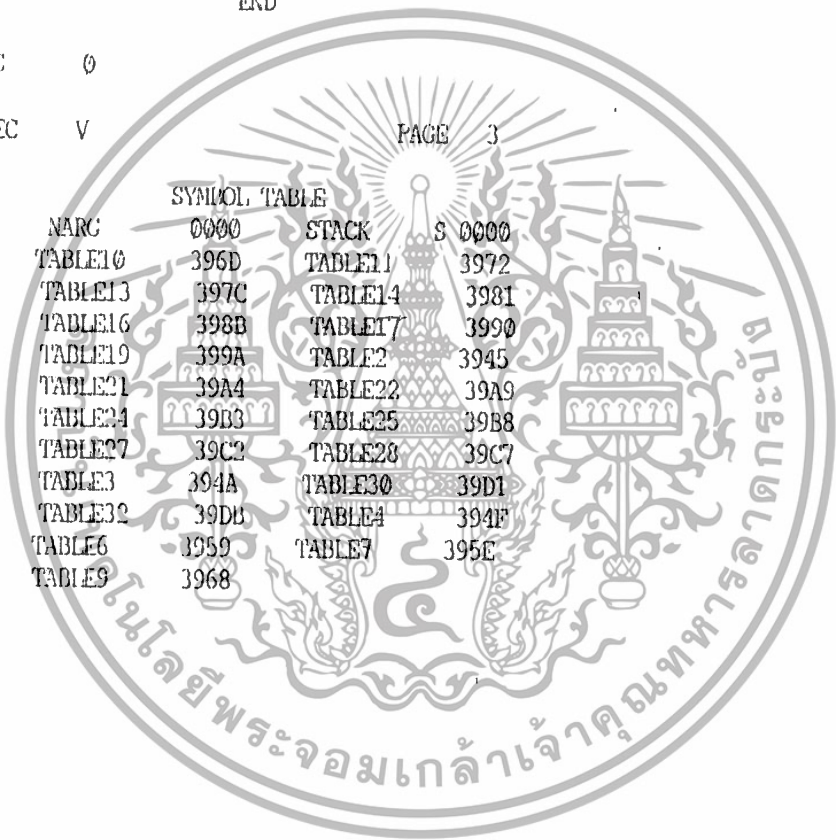
ASSEMBLER ERRORS 0

MICROPEC V

PAGE 3

SYMBOL TABLE

MEMORY	M 0000	NARC	0000	STACK	S 0000
TABLE1	3940	TABLE10	396D	TABLE11	3972
TABLE12	3977	TABLE13	397C	TABLE14	3981
TABLE15	3986	TABLE16	398B	TABLE17	3990
TABLE18	3995	TABLE19	399A	TABLE2	3945
TABLE20	399F	TABLE21	39A4	TABLE22	39A9
TABLE23	39AE	TABLE24	39B3	TABLE25	39B8
TABLE26	39BD	TABLE27	39C2	TABLE28	39C7
TABLE29	39CC	TABLE3	394A	TABLE30	39D1
TABLE31	39DC	TABLE32	39DB	TABLE4	394F
TABLE5	3951	TABLE6	3959	TABLE7	395E
TABLE8	39C3	TABLE9	3968		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ	ORG	039E0H
	1			ORG	039E0H
	2	39E0	30 33 37 2E	TABLE1	DB 030H,033H,037H,02EH,035H * 037.5
	2	39E4	35		
	3	39E5	30 33 37 2E	TABLE2	DB 030H,033H,037H,02EH,035H * 037.5
	3	39E9	35		
	4	39EA	30 33 38 2E	TABLE3	DB 030H,033H,038H,02EH,030H * 038.0
	4	39EE	30		
	5	39EF	30 33 38 2E	TABLE4	DB 030H,033H,038H,02EH,035H * 038.5
	5	39F3	35		
	6	39F4	30 33 38 2E	TABLE5	DB 030H,033H,038H,02EH,035H * 038.5
	6	39F8	35		
	7	39F9	30 33 39 2E	TABLE6	DB 030H,033H,039H,02EH,030H * 039.0
	7	39FD	30		
	8	39FE	30 33 39 2E	TABLE7	DB 030H,033H,039H,02EH,035H * 039.5
	8	3A02	35		
	9	3A03	30 34 30 2E	TABLE8	DB 030H,034H,030H,02EH,030H * 040.0
	9	3A07	30		
	10	3A08	30 34 30 2E	TABLE9	DB 030H,034H,030H,02EH,035H * 040.5
	10	3A0C	35		
	11	3A0D	30 34 30 2E	TABLE10	DB 030H,034H,030H,02EH,035H * 040.5
	11	3A11	35		
	12	3A12	30 34 31 2E	TABLE11	DB 030H,034H,031H,02EH,030H * 041.0
	12	3A16	30		
	13	3A17	30 34 31 2E	TABLE12	DB 030H,034H,031H,02EH,035H * 041.5
	13	3A1B	35		
	14	3A1C	30 34 32 2E	TABLE13	DB 030H,034H,032H,02EH,030H * 042.0
	14	3A20	30		
	15	3A21	30 34 32 2E	TABLE14	DB 030H,034H,032H,02EH,035H * 042.5
	15	3A25	35		
	16	3A26	30 34 32 2E	TABLE15	DB 030H,034H,032H,02EH,035H * 042.5
	16	3A2A	35		
	17	3A2B	30 34 33 2E	TABLE16	DB 030H,034H,033H,02EH,030H * 043.0
	17	3A2F	30		
	18	3A30	30 34 33 2E	TABLE17	DB 030H,034H,033H,02EH,035H * 043.5
	18	3A34	35		
	19	3A35	30 34 33 2E	TABLE18	DB 030H,034H,033H,02EH,035H * 043.5
	19	3A39	35		
	20	3A3A	30 34 34 2E	TABLE19	DB 030H,034H,034H,02EH,030H * 044.0
	20	3A3E	30		
	21	3A3F	30 34 34 2E	TABLE20	DB 030H,034H,034H,02EH,035H * 044.5
	21	3A43	35		
	22	3A44	30 34 35 2E	TABLE21	DB 030H,034H,035H,02EH,030H * 045.0
	22	3A48	30		
	23	3A49	30 34 35 2E	TABLE22	DB 030H,034H,035H,02EH,035H * 045.5
	23	3A4D	35		
	24	3A4E	30 34 35 2E	TABLE23	DB 030H,034H,035H,02EH,035H * 045.5
	24	3A52	35		
	25	3A53	30 34 36 2E	TABLE24	DB 030H,034H,036H,02EH,030H * 046.0
	25	3A57	30		
	26	3A58	30 34 36 2E	TABLE25	DB 030H,034H,036H,02EH,035H * 046.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR LINE	ADDR	OBJ			
26	3A5C	35			
27	3A5D	30 34 37 2F	TABLE26	DB	030H,034H,037H,02EH,030H * 017.0
27	3A61	30			
28	3A62	30 34 37 2E	TABLE27	DB	030H,034H,037H,02EH,035H * 017.5
28	3A66	35			
29	3A67	30 34 37 2C	TABLE28	DB	030H,034H,037H,02EH,035H * 017.5
29	3A6B	35			
30	3A6C	30 34 38 2E	TABLE29	DB	030H,034H,038H,02EH,030H * 018.0
30	3A70	30			
31	3A71	30 34 38 2E	TABLE30	DB	030H,034H,038H,02EH,035H * 018.5
31	3A75	35			
32	3A76	30 34 38 2E	TABLE31	DB	030H,034H,038H,02EH,035H * 018.5
32	3A7A	35			
33	3A7B	30 34 39 2E	TABLE32	DB	030H,034H,039H,02EH,035H * 019.5
33	3A7E	35			
34	3A80		END		

ASSEMBLER ERRORS = 0

MICROTEC V

PAGE 3

SYMBOL TABLE

MEMORY	M	0000	NARG	0000	STACK	S	0000
TABLE1	39E0	TABLE10	3A0D	TABLE11	3A12		
TABLE12	3A17	TABLE13	3A1C	TABLE14	3A21		
TABLE15	3A26	TABLE16	3A2B	TABLE17	3A30		
TABLE18	3A35	TABLE19	3A3A	TABLE2	39E5		
TABLE20	3A3F	TABLE21	3A44	TABLE22	3A49		
TABLE23	3A4E	TABLE24	3A53	TABLE25	3A58		
TABLE26	3A5D	TABLE27	3A62	TABLE28	3A67		
TABLE29	3A6C	TABLE3	39EA	TABLE30	3A71		
TABLE31	3A76	TABLE32	3A7D	TABLE4	39EF		
TABLE5	39F4	TABLE6	39F9	TABLE7	39EE		
TABLE8	3A03	TABLE9	3A08				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ	ORG	03A80H
	1				
	2	3A80	30 34 39 2E	TABLE129	DB 030H,034H,039H,02EH,035H * 049.5
	2	3A84	35		
	3	3A85	30 35 30 2E	TABLE130	DB 030H,035H,030H,02EH,030H * 050.0
	3	3A89	30		
	4	3A8A	30 35 30 2E	TABLE131	DB 030H,035H,030H,02EH,035H * 050.5
	4	3A8E	35		
	5	3A8F	30 35 30 2E	TABLE132	DB 030H,035H,030H,02EH,035H * 050.5
	5	3A93	35		
	6	3A94	30 35 31 2E	TABLE133	DB 030H,035H,031H,02EH,030H * 051.0
	6	3A98	30		
	7	3A99	30 35 31 2E	TABLE134	DB 030H,035H,031H,02EH,035H * 051.5
	7	3A9D	35		
	8	3A9E	30 35 32 2E	TABLE135	DB 030H,035H,032H,02EH,030H * 052.0
	8	3AA2	30		
	9	3AA3	30 35 32 2E	TABLE136	DB 030H,035H,032H,02EH,035H * 052.5
	9	3AA7	35		
	10	3AA8	30 35 32 2E	TABLE137	DB 030H,035H,032H,02EH,035H * 052.5
	10	3AAC	35		
	11	3AAD	30 35 33 2E	TABLE138	DB 030H,035H,033H,02EH,030H * 053.0
	11	3AB1	30		
	12	3AB2	30 35 33 2E	TABLE139	DB 030H,035H,033H,02EH,035H * 053.5
	12	3AB6	35		
	13	3AB7	30 35 34 2E	TABLE140	DB 030H,035H,034H,02EH,030H * 054.0
	13	3ABB	30		
	14	3ABC	30 35 34 2E	TABLE141	DB 030H,035H,034H,02EH,035H * 054.5
	14	3AC0	35		
	15	3AC1	30 35 34 2E	TABLE142	DB 030H,035H,034H,02EH,035H * 054.5
	15	3AC5	35		
	16	3AC6	30 35 35 2E	TABLE143	DB 030H,035H,035H,02EH,030H * 055.0
	16	3ACA	30		
	17	3ACB	30 35 35 2E	TABLE144	DB 030H,035H,035H,02EH,035H * 055.5
	17	3ACF	35		
	18	3AD0	30 35 36 2E	TABLE145	DB 030H,035H,036H,02EH,030H * 056.0
	18	3AD4	30		
	19	3AD5	30 35 36 2E	TABLE146	DB 030H,035H,036H,02EH,035H * 056.5
	19	3AD9	35		
	20	3ADA	30 35 36 2E	TABLE147	DB 030H,035H,036H,02EH,035H * 056.5
	20	3ADE	35		
	21	3ADF	30 35 37 2E	TABLE148	DB 030H,035H,037H,02EH,030H * 057.0
	21	3AE3	30		
	22	3AE4	30 35 37 2E	TABLE149	DB 030H,035H,037H,02EH,035H * 057.5
	22	3AE8	35		
	23	3AE9	30 35 38 2E	TABLE150	DB 030H,035H,038H,02EH,030H * 058.0
	23	3AED	30		
	24	3AEE	30 35 38 2E	TABLE151	DB 030H,035H,038H,02EH,035H * 058.5
	24	3AF2	35		
	25	3AF3	30 35 38 2E	TABLE152	DB 030H,035H,038H,02EH,035H * 058.5
	25	3AF7	35		
	26	3AF8	30 35 39 2E	TABLE153	DB 030H,035H,039H,02EH,030H * 059.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ				
	26	3AFC	30				
	27	3AFD	30 35 39 2E	TABLE154	DB	030H,035H,039H,02EH,035H	* 059.5
	27	3B01	35				
	28	3B02	30 35 39 2E	TABLE155	DB	030H,035H,039H,02EH,035H	* 059.5
	28	3B06	35				
	29	3B07	30 36 30 2E	TABLE156	DB	030H,036H,030H,02EH,036H	* 060.0
	29	3B0B	30				
	30	3B0C	30 36 30 2E	TABLE157	DB	030H,036H,030H,02EH,035H	* 060.5
	30	3B10	35				
	31	3B11	30 36 31 2E	TABLE158	DB	030H,036H,031H,02EH,030H	* 061.0
	31	3B15	30				
	32	3B16	30 36 31 2E	TABLE159	DB	030H,036H,031H,02EH,035H	* 061.5
	32	3B1A	35				
	33	3B1B	30 36 31 2E	TABLE160	DB	030H,036H,031H,02EH,035H	* 061.5
	33	3B1F	35				
	34	3B20					

END

ASSEMBLER ERRORS 0

MICROTEC V

PAGE 3

MEMORY	M	0000	NORG	0000	STACK	S	0000
TABLE129		3A80	TABLE130	3A85	TABLE131		3A8A
TABLE132		3A8F	TABLE133	3A94	TABLE134		3A99
TABLE135		3A9E	TABLE136	3AA3	TABLE137		3AA8
TABLE138		3AAD	TABLE139	3AB2	TABLE140		3AB7
TABLE141		3ABC	TABLE142	3AC1	TABLE143		3AC6
TABLE144		3ACB	TABLE145	3AD0	TABLE146		3AD5
TABLE147		3ADA	TABLE148	3ADF	TABLE149		3AE4
TABLE150		3AE9	TABLE151	3AEF	TABLE152		3AF3
TABLE153		3AF8	TABLE154	3AFD	TABLE155		3B02
TABLE156		3B07	TABLE157	3B0C	TABLE158		3B11
TABLE159		3B16	TABLE160	3B1B			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ	ORG	OBJ20H	
	1			ORG	03B20H	
	2	3B20	30 36 32 2E	TABLE161	DB	030H,036H,032H,02EH,030H * 062.0
	2	3B24	30			
	3	3B25	30 36 32 2E	TABLE162	DB	030H,036H,032H,02EH,035H * 062.5
	3	3B29	35			
	4	3B2A	30 36 32 2E	TABLE163	DB	030H,036H,032H,02EH,035H * 062.5
	4	3B2E	35			
	5	3B2F	30 36 33 2E	TABLE164	DB	030H,036H,033H,02EH,030H * 063.0
	5	3B33	30			
	6	3B34	30 36 33 2E	TABLE165	DB	030H,036H,033H,02EH,035H * 063.5
	6	3B38	35			
	7	3B39	30 36 34 2E	TABLE166	DB	030H,036H,034H,02EH,030H * 064.0
	7	3B3D	30			
	8	3B3E	30 36 34 2E	TABLE167	DB	030H,036H,034H,02EH,035H * 064.5
	8	3B42	35			
	9	3B43	30 36 35 2E	TABLE168	DB	030H,036H,035H,02EH,030H * 065.0
	9	3B47	30			
	10	3B48	30 36 35 2E	TABLE169	DB	030H,036H,035H,02EH,035H * 065.5
	10	3B4C	35			
	11	3B4D	30 36 35 2E	TABLE170	DB	030H,036H,035H,02EH,035H * 065.5
	11	3B51	35			
	12	3B52	30 36 36 2E	TABLE171	DB	030H,036H,036H,02EH,030H * 066.0
	12	3B56	30			
	13	3B57	30 36 36 2E	TABLE172	DB	030H,036H,036H,02EH,035H * 066.5
	13	3B5B	35			
	14	3B5C	30 36 36 2E	TABLE173	DB	030H,036H,036H,02EH,035H * 066.5
	14	3B60	35			
	15	3B61	30 36 37 2E	TABLE174	DB	030H,036H,037H,02EH,030H * 067.0
	15	3B65	30			
	16	3B66	30 36 37 2E	TABLE175	DB	030H,036H,037H,02EH,035H * 067.5
	16	3B6A	35			
	17	3B6B	30 36 38 2E	TABLE176	DB	030H,036H,038H,02EH,030H * 068.0
	17	3B6F	30			
	18	3B70	30 36 38 2E	TABLE177	DB	030H,036H,038H,02EH,035H * 068.5
	18	3B74	35			
	19	3B75	30 36 38 2E	TABLE178	DB	030H,036H,038H,02EH,035H * 068.5
	19	3B79	35			
	20	3B7A	30 36 39 2E	TABLE179	DB	030H,036H,039H,02EH,030H * 069.0
	20	3B7E	30			
	21	3B7F	30 36 39 2E	TABLE180	DB	030H,036H,039H,02EH,035H * 069.5
	21	3B83	35			
	22	3B84	30 37 30 2E	TABLE181	DB	030H,037H,030H,02EH,030H * 070.0
	22	3B88	30			
	23	3B89	30 37 30 2E	TABLE182	DB	030H,037H,030H,02EH,035H * 070.5
	23	3B8D	35			
	24	3B8E	30 37 30 2E	TABLE183	DB	030H,037H,030H,02EH,035H * 070.5
	24	3B92	35			
	25	3B93	30 37 31 2E	TABLE184	DB	030H,037H,031H,02EH,030H * 071.0
	25	3B97	30			
	26	3B98	30 37 31 2E	TABLE185	DB	030H,037H,031H,02EH,035H * 071.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ				
	26	3B9C	35				
	27	3B9D	30 37 31 2E	TABLE186	DB	030H,037H,031H,02EH,035H	* 071.5
	27	3BA1	35				
	28	3BA2	30 37 32 2E	TABLE187	DB	030H,037H,032H,02EH,030H	* 072.0
	28	3BA6	30				
	29	3BA7	30 37 32 2E	TABLE188	DB	030H,037H,032H,02EH,035H	* 072.5
	29	3BAB	35				
	30	3BAC	30 37 33 2E	TABLE189	DB	030H,037H,033H,02EH,030H	* 073.0
	30	3BB0	30				
	31	3BB1	30 37 33 2E	TABLE190	DB	030H,037H,033H,02EH,035H	* 073.5
	31	3BB5	35				
	32	3BD6	30 37 33 2E	TABLE191	DB	030H,037H,033H,02EH,035H	* 073.5
	32	3BBA	35				
	33	3BBB	30 37 34 2E	TABLE192	DB	030H,037H,034H,02EH,030H	* 074.0
	33	3BDF	30				
	34	3BCC					

END

ASSEMBLER ERRORS = 0

MICROTEC V

PAGE 3

SYMBOL TABLE

MEMORY	N	0000	NARG	0000	STACK	S	0000
TABLE161		3B20	TABLE162	3B25	TABLE163		3B2A
TABLE164		3B2F	TABLE165	3B34	TABLE166		3B39
TABLE167		3B3E	TABLE168	3B43	TABLE169		3B48
TABLE170		3B4D	TABLE171	3B52	TABLE172		3B57
TABLE173		3B5C	TABLE174	3B61	TABLE175		3B66
TABLE176		3B6B	TABLE177	3B70	TABLE178		3B75
TABLE179		3B7A	TABLE180	3B7F	TABLE181		3B84
TABLE182		3B89	TABLE183	3B8E	TABLE184		3B93
TABLE185		3B98	TABLE186	3B9D	TABLE187		3BA2
TABLE188		3BA7	TABLE189	3BAC	TABLE190		3BB1
TABLE191		3BCC	TABLE192	3BDB			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR LINE ADDR OBJ

				ORG	OBJCON	
1						
2	3BC0	30 37 34 2E	TABLE193	DB	030H,037H,034H,02EH,035H	* 074.5
2	3BC4	35				
3	3BC5	30 37 35 2E	TABLE194	DB	030H,037H,035H,02EH,030H	* 075.0
3	3BC9	30				
4	3BCA	30 37 35 2E	TABLE195	DB	030H,037H,035H,02EH,035H	* 075.5
4	3BCF	35				
5	3BCF	30 37 35 2E	TABLE196	DB	030H,037H,035H,02EH,035H	* 075.5
5	3BD3	35				
6	3BD4	30 37 36 2E	TABLE197	DB	030H,037H,036H,02EH,030H	* 076.0
6	3BD8	30				
7	3BD9	30 37 36 2E	TABLE198	DB	030H,037H,036H,02EH,035H	* 076.5
7	3BDD	35				
8	3BDE	30 37 37 2E	TABLE199	DB	030H,037H,037H,02EH,030H	* 077.0
8	3BE2	30				
9	3BE3	30 37 37 2E	TABLE200	DB	030H,037H,037H,02EH,035H	* 077.5
9	3BF7	35				
10	3BE8	30 37 38 2E	TABLE201	DB	030H,037H,038H,02EH,030H	* 078.0
10	3BEC	30				
11	3BED	30 37 38 2E	TABLE202	DB	030H,037H,038H,02EH,035H	* 078.5
11	3BF1	35				
12	3BF2	30 37 38 2E	TABLE203	DB	030H,037H,038H,02EH,035H	* 078.5
12	3BFC	35				
13	3BF7	30 37 39 2E	TABLE204	DB	030H,037H,039H,02EH,030H	* 079.0
13	3BFB	30				
14	3BFC	30 37 39 2E	TABLE205	DB	030H,037H,039H,02EH,035H	* 079.5
14	3C00	35				
15	3C01	30 37 39 2E	TABLE206	DB	030H,037H,039H,02EH,035H	* 079.5
15	3C05	35				
16	3C06	30 38 30 2E	TABLE207	DB	030H,038H,030H,02EH,030H	* 080.0
16	3C0A	30				
17	3C0B	30 38 30 2E	TABLE208	DB	030H,038H,030H,02EH,035H	* 080.5
17	3C0F	35				
18	3C10	30 38 31 2E	TABLE209	DB	030H,038H,031H,02EH,030H	* 081.0
18	3C14	30				
19	3C15	30 38 31 2E	TABLE210	DB	030H,038H,031H,02EH,035H	* 081.5
19	3C19	35				
20	3C1A	30 38 31 2E	TABLE211	DB	030H,038H,031H,02EH,035H	* 081.5
20	3C1E	35				
21	3C1F	30 38 31 2E	TABLE212	DB	030H,038H,032H,02EH,030H	* 082.0
21	3C23	30				
22	3C21	30 38 32 2E	TABLE213	DB	030H,038H,032H,02EH,035H	* 082.5
22	3C28	35				
23	3C29	30 38 33 2E	TABLE214	DB	030H,038H,033H,02EH,030H	* 083.0
23	3C2D	30				
24	3C2E	30 38 33 2E	TABLE215	DB	030H,038H,033H,02EH,035H	* 083.5
24	3C32	35				
25	3C33	30 38 33 2E	TABLE216	DB	030H,038H,033H,02EH,035H	* 083.5
25	3C37	35				
26	3C38	30 38 34 2E	TABLE217	DB	030H,038H,034H,02EH,030H	* 084.0

MICROTEC V.

PAGE 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ERR  LINE  ADDR  OBJ
      26  3C3C  30
      27  3C3D  30 38 34 2E  TABLE218  DB    030H,038H,034H,02EH,035H * 084.5
      27  3C41  35
      28  3C42  30 38 34 2E  TABLE219  DB    030H,038H,034H,02EH,035H * 084.5
      28  3C46  35
      29  3C47  30 38 35 2E  TABLE220  DB    030H,038H,035H,02EH,030H * 085.0
      29  3C4B  70
      30  3C4C  30 38 35 2E  TABLE221  DB    030H,038H,035H,02EH,035H * 085.5
      30  3C50  35
      31  3C51  30 38 36 2E  TABLE222  DB    030H,038H,036H,02EH,030H * 086.0
      31  3C55  30
      32  3C56  30 38 36 2E  TABLE223  DB    030H,038H,036H,02EH,035H * 086.5
      32  3C5A  35
      33  3C5B  30 38 37 2E  TABLE224  DB    030H,038H,037H,02EH,030H * 087.0
      33  3C5F  30
      34  3C60

```

END

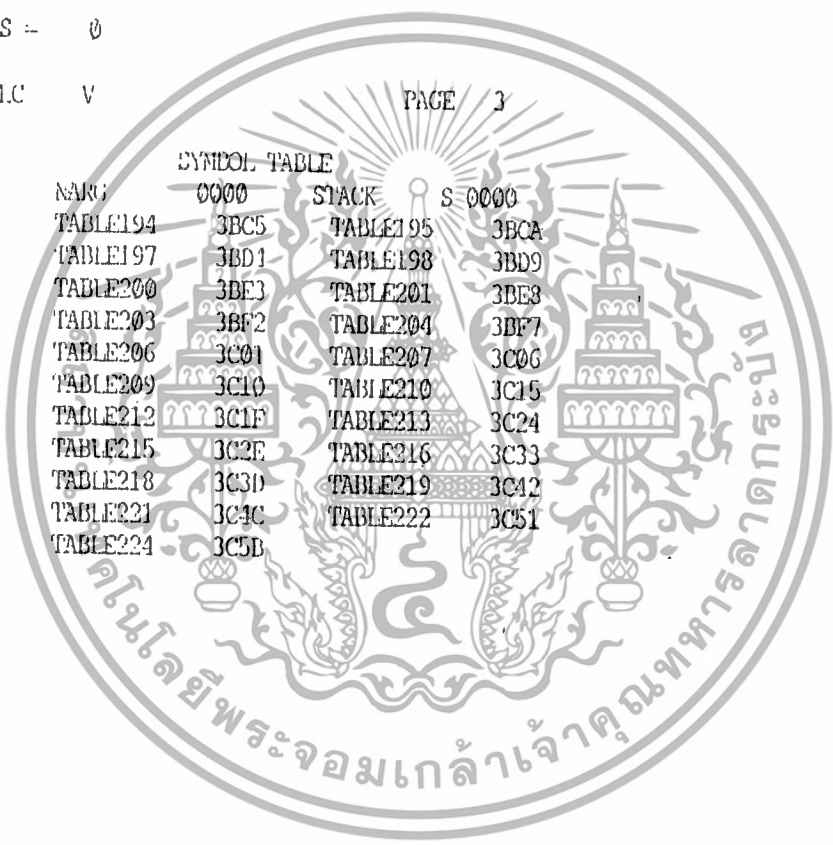
ASSEMBLER ERRORS = 0

MICRO11C V

PAGE 3

SYMBOL TABLE

MEMORY	M 0000	NAMG	0000	STACK	S 0000
TABLE193	3BC0	TABLE194	3BC5	TABLE195	3BCA
TABLE196	3BCF	TABLE197	3BD1	TABLE198	3BD9
TABLE199	3BDE	TABLE200	3BE3	TABLE201	3BE8
TABLE202	3BED	TABLE203	3BF2	TABLE204	3BF7
TABLE205	3BFC	TABLE206	3C01	TABLE207	3C06
TABLE208	3C0B	TABLE209	3C10	TABLE210	3C15
TABLE211	3C1A	TABLE212	3C1F	TABLE213	3C24
TABLE214	3C29	TABLE215	3C2E	TABLE216	3C33
TABLE217	3C38	TABLE218	3C3D	TABLE219	3C42
TABLE220	3C47	TABLE221	3C4C	TABLE222	3C51
TABLE223	3C56	TABLE224	3C5B		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

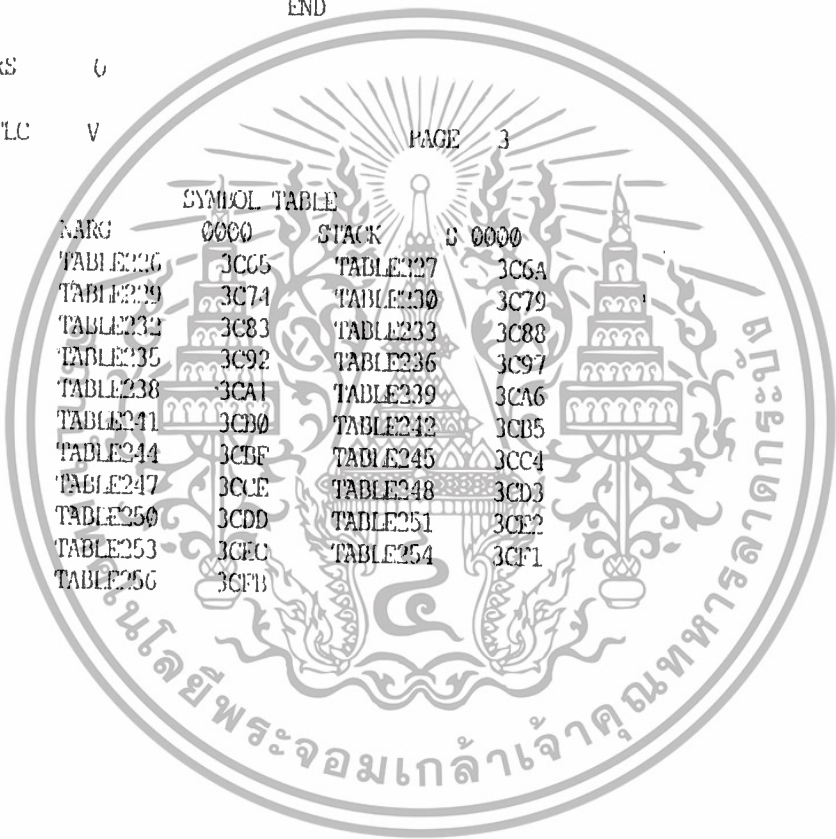
ERR	LINE	ADDR	ORG					
	26	3CDC	35					
	27	3CDD	30 39 38 2E	TABLE250	DB	030H,039H,038H,02EH,030H	*	098.0
	27	3CE1	30					
	28	3CE2	30 39 38 2E	TABLE251	DB	030H,039H,038H,02EH,035H	*	098.5
	28	3CEC	35					
	29	3CE7	30 39 38 2E	TABLE252	DB	030H,039H,038H,02EH,035H	*	098.5
	29	3CEB	35					
	30	3CEC	30 39 39 2E	TABLE253	DB	030H,039H,039H,02EH,030H	*	099.0
	30	3CF0	30					
	31	3CF1	30 39 39 2E	TABLE254	DB	030H,039H,039H,02EH,035H	*	099.5
	31	3CF5	35					
	32	3CF6	30 39 30 2E	TABLE255	DB	030H,039H,030H,02EH,030H	*	100.0
	32	3CFA	30					
	33	3CFB	30 39 30 2E	TABLE256	DB	030H,039H,030H,02EH,030H	*	100.0
	33	3CFF	30					
	34	3D00						

END

ASSEMBLER ERRORS 0

SYMBOL TABLE

MEMORY	ORG	NAME	VALUE	STACK	ORG
	3CC0	0000	STACK	0000	
TABLE225	3CC0	TABLE226	3CC5	TABLE227	3C6A
TABLE228	3CCF	TABLE229	3C74	TABLE230	3C79
TABLE231	3C7E	TABLE232	3C83	TABLE233	3C88
TABLE234	3C8D	TABLE235	3C92	TABLE236	3C97
TABLE237	3C9C	TABLE238	3CA1	TABLE239	3CA6
TABLE240	3CAB	TABLE241	3CB0	TABLE242	3CB5
TABLE243	3CBA	TABLE244	3CBF	TABLE245	3CC4
TABLE246	3CC9	TABLE247	3CCE	TABLE248	3CD3
TABLE249	3CD8	TABLE250	3CDD	TABLE251	3CE2
TABLE252	3CE7	TABLE253	3CEC	TABLE254	3CF1
TABLE255	3CF6	TABLE256	3CFB		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ	ORG	OBJECT
	1			ORG	03C60H
	2	3C60	30 38 31 21	TABLE225	DB 030H,038H,037H,02EH,035H * 087.5
	2	3C64	35		
	3	3C65	30 38 37 2E	TABLE226	DB 030H,038H,037H,02EH,035H * 087.5
	3	3C69	35		
	4	3C6A	30 38 38 2E	TABLE227	DB 030H,038H,038H,02EH,030H * 088.0
	4	3C6E	30		
	5	3C6F	30 38 38 2E	TABLE228	DB 030H,038H,038H,02EH,035H * 088.5
	5	3C73	35		
	6	3C74	30 38 39 2E	TABLE229	DB 030H,038H,039H,02EH,030H * 089.0
	6	3C78	30		
	7	3C79	30 38 39 2E	TABLE230	DB 030H,038H,039H,02EH,035H * 089.5
	7	3C7D	35		
	8	3C7E	30 38 39 2E	TABLE231	DB 030H,038H,039H,02EH,035H * 089.5
	8	3C82	35		
	9	3C83	30 39 30 2E	TABLE232	DB 030H,039H,030H,02EH,030H * 090.0
	9	3C87	30		
	10	3C88	30 39 30 2E	TABLE233	DB 030H,039H,030H,02EH,035H * 090.5
	10	3C8C	35		
	11	3C8D	30 39 31 2E	TABLE234	DB 030H,039H,031H,02EH,030H * 091.0
	11	3C91	30		
	12	3C92	30 39 31 2E	TABLE235	DB 030H,039H,031H,02EH,035H * 091.5
	12	3C96	35		
	13	3C97	30 39 32 2E	TABLE236	DB 030H,039H,032H,02EH,030H * 092.0
	13	3C9B	30		
	14	3C9C	30 39 32 2E	TABLE237	DB 030H,039H,032H,02EH,035H * 092.5
	14	3CA0	35		
	15	3CA1	30 39 32 2E	TABLE238	DB 030H,039H,032H,02EH,035H * 092.5
	15	3CA5	35		
	16	3CA6	30 39 33 2E	TABLE239	DB 030H,039H,033H,02EH,030H * 093.0
	16	3CAA	30		
	17	3CAB	30 39 33 2E	TABLE240	DB 030H,039H,033H,02EH,035H * 093.5
	17	3CAF	35		
	18	3CB0	30 39 34 2E	TABLE241	DB 030H,039H,034H,02EH,030H * 094.0
	18	3CB4	30		
	19	3CB5	30 39 34 2E	TABLE242	DB 030H,039H,034H,02EH,035H * 094.5
	19	3CB9	35		
	20	3CBA	30 39 35 2E	TABLE243	DB 030H,039H,035H,02EH,030H * 095.0
	20	3CBE	30		
	21	3CBF	30 39 35 2E	TABLE244	DB 030H,039H,035H,02EH,035H * 095.5
	21	3CC3	35		
	22	3CC4	30 39 36 2E	TABLE245	DB 030H,039H,036H,02EH,030H * 096.0
	22	3CC8	30		
	23	3CC9	30 39 36 2E	TABLE246	DB 030H,039H,036H,02EH,035H * 096.5
	23	3CCD	35		
	24	3CCE	30 39 36 2E	TABLE247	DB 030H,039H,036H,02EH,035H * 096.5
	24	3CD2	35		
	25	3CD3	30 39 37 2E	TABLE248	DB 030H,039H,037H,02EH,030H * 097.0
	25	3CD7	30		
	26	3CD8	30 39 37 2E	TABLE249	DB 030H,039H,037H,02EH,035H * 097.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ERR	LINE	ADDR	OBJ	ORG	03C80H
	1				
	2	3C80	80 81 82 82	IND32	DB 80H, 81H, 82H, 82H
	3	3C81	83 85 86 87	IND33	DB 83H, 85H, 86H, 87H
	4	3C88	87 88 8A 8B	IND34	DB 87H, 88H, 8AH, 8BH
	5	3C8C	8C 8C 8D 8F	IND35	DB 8CH, 8CH, 8DH, 8FH
	6	3C90	90 91 91 93	IND36	DB 90H, 91H, 91H, 93H
	7	3C94	94 95 96 96	IND37	DB 94H, 95H, 96H, 96H
	8	3C98	97 99 99 9A	IND38	DB 97H, 99H, 99H, 9AH
	9	3C9C	9C 9D 9E 9E	IND39	DB 9CH, 9DH, 9EH, 9EH
	10	3CA0	9F A1 A1 A2	IND40	DB 09FH, 0A1H, 0A1H, 0A2H
	11	3CA4	A3 A4 A6 A7	IND41	DB 0A3H, 0A4H, 0A6H, 0A7H
	12	3CA8	A8 A8 A9 AB	IND42	DB 0A8H, 0A8H, 0A9H, 0ABH
	13	3CAC	AB AC AD AE	IND43	DB 0ABH, 0ACH, 0ADH, 0AEH
	14	3CB0	B0 B0 B1 B2	IND44	DB 0B0H, 0B0H, 0B1H, 0B2H
	15	3CB4	B4 B5 B5 B6	IND45	DB 0B4H, 0B5H, 0B5H, 0B6H
	16	3CB8	B8 B8 B9 BA	IND46	DB 0B8H, 0B8H, 0B9H, 0BAH
	17	3CBC	BB BD BD BE	IND47	DB 0BBH, 0BDH, 0BDH, 0BEH
	18	3CC0	BF C0 C2 C2	IND48	DB 0BFH, 0C0H, 0C2H, 0C2H
	19	3CC4	C3 C4 C5 C7	IND49	DB 0C3H, 0C4H, 0C5H, 0C7H
	20	3CC8	C8 C9 C9 CB	IND50	DB 0C8H, 0C9H, 0C9H, 0CBH
	21	3CCC	CC CC CD CF	IND51	DB 0CCH, 0CCH, 0CDH, 0CFH
	22	3CD0	D0 D1 D1 D2	IND52	DB 0D0H, 0D1H, 0D1H, 0D2H
	23	3CD4	D4 D5 D6 D6	IND53	DB 0D4H, 0D5H, 0D6H, 0D6H
	24	3CD8	D7 D9 D9 DA	IND54	DB 0D7H, 0D9H, 0D9H, 0DAH
	25	3CDC	DB DD DE DF	IND55	DB 0DBH, 0DDH, 0DEH, 0DFH
	26	3CE0	E0 F0 F1 F3	IND56	DB 0E0H, 0E0H, 0E1H, 0E3H
	27	3CE4	E4 E5 E5 E7	IND57	DB 0E4H, 0E5H, 0E5H, 0E7H
	28	3CE8	E8 E9 EB EC	IND58	DB 0E8H, 0E9H, 0EBH, 0ECH
	29	3CEC	ED ED EE EF	IND59	DB 0EDH, 0EDH, 0EEH, 0EFH
	30	3CF0	F1 F2 F2 F3	IND60	DB 0F1H, 0F2H, 0F2H, 0F3H
	31	3CF4	F5 F6 F7 F7	IND61	DB 0F5H, 0F6H, 0F7H, 0F7H
	32	3CF8	F8 FA FB FC	IND62	DB 0F8H, 0FAH, 0FBH, 0FCH
	33	3CFC	FC FD FE FF	IND63	DB 0FCH, 0FDH, 0FEH, 0FFH
	34	3D00		END	

ASSEMBLER ERRORS 0

MICROHC V

PAGE 2

SYMBOL TABLE

IND32	3C80	IND43	3C81	IND34	3C88
IND35	3C8C	IND36	3C90	IND37	3C94
IND36	3C98	IND39	3C9C	IND40	3CA0
IND11	3CA4	IND42	3CA8	IND43	3CAC
IND44	3CB0	IND45	3CB4	IND46	3CB8
IND47	3CBC	IND48	3CC0	IND49	3CC4
IND50	3CC8	IND51	3CCC	IND52	3CD0
IND53	3CD4	IND54	3CD8	IND55	3CDC
IND56	3CE0	IND57	3CE4	IND58	3CE8
IND59	3CEC	IND60	3CF0	IND61	3CF4
IND62	3CF8	IND63	3CFC	MEMORY	M 0000
NARG	0000	STACK	S 0000		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HEX	DEC	ADDR	ORG	ORG	02500H
1					
2					
3					
4	0000				
5					
6	2500	01 02 03 04	MATH0	DB	03H,05H,08H,0AH
7	2501	0D 10 12 15	MATH1	DB	0DH,10H,12H,15H
8	2508	17 1A 1C 1F	MATH2	DB	17H,1AH,1CH,1FH
9	250C	21 24 26 29	MATH3	DB	21H,24H,26H,29H
10	2510	2C 2E 31 33	MATH4	DB	2CH,2EH,31H,33H
11	2514	36 38 3B 3D	MATH5	DB	36H,38H,3BH,3DH
12	2518	40 43 45 48	MATH6	DB	40H,43H,45H,48H
13	251C	4A 4D 4F 52	MATH7	DB	4AH,4DH,4FH,52H
14	2520	54 57 59 5C	MATH8	DB	54H,57H,59H,5CH
15	2524	5F 62 65 67	MATH9	DB	5FH,62H,65H,67H
16	2528	6A 6C 6F 71	MATHA	DB	6AH,6CH,6FH,71H
17	252C	74 77 79 7C	MATHB	DB	74H,77H,79H,7CH
18	2530	7E 81 83 8C	MATHC	DB	7EH,81H,83H,8CH
19	2534	88 8B 8D 90	MATHD	DB	88H,8BH,8DH,90H
20	2538	93 95 97 9A	MATHE	DB	93H,95H,97H,9AH
21	253C	9D 9F A2 A4	MATHF	DB	09DH,09FH,0A2H,0A4H
22	2540	A7 A9 AC AE	MATH10	DB	0A7H,0A9H,0ACH,0AEH
23	2544	B1 B4 BC B9	MATH11	DB	0B1H,0B4H,0BCH,0B9H
24	2548	BB BE CC C3	MATH12	DB	0BBH,0BEH,0CCH,0C3H
25	254C	C5 C8 CB CD	MATH13	DB	0C5H,0C8H,0CBH,0CDH
26	2550	D3 D2 D5 D7	MATH14	DB	0D3H,0D2H,0D5H,0D7H
27	2554	DA DB DF E1	MATH15	DB	0DAH,0DDH,0DFH,0E1H
28	2558	E4 E7 E9 EC	MATH16	DB	0E4H,0E7H,0E9H,0ECH
29	255C	EF F1 F3 FC	MATH17	DB	0EEH,0F1H,0F3H,0FCH
30	2560	FE FD FD FE	MATH18	DB	0FEH,0FDH,0FDH,0FEH
31	2564		END		

ADDR: 0000

HEX: 0000

PAGE 2

SYMBOL TABLE

MATH0	2500	MATH10	2540
MATH11	2544	MATH11	2544
MATH13	2548	MATH13	254C
MATH17	255C	MATH16	2558
MATH3	250C	MATH2	2508
MATH6	2518	MATH5	2514
MATH9	2524	MATH8	2520
MATHC	2530	MATHB	252C
MATHD	2534	MATHE	2538
STACK	0000	MARG	0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง PROGRAMMABLE TEMPERATURE TRANSMITTER ได้รับคำแนะนำ
ต่างๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานคือ อาจารย์ วิชา ทิพย์สุวรรณพร อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยี
การวัดคุมทางอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ
ที่มีประโยชน์อย่างมาก เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างทำโครงงานนี้ อีกทั้ง
ต้องขอขอบคุณทาง บริษัท ไทยออยล์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์เครื่องมือวัดหลายชนิดที่มีความเที่ยงตรงสูง
และมีราคาแพงเพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษา และพี่ๆ ทางบริษัท ไทยออยล์ ที่ได้ให้
ความช่วยเหลือในหลายๆ ประการในขณะทำโครงงานนี้ มา ณ ที่นี้ด้วย.



คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- หลักการและการใช้งาน เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมศักดิ์ กิจาภิวัฒน์เศรษฐ์, มีนาคม 2528
- CMOS LOGIC DATABOOK. NATIONAL SEMICONDUCTOR, 1988 EDITION
- LINEAR APPLICATION. NATIONAL SEMICONDUCTOR, 1988 EDITION
- INTEGRATED ELECTRONICS. JACOB MILLMAN & CHRISTOS C. HALKIAS, MCRRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS, 31ST PRINTING 1988
- Z 80 APPLICATIONS. JAMES W. COFFRON, COPYRIGHT 1983, SYBEX INC.
- PROGRAMMING THE Z80. RODNAY ZAKS, THIRD EDITION, COPYRIGHT 1980, SYBEX INC.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้