การส่งสัญญาณทรานสดิวส์เซอร์ผ่านทางไมโครคอมพิวเตอร์

Transducer Interfacing

โดย

นายนนคล ล้อประเสริฐ

นางสาวรัชดา ปัทมารัง

นายวิทู ชัยนิชยกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032641

ปีการศึกษา 2535

การส่งสัญญาณทรานสดิวส์เซอร์ผ่านทางไมโครคอมพิวเตอร์

โดย

นายนพดล ล้อประเสริฐ

นางสาวรัชดา ปัทมารัง

นายวิทู ชัยนิชยกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.วิทยา ทิพย์สุวรรณพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032641

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2535

ภาควิชา วิศวกรรมเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การส่งสัญญาณทรานสดิวส์เซอร์ผ่านทางไมโครคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

1.	นายนพดล	ล้อประเสริฐ	321136	4J
2.	นางสาวรัชดา	ปัทมารัง	321259	4J
3.	นายวิทู	ชัยนิชยกุล	321301	4J

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.วิทยา ทิพย์สุวรรณพร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งสัญญาณทรานสดิวส์เซอร์ผ่านทางไมโครคอมพิวเตอร์

นายนพดล ล้อประเสริฐ 321136
นางสาวรัชดา ปัทมารัง 321259
นายวิทู ชัยนิชยกุล 321301

อ.วิทยา ทิยพ์สุวรรณพร อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2535

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ เป็นการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ที่เรียกว่า " ทรานสดิวส์เซอร์ " ประเภทของทรานสดิวส์เซอร์ที่ใช้เชื่อมต่อร่วมกับไมโครคอมพิวเตอร์ ในที่นี้เป็น " ทรานสดิวส์เซอร์ความดัน " และ " ทรานสดิวส์เซอร์อุณหภูมิ " การทำงานของทรานสดิวส์เซอร์ความดันจะเป็นการตรวจวัดระดับความดัน ที่เกิดขึ้นภายในห้องความดัน ส่วนการทำงานของทรานสดิวซ์เซอร์อุณหภูมิจะเป็นการตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องอบ ในการส่งสัญญาณเชื่อมต่อร่วมกันระหว่างทรานสดิวส์เซอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์ จะมีการดึงสัญญาณอนาลอกจากทรานสดิวส์เซอร์ ส่งผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อทำการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกที่รับมาจากทรานสดิวส์เซอร์ ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งต่อไปยังไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อจะได้ทำการประมวลผลข้อมูลที่รับเข้ามา โดยใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลแล้วทำการแสดงผลทางจอภาพ ดังนั้น จึงทำให้สามารถมองเห็นกระบวนการการควบคุม และการทำงานของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อร่วมอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRANSDUCER INTERFACING

NOPPADOL LAWPRASERT 321136

RATCHADA PATTAMARUNG 321259

VITOO CHAINITCHAYAKUL 321301

VITTAYA THIPSUWANPORN ADVISOR

1992

ABSTRACT

THIS PROJECT IS THE APPLICATION OF MICROCOMPUTER INTERFACING THAT INTERFACE MICROCOMPUTER WITH THE TRANSDUCER. IN THE EXPERIMENT WE HAVE STUDIES THE PRESSURE TRANSDUCER AND TEMPERATURE TRANSDUCER ,THAT MEASURE THE SIGNAL FROM PRESSURE CHAMBER AND OVEN CHAMBER. THEY CONVERT PRESSURE AND TEMPERA TURE IN THE CHAMBER TO THE STANDARD SIGNAL THAT WE WANT.

ABOUT THIS PROJECT,WE ARE INTERESTED IN SENDING OF SIGNAL FROM THE TRANSDUCER TO DIGITAL AND SEND TO THE MICROCOMPUTER, WE HAVE TO CONVERT THE SIGNAL FROM ANALOG TO DIGITAL AND SEND TO THE MICROCOMPUTER WHICH WILL OPERATE THE SIGNAL AND SHOW THE DATA IN ANY WAY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการทำงานของอุปกรณ์การวัด	
2-1 ลักษณะข้อมูลเข้าออกในเครื่องมือวัด	3
2-2 ประเภทของเครื่องมือวัดโดยทั่วไป	5
บทที่ 3 การวัดอุณหภูมิ	
3-1 กล่าวนำ	13
3-2 การวัดอุณหภูมิและเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	13
3-3 ระบบการวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้า	18
บทที่ 4 รายละเอียดของส่วนอินเทอร์เฟส	
4-1 แนวความคิด	34
4-2 ภาคเลือกสัญญาณ	34
4-3 ภาคปรับแต่งสัญญาณ	34
4-4 ภาคแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	37
4-5 ภาคเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์	41
บทที่ 5 โปรแกรมในการติดต่อ	44
บทที่ 6 ชุดปฏิบัติการทรานสดิวส์เซอร์	
6-1 โครงหลัก SL1	66
6-2 ข้อกำหนดระบบปฏิบัติการ	67
6-3 SL30 ชุดปฏิบัติการตรวจสอบความดัน	69
6-4 ชนิดของทรานสดิวส์เซอร์วัดความดัน	71
6-5 หน่วยกำหนดสัญญาณของขบวนการ	74
บทที่ 7 ชุดปฏิบัติการตรวจสอบอุณหภูมิ	
7-1 กล่าวนำ	77
7-2 รายละเอียดของส่วนต่างๆ	78
7-3 หน่วยสัญญาณของขบวนการ	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 86
การทดลองที่ 2 90
การทดลองที่ 3 94
การทดลองที่ 4 98
การทดลองที่ 5 102
การทดลองที่ 6 106
การทดลองที่ 7 109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ประสิทธิภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ ในระบบการปฏิบัติการส่งสัญญาณข้อมูล

ปัจจุบัน เทคโนโลยีทางด้านต่างๆ มีความเจริญก้าวหน้าขึ้นเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงได้ปรากฏว่า มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในวงการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวงการการศึกษาวิจัยค้นคว้า วงการธุรกิจการค้า วงการอุตสาหกรรมต่าง ๆ ตลอดจนในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์

โครงงานนี้ มุ่งเน้นเกี่ยวกับการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้งานโดยการเชื่อมต่อกับ ทรานสดิวซ์เซอร์ (transducer) ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดชนิดหนึ่งในวงการอุตสาหกรรม ที่มีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายมาก

ดังนั้น เมื่อมีการนำทรานสดิวส์เซอร์ มาใช้งานร่วมกันกับเครื่องมืออุปกรณ์ที่ทันสมัยอย่างไมโครคอมพิวเตอร์ จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ให้มีมากยิ่งขึ้นไปอีก

จุดประสงค์หลักโดยทั่วไป ของการประยุกต์ใช้งานร่วมกัน ระหว่างอุปกรณ์ทรานสดิวส์เซอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์

1. เป็นการช่วยให้ระบบการตรวจวัดสัญญาณ หรือการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ไมโครคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลข้อมูลและส่วนแสดงผล ทำให้ผู้ควบคุมการทำงานของระบบสามารถทำงานได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

3. เนื่องจากการตรวจวัดข้อมูลโดยใช้เครื่องมือแบบเก่า ในลักษณะการอ่านค่าและบันทึก จะไม่สามารถทำการตรวจวัดในลักษณะเดิมได้ถ้าเป็นกรณีที่ต้องการตรวจวัดข้อมูลหลายชนิดในเวลาเดียวกัน และยังต้องการความเร็วในการทำงานสูง ซึ่งกรณีเช่นนี้ ความคลาดเคลื่อนจะมีสูงมาก ด้วยเหตุนี้ การนำเอาทรานสดิวซ์เซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณ มาทำการเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยมีส่วนแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาลอกที่ส่งมาจากทรานสดิวซ์เซอร์ ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณทางดิจิตอล (Analoge to Digital Converter) ต่อร่วมอยู่ด้วย จึงเป็นหลักการอย่างหนึ่ง ที่จะทำให้การปฏิบัติการมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เป็นผลให้ความสูญเสียในส่วนที่ไม่จำเป็นที่เคยเกิดขึ้นในการปฏิบัติการ ลดน้อยลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการทำงานของอุปกรณ์การวัด

(Application of Measurement Devices)

2- 1 ลักษณะข้อมูลเข้าออกในเครื่องมือวัด

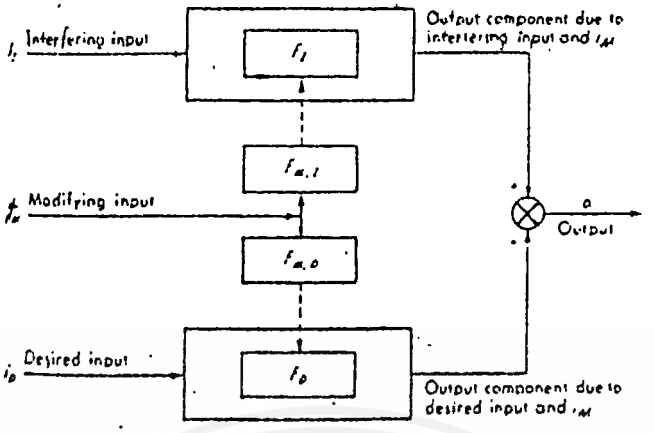
ก่อนที่เราจะพูดถึงความสามารถของเครื่องมือวัด เราจะต้องคำนึงถึงความสำคัญของการเอาข้อมูลเข้าออกจากเครื่องมือวัดเสียก่อน วิธีการของ Drapet McKey และ Less ที่ทำไว้ได้แสดงไว้อย่างง่ายๆ

ในรูป 2.1 ข้อมูลขาเข้าจะแยกออกเป็นสามประเภท คือ ข้อมูลเข้าที่ต้องการ ข้อมูลเข้าที่รบกวนและข้อมูลเข้าที่ใช้ปรับแต่ง ข้อมูลเข้าที่ต้องการแสดงถึงข้อมูลซึ่งเครื่องมือวัดออกแบบให้ใช้วัดโดยเฉพาะ ข้อมูลเข้าที่รบกวน หมายถึงข้อมูลที่เครื่องมือวัดมีความสามารถที่จะวัดได้แต่เป็นข้อมูลที่ไม่ต้องการ ข้อมูลเข้าที่ต้องการจะทำให้เกิดข้อมูลขาออกสิ้นโดยการเกี่ยวเนื่องกันด้วย F_D เมื่อเป็นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ตัว F_D นี้จะต้องขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลที่จะต้องแปล ดังนั้นค่า F_D อาจเป็นค่าคงที่ K ซึ่งเป็นตัวคูณข้อมูลขาเข้าให้ได้ข้อมูลขาออกในกรณีที่เครื่องมือวัดมีลักษณะการตอบโต้เป็นแบบเชิงเส้น (linear)

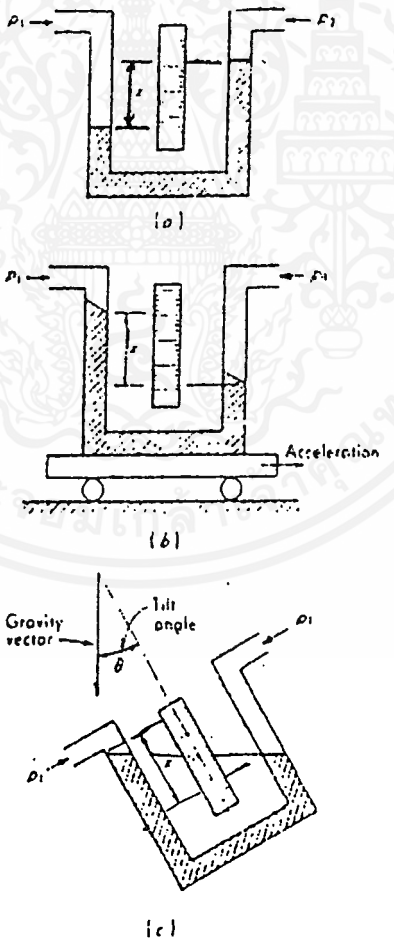
สำหรับเครื่องมือที่ตอบสนองไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear) ตัว F_D อาจเป็นฟังก์ชั่นก็ได้ ถ้าหากว่าข้อมูลขาเข้าเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา F_D อาจต้องเป็นสมการดิฟเฟอเรนเชียล ถ้าหากว่าข้อมูลขาเข้าซ้ำซ้อนแต่ต้องการให้ข้อมูลออกเป็นการกระจายของข้อมูลเข้า ตัว F_D อาจต้องเป็นการคำนวณทางสถิติ ตัว F_I จะใช้สำหรับข้อมูลเข้าที่มีสิ่งรบกวน ข้อมูลเข้าชนิดที่สามคือข้อมูลที่ใช้ปรับแต่ง ซึ่งทำให้ความเกี่ยวเนื่องของข้อมูลขาเข้ากับขาออกเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นใน F_D และ/หรือ F_I เครื่องหมาย $F_{M,I}$ และ $F_{M,D}$ หมายความถึงวิธีการที่ i_m เปลี่ยนแปลง F_I และ F_D ตามลำดับ เครื่องหมาย $F_{M,I}$ และ $F_{M,D}$ มีความหมายโดยทั่วไปเหมือนกับ F_I และ F_D

รูปที่ 2.2 ได้แสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวเนื่องของตัวแปรต่างๆ ในลักษณะรูปภาพ วงกลมที่มีกากบาทหมายถึงอุปกรณ์การบวก (summing device) เครื่องหมายบวกแสดงว่า ข้อมูลออกที่ตำแหน่งนี้ เป็นผลบวกของข้อมูลขาเข้าทางพีชคณิต สำหรับเครื่องมือที่มีข้อมูลออกหลายอัน รูปอาจต้องซับซ้อนกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

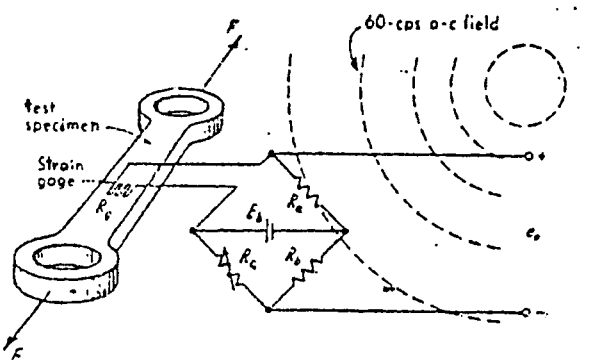


รูป 2.1 ลักษณะข้อมูลเข้าออกทั่วไป



รูป 2.2 สัญญาณรบกวนของเครื่องวัดความดันแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.3 สัญญาณรบกวนของเครื่องวัดความเครียด

ตัวอย่างอีกอันหนึ่งก็คือ หัววัดคววามเครียด (strain guage)แบบความต้านทานไฟฟ้าที่แสดงไว้ในรูป 2.3 ตัวหัววัดทำด้วยเส้นลวดเล็กๆ มีความต้านทาน R_g

2.-2 <u>ประเภทของเครื่องมือวัดโดยทั่วไป</u>

<u>โปเทนชิโอมิเตอร์ความต้านทาน</u>(resistive potentiometer)

โปเทนชิโอมิเตอร์หรือเครื่องแบ่งไฟแบบความต้านทาน ประกอบด้วยตัวต้านทานและแปรงสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนไหวของแปรงอาจเป็นการหมุน การเลื่อนในแนวตรงหรือทั้งสองอย่างรวมกันซึ่งเป็นกรณีของเครื่องแบ่งไฟแบบเกลียว (helical) ซึ่งทำให้สามารถทำการวัดการหมุน และการเคลื่อนที่ ในแนวตรงได้ เครื่องแบ่งไฟแบบเคลื่อนไหวแนวตรงจะมีช่วงการหมุนจาก 10 ถึง 60 รอบ ตัวต้านทานอาจกระตุ้น (exite) ด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหรือสลับก็ได้ และสัญญาณออกจะเป็นแรงดันไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเคลื่อนไหวที่เข้ามาในระบบ ตัวต้านทานที่ใช้กันมาก ก็คือ แบบเส้นลวดพันรอบแกนพลาสติกนำไฟฟ้า หรือแบบ เซอร์เมท (cermet)

ความละเอียดของเครื่องแบ่งไฟ จะขึ้นอยู่กับวิธีสร้างตัวความต้านทาน วิธีที่ง่ายที่สุดก็คือ ใช้ลวดเส้นเดียวเป็นตัวต้านทาน ซึ่งให้การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานอย่างต่อเนื่องเมื่อแปรงเลื่อนไปมา เครื่องแบ่งไฟชนิดนี้ก็มีใช้ แต่จะจำกัดค่าความต้านทานไว้ต่ำ เพราะความยาวของเส้นลวดจะจำกัดอยู่ที่ช่วงชักของอุปกรณ์แบบเลื่อนเป็นแนวตรงหรือขนาดของอุปกรณ์ที่หมุน ความต้านทานของเส้นลวดความ

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยาวหนึ่งสามารถจะทำให้มากขึ้นได้โดยลดเส้นผ่าศูนย์กลาง แต่ก็จะทำให้ความแข็งแรงและความทนต่อการสึกหรอลดลงไป

เพื่อที่จะให้ได้ค่าความต้านทานสูงในเนื้อที่น้อยๆ ก็มักจะพันเส้นลวดรอบแกน เส้นลวดความต้านทานจะพันรอบแกน และอาจตัดให้แกนโค้งเป็นวงกลมได้ สำหรับเครื่องวัดการหมุน ในการสร้างแบบนี้ การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานจะไม่เป็นเชิงเส้นและไม่ต่อเนื่อง แต่จะเพิ่มขึ้นเป็นขั้น ๆ เมื่อแปรงเลื่อนจากลวดรอบหนึ่งไปยังอีกรอบหนึ่ง เหตุการณ์แบบนี้ จะจำกัดความละเอียดพื้นฐานในรูปของขนาดเส้นลวด เป็นต้นว่า ถ้าเครื่องวัดแนวตรงมีเส้นลวดความต้านทานพันอยู่ 500 รอบ บนแผ่นฉนวนยาว 1 นิ้ว การเปลี่ยนแปลงของระยะทางน้อยกว่า 0.002 นิ้ว ก็จะวัดไม่ได้ ค่าความละเอียดนี้เป็นค่าประมาณทางด้านปลอดภัย เพราะเมื่อแปรงเลื่อนจากขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งจะมีช่วงที่สัมผัสลวดสองขดพร้อมๆกัน ดังนั้น ความละเอียดจะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่ง และค่าความไวน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ก็คำนวณจากการนับรอบที่ขด ค่าจำกัดของระยะทางระหว่างเส้นลวดที่ทำได้ในปัจจุบันจะอยู่ระหว่าง 500 ถึง 1000 รอบต่อนิ้ว ดังนั้นข้อจำกัดของอุปกรณ์แบบเคลื่อนที่แนวตรงจะประมาณ 0.001 ถึง 0.002 นิ้ว และแบบหมุนอาจเพิ่มความไวขึ้นได้โดยการเพิ่มเส้นผ่าศูนย์กลาง D เพื่อเพิ่มความละเอียดเชิงมุมโดยใช้สมการ

. ความละเอียดเชิงมุมที่ดีที่สุด = (0.12 ถึง 0.24)/D องศา (1.1)

ควรจะสังเกตว่า ความละเอียดจะเกี่ยวเนื่องกับความต้านทานรวม เนื่องจากช่วงระหว่างเส้นลวดที่เล็กจะต้องใช้เส้นลวดเล็กตามไปด้วย และจะทำให้มีความต้านทานสูง ดังนั้นเราจะไม่สามารถเลือกความต้านทานรวมและความละเอียดในการวัดแยกจากกันได้

.เครื่องแบ่งไฟส่วนใหญ่ที่ใช้ในการวัดการเคลื่อนไหว สร้างขึ้นมาเพื่อให้ได้สัดส่วนระหว่างข้อมูลเข้ากับออกเป็นเชิงเส้น และเวลาใช้งานก็ใช้ในสภาพที่ซื้อมาโดยไม่ต้องปรับสเกลกันอีก ดังนั้น ความเป็นเชิงเส้นจะเทียบได้กับความแน่นอนหรือความละเอียดในการวัดเครื่องแบ่งไฟ ซึ่งได้โดยที่ความเป็นเชิงเส้นระหว่างข้อมูลเข้ากับออกไม่เหมือนกัน ซึ่งก็ทำให้ราคาแตกต่างกันออกไปด้วย ความเป็นเชิงเส้น (linearity)นั้น ขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของลวดที่ใช้พัน แต่ก็สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มตัวความต้านทานคงที่เข้าไปในตำแหน่งที่เหมาะสมในขดลวด วิธีการนี้เรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่า แทปปิ้ง(Tapping) ซึ่งอาจใช้แก้ไขการผิดพลาดจากการโหลดสำหรับเครื่องแบ่งไฟที่จะต้องรับโหลดมากที่สัญญาณขาออก ความไม่เป็นเชิงเส้นของเครื่องแบ่งไฟที่ใช้กันอยู่ อาจมีตั้งแต่ 1 เปอร์เซ็นต์ของสเกลสำหรับขนาด 1/2 นิ้วรอบเดียว ไปจนถึง 0.02 เปอร์เซนต์สำหรับขนาดสองนิ้วหมุนหลายรอบไปจนถึง 0.002 % สำหรับขนาด 10 นิ้วหมุนหลายรอบ ความไม่เป็นเชิงเส้นของเครื่องแบ่งไฟแบบใช้งานทางตรงอย่างดีจะประมาณ 0.05 ถึง 0.10 % ของสเกล ความแน่นอนของเครื่องแบ่งไฟจะไม่ดีกว่าครึ่งหนึ่งของความละเอียด ดังนั้น ความแน่นอนจึงมีข้อจำกัดอยู่ที่ความละเอียด

เกจวัดความเครียดแบบใช้ความต้านทานทางไฟฟ้า
(resistance strain guages)

พิจารณาสื่อไฟฟ้าที่มีภาคหน้าตัดคงที่ A และความยาว L ทำจากวัสดุที่มีความสามารถในการต้านทานกระแสไฟฟ้า ρ ค่าความต้านทานของสื่อไฟฟ้านั้นจะได้จากสมการ

$$R = \rho L/A \qquad (1.2)$$

ถ้าหากว่าสื่อไฟฟ้านี้ถูกยืดหรือถูกอัด ค่าความต้านทานจะมีค่าเปลี่ยนไปเพราะขนาดเกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะคุณลักษณะพื้นฐานของวัสดุเรียกว่าความต้านทานทางปิอิโซ(piezoresistance) ซึ่งหมายความถึงความสามารถในการต้านทาน ρ จะเปลี่ยนไปตามความเครียด ในการหาการเปลี่ยนแปลง dR ใน R เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดนี้ เราจะดิฟเฟอเรนซิเอตสมการ (1.2) จะได้

$$dR = \frac{A(\rho\, dL + L\, d\rho) - \rho L\, dA}{A^2} \qquad (1.3)$$

และเมื่อปริมาตร $V = AL$, $dV = AdL + LdA$ และ

$$dV = L(1 + \alpha\delta) \cdot A(1 - \alpha\delta)^2 - AL \qquad (1.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อลัดส่วน ของอัตราส่วนพอยซอน (Poisson's ratio) มีค่าน้อย และ สมการ(1.4) ก็จะกลายเป็น

$$dV = AL\alpha(1-2\sigma) + AdL + LdA \qquad (1.5)$$

และเมื่อ

$$AdL(1-2\sigma) = AdL + LdA \qquad (1.6)$$

$$-2\sigma\, AdL = LdA \qquad (1.7)$$

แทนค่าเข้าไปในสมการ (1.2) จะได้

$$dR = \frac{\rho A\, dL + LA\, d\rho + 2\rho A\, dL}{A^2} \qquad (1.8)$$

และดังนั้น

$$dR = \frac{\rho\, dL(1+2\sigma)}{A} + \frac{L\, d\rho}{A} \qquad (1.9)$$

หารด้วยสมการ (1.2) จะได้

$$\frac{dR}{R} = \frac{dL}{L}(1+2\sigma) + \frac{d\rho}{\rho} \qquad (1.10)$$

และในที่สุด

$$\text{Guage factor} = \frac{dR/R}{dL/L} = 1 + 2\sigma + \frac{d\rho/\rho}{dL/L} \qquad (1.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านขวาของสมการ (1.11) สามารถจะแยกออกเห็นส่วนๆได้คือ ส่วนที่การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานจากการเปลี่ยนความยาว (1), ส่วนที่ความต้านทานเปลี่ยนแปลงจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ (2) และ เทอมสุดท้าย คือส่วนที่ความต้านทานเปลี่ยนแปลงจากผลของบิซิโอ(piezoresistance)

ดังนั้น ถ้าทราบปัจจัยของเกจ การวัด dR/R จะทำให้เราวัดความเครียด dL/L = ε ซึ่งนี่ก็คือรากฐานของการใช้เกจวัดความเครียด

เทอม $(d\rho/\rho)/(dL/L)$ อาจเรียกได้ว่า $\pi^*_l E$ เมื่อ

π^*_l = สัมประสิทธิ์ของ piezoresistance ในทิศทางยาว

E = modulus of eleasticity

คุณสมบัติของวัสดุ π^*_l อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้ สัดส่วนของพอยซอนจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 0.5 เสมอสำหรับวัสดุทุกชนิด

เกจวัดความเครียดแบบต้านทานไฟฟ้าอาจใช้ได้หลายวิธี

1. เกจโลหะเส้นลวดปล่อยอิสระ (unbounded metal-wire)
2. เกจโลหะเส้นลวดยึดติดกัน (bounded metal-wire)
3. เกจโลหะแผ่นบางยึดติดกัน (bounded metal-foil)
4. เกจฟิล์มโลหะทำด้วยกรรมวิธีทางสูญญากาศ (vacuum-deposited)
5. เกจฟิล์มโลลหะทำด้วยกรรมวิธีพ่น (sputter-deposited)
6. เกจเซมิคอนดัคเตอร์ยึดติดกัน (bounded semiconductor)
7. เกจเซมิคอนดัคเตอร์กระจาย (diffused semiconductor)

หม้อแปลงดิฟเฟอเรนเชียล (Differential transformer)

หม้อแปลงดิฟเฟอเรนเชียลที่แปรเปลี่ยนค่าแบบเชิงเส้น (Linear Variable Differential Transformer -LVDT) ใช้วัดได้ในทั้งเชิงเส้นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
032641

เชิงหมุน การกระตุ้นมักจะทำได้ ด้วยการใช้แรงดันไฟฟ้ารูปซายน์ ขนาดระหว่าง 3 ถึง 15 V_{rms} และความถี่ระหว่าง 60 ถึง 20,000 H_z ขดลวดทุติยภูมิ (secondary) เหมือนกันสองอัน จะถูกเหนี่ยวนำด้วยแรงดันรูปซายน์ที่ความถี่เท่ากัน แต่ความแรง (amplitude) จะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งของแกนเหล็ก

สัญญาณขาออกของ LVDT เป็นคลื่นรูปซายน์ โดยแรงดันสูงสุดเป็นสัดส่วนกับระยะทางจากศูนย์ของแกน ถ้าหากว่าสัญญาณออกนี้ต่อตรงกับมาตรวัดแรงดัน ตัวมาตรก็สามารถขีดสเกลให้เป็นหน่วยระยะทางโดยตรงได้ การเคลื่อนไหวช้าหรือใช้วัดระยะทางอยู่กับที่ แต่จะมีปัญหาอยู่ว่า ตัวมาตรจะอ่านค่าเท่ากันสำหรับการเคลื่อนของแกนในทางบวกและทางลบ เพราะว่ามาตรวัด ac ไม่ไวต่อการเปลี่ยนเฟส 180 องศา ที่จุดศูนย์กลาง ดังนั้นเราจะไม่ทราบว่ามาตรากำลังอ่านตำแหน่งในทางบวกหรือลบถ้าไม่ตรวจสอบดูด้วยวิธีอื่น นอกเหนือจากนั้นถ้าแกนเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วเข็มของมาตรก็ไม่สามารถตามการเคลื่อนที่ได้ทัน และอาจต้องใช้ออสซิลโลกราฟ(oscillograph) หรือออสโลสโคปวัดแทน แต่เครื่องมือเหล่านี้วัดสัญญาณจริงซึ่งเป็นคลื่นรูปซายน์ที่มี แอมปลิจูดมอดดูเลชัน (amplitude modulation) ซึ่งมักจะเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ สิ่งที่เราต้องการก็คือการอ่านแรงดันที่มีลักษณะเหมือนกับการเคลื่อนที่ที่วัดอยู่ ในการที่จะให้ได้ผลนี้มา เราจะต้องทำการกรองสัญญาณเสียก่อน และเราจะต้องตรวจสอบว่าสัญญาณมาจากด้านไหนของจุดศูนย์ด้วย ดังนั้นการดีมอดดูเลท(demodulate) จะต้องไวต่อมุมเฟสด้วย มีวงจรหลายวงจรด้วยกันที่ทำหน้าที่นี้ได้ และจะแสดงให้ดูเพียงวงจรเดียวเพื่อเป็นตัวอย่างง่าย ๆ ในการใช้วงจรแบบนี้ เราจะต้องต่อสายทั้ง 4 สายของ LVDT บางชนิดมีการต่อสายของคอยล์ออกภายในดังนั้นจะใช้วิธีการนี้ไม่ได้

<u>หัววัดแบบประจุ</u>

การเคลื่อนที่ในแนวตรงหรือหมุน สามารถจะทำให้ความสามารถในการเก็บประจุ(capacitance) ของตัวเก็บประจุ (capacitor) แบบเปลี่ยนแปรได้เปลี่ยนแปลงไปหลายวิธีด้วยกัน ผลจากการเปลี่ยนแปลงในความสามารถเก็บประจุจะเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยใช้วงจรต่าง ๆ ในที่นี้เราจะกล่าวถึงการใช้งานบางอย่าง หัววัดแบบเก็บประจุมักจะต้องใช้วงจรไฟฟ้าประกอบซับซ้อนกว่าหัววัดทั่ว ๆไป แต่ว่าเนื่องจากความง่ายในทางกลการที่โหลดทางกลมีน้อย และความไวสูงทำให้หัววัดแบบนี้ใช้ได้ดีในงานหลายชนิด และความไวสูง ทำให้หัววัดแบบนี้ใช้ได้ดีในงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายชนิด และอุปกรณ์ที่ทำออกมาขายในปัจจุบันก็ใช้ได้ง่ายพอควร

ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้แบบที่ธรรมดาที่สุดที่ใช้ในการวัดการเคลื่อนไหวก็คือตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนานกัน โดยเปลี่ยนแปลงขนาดของช่องว่างระหว่างแผ่นได้ ทฤษฎีได้ให้ความสามารถในการเก็บประจุของเครื่องมือชนิดนี้ว่า

$$C = 0.225A/x \qquad (1.12)$$

เมื่อ C = ความสามารถในการเก็บประจุ, pF

A = พื้นที่ของแผ่น, นิ้ว^2

x = ระยะทางระหว่างแผ่น, นิ้ว

จากสมการ (1.12) เราก็จะสังเกตได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการเก็บประจุกับระยะทาง x จากตำแหน่งที่ถือเป็นตำแหน่งศูนย์ จะต้องน้อยถ้าหากต้องการให้ระบบเป็นเชิงเส้น ความไวของความสามารถในการเก็บประจุที่จะเปลี่ยนตามระยะห่างของแผ่นจะคำนวณได้จากสมการ (1.12)

<u>เครื่องวัดแบบยืดหยุ่น</u>

ชิ้นส่วนยืดหยุ่นหลายชนิด อาจใช้ในการวัดความดันได้ แต่อุปกรณ์วัดส่วนใหญ่ที่ใช้กันอยู่จะเป็นท่อเบอดอน(Bourdon)แบบใดแบบหนึ่ง ไดอะแฟรม หรือเบลโล(bellow)เป็นส่วนที่ไวต่อความดัน การยุบตัวรวมของชิ้นส่วนเหล่านี้อาจใช้ขับเข็มชี้โดยตรง หรือผ่านระบบลิ้งเกจ(linkage)และเกียร์ หรือการเคลื่อนที่อาจเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง บางครั้งก็ใช้เสตรนเกจติดโดยตรงกับไดอะแฟรม หรือชิ้นส่วนที่กระตุ้นด้วยไดอะแฟรม เพื่อใช้วัดความเครียดที่เกี่ยวเนื่องกับความดัน

ท่อเบอดอน(Bourdon) เป็นพื้นฐานของเกจวัดความดันทางกล และบางทีก็ใช้ในเครื่องมือวัดไฟฟ้า โดยการวัดการเคลื่อนที่ด้วยเครื่องแบ่งไฟ หรือหม้อแปลงวัดความแตกต่าง ชิ้นส่วนวัดพื้นฐานจะเป็นท่อที่ภาคหน้าตัดไม่กลมในรูปแบบต่างๆ ความดันแตกต่างระหว่างภายในกับภายนอกท่อ จะทำให้ท่อที่มีภาคหน้าตัดกลมเกิดการดีดตัวของท่อ และส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่เป็นวงโค้งที่ปลายท่อแบบตัว C หรือท่อแบบขด หรือการหมุนของปลายท่อแบบบิดท่อรูปตัว C

เอกสารนี้เป็นการ... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการใช้งานที่มีความดันสูงถึง 100,000 lb/in^2 ท่อแบบขด(spiral) และแบบเกลียว (helical) มักจะให้การเคลื่อนที่มากต่อความดันน้อย และมักจะใช้เมื่อความดันต่ำกว่า 1,000 lb/in^2

หัววัดความดันที่ใช้สเตรนเกจแบบฟอยด์ อาจติดเกจโดยตรงกับไดอะแฟรมแผ่นแบน หรือใช้ไดอะแฟรมโค้งกดแรงลงบนคานที่ติดสเตรนเกจไว้ ไดอะแฟรมแบนมีความไม่เป็นเชิงเส้นเมื่อยุบตัวมาก เมื่อมีการยืดตัวมีผลต่อการดัดธรรมดาทำให้ไดอะแฟรมกระด้างขึ้น ความไม่เป็นเชิงเส้นของความเค้นนี้ใกล้เคียงกับการไม่เป็นเชิงเส้นของการยุบตัวที่ศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวัดอุณหภูมิ

3-1 กล่าวนำ

การวัดอุณหภูมิและความชื้นมีความสำคัญต่อการควบคุมกระบวนการมาก การวัดอุณหภูมิหรือความชื้นในขบวนการนั้น อาจจะเป็นการวัดค่าของอุณหภูมิหรือความชื้นของกระบวนการโดยตรง เพื่อจะควบคุมกระบวนการให้มีคุณสมบัติหรือความชื้นตามต้องการ หรืออาจจะเพื่อใช้แสดงปริมาณอื่นทางอ้อมก็ได้ เช่น แสดงถึงการไหลของพลังงาน (Energy flow) , ประสิทธิภาพของ เทอร์ไบน์ , หรือคุณภาพของการหล่อลื่น เป็นต้น

3-2 การวัดอุณหภูมิ และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิมีหลายชนิด ที่เริ่มใช้ในระยะแรก ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)ที่มีแกสหรือของเหลว ซึ่งจะขยายตัวเนื่องจากความร้อนบรรจุอยู่ในหลอดยาวๆ และกำหนดสเกล(scale)ของอุณหภูมิไว้ที่หลอดนั้น ๆ เครื่องวัดอุณหภูมิแบบระบบฟิลล์ซิสเต็มนี้ ปัจจุบันยังนิยมใช้อยู่เสมอในการวัดอุณหภูมิถึงแม้ว่าจะมีเครื่องวัดอุณหภูมิอีกหลายๆแบบ และโดยทั่วไปแล้วเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมินี้ ได้แก่

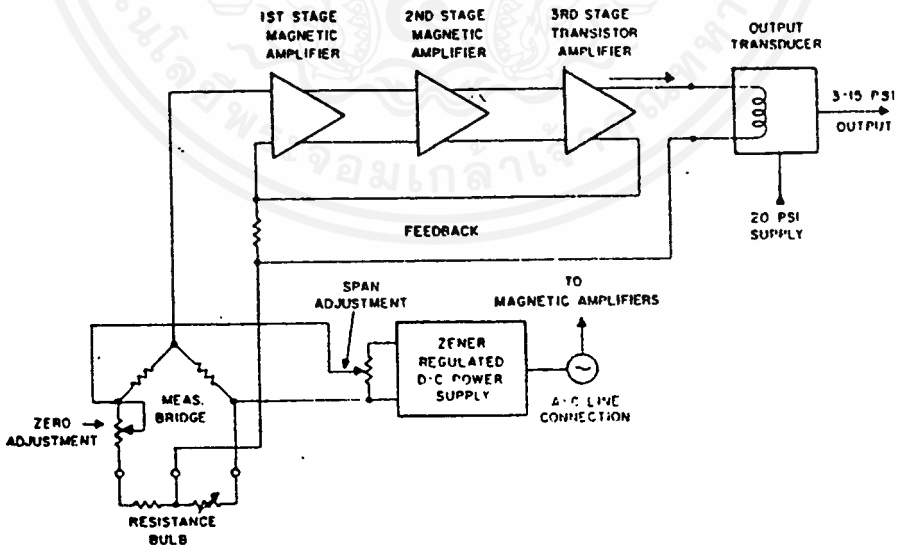
1. Filled thermal systems
2. Liquid-in-glass thermometers
3. Thermocouples
4. Resistance thermometers
5. Thermistors
6. Bimetallic devices
7. Optical and radiation pyrometers
8. Temperature-sensitive piants

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมมิเตอร์ตัวต้านทาน (RESISTANCE THERMOMETERS)

เทอร์โมมิเตอร์ตัวต้านทาน อาศัยหลักของการเปลี่ยนแปลงค่าความนำไฟฟ้าตามอุณหภูมิ ดังนั้นเส้นลวดจึงสามารถใช้เป็นตัวตรวจจับ(sensor) ในการวัดอุณหภูมิได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิ เส้นลวดมาตรฐานที่ใช้กันก็คือ นิกเกิล(nickel) ,แพลทตินัม (platinum) และทองแดง ในกรณีของนิเกิลนั้น สามารถที่จะใช้ในการวัดอุณหภูมิได้อย่างเที่ยงตรงถึง 0.1 องศา F ส่วนกรณีของแพลทตินัม(platinum)ซึ่งใช้เป็นมาตรฐานในห้องปฏิบัติการนั้น จะสามารถวัดอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำถึง 1650 องศา F แต่ข้อเสียของเทอร์โมมิเตอร์ตัวต้านทานก็คือต้องใช้กระเปาะ(blub) ซึ่งเมื่อทำการสับเปลี่ยนหรือเปลี่ยนใหม่แล้ว จะทำให้ค่าที่ได้จากการวัดผิดไปจากเดิม

รูป 3.1 แสดงแผนภาพแสดงลักษณะของตัวแปลงค่าความต้านทานให้เป็นสัญญาณนิวแมติกส์ (resistance-to-pneumatic converter) 3 - 5 psi



รูป 3.1 แผนภาพแสดงลักษณะของตัวแปลงค่าความต้านทานไปเป็นสัญญาณนิวแมติกส์ 3 - 5 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่ากระเปาะความต้านทาน (resistance blub) ต่ออยู่ในวงจรบริดจ์ (bridge)ซึ่งเป็นแบบ D.C.บริดจ์ เมื่อค่าของอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป ค่าความต้านทานของกระเปาะความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นเอาท์พุท(output)ของวงจรบริดจ์ ก็จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิ

เทอร์มิสเตอร์ (THERMISTORS)

เทอร์มิสเตอร์(thermistors) ทำจากออกไซด์(oxide)ของโลหะ โดยใช้ความร้อน เมื่ออุณหภูมิมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะลดลง และความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทาน กับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ ก็จะค่อนข้างเป็นเชิงเส้น ดังนั้นเทอร์มิสเตอร์จึงสามารถใช้เป็นเซนเซอร์ในการวัดอุณหภูมิแทนกระเปาะความต้านทาน ได้

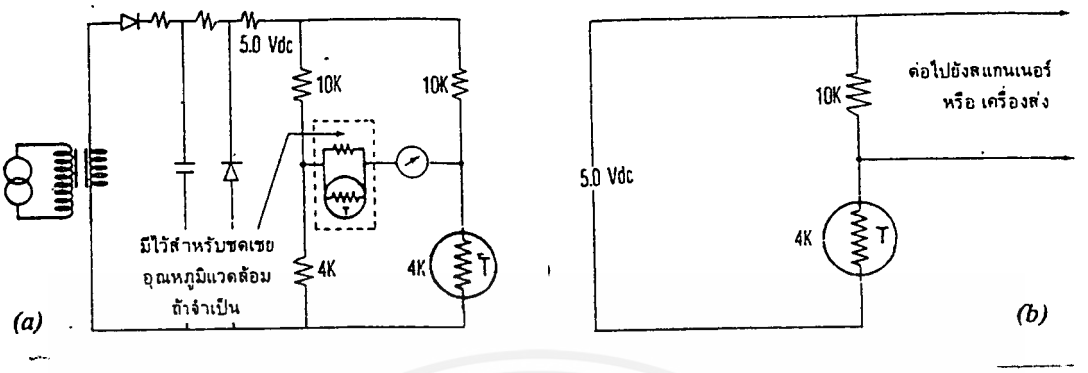
การที่ค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์เปลี่ยนแปลงไปค่อนข้างมาก ขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยนั่นเอง ทำให้เทอร์มิสเตอร์เป็นเครื่องวัดที่วัดได้แม่นยำและละเอียดดี เทอร์มิสเตอร์แบบอย่างที่มีความต้านทาน 2,000 โอห์ม และมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็น 3.9 % / องศา C ที่ 25 องศา C จะเปลี่ยนค่าความต้านทานไปเท่ากับ 78 โอห์ม / องศา C ถ้าเรานำเอาเทอร์มิสเตอร์ไปใช้ โดยต่อร่วมกับตัวต้านทานอื่นๆเป็นแบบบริดจ์ และมีกัลวานอมิเตอร์เป็นตัวอ่านค่าอุณหภูมิ เราจะสามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 0.005 องศา C

วงจรบริดจ์ แบบอย่างที่ใช้เทอร์มิสเตอร์ (รูป 3.2a) หรือวงจรโทรมาตร(telemetering circuit)แบบมาตรฐานที่ใช้เทอร์มิสเตอร์(รูป 3.2b) ไม่จำเป็นต้องอาศัยวงจรขยายสัญญาณมาช่วย

ข้อดีของเทอร์มิสเตอร์ คือค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ที่เปลี่ยนไป จะมีค่ามากกว่าค่าความต้านทานของกระเปาะความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอันเดียวกัน

สำหรับข้อเสียของเทอร์มิสเตอร์ ก็คือมีความเที่ยงตรงน้อยกว่ากระเปาะความต้านทาน ซึ่งข้อเสียอันนี้ทำให้เทอร์มิสเตอร์ไม่เป็นที่นิยมใช้ในสาขาเกี่ยวกับอุปกรณ์วัดและควบคุมกระบวนการเท่าใดนัก

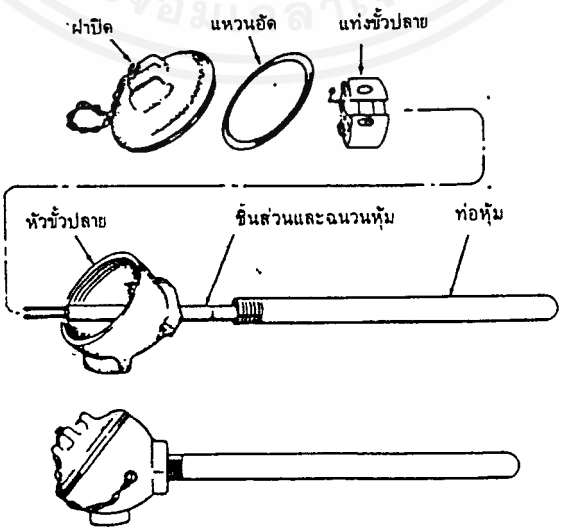
เอกสารนี้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.2 วงจรพื้นฐานที่ใช้เทอร์มิสเตอร์เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิ

เทอร์โมคัปเปิล (THERMOCOUPLE)

เทอร์โมคัปเปิล(thermocouples) เป็นเครื่องตรวจอุณหภูมิที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมากที่สุดในบรรดาอุปกรณ์เครื่องวัด(รูป 3.3) เทอร์โมคัปเปิล ให้ความแม่นยำในการวัดพอประมาณ ใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง มีการตอบสนองต่อความร้อนค่อนข้างเร็ว มีความทนทาน เชื่อถือได้ดี ราคาถูกและใช้งานได้มากมายหลายแบบ



รูป 3.3 การต่อสายลวดตัวนำเข้ากับเทอร์โมคัปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการนำเอาวัสดุหลายอย่างมาจับคู่กันเป็นเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งเกิดมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยผลทางความร้อนได้ แต่มีวัสดุบางคู่เท่านั้นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โมโนกราฟ (monograph)หมายเลข 125 ของสำนักมาตรฐานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Bureau of Standards)ได้ให้ตารางอ้างอิงที่แสดงคุณสมบัติของคู่วัสดุเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งใช้กันโดยทั่วไปเอาไว้

แบบชนิด J : เหล็ก / คอนสแตนแตน

แบบชนิดนี้ได้รับความนิยมสูงสุด เพราะราคาถูกและให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าได้สูง ทั้งยังสามารถดัดแปลงให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ทั้งที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกไซด์และปฏิกิริยารีดิวซ์ได้ ตัวนำไฟฟ้าที่ใช้มีตั้งแต่ขนาดเบอร์ 8 ถึง 30 ตามมาตรฐาน B&S

แบบชนิด T : ทองแดง / คอนสแตนแตน

แบบนี้ใช้กับสายลวดตัวนำขนาดเล็ก และสามารถติดตั้งได้ในที่คับแคบ ลวดทองแดงที่ใช้ในเทอร์โมคัปเปิล ชนิดนี้ มีเนื้อสารที่เป็นเอกพันธ์มากว่าลวดเหล็กในเทอร์โมคัปเปิล ชนิด J อุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ได้คือ 700 องศา F สามารถใช้วัดอุณหภูมิที่ต่ำกว่าศูนย์มากๆได้ด้วย

แบบชนิด K : โครเมล / อลูเมล

ผลทางไฟฟ้าที่ได้ค่อนข้างจะคงที่ในช่วง 0 - 2700 องศา F อุณหภูมิและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นเชิงเส้นเกือบสมบูรณ์ การประยุกต์ที่สำคัญคือ การใช้วัดอุณหภูมิในช่วงจาก 1300 - 2300 องศา F ในบรรยากาศแวดล้อมที่ไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยารีดิวซ์

แบบชนิด E : โครเมล / คอนสแตนแตน

เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้ใช้ได้ดีในเฉพาะช่วง ที่ปรากฏเด่นชัดคือว่าค่ากำลังขาออกของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อนที่สูงมากส่วนมากจะใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้ มันจะถูกใช้สำหรับวัดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เนื่องจากค่ากำลังขาออกของแรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาดใหญ่สามารถขยายได้

แบบชนิด S : แพลทตินัม / แพลทตินัม -10% โรเดียม

เทอร์โมคัปเปิล ชนิด S มีคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติทางเคมีที่สูงมาก มีสภาพต้านทานต่ำ ส่วนมากจะใช้ในการวัดอุณหภูมิอย่างละเอียดในช่วง 32 - 2700 องศา F ค่าอุณหภูมิที่ถูกต้องจะอ่านได้จากตารางเทียบอุณหภูมิ ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแม่นยำจะอยู่ในช่วง (+)(-)25% ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้ แต่อย่างไรก็ตาม เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้ห้ามใช้วัดอุณหภูมิที่ต่ำกว่าศูนย์ มาตรฐานของเส้นลวดที่ใช้คือเบอร์ 24

แบบชนิด R : แพลทตินัม / แพลทตินัม -13% โรเดียม

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จากเทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้สูงกว่าแบบ S เล็กน้อย แต่ก็มีราคาสูงกว่า ทั้งนี้ก็เพราะมีปริมาณโรเดียมในเส้นลวดมากกว่า นิยมใช้สำหรับวัดอุณหภูมิอย่างละเอียดในโรงงาน ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 32 - 2700 องศา F ขนาดเส้นลวดตัวนำที่ใช้คือเบอร์ 24

แบบชนิด B : แพลทตินัม / โรเดียม

ตามปกติแล้ว เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้ จะใช้วัดอุณหภูมิสูงๆเท่านั้น ซึ่งอาจจะวัดได้สูงถึง 3175 องศา F ส่วนบรรยากาศแวดล้อมอาจเป็นแบบออกซิไดซ์หรือแบบกลางก็ได้

3-3 ระบบการวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้า

แบบใช้ความต้านทานไฟฟ้า

โดยทั่วไป ความต้านทานของโลหะแทบทุกชนิดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่โลหะได้รับนั้นเพิ่มขึ้น ซึ่งโลหะที่มีความบริสุทธิ์สูงจะนิยมนำมาใช้เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิ เพราะว่าในทางทฤษฎีถือว่าความต้านทานของโลหะและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น จะมีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นเชิงเส้นตรงและเราอาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$R_t = R_o(1 + \alpha\Delta t + \beta\Delta t + \gamma.\Delta t^2 + \ldots + \varepsilon\Delta t^2) \qquad (2.1)$$

เมื่อ R_t = ความต้านทานของโลหะที่อุณหภูมิ t องศา C

R_o = ความต้านทานของโลหะที่อุณหภูมิ 0 องศา C

Δt = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจาก 0 องศา C

ในที่นี้ α , β , γ , ... , ε เป็นสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากเราพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน จะเห็นว่ามีหลายค่าซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแต่ละช่วงนั้น ในทางปฏิบัติถือว่าไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear) นั่นคือเราจะต้องทำการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวดังนั้นเราอาจเขียนสมการ (2.1) ได้ใหม่เป็น

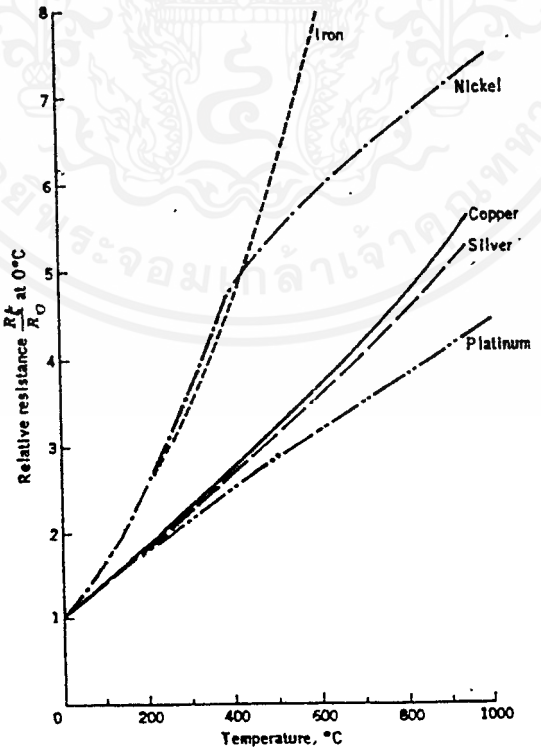
$$R_t = R_o (1 + \alpha . \Delta t) \qquad (2.2)$$

อย่างไรก็ตามในการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิควรเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติดังนี้

ก. มีค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานสูง เพื่อให้ได้ความไวในการวัดสูง และอ่านค่าได้ถูกต้องแม่นยำ

ข. มีความต้านทานไฟฟ้าต่อหน่วยสูง ซึ่งจะมีผลต่อขนาดและความยาวของสายโลหะ

สำหรับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และความต้านทานของโลหะแต่ละชนิด แสดงดังรูป 3.4



รูป 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และความต้านทานของโลหะชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. ค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต้านทาน จะต้องมีความเป็นเชิงเส้นดี เพื่อที่จะให้ได้สเกลการวัดเป็นเชิงเส้นนั่นเอง

ง. คุณสมบัติทางไฟฟ้าต้องมีความแน่นอนสูง ซึ่งจะมีผลต่อความเที่ยงตรงในการวัดอุณหภูมิโดยตรง

จ. โครงสร้างควรมีความคงทนและมีความแข็งแรงสูง

ฉ. มีความบริสุทธิ์สูง แต่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำ

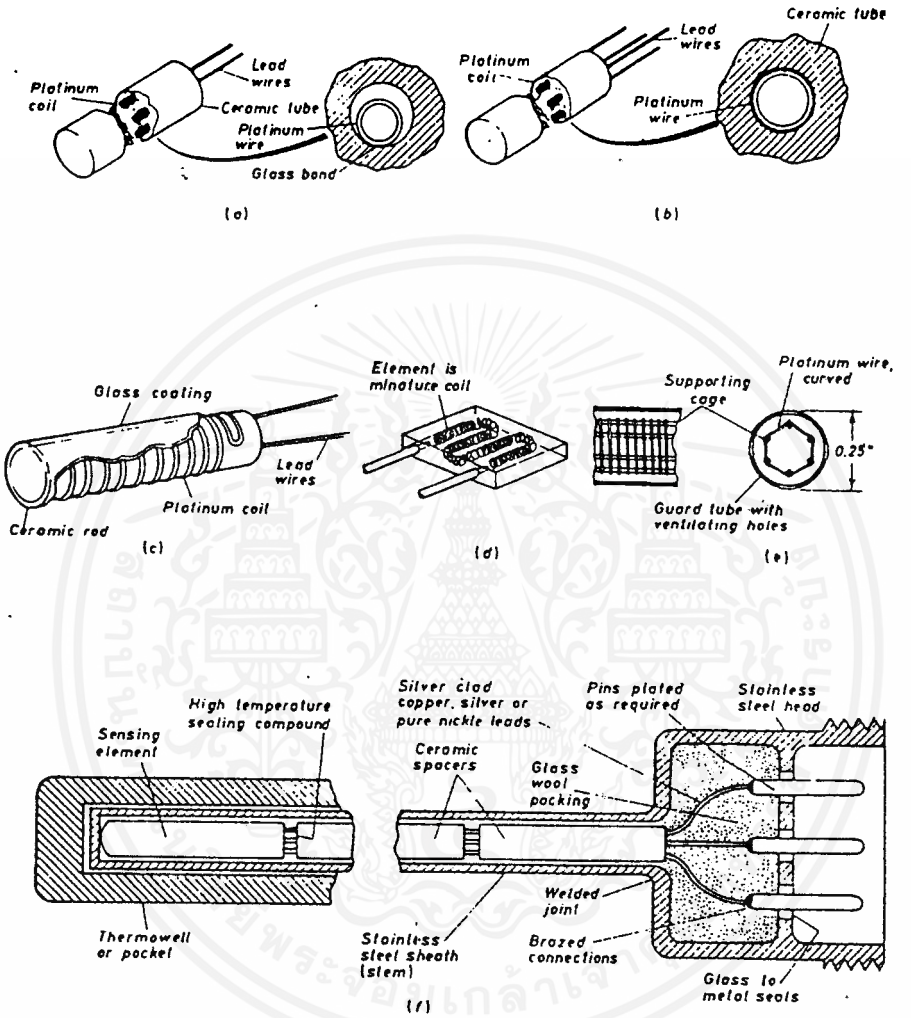
ตาราง 1 แสดงคุณสมบัติของโลหะที่นิยมใช้เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิ อนึ่งค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของโลหะนี้ยังขึ้นอยู่กับพิสัยการวัดอุณหภูมิด้วย นั่นคือ อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความต้านทานและอุณหภูมิที่ 1 องศา C กับความต้านทานที่ 0 องศา C จะเป็นดังนี้

$$\alpha = \frac{R_1 - R_2}{R_0} \qquad (2.3)$$

ตาราง 1 แสดงคุณสมบัติของโลหะที่ใช้

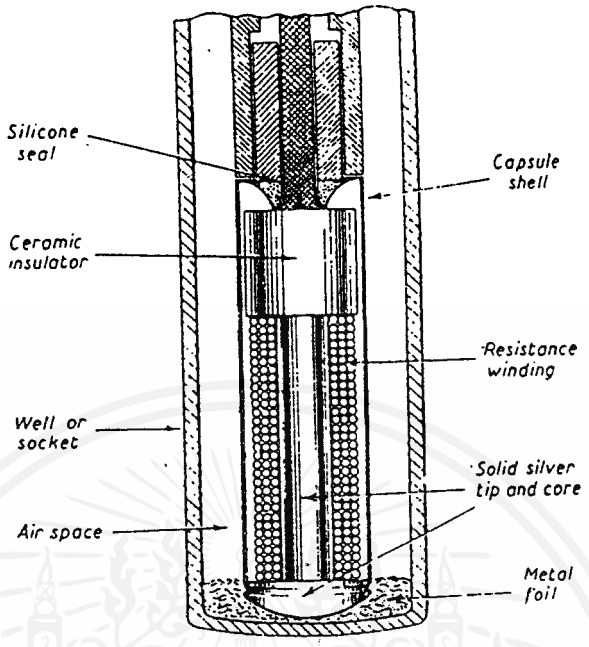
Material	α $\Omega/\Omega/°C$	ρ $\mu\Omega$-cm	Range °C	Minimum wire diam. in	M.P. °C	Tensile strength psi	Relative cost
Pt	0.00392	9.83	-250°—700°C	0.002	1775.5	18,000	150
Cu	0.0043	1.56	-200°—250°C	0.002	1083	30,000	1
Ni	0.0063	6.38	-100°—350°C	0.002	1455	120,000	10
	0.0067						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.5 ลักษณะทั่วๆไปของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.6 ลักษณะโครงสร้างของกระเปาะความต้านทาน

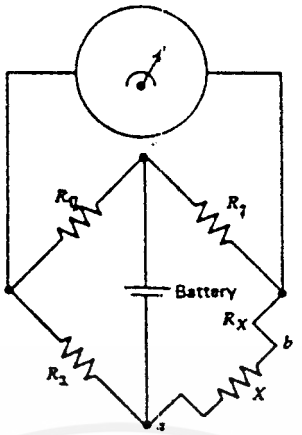
จากรูป 3.5 และ 3.6 จะเห็นว่ากระเปาะที่ใช้เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิประกอบด้วยหลอดป้องกัน(Protecting tube), ขดลวดและตัวนำ(Winding & Insulation) ซึ่งลวดความต้านทานจะถูกพันอยู่ภายในหลอดป้องกันเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและป้องกันอันตรายที่จะมีต่อขดลวดความต้านทาน

วงจรการต่อใช้งานพื้นฐาน คือวงจรวิทส์โตนบริดจ์ (Wheatstone bridge) แสดงดังรูป 2.7 จะเห็นว่าค่าความต้านทาน R_1 , R_2 , R_3 เป็นความต้านทานที่ทราบค่าและมีความแน่นอนสูง ส่วนความต้านทาน X เป็นความต้านทานที่อยู่ในกระเปาะ

ตามปกติการต่อสายจากกระเปาะความต้านทานไปยังเครื่องวัดมีอยู่หลายวิธี คือ

- <u>วิธีทูลีดด์(Two lead method)</u> เป็นวิธีการต่อสายที่ง่ายที่สุด(ดูรูป 3.7) โดยต่อสายจากกระเปาะความต้านทานด้วยสายสองเส้นที่มีความต้านทานต่ำ ๆ ไปยังเครื่องมือวัด (กัลวานอมิเตอร์)

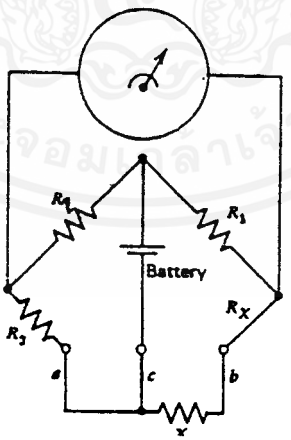
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 การต่อวงจรการวัดวิธีแบบทูลิดด์

เมื่อวงจรบริดจ์สมดุลย์ (ที่ 0 องศา c) จะทำให้อัตราส่วนความต้านทาน $R_1 / R_2 = R_x / R_3$ และกัลวานอมิเตอร์ก็จะชี้ที่อุณหภูมิ 0 องศา ต่อมาเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปก็จะทำให้ R_x เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

- <u>วิธีทรีลิดด์(Three lead method)</u> เป็นวงจรการวัดที่นิยมใช้มากที่สุดในงานอุตสาหกรรมทั่วไป แสดงการต่อวงจรดังรูป 3.8



รูป 3.8 การต่อวงจรการวัดแบบวิธีทรีลิดด์

จากรูป 3.8 เมื่อวงจรบริดจ์ อยู่ในสภาวะสมดุลย์ จะได้

$$R_x = (R_1 / R_2) \cdot R_3 \qquad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

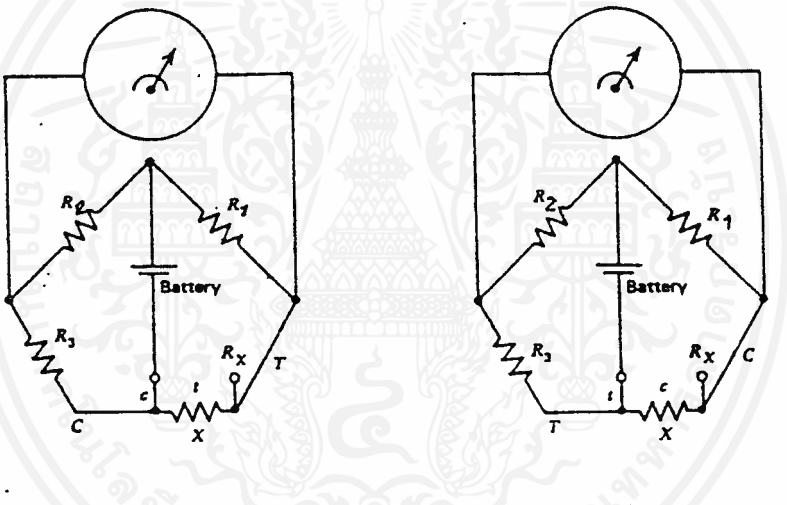
ในที่นี้ $R_x = X + b$

และ $R_s = R_s + a$

ถ้า $R_1 = R_2$ และ $a = b$ สมการ (4) จะกลายเป็น

$$R_x = R_s \qquad (2.5)$$

- <u>วิธีโฟร์ลีดด์(Four lead method)</u> วิธีนี้ใช้ในกรณีที่ต้องการความแม่นยำและความถูกต้องสูงสุด แสดงการต่อวงจรดังรูป 3.9



รูป 3.9 การต่อวงจรการวัดแบบวิธีโฟร์ลีดด์

จากรูป 3.9 ก และ 3.9 ข จะได้

$$R_a + C = X + T \qquad (2.6)$$

และ $$R_b + T = X + C \qquad (2.7)$$

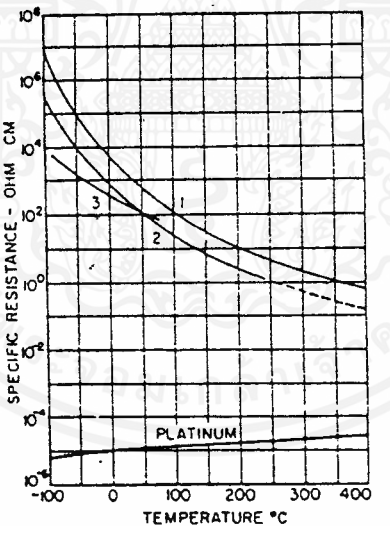
นั่นคือ $R_a + R_b + C + T = X + T + X + C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X = \frac{R_a + R_b}{2} \qquad (2.8)$$

แบบใช้เทอร์มิสเตอร์

เทอร์มิสเตอร์ จะใช้ออกไซด์โลหะของสารกึ่งตัวนำ (semi-conductor) มาทำเป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิ วัสดุเหล่านี้จะถูกนำมาอัดให้ได้รูปร่างต่างๆ ตามที่ต้องการและผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (Heat treatment) ก็จะได้ตัวต้านทานที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (negative temperature coefficient) ซึ่งเราสามารถเปรียบเทียบข้อแตกต่างดังกล่าวไว้ดังรูป 3.10



รูป 3.10 การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน
ระหว่างเทอร์มิสเตอร์กับแพลทินัม

ถ้าให้ R_t = ความต้านทานที่อุณหภูมิใดๆ T K

R_o = ความต้านทานที่อุณหภูมิอ้างอิง T_o K

β = ค่าคงที่ของเทอร์มิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราอาจเขียนความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต้านทานได้เป็น

$$R_t = R_o \cdot e^{\beta(1/T - 1/T_o)} \qquad (2.9)$$

ดังนั้น สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน α จะกลายเป็น

$$\alpha = \left(\frac{dR_t}{dt}\right) / R_t = -\frac{\beta}{T^2} \qquad (2.10)$$

จากสมการ (2.10) ค่าของ α นั้นจะมีค่าไม่คงที่โดยจะมีค่าตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะนั้น

เนื่องจากเทอร์มิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทนกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ ดังนั้นในการเลือกใช้งาน เราควรจะคำนึงถึงการทนต่อกำลังไฟฟ้าที่จะใช้งานของเทอร์มิส-เตอร์ด้วย ซึ่งเราจะเรียกแฟคเตอร์นี้ว่า " ดิสซิเปชันแฟคเตอร์ (Dissipation factor ; D) นั้นคือ

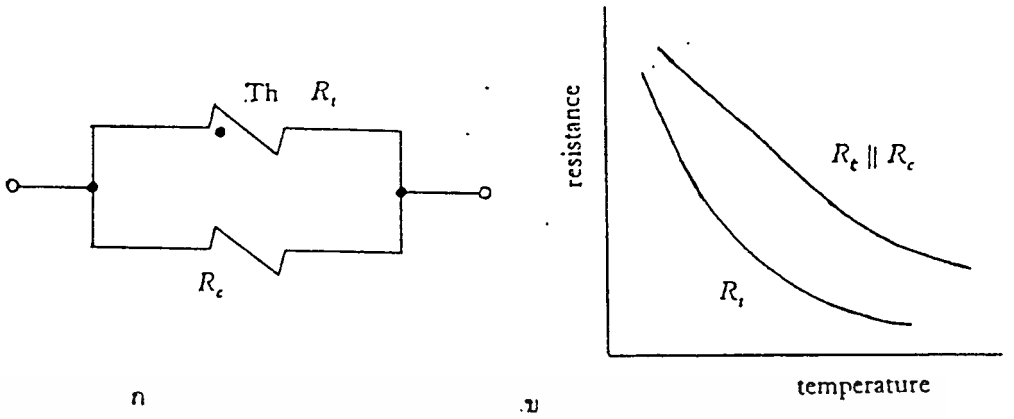
$$D = P / \Delta T \qquad (2.11)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้าที่เทอร์มิสเตอร์จะทนได้

ΔT = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

สำหรับการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ให้มีความเป็นเชิงเส้นมากขึ้น วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันคือการตัวต้านทานที่ค่าต่ำมากๆ มาต่อขนานกับเทอร์มิสเตอร์ดังรูป 3.11 ซึ่งจะมีผลต่อค่าความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบ้างเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก ข

รูป 3.11 การชดเชยเทอร์มิสเตอร์

ถ้าให้ $R_t // R_c = R_{eq}$ จะได้

$$\frac{dR_{eq}}{dt} = \frac{dR_t}{dt}\left[\frac{R_c}{R_c + R_t}\right]^2 \qquad (2.12)$$

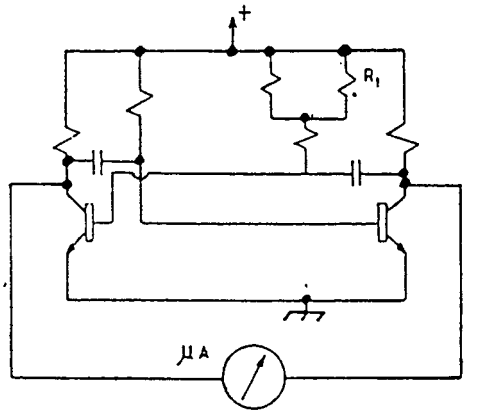
เมื่อ $dR_t/d_t = -\beta . R_t/T^2$

และ $\frac{R_c}{R_c + R_t} < 1$

ดังนั้น $\frac{dR_{eq}}{dt} < \frac{dR_t}{dt}$ (2.13)

อย่างไรก็ตาม การใช้เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมินั้น ส่วนใหญ่จะใช้หลักของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ(ในรูปของความต้านทาน)ให้เป็นความถี่แล้วจึงกำหนดสเกลในรูปแบบอุณหภูมิอีกทีหนึ่ง ซึ่งหลักการวัดแสดงดังรูป 3.12

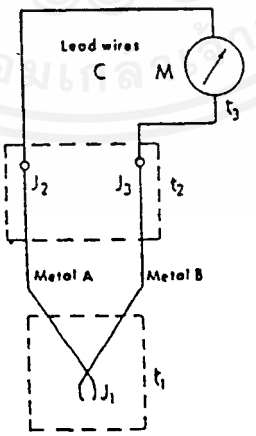
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.12 การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์มิสเตอร์

<u>แบบใช้เทอร์โมคัปเปิล</u>

ในปี ค.ศ.1821 Thomas Seebeck ได้ค้นพบว่าเมื่อนำโลหะ 2 เส้นที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อปลายทั้งสอง (รูป 3.13) ให้ปลายข้างหนึ่งได้รับความร้อน(ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้งสองปลาย) จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรนั้น ซึ่งปริมาณของกระแสที่ไหลนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า "ปรากฏการณ์ซีเบ็ค" (Seebeck effect)



รูป 3.13 ระบบการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

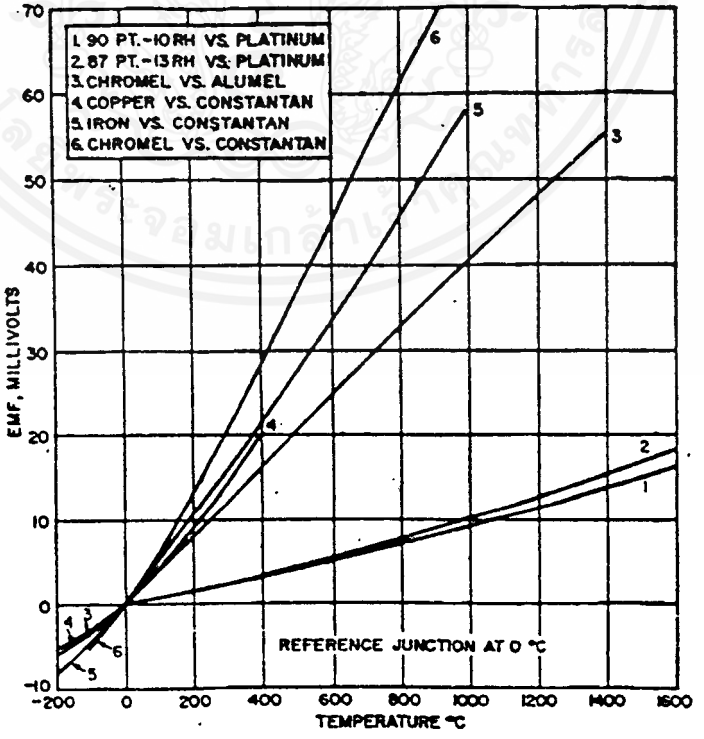
กฎของไฟฟ้าความร้อน เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ของไฟฟ้าความร้อน ซึ่ง รอสเตอร์(Roester) สรุปไว้ดังนี้

ก. กฎของวงจรโลหะเนื้อเดียว (Law of the homogeneous circuit) กล่าวว่า ในวงจรที่ประกอบขึ้นด้วยโลหะชนิดเดียวกันจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสองนั้น

ข. กฎของโลหะแทรก (Law of intermediate metal) กล่าวว่า ถ้ามีโลหะแทรกอยู่ในส่วนหนึ่งของวงจร หากจุดต่อของปลายโลหะแทรกทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันแล้วแรงดันไฟฟ้าความร้อนของวงจรนั้นจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง

ค. กฎของอุณหภูมิแทรก (Law of intermediate temperature) กล่าวว่า แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยเทอร์โมคัปเปิลชุดใดๆ ที่มีอุณหภูมิที่จุดต่อต่างกัน จะมีค่าเท่ากับผลบวกทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิลชุดนั้นๆ

สำหรับตารางที่แสดงชนิดของเทอร์โมคัปเปิลที่เป็นมาตรฐานและกราฟแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เกิดจากผลต่างของอุณหภูมิแต่ละชนิดดังตาราง 2 และรูป 3.14 ตามลำดับ



รูป 3.14 เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิลชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2 แสดงชนิดของเทอร์โมคัปเปิล

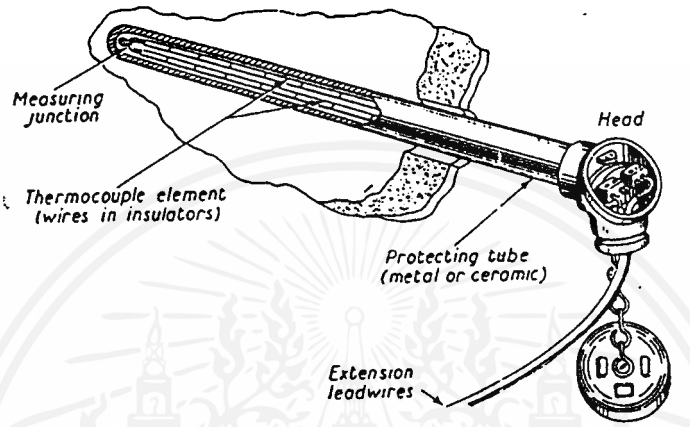
NO	ชื่อ	ตัวรักษ์ขั้วบวก (Positive Element)	ตัวรักษ์ขั้วลบ (Negative Element)	ช่วงอุณหภูมิที่ใช้รัก °C	อุณหภูมิที่จะรักได้สูงสุด °C	ชื่อเรียกตามมาตรฐาน				
						J I S	N B S	I S A	D I N	B S
1	Platinum - Platinum Rhodium	90%Pt - 10%Rh	Platinum	0~1450	1700		Platinum VS Platinum-10% Rhodium	Type S	Pt Rh - Pt	Platinum/10% Rhodium V. Platinum
2	Platinum - Platinum Rhodium	87%Pt - 13%Rh	Platinum	0~1450	1700	P R	Platinum VS Platinum-13% Rhodium	Type R		Platinum/13% Rhodium V. Platinum
3	Chromel - Alumel	Chromel (90%Ni - 10%Cr)	Alumel (94%Ni; 3%Al 1%Si; 2%Mh)	-200~1100	1200	C A	Chromel - Alumel	Type K	Ni.Cr - Ni	Nickel/Chromium V.Nickel/Aluminium
4	Copper - Constantan	Copper	Constantan (55%Cu - 45%Ni)	-200~350	600	C C	Copper - Constantan	Type T	Cu - Konst	Copper V. Constantan
5	Iron - Constantan	Iron	Constantan (55%Cu - 45%Ni)	-200~750	1000	I C	Iron - Constantan	Type J	Fe - Konst	Iron V. Constantan
6	Chromel - Constantan	Chromel (90%Ni - 10%Cr)	Constantan (55%Cu - 45%Ni)	-100~1000	1000	C R C				

Note 1 : N B S = I S A

Note 2 : I S A = A S A (American Standard Association)

A S A → Chromel - Constantan (Type E) → J I S

ลวดของเทอร์โมคัปเปิลจะมีฉนวนแยกลวดทั้งสองออกจากกัน และอยู่ภายในหลอดป้องกัน (Protecting tube) โดยที่ปลายทั้งสองของขดลวดนั้นจะถูกเชื่อมต่อปลายที่เราเรียกว่า จุดต่อสำหรับวัด (Measuring junction) และร้อยด้วยฉนวนเพื่อป้องกันการลัดวงจร แสดงดังรูป 3.15



รูป 3.15 ส่วนประกอบของเทอร์โมคัปเปิล

<u>แฟคเตอร์ที่กระทบกระเทือนต่อการเลือกใช้โลหะ</u>

1. การจำกัดอุณหภูมิ
2. ความสัมพันธ์ระหว่าง emf กับอุณหภูมิเป็นเชิงเส้น
3. emf ต่อองศาของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
   - ก. ความเที่ยงตรง
   - ข. ลักษณะตรงกับความเป็นจริง
   - ค. ความละเอียด
4. ความต้านทานกายภาพต่ออุณหภูมิสูง
5. ผลในบรรยากาศ
   - (1) เกิดออกไซด์
   - (2) การกัดกร่อน
6. วัฏจักรความร้อน ผลพอยสัน (Poision effect)

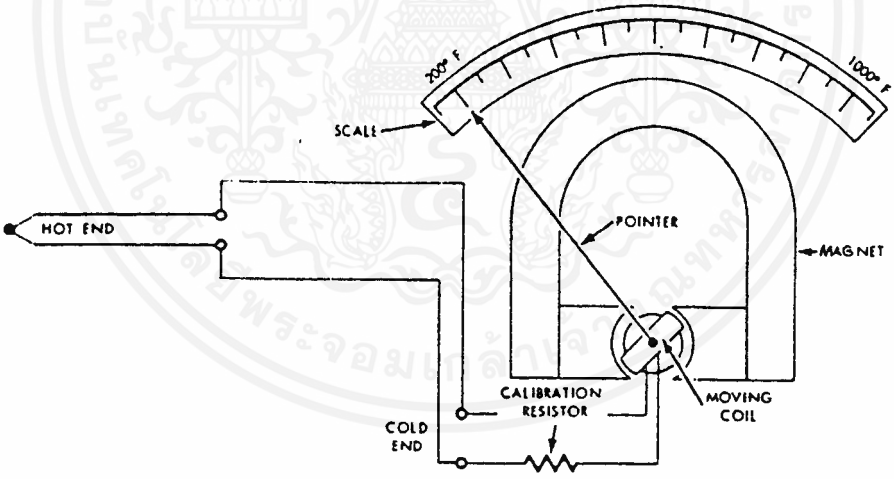
<u>เครื่องวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิล</u>

การวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิล มักใช้เครื่องวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงระดับต่ำๆ เช่น โวลต์มิเตอร์ หรือ โบเทนชิโอมิเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิระบบเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องวัดชี้ค่า(indicator), เครื่องบันทึกค่า(recorder), เครื่องควบคุม(controller) ระบบอิเลคทรอนิคส์ หรือเครื่องมือวัดอื่นๆก็มักจะอาศัยหลักการวัดแบบมิลลิโวลต์มิเตอร์ หรือเบนโทซิโอมิเตอร์นี้เหมือนกัน

มิลลิโวลต์มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดที่ทำด้วย แม่เหล็กถาวรและขดลวดเคลื่อนที่ (moving coil) ซึ่งจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความดันไฟฟ้ามาก (1mv = 1/1000 volts) ขดลวดจะเคลื่อนที่ในแต่ละครั้งของการเปลี่ยนแปลงโวลต์เตจเพียงเล็กน้อยเข็มชี้จะติดอยู่กับขดลวดซึ่งจะบันทึกการเคลื่อนที่เหล่านั้นลงบนสเกลซึ่งแบ่งไว้ในหน่วยของโวลต์เตจ ดังนั้นเมื่อมิลลิโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับเทอร์โมคัปเปิลแล้ว ก็ยังวัดค่าของอุณหภูมิจริงๆไม่ได้ วัดได้เฉพาะค่าของโวลต์เตจแต่เนื่องด้วยมีคำอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เตจที่เกิดขึ้นโดยเทอร์โมคัปเปิลและจำนวนของความร้อนที่ได้ ดังนั้นสเกลของมิเตอร์สามารถที่จะแบ่งช่องเป็นหน่วยของอุณหภูมิได้ดังแสดงในรูป 3.16



รูป 3.16 มิลลิโวลต์มิเตอร์มีเทอร์โมคัปเปิลเป็นอุปกรณ์รับความรู้สึกอุณหภูมิ

วงจรที่ใช้กับเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดโวลต์ได้เที่ยงตรงยิ่งขึ้นเรียกว่าวงจร โบเทนซิโอมิเตอร์เป็นแบบง่ายๆ ไม่ยุ่งยาก ประกอบด้วยแบตเตอรี, เส้นลวดเลื่อนขึ้นลงได้(Slidewire), เทอร์โมคัปเปิลเซลล์มาตรฐาน และกัลวานอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
รายละเอียดของส่วนอินเทอร์เฟส

การบันทึกวิเคราะห์ข้อมูลและการแสดงผลข้อมูล เป็นขบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม , ห้องทดลอง รวมถึงการค้นคว้าวิจัยต่างๆ ซึ่งในการบันทึกข้อมูลและแสดงผลในปัจจุบันนั้น ได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อความสะดวกในการทำงาน และการวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงการแสดงผลข้อมูลต่างๆ ซึ่งได้มีการนำเอาระบบซึ่งเรียกว่า DA & C (DATA acquisition and Control)มาใช้ DA & C หรือ DATA acquisition and Control เป็นกระบวนการที่เน้นการจัดเก็บข้อมูลและการควบคุมการทำงานของระบบด้วยเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 4.1

ในองค์ประกอบหลักจะประกอบไปด้วยซอฟต์แวร์ประยุกต์ใช้งานที่เขียนขึ้นเพื่อการใช้งานทางด้าน AD&C โดยเฉพาะ ซึ่งจะเชื่อมโยงกับระบบฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ ด้วยทิศทางการไหลของข้อมูลที่เกิดขึ้น และจะมีส่วนเชื่อมต่อ (ฮาร์ดแวร์)กับโลกภายนอก ไม่ว่าจะเป็นตัวเซนเซอร์ (sensor)รวมถึงตัวสั่งการกระทำ (actuator)

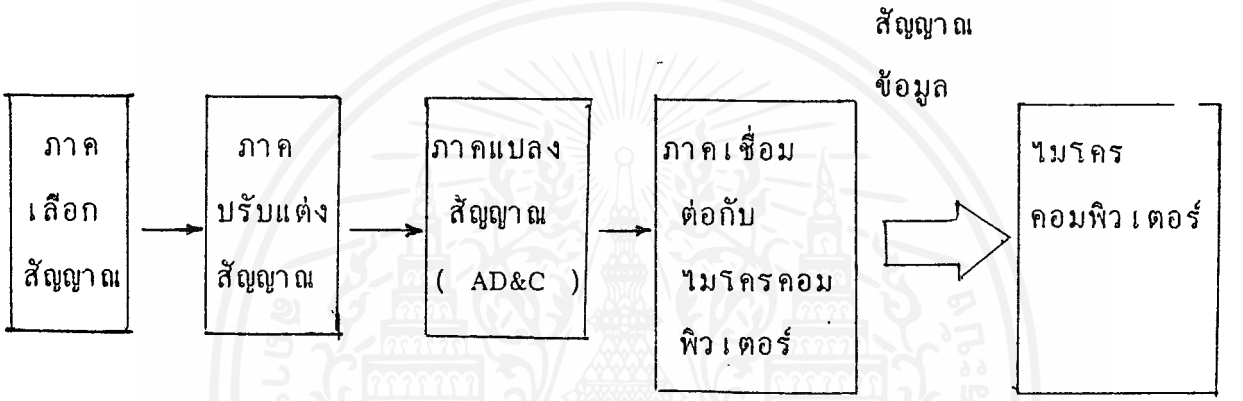
สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูล โดยเบื้องต้นนี้จะสร้างการ์ดสำหรับรับสัญญาณจาก transducer แล้วแปลงสัญญาณเพื่อนำมาบันทึก และแสดงผลโดยไมโครคอมพิวเตอร์ (ซึ่งจะสามารถดัดแปลงและนำมาประมวลผลข้อมูล และส่งสัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์อื่นๆได้) เพื่อให้เกิดความสะดวกในการทำการทดลอง และทำให้สามารถแสดงผลการทดลองให้เห็นได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 -1. แนวความคิด

ระบบเก็บข้อมูลในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วย

- ส่วนเลือกสัญญาณ
- ส่วนปรับแต่งสัญญาณ
- ส่วนแปลงสัญญาณ อนาลอกเป็นดิจิตอล
- ส่วนเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์



รูป 4.1 แสดงโครงสร้างของระบบเก็บข้อมูล

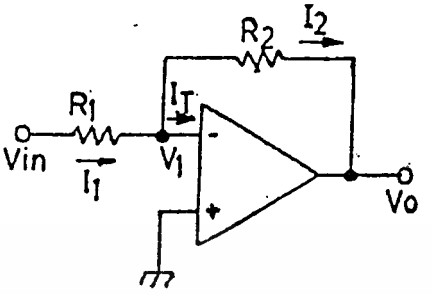
4 -2 ภาคเลือกสัญญาณ

ทำการรับรหัสของช่องที่ต้องการวัด จากสัญญาณที่ส่งมาจากไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วทำการถอดรหัสเพื่อควบคุมรับสัญญาณจากอุปกรณ์อินพุทต่างๆ ทำให้สัญญาณจากเซนเซอร์ และทรานสดิวส์เซอร์ผ่านเข้าภาคปรับแต่ง และทำการแปลงสัญญาณต่อไป

4 -3. ภาคปรับแต่งสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณที่รับเข้ามาอยู่ในช่วงต่างๆ จึงจำเป็นต้องมีการปรับระดับสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะส่งไปยังภาคแปลงสัญญาณต่อไป ซึ่งสำหรับตัวคอมพาราเตอร์ที่ต้องการใช้ จะเลือกใช้ LF 353 เพื่อแปลงสัญญาณจาก 0 - 100 mv เป็น 0 - 5 v. หรือ 0 - 1 v. เป็น 0 - 5 v.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 แสดงวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับศักดาสัญญาณ

<u>วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับศักดาสัญญาณ</u>

วงจรนี้จะมีชุดของค่าความต้านทานป้อนกลับ R_{in} และ R_f และต่อเป็นแบบวงจรแบ่งแรงดัน โดยที่ V_{out} ของสัญญาณ จะมีเฟสเดียวกับ V_{in}

อัตราขยายแรงดันของวงจร หาได้จากสูตร

$$A_v = 1 + (R_f / R_{in})$$

ซึ่งจะเห็นว่า อัตราการขยายแรงดันจะขึ้นกับค่า R_f และ R_{in} คือ ถ้า R_f มีค่ามากกว่า R_{in} แล้ว จะทำให้อัตราขยายแรงดันมีค่าสูงมาก ยิ่ง R_f มีค่ามากเท่าใด อัตราการขยายก็จะมากเท่านั้น

ค่าแรงดัน V_{out} ที่ออกมาจะถูกจำกัดไว้ไม่เกิน +/- v supply ซึ่งเรียกแรงดันนี้ว่า " **แรงดันเอาท์พุทอิ่มตัว** " คือ ถ้าวงจรมีอัตราขยาย 1000 เท่า และมีไฟเลี้ยง +/- V supply แล้วป้อน V_{in} มา 1 Volt ก็จะให้ V_{out} เป็น 1000 v.ซึ่งเป็นไปไม่ได้แต่จะให้ V_{out} ได้ max เพียง +/- v supply ถึงอย่างไรก็ตามค่าของแรงดันอิ่มตัวจะถึงค่าอิ่มตัว ผลต่างของแรงดันอินพุททั้งสองต้องถึงจุดจุดหนึ่ง ซึ่งถ้าผลต่างทั้งสองเกินจุดนี้ ก็จะทำให้แรงดันเอาท์พุทออกมาอิ่มตัวได้

ความสามารถในการจ่ายกระแสเอาท์พุทของออปแอมป์นั้น สามารถจ่ายได้เพียงเล็กน้อย ประมาณ +/- 25 mA ซึ่งเป็นค่าสูงสุด ซึ่งถ้าใช้เกินอาจทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความต้านทานอินพุท (Z_{in})

ค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของวงจรขยาย Non inverting นั้น จะมีค่าค่อนข้างสูงซึ่งเราอาจคำนวนหาได้จาก

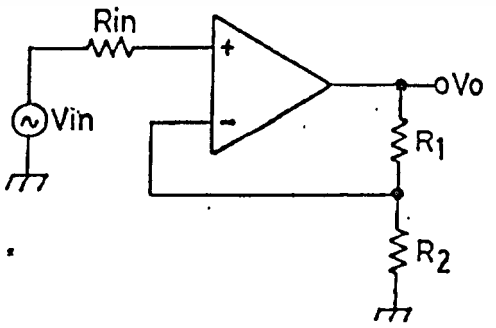
$$Z_{in} = (A_{cl} / A_{cl}) * r_{in}$$

ความถี่ของ V_{out} ที่ได้ออกมาจะเท่ากับความถี่ของ V_{in} ที่ป้อนเข้ามาด้วย แต่ก็ยังขึ้นกับความสามารถในการตอบสนองความถี่ของออปแอมป์ด้วย

BUFFER

เป็นวงจรที่มีลักษณะพิเศษคือ มีอัตราการขยายสัญญาณเท่ากับ 1 นำไปใช้เป็นตัวกันชน หรือบัฟเฟอร์ระหว่างวงจรทั้งสอง วงจรนี้จะให้ค่าความต้านทานอินพุทสูง เมื่อต่อโหลดของวงจรอื่น ก็จะไม่ทำให้แรงดันเอาท์พุทของวงจรที่จ่ายแรงดันนั้นตกลง ซึ่งจะไม่มีการดึงกระแสเข้ามาเลย ทำนองเดียวกันเมื่อนำไปขับวงจรอื่นก็สามารถจ่ายกระแสไปให้กับวงจรอื่นโดยไม่ทำให้ระดับแรงดันตกลงเพราะมีความต้านทานเอาท์พุทต่ำมาก จึงนำไปใช้เพิ่มอินพุทอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ให้กับวงจร

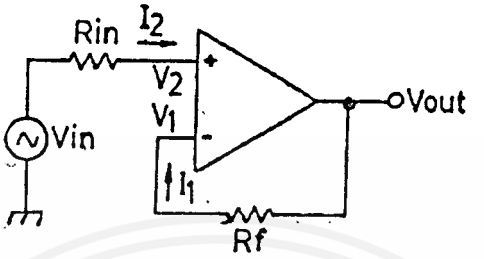
วงจร Buffer ที่ต่อแบบ Non Inverting



รูป 4.3 แสดงวงจร Non Inverting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจร Non Inverting จะให้ $A_v = R_1 + R_2 + 1$ ซึ่งในวงจร Buffer จะมี $A_v = 1$ ซึ่งจะได้ว่า $R_1 / R_2 = 0$ ซึ่งทำได้โดยเพิ่ม R_2 ก็จะทำให้วงจรมี $A_v = 1$ และได้วงจรดังรูป



รูป 4.4 แสดงวงจร Buffer

วงจรที่ได้นี้จะให้ $V_{out} = V_{in}$ คือ $A_v = 1$ ซึ่งเราเรียกวงจรนี้ว่า **" วงจรตามแรงดัน "**(Follow Voltage)

จากวงจรจะได้ว่า

$I_2 = 0$ และ $V_2 = V_{in}$

และเนื่องจาก $I_1 = 0$; $V_1 = [R_2 / (R_1 + R_2)] * V_o$

แต่เนื่องจาก $R_2 = \alpha$; $V_1 = V_o$

และ $V_1 = V_2 = V_{in}$ จะได้

$V_o / V_{in} = (R_1 + R_2) / R_2$ แต่ $R_2 = \alpha$

$V_o / V_{in} = A_v = 1$

และจากคุณสมบัติของวงจร Non Inverting จะมีค่า Z_{in} สูง แต่ Z_{out} ที่ต่ำ จึงใช้เป็นวงจร Buffer

4 - 4 ภาคแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (A to D conversion)

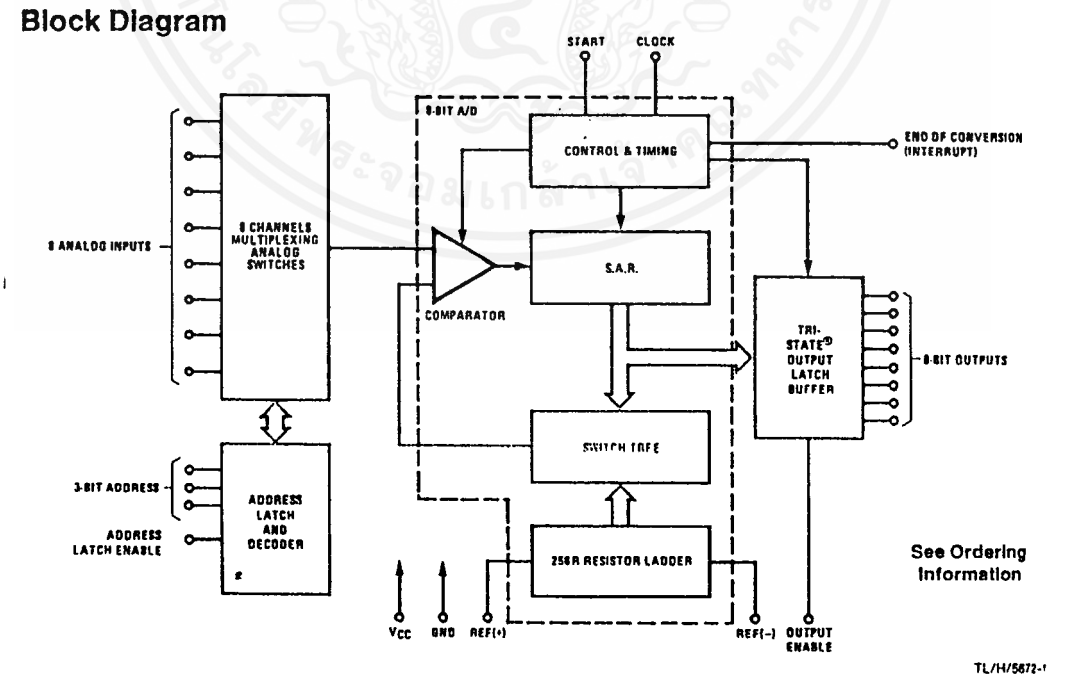
ก่อนที่จะมีการประมวลผลสัญญาณด้วยคอมพิวเตอร์ จะต้องมีการแปลงสัญญาณอนาลอก ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน ซึ่งในโครงงานนี้ จะเลือกใช้ไอซี ADC 0809 ซึ่งเป็น monolithic CMOS device มี 8 channel Multiplexer และเป็น compatible control logic สามารถรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนาลอกอินพุทได้ 8 ช่อง ลักษณะการแปลงจะใช้การเปรียบเทียบ High impedance chopper stabilized comparator โดยใช้ 256R Voltage Divider กับ Analog Switch tree และ successive approximation register ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องมี external zero และ Full Scale Adjustment ซึ่งง่ายที่จะต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ โดยการ latch และ decoded multiplexer address input และ Latch TTL TRI-STATE output มีความเร็ว และความถูกต้องแม่นยำสูง และไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ มีช่วงเวลาการแปลงสัญญาณ (convertion time) 100 μs ทำงานที่ความถี่ 640 Hz (Min 10 , Max 1280 kHz)

หลักการทำงาน

สัญญาณจากวงจรสร้าง clock ความถี่ 640 Hz จะถูกต่อเข้า เป็นสัญญาณ clock ให้ ADC ซึ่งจะทำให้ได้ convertion time 100 μs ซึ่ง ADC จะรับสัญญาณอนาลอกจาก channel ใดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุม ADDRESS LINE (C,B,A) ซึ่งส่งสัญญาณควบคุมมาจาก 8255 port C



รูป 4.5 แสดงบล็อคไดอะแกรมการทำงานของ 8 - bit A/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเมื่อแปลงสัญญาณแล้วจะได้เป็นสัญญาณ 8-bit binary ส่งเข้าไปยัง 8255 เพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ต่อไป

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

รูป 4.6 แสดงการเลือกช่องเอาท์พุท

converter

หัวใจของชิพคือการ convert สัญญาณซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อแปลงได้อย่างรวดเร็วถูกต้องและแปลงซ้ำๆ ได้ในช่วงอุณหภูมิกว้างๆ ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. 256R ladder network
2. Successive approximation register
3. Comparator

1. <u>256R ladder network</u> จะเลือกตาม conventional R/2R ladder เพราะว่า คุณสมบัติของ monotonicity ซึ่งรับประกันว่าไม่มีข้อผิดพลาดในการดีโค้ด โดยที่ 256R network จะไม่ทำให้ loop variation บน Referance Voltage

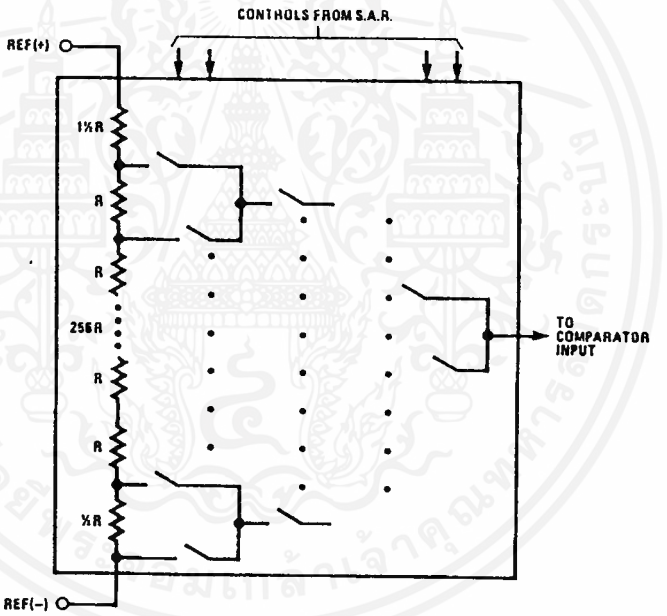
2. <u>Successive Approximation Register (SAR)</u> จะกระทำซ้ำๆกัน 8 ครั้ง เพื่อจะประมาณค่าอินพุทโวลเตจ และสำหรับ SAR Type Converter อื่นๆ เช่น n-iteration นั่นใช้สำหรับ n-bit converter

A/D converter successive approximation Register จะรีเซ็ทตาม positive edge ของ Start conversion (SC) pulse แต่การแปลงจะเริ่มเมื่อ falling edge ของ Start conversion pulse และจะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเทอร์รัพโดยได้รับ start conversion ใหม่ สำหรับการแปลงอย่างต่อเนื่องจะทำได้โดยใช้ EOC (End Of Conversion) ซึ่งถ้าใช้โหมดนี้ external start conversion pulse จะถูกใช้หลังจาก power up และ EOC จะมีค่าต่ำระหว่าง 0 และ 8 clock pulse หลังจาก rising edge ของ start conversion

ส่วนสำคัญที่สุดของ ADC คือการเปรียบเทียบ ส่วนนี้จะเป็นผลมาจาก Ultimate accuracy ของการแปลงทั้งหมด โดยจะเปรียบไปตามความแตกต่างที่มากที่สุดซ้ำๆกัน และการ chopper-stabilized comparator จะมีผลต่อความแม่นยำเที่ยงตรงทั้งหมดของระบบ



รูป 4.7 แสดง Resistor Ladder และ Switch Tree

3. **Chopper Stabilized Comparator** จะแปลง DC input signal เป็น AC signal สัญญาณนี้จะถูกป้อนตรงไปยัง High Gain AC Amplifier และมี DC Level คงไว้ ซึ่งเทคนิคนี้จะจำกัดช่วงการขยาย โดยอาศัย Drift Component เลื่อน DC Component ทำให้ไม่ผ่าน AC Amplifier ซึ่งจะทำให้ ADC มีความแม่นยำ โดยไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ และ input offset error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความละเอียด และความเที่ยงตรงของ A to D

ความเที่ยงตรง (accuracy)ของ D/A คอนเวอร์เตอร์ ขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงของ precision resister ที่ใช้เป็นแลดเดอร์ และความแม่นยำ (precision)ของแรงดันอ้างอิง(reference voltage supply) ซึ่งใช้ความเที่ยงตรง เป็นการวัดค่าเอาท์พุทที่ได้ในทางปฏิบัติว่า มีค่าใกล้เคียงกับทางทฤษฎีเพียงใด เช่นสมมติว่า เอาท์พุททางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 10 v. ความเที่ยงตรง 10 % จะหมายถึงเอาท์พุทที่ได้ในทางปฏิบัติ อยู่ระหว่าง 9.9 v. - 10.1 v.

ความละเอียด (resolution) หรือจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าการหาโวลต์เตจเพิ่มขึ้นอย่างน้อยที่สุดที่สังเกตได้ ความละเอียดจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิทของดิจิตอลอินพุท นั่นคือ เอาท์พุทโวลต์เตจเพิ่มขึ้นอย่างน้อยที่สุดถูกกำหนดโดย LSB สมมติว่าในระบบ 4 bitที่ใช้แลดเดอร์ที่ LSB มี weight เป็น 1/16 ของอินพุทโวลต์เตจ และถ้าสมมติว่า อินพุทโวลต์เตจมีค่าเป็น 16 ดังนั้นในการเปลี่ยนแปลงของ LSB จะทำให้เอาท์พุทเปลี่ยนแปลงเป็น 16 * 1/16 = 1 v. ดังนั้นเอาท์พุทโวลต์เตจจะเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นๆ หรือเพิ่มขึ้นทีละ1 v. ซึ่งจะได้เอาทีพุทโวลต์เตจเปลี่ยนแปลงเป็นรูปขั้นบันได และจะเปลี่ยนแปลงจาก 0 - 15 v. โดยเพิ่มขึ้นทีละ 1 คอนเวอร์เตอร์ อย่างไรก็ตาม มันไม่สามารถที่จะใช้ได้กับโวลต์เตจที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่า 1 v. เช่น ถ้าเราต้องการเอาท์พุทโวลเตจที่มีค่าเท่ากับ 4.2 v. โดยใช้เอาท์พุทโวลต์เตจเท่ากับ 7.8 v. เราจะได้เอาท์พุทเป็น 8 v. ทั้งนี้เพราะว่า คอนเวอร์เตอร์ของเราจะเพิ่มค่าขึ้นขั้นละ 1 v.เท่านั้น กล่าวได้ว่าคอนเวอณ์เตอร์ของเรามีความละเอียดเพียง 1 v.เท่านั้น

ถ้าเราต้องการเอาท์พุทที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าที่กล่าวมาแล้ว เราจะต้องใช้คอนเวอร์เตอร์ที่มีอินพุทมากกว่านี้ เช่น คอนเวอร์เตอร์ขนาด 10 bit จะมี LSB weight เท่ากับ $1/2^{10} = 1/1024$ ดังนั้นค่าที่เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดประมาณ 1/1000 และถ้าคอนเวอร์เตอร์มีค่าเต็มสเกลเท่ากับ 10 v. เราจะได้การเปลี่ยนแปลงเอาท์พุท ขั้นละ 10/1000 = 10 mV

4 -5 ภาคเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์

เมื่อได้รับสัญญาณดิจิตอลจากภาคแปลงสัญญาณแล้ว สัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปที่

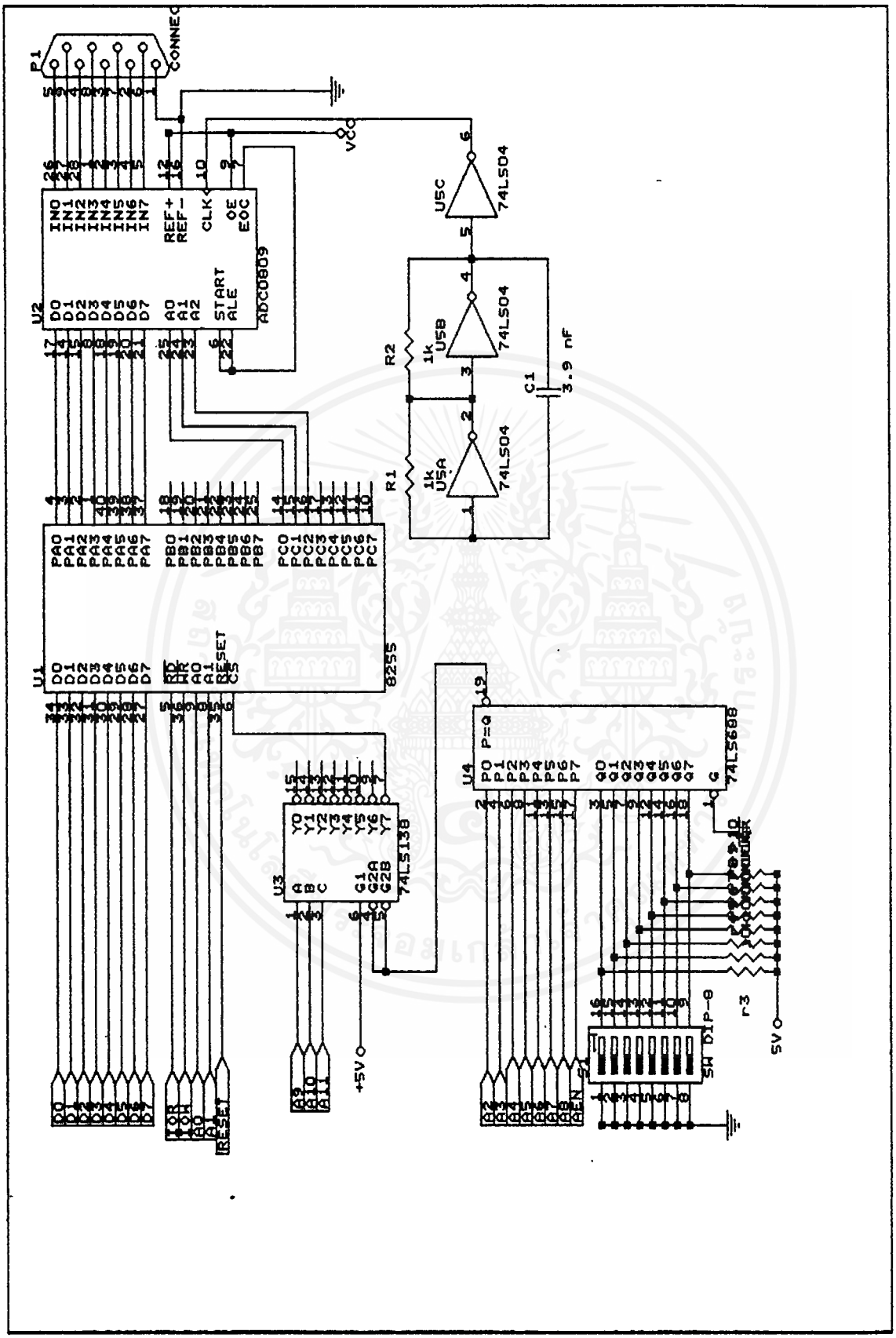
เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต A ของ 8255 ซึ่งจะทำการส่งต่อข้อมูลไปยังไมโครพิวเตอร์ ซึ่งจะเขียนซอร์ฟแวร์สำหรับจัดเก็บข้อมูล ลงบนแอดเดรสของซีพียู ของไมโครคอมพิวเตอร์ หรือเก็บข้อมูลลงบนเมนบอร์ด เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว จะใช้ซอร์ฟแวร์ในการดึงข้อมูลจากหน่วยความจำนี้ไปประมวลผลต่างๆ เช่น การแสดงกราฟต่างๆบนจอภาพ

การอินเทอร์เฟสกับ IBM PC

ภายใน IBM PC ได้มีการออกแบบ ให้สามารถที่จะเพิ่มเติมวงจรอินเทอร์เฟสเข้าได้โดยผ่านทางสล็อตที่อยู่บนเมนบอร์ด ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 8 สล็อต ซึ่งมีจำนวนขาทั้งสิ้น 62 ขา แบ่งออกเป็น 2 ข้าง ๆ ละ 31 ขา ซึ่งการเรียกตำแหน่งขาของสล็อตนี้ถ้าอยู่ด้านซ้ายจะเรียกโดยใช้อักษร " B " นำหน้า เช่นขา B10 ก็คือขาทางด้านซ้ายของสล็อตขาที่ 10 ส่วนที่อยู่ทางด้านขวาก็จะใช้อักษร " A " นำหน้า โดยแต่ละขาของสล็อตจะเชื่อมต่อเส้นสัญญาณต่างๆบนเมนบอร์ด ทำให้สามารถสร้างวงจรอินเตอร์เฟซได้โดยสะดวก ซึ่งเส้นสัญญาณต่างๆที่เชื่อมต่อกับขาของสล็อตจะประกอบไปด้วยเส้นสัญญาณของบัสแอดเดรส บัสข้อมูล บัสควบคุม สำหรับการอ่านเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำ หรือพอร์ท I/O เส้นสัญญาณสำหรับการขออินเทอร์รัพท์ สัญญาณการรีเฟรชหน่วยความจำและอื่นๆ นอกจากเส้นสัญญาณเหล่านี้แล้ว สล็อตบนเมนบอร์ดยังเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟต่างๆในระบบคือ +5Vdc,-5Vdc,+12Vdc และ-12 Vdc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
โปรแกรมในการติดต่อ

โปรแกรมในการใช้งานร่วมกับชุดปฏิบัติการทรานสดิวส์เซอร์นี้ ใช้ภาษาซีในการ เขียนโดยมีความสามารถในการทำงานดังนี้

1. การเลือกช่องสัญญาณ(signal) สามารถรับสัญญานต่างๆได้ถึง 8 ช่องสัญญาณ แต่เนื่องจากขาดอุปกรณ์จึงสามารถเลือกรับสัญญาณได้2ช่องสัญาณ คือ ความดัน(perssure) อุณหภูมิ(temperature) โดยอาจเลือกรับสัญญานช่องใดช่องหนึ่ง หรือ รับทั้งสองช่องก็ ได้ ซึ่งสามารถไปเลือกที่เมนูรับสัญญาณ(Signal)

2. ช่วงในการแสดงผล(range) เนื่องจากในการแสดงผลมีช่วงสัญญาณเอาท์พุทออกมา2ช่วงคือ 100 มิลลิโวลต์ และ 1000 มิลลิโวลต์ จึงมีเมนูให้เลือกได้

3. การแสดงผล(display) สามารถแสดงกราฟได้ทั้งกราฟแท่ง(bar graph) และกราฟเส้น(line graph) การแสดงกราฟจะแสดงกราฟตามชนิดของสัญญาณที่เลือกไว้ ที่เมนูช่องสัญญาณ โดย

สัญญาณความดันจะเขียนกราฟระหว่าง สัญญาณเอาท์พุทเป็นมิลลิโวลต์ กับเวลา

สัญญาณอุณหภูมิจะเขียนกราฟระหว่าง สัญญาณเอาท์พุทเป็นมิลลิโวลต์ กับเวลา

ถ้าเลือกสองช่องสัญญาณ(both signal) ก็จะแสดงกราฟทั้งสองรูป

4. การเก็บข้อมูลและการนำข้อมูลที่เก็บไว้มาแสดงผล(save) สามารถเก็บข้อมูลเป็นไฟล์แยกจากกัน และการนำข้อมูลเก่ามาแสดงนั้นสามาร๔แสดงได้ทั้งชนิดแท่งและเส้นตรง

5. การสิ้นสุดการทำงาน(Exit) สามารถออกจากโปรแกรมโดยเลือกที่เมนูออกจากการทำงาน(Exit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include "crt2.h"
#include <graphics.h>
#include <dos.h>
#include <process.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <io.h>
#include <sys\stat.h>
#include <fcntl.h>
void  menu(void);
void  display(void);
int  checkfile();
void  displaytwo();
void  displaytwowide();
unsigned long int buffer[1][300],mvvalue[300],vvalue[300],
                  mvvalue2[300],vvalue2[300];
unsigned long int yvalue[300],yvalue2[300],pvalue[300];
char a,b,namefile[20],labelx[10],labely[10];
unsigned int short stop,range,selsignal,selsave,selgraph;
unsigned int  gmode,i,valuetime,valuetime2,label,vlabelx;
menutype m;
FILE *sf;
main(void)
 {

 stop = 0;

 while ( stop!= 1 )
   {
    textattr(5);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
initcrt2();
window(1,1,80,24);
clrscr();
gotoxy(22,3);
printf("                    ■■■■                    ■■■■ ");
textattr(2);
makeborder(2,5,79,24,1);
gotoxy(2,7);
clreol();
printf("ฟ");
for ( i=1;i<77;i++)
{
 gotoxy(2+i,7); printf("อ");
}
gotoxy(79,7); printf("น");
menutype_init(&m, 4, 6);
textattr(6);
menutype_addhead(&m,     "     ^Signal    ");
menutype_addhead(&m,     "  ^Range    ");
menutype_addhead(&m,  "  ^Display     ");
menutype_addhead(&m,  "    ^Save    ");
menutype_addhead(&m,  "  ^Exit      ");
menutype_adddown(&m, 1,  "  ^Pressure   ");
menutype_adddown(&m, 1,  "  ^Thermal    ");
menutype_adddown(&m, 1,  "  ^Both signal    ");
menutype_adddown(&m, 2,  "    100 mV   ");
menutype_adddown(&m, 2,  "     1    V   ");
menutype_adddown(&m, 3,  "    ^Line   ");
menutype_adddown(&m, 3,  "    ^Bar   ");
menutype_adddown(&m, 4,  "  Savedata     ");
menutype_adddown(&m, 4,  " ^Showdata line ");
menutype_adddown(&m, 4,  " ^Showdata bar  ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  menutype_showmain(m);
  a=0;
  menutype_get(&m, &a, &b);

  switch (a)
  {
    case 1  :
      {
      switch (b)
      {
        case 1 :
{
selsignal = 1;
        break;
        }
        case 2 :
        {
selsignal = 2;
break;
}
case 3 :
{
 selsignal =3;
 break;
}
      }
      break;
      }
    case 2   :
      {
        switch(b)
        {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            case 1 :
            {
             range = 1 ;
             break;
            }
            case 2 :
            {
             range = 2;
             break;
            }
           }
           break;
         }
       case 3   :
   {
   switch (b)
   {
     case 1 :
   {
    selgraph =1;
    break;
           }
           case 2 :
   {
    selgraph = 2 ;
    break;
           }
}
selsave = 1;
if (selsignal ==3) displaytwowide();
else   display();
break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
case 4   :
{
        switch(b)
        {
   case 1  :
   {
        selsave = 1;
        checkfile();
        break;
   }
   case 2  :
   {
        selsave = 2;
        if (checkfile() == 0)
  break;
        selgraph =1;
        display();
        selsave =1;
        break;
   }
   case 3  :
   {
        selsave = 2;
        selgraph =2;
        if (checkfile() == 0)
  break;
        display();
        break;
   }
        }
        break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 }
case 6    :
         {
          break ;
}

case 5 :
         {
stop = 1;
clrscr();
         break;
         }
       } /* end of switch a*/
  }
}

 void display()
 {
  char    *driverpath = "d:\\lang";
  int     graphdriver = DETECT,graphmode;
  int     x,y,maxx,maxy,mx,my,px1,py1,px2,py2,dbarx,dbary;
  int     porta = 0x03E0;
  int     cntlword = 0xE90  ;
  int     portc    =  0x03E2 ;
  int     cntlport = 0x03E3 ;
  int     sel1 = 0x00;
  int     csel = 0x04;
  char    ch[6];
  detectgraph(&graphdriver,&graphmode);
  initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
  maxx = getmaxx();
  mx = maxx/2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
px1 = mx - 160;
px2 = mx +160;
maxy = getmaxy();
my   = maxy/2;
py1  = my-160;
py2  = my+160;
setlinestyle(1,0,3);
setcolor(61);
rectangle((px1-100),(py1-50),(px2+100),(py2+50));
setcolor(5);
rectangle((px1-99),(py1-51),(px2+101),(py2+51));
setlinestyle(0,0,1);
setcolor(57);
for (i=0;i<=20;i++)
{
    dbarx = i*30;
    dbary = i*20;
}
line(px1,py1,px1,py2);
line(px1-5,py1+5,px1,py1);
line(px1,py1,px1+5,py1+5);
maxx = getx();
line(px1,py2,px2,py2);
line(px2-5,py2+5,px2,py2);
line(px2,py2,px2-5,py2-5);
setcolor(60);
if (selsignal == 1)
  {
   strcpy(labelx,"aa");
   strcpy(labely,"bb");
  }
 if (selsignal ==2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   {
    strcpy(labelx,"aa");
    strcpy(labely,"bb");
   }
 outtextxy((px1-15),(py1-15 ),labely);
 outtextxy((px2+20),(py2-2),labelx);
 for (i=0;i<6;i++)
 {
my  = py2 - (i*(60));
if (range == 1) label = i*20;
else  label  = i*200;
itoa(label,ch,10);
if (i>0)
line((px1-5),my,(px1+5),my);
settextstyle(2,HORIZ_DIR,4);
outtextxy((px1-30),(my-3),ch);
 }
 for (i=1;i<=6;i++)
 {
mx  = px1 + (i*(50));
label  = i*(50);
itoa(label,ch,10);
if (i>0)
line(mx,(py2-5),mx,(py2+5));
settextstyle(2,HORIZ_DIR,4);
outtextxy((mx-8),(py2+10),ch);
 }

 if (selsave ==1)
     outport(cntlport,cntlword);
 else
   {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sf =  fopen(namefile,"rb" );
if (sf == NULL)
    printf("cannot open file\n");
fread(vvalue,sizeof(vvalue),1,sf);
fclose(sf);
    }
 setcolor(2);
 for (i=0;i<300;i++)
 {
  if (selsave == 1)
     {
 outport(portc,csel);
 vvalue[i] = inport(porta);
 outport(portc,sel1);
     }
  if (selsave == 1)  delay(100);
  else  delay(20);
  mvvalue[i] = (vvalue[i]*300/255 );
  yvalue[i] = py2-mvvalue[i];
  valuetime = px1+(i+1);
  if (i ==0)   moveto(valuetime,yvalue[i]);
  if (selgraph == 1)
     lineto(valuetime,yvalue[i]);
  else  line(valuetime,yvalue[i],valuetime,py2);
 }
  getch();
  closegraph();
  }
   void displaytwo()
 {
  int    graphdriver = DETECT,graphmode;
  unsigned int    x,y,maxx,maxy,mx,my,px1,py1,px2,py2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
char  ch[6];
char   *driverpath = "d:\\lang";
int    porta = 0x03E0;
int    cntlword = 0xE90  ;
int    portc   = 0x03E2 ;
int    cntlport = 0x03E3 ;
int    sel1 = 0x00;
int    csel = 0x10;
detectgraph(&graphdriver,&graphmode);
initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
maxx = getmaxx();
mx = maxx/2;
maxy = getmaxy();
my   = maxy/2;
setbkcolor(58);
setcolor(8);
for (i=0;i<11;i++)
  {
bar(((mx/2+mx)-(i*15)),(my-(i*16)),((mx/2+mx)+(i*15)),
    (my+(i*16)));
delay(10);
   if (i==10)
   {
setfillstyle(SOLID_FILL,7);
bar(((mx/2+mx)-(i*15)),(my-(i*16)),((mx/2+mx)+(i*15)),
    (my+(i*16)));
   }
   }

  setcolor(12);
  for (i=0;i<11;i++)
   {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    bar(((mx/2)-(i*15)),(my-(i*16)),((mx/2)+(i*15)),
      (my+(i*16)));
delay(10);
if (i==10)
   {
setfillstyle(SOLID_FILL,7);
bar(((mx/2)-(i*15)+2),(my-(i*16)+2),((mx/2)+(i*15)-3),
     (my+(i*16)-2));
   }
   }
   setlinestyle(0,2,0);
   setcolor(20);
   rectangle((mx+10),78,(maxx-8),(maxy-79));
   rectangle(8,78,(mx-10),(maxy-79));
   maxx = getx();
   setcolor(4);
   line(44,100,44,364);
   line(44,364,304,364);
   line(39,105,44,100);
   line(49,105,44,100);
   line(299,359,304,364);
   line(299,369,304,364);
   outtextxy(30,85,"V(mV)");
   settextstyle(2,HORIZ_DIR,4);
   for (i=0;i<6;i++)
   {
  if (range == 1) label = i*20;
  else  label  = i*200;
  itoa(label,ch,10);
  my = 364-(i*48);
  if (i>0)
  line(39,my,49,my);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 outtextxy(10,(my-1),ch);
  }
  for (i=1;i<=6;i++)
  {
 mx =  44+(i*40);
 label = i*50;
itoa(label,ch,10);
line(mx,359,mx,369);
settextstyle(2,HORIZ_DIR,4);
outtextxy((mx -7),(373),ch);
  }
  mx = getmaxx()/2;
  line(mx+46,100,mx+46,364);
  line(mx+46,364,mx+306,364);
  line(mx+41,105,mx+46,100);
  line(mx+51,105,mx+46,100);
  line(mx+301,359,mx+306,364);
  line(mx+301,369,mx+306,364);
  outtextxy(mx+35,85,"V(mV)");
  settextstyle(2,HORIZ_DIR,4);
  for (i=0;i<6;i++)
  {
  if (range == 1) label = i*20;
  else  label  = i*200;
 itoa(label,ch,10);
 my = 364-(i*48);
 if (i>0)
 line(mx+41,my,mx+51,my);
 outtextxy(mx+20,(my-1),ch);
   }
   for (i=1;i<=6;i++)
   {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 mx = 355 +(i*40);
 label = i*50;
itoa(label,ch,10);
line(mx,359,mx,369);
settextstyle(2,HORIZ_DIR,4);
outtextxy((mx -7),(373),ch);
  }
  getch();
 outport(cntlport,cntlword);
  setcolor(2);
  for (i=0;i<240;i++)
  {
     vvalue[i] = i+1 ;
     pvalue[i] = i+1 ;
     valuetime = 44+(i+1);
     outport(portc,csel);
     vvalue[i] = inport(porta);
     mvvalue[i] = (vvalue[i]*240/255 );
     yvalue[i] = 364-mvvalue[i];
     setcolor(62);
      if (i== 0 ) moveto(valuetime,yvalue[0]);
      else  moveto(valuetime-1,yvalue[i-1]);
      delay(5);
      lineto(valuetime,yvalue[i]);
      delay(10);
      outport(portc,sel1);
      pvalue[i] = inport(porta);
      setcolor(57);
      mvvalue2[i] = (pvalue[i]*240/255 );
      yvalue2[i] = 364-mvvalue2[i];
      valuetime2  =  365+i;
      if (i== 0)  moveto(valuetime2,yvalue2[0]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      else  moveto(valuetime2-1,yvalue2[i-1]);
      delay(5);
      lineto(valuetime2,yvalue2[i]);
  }
  getch();
  closegraph();
  }
void displaytwowide()
{
 char   *driverpath = "d:\\lang";
 int    graphdriver = DETECT,graphmode;
 unsigned int  pay1,pay2,dbar,pby1,pby2,may,mby;
 unsigned  int  i,maxx,maxy,mx,my,px1,px2;
 int  porta = 0x03E0;
 int  cntlword = 0xE90  ;
 int  portb   = 0x3E1;
 int  portc   =  0x03E2 ;
 int  cntlport = 0x03E3 ;
 int  sel1 = 0x08;
 int  csel = 0x00;
 char  ch[6];
   detectgraph(&graphdriver,&graphmode);
   initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
   maxx    = getmaxx();
   mx      = maxx/2;
   px1     = mx - 160;
   px2     = mx +160;
   maxy    = getmaxy();
   my      = maxy/2;
   pay1    = my-190;
   pay2    = my-10;
   pby1    = my+30;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pby2    = my+210;
setlinestyle(0,0,3);
setcolor(7);
rectangle((px1-83),pay1-2,(px2+83),pay2+2);
rectangle((px1-83),pby1-2,(px2+83),pby2+2);
setfillstyle(1,61);
bar(px1-83,pay1-30,px2+83,pay1-10);
bar(px1-83,pby1-30,px2+83,pby1-10);
setfillstyle(1,15);
for (i=0;i<=48;i++)
{
   dbar = i*5 ;
   bar(mx-dbar,pay1,mx+dbar,pay2);
   bar(mx-dbar,pby1,mx+dbar,pby2);
   delay(30);
}

setlinestyle(0,0,1);
setcolor(3);
line(px1,pay1+15,px1,pay2-15);
line(px1-5,pay1+20,px1,pay1+15);
line(px1,pay1+15,px1+5,pay1+20);
maxx = gety();
line(px1,pay2-15,px2,pay2-15);
line(px2-5,pay2-20,px2,pay2-15);
line(px2,pay2-15,px2-5,pay2-10);
outtextxy((px1-15),(pay1+5 ),"V(mV)");
outtextxy((px2+20),(pay2-15),"P(kgPa)");
line(px1,pby1+15,px1,pby2-15);
line(px1-5,pby1+20,px1,pby1+15);
line(px1,pby1+15,px1+5,pby1+20);
line(px1,pby2-15,px2,pby2-15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  line(px2-5,pby2-20,px2,pby2-15);
  line(px2,pby2-15,px2-5,pby2-10);
  outtextxy((px1-15),(pby1+5 ),"V(mV)");
  outtextxy((px2+20),(pby2-15),"P(kgPa)");
  settextstyle(2,HORIZ_DIR,4);
  for (i=0;i<6;i++)
  {
may  = pay2 - (i*(28))-15;
mby  = pby2 - (i*28)-15;
 if (range == 1) label = i*20;
 else  label  = i*200;
itoa(label,ch,10);
if (i>0)
{
    line((px1-5),may,(px1+5),may);
    line((px1-5),mby,(px1+5),mby);
}

outtextxy((px1-30),(may),ch);
outtextxy(px1-30,mby,ch);
  }
 settextstyle(2,HORIZ_DIR,4);
  for (i=1;i<16;i++)
  {
mx  = px1 + (i*(20));
vlabelx  = i*(20);
itoa(vlabelx,ch,10);
if (i>0)
{
    line(mx,(pay2-20),mx,(pay2-10));
    line(mx,(pby2-20),mx,(pby2-10));
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
outtextxy((mx-8),(pay2-10),ch);
outtextxy((mx-8),(pby2-10),ch);
  }


  outport(cntlport,cntlword);
  getch();
  setcolor(13);
  for (i=0;i<300;i++)
  {
     vvalue[i] = i+1 ;
     pvalue[i] = 255-i ;
     valuetime = px1+(i+1);
     outport(portc,csel);
     vvalue[i] = inport(porta);
     mvvalue[i] = (vvalue[i]*150/255 );
     yvalue[i] = pay2-15-mvvalue[i];
     setcolor(61);
     if (i== 0 ) moveto(valuetime,yvalue[0]);
     else  moveto(valuetime-1,yvalue[i-1]);
     delay(5);
     lineto(valuetime,yvalue[i]);
     delay(10);
     outport(portc,sel1);
     pvalue[i] = inport(porta);
     setcolor(57);
     mvvalue2[i] = (pvalue[i]*150/255 );
     yvalue2[i] = pby2-15-mvvalue2[i];
     valuetime2  =  px1+1+i;
     if (i== 0)  moveto(valuetime2,yvalue2[0]);
     else  moveto(valuetime2-1,yvalue2[i-1]);
     delay(5);
```

เอกสารนี้มีไว้สำหรับที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      lineto(valuetime2,yvalue2[i]);
   }
   getch();
   closegraph();
   }

int checkfile()
{
    int handle;
    offcursor();
    window(1,1,80,24);
    makeborder(25,10,55,15,1);
    window(26,11,54,14);

    do
      {
       i =0;
       gotoxy(5,2);
       printf("enter name of data  ");
       gotoxy(8,3);
       do
       {
a = getch();
switch(a)
{
 case '\x1b' :
     {
      return(0);
      break;
     }
 case ' '    :
     {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        break;
       }
  case '\b'    :
       {
if (i>0)
{
 gotoxy(8+i-1,3);
 clreol();
 i=i-1;
}
break;
       }
  default      :
       {

        putch(a);
        if ( a != '\r')
        {
  namefile[i] = a;
  i=i+1;
        }
        break;
       }
 }
 gotoxy(8+i,3);
 label = strlen(namefile);
        }
        while ( a != '\r');
        if (selsave ==1)
  sf = fopen(namefile,"wb" );
        else  sf = fopen(namefile,"rb" );
        if (sf == NULL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
 gotoxy(3,3);
 clreol();
 printf("cannot open file\n");
 clrscr();
}
    }
    while (sf == NULL);
    pvalue[0] = 112;
    if (selsave ==1)
       {
  if  (selsignal == 3)
   {
    for (i=0;i<=300;i++)
    {
     buffer[0][i] = vvalue[i];
     buffer[1][i] = pvalue[i];
    }
    fwrite(buffer,sizeof(buffer),1,sf);
   }
   else   fwrite(vvalue,sizeof(vvalue),1,sf);
}
     else
     {
     fclose(sf);
      handle = open(namefile,O_RDONLY,S_IREAD);
      fdopen(handle,"r" );
      valuetime = filelength(handle);
if (   valuetime > 1200)
{
    fread(buffer,sizeof(buffer),1,sf);
    for (i=0;i<=300;i++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
vvalue[i] = buffer[0][i] ;
pvalue[i] = buffer[1][i];
    }
  }
  else fread(pvalue,sizeof(pvalue),1,sf);
      }
      fclose(sf);
      window(1,1,80,24);
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ชุดปฏิบัติการทรานสดิวส์เซอร์

(TRANSDUCER TEST BED)

6 - 1 โครงหลัก(Mainframe) SL 1

ส่วนควบคุมตรงบริเวณส่วนหน้าของโครงหลัก กำหนดรายละเอียดการทำงานดังต่อไปนี้

1. ที่มุมขวามือสุดของโครงหลักคือ สวิทช์ปิดเปิดหลัก และเหนือสวิทช์ขึ้นไปจะมีไฟเขียวแสดงสถานะการ "เปิด"ของเครื่อง

2. ส่วนซ้ายสุดของแผงควบคุม กำหนดส่วนปรับความถี่ ส่วนปรับแอมปลิจูด(amplitude)ไฟกระแสสลับความถี่ต่ำเอาท์พุทกระแสสลับได้จากช่องขนาด 2 mm. 2 ช่อง ซึ่งอยู่ด้านล่างของส่วนนี้ ความถี่ของไฟกระแสสลับถูกควบคุมโดยปุ่มที่อยู่ถัดขึ้นมาเหนือขั้วเหล่านี้ ซึ่งสามารถปรับค่าได้ในช่วง 3 H_z ถึง 30 H_z อัมปลิจูดถูกควบคุมโดยปุ่มที่อยู่ด้านบน และขนาดของเอาท์พุท(output) ปรับได้สูงสุดเป็น 20 โวลต์ สัญญลักษณ์ย่อ VFO มาจาก Variable Frequency Oscillator.

3. ทางด้านขวาเป็นอีกส่วนหนึ่งที่ใช้ปรับสมดุลของการจ่ายไฟ D.C. ที่จะส่งไปยัง D.C.ทรานสดิวส์เซอร์ ปุ่มควบคุมสามารถปรับเอาท์พุทได้ในช่วง 0 โวลต์ ถึง 10 โวลต์ ขั้ว 3 ขั้วที่ตรงส่วนล่าง ได้แก่ ขั้วสัญญาณกราวนด์ ขั้วทางซ้ายเป็นเอาท์พุทค่าบวกและขั้วทางขวาเป็นเอาท์พุทค่าลบ ดังนั้นถ้าปุ่มปรับถูกปรับไว้ที่ 5 โวลต์ เอาท์พุทที่ออกมาจะเป็น +5 โวลต์ เมื่อเทียบขั้วทางซ้ายกับกราวนด์ (Ground) และมีค่าเป็น -5 โวลต์ เมื่อเทียบขั้วด้านขวากับกราวนด์ โวลต์เตจที่คร่อมระหว่าง 2 ขั้วจะมีค่าเป็น 10 โวลต์ กระแสสูงสุดที่ได้จากส่วนนี้เป็น 10 mA ป้องกันการลัดวงจรทางด้านเอาท์พุท

4. ส่วนที่อยู่ถัดไปทางขวาของแหล่งจ่าย D.C.คงที่ความถี่สูงกระแสสลับ สำหรับ AC ทรานสดิวส์เซอร์ความถี่ของการ ออสซิลเลจเป็น 5 KH_z อัมปลิจูดของเอาท์พุทปรับค่าโดยปุ่มควบคุมซึ่งถูกจำกัดค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 20 โวลต์ ส่วนที่จ่ายกระแสสลับนี้จะให้เอาท์พุทที่แตกต่างกัน 2 เอาท์พุท โดยมีขั้ว 0 โวลต์และเฟสศูนย์องศา เป็นขั้วอ้างอิง ขั้ว 0 โวลต์และเฟส180 องศา เป็นขั้วที่มีเฟสต่าง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับขั้วศูนย์องศาเป็น 180 องศา ระหว่างขั้ว 0 โวลต์และขั้ว LV มีเฟสเดียวกันที่ 0 องศา แต่เนื่องจากเป็นส่วนที่จ่ายกระแส หรือไม่ก็เป็นส่วนที่จ่ายโวลต์เตจ ดังนั้น เอาท์พุทนี้จึงใช้ในการจ่ายโหลดอิมพีแดนซ์ต่ำ

5. ส่วนต่อไปเป็นส่วนปรับช่วง (Range) โวลต์มิเตอร์อิเลคทรอนิคส์ สำหรับการปรับ(set zero)ขั้วอินพุทของมิเตอร์อยู่ส่วนล่างของส่วนปรับ Range ซึ่งปรับช่วงได้เต็มสเกลของมิเตอร์ที่ปุ่มควบคุมด้านบนมิเตอร์นี้เป็นอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์มีอินพุทอิมพีแดนซ์ 1เมกกะโอห์ม และสะดวกต่อการปรับตั้งของอุปกรณ์

เพื่อการปรับตั้งจำเป็นต้องต่อขั้วอินพุท ของมิเตอร์เข้ากับสายที่มีขนาดความยาวพอสมควรในการทำการปรับ ดังนั้นบนมิเตอร์จึงต้องมีค่า 0 อยู่ การเปลี่ยน Range ของมิเตอร์ก็สามารถทำได้เมื่อมีความจำเป็น ช่องเสียบเอาท์พุทอยู่ข้างใต้มิเตอร์ ตรงส่วนที่เป็นตัวขยายสัญญาณบัฟเฟอร์(Buffer)เป็นผลโดยตรงต่อมิเตอร์ที่ยอมรับได้ เอาท์พุทจากมิเตอร์นี้มีค่าเต็มสเกลเป็น 1 โวลต์ ทางด้านขวาของส่วนที่เป็นมิเตอร์เป็นส่วนปรับระดับพลังงานโวลต์เตจต่ำ ซึ่งสามารถจ่ายโวลต์เตจได้ทั้งแบบ ac หรือ dc ในช่วง 0 ถึง 15 โวลต์ และค่าแอมป์สูงสุดเป็น 4 A เอาท์พุทโวลต์เตจต่ำ สามารถปรับค่าได้ที่ขั้วทั้ง 4 ทางด้านขวาของปุ่มควบคุม 2 ขั้วด้านบนเป็นเอาท์พุทแบบ D.C (เต็มคลื่น และปรับคลื่นเรียบ) และอีก 2 ขั้วล่างเป็นเอาท์พุทแบบ A.C ควบคุมระดับโดยปุ่มทางซ้าย เอาท์พุทนี้ถูกเชื่อมต่อผ่านทางกล่องฟิวส์ (Fuse)ที่อยู่ด้านหลังของเครื่องมือ

ตลอดแนวฐานของแผงควบคุม เป็นกลุ่มของสายเสียบ 5เข็ม 8 กลุ่มมีเฟส 180 องศา สายเสียบเหล่านี้เป็นแบบ DC $\pm$ 15 โวลต์ ซึ่งสามารถใช้ในการให้พลังงานแก่หน่วยสัญญาณขบวนการ(module) เมื่อต้องการใช้ตัวจ่ายไฟ + 15 โวลต์ จะต้องต่อกับสาย 1 ,-15 โวลต์ ต้องต่อกับสาย 2 และ 0 โวลต์เป็นสัญญาณอ้างอิงต่อสาย 2 ปุ่มสีดำทั้งหมดเป็นสัญญาณเปรียบเทียบ ที่ถูกเชื่อมต่อถึงกันภายในระบบจ่ายไฟเพื่อเป็นสัญญาณอ้างอิง (Ground) หน่วยสัญญาณขบวนการต่อเข้าในช่องพลังงาน DIN สายสัญญาณอ้างอิงสีดำจะต้องถูกเชื่อมต่อด้วย ทำการจ่ายพลังงานผ่านตัวนำไปยังระบบอ้างอิง

6 - 2 ข้อกำหนดระบบปฏิบัติการ

1. สำรวจดูว่า ตัวเลือกโวลต์เตจที่ด้านหลังของโครงหลักถูกปรับเพื่อจ่ายโวลต์เตจตรงตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เหมาะสม กับตัวเชื่อมต่อหลักและตัวนำ แน่ใจว่าสายเชื่อมต่อสีเขียว, เหลือง ถูกต่อกัยสายอ้างอิงอย่างถูกต้องแน่นอน

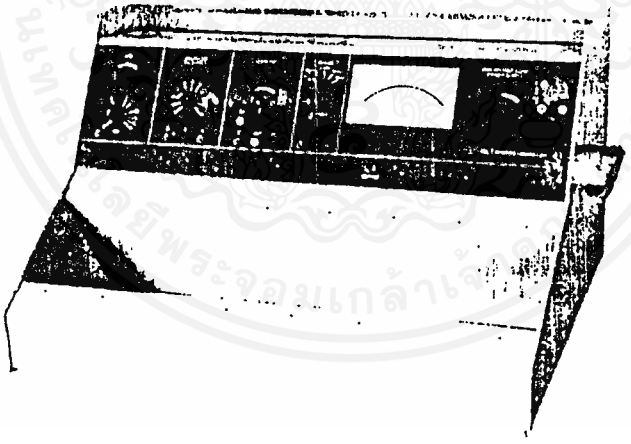
<u>ข้อควรระวัง</u>

เมื่อทำการเปลี่ยนชุดปฏิบัติการ ตัวจ่ายหลักจะต้องถูกปลดออกเสมอ

<u>พลังงานที่ให้แก่ โครงหลัก SL1</u>

โครงหลัก SL1 ต้องการแหล่งจ่ายเดียวขนาด 3 A และสามารถปรับเพื่อให้ได้อินพุทที่พอเหมาะได้ในช่วง 100 V ถึง 240 V ac และความถี่ 50 หรือ 60 H_z

พลังงานอินพุท ตัวปรับเลือกโวลต์เตจ และตัวนำของระบบปฏิบัติการถูกติดตั้งไว้ทางด้านหลังของอุปกรณ์ (ดูรูป)



รูป แสดงลักษณะของโครงหลัก (Mainframe SL1)

อินพุทหลักเฟสเดียว ถูกจ่ายผ่านตัวเสียบ IEC และช่องที่จัดไว้ที่ในล่างซ้ายด้านหลังของโครงหลัก ตัวนำ IEC จะสามารถถูกใช้ต่อเพื่อให้สัญญาณ AC และให้ผ่านได้ที่ขนาด 5 A ด้านขวาของอินพุท IEC เป็นแผงเลือกโวลต์เตจและช่วยการทำงาน ตัวเลือก(selector)จะถูกต่อเพื่อปรับตั้งโวลต์เตจที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าโวลต์เตจที่ตัวจ่าย สามารถจ่ายให้ได้ทางขวาของตัวเลือกโวลต์เตจหลักเป็นตัวนำ 2 ตัว ที่ให้อินพุทหลัก และเอาท์พุทโวลต์ต่ำของตัวจ่ายพลังงานผ่าน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 -3 SL 30 ชุดปฏิบัติการตรวจสอบความดัน

(Pressure Sensing Test Bed)

ชุดปฏิบัติการตรวจสอบความดันระบบ J.J เป็นส่วนหนึ่งของระบบ J.J.สำหรับสอนการใช้งาน , การประยุกต์ใช้งานทรานส์ดิวส์เซอร์(Transducer) ระบบการวัดและเทคนิคสัญญาณของขบวนการ ชุดปฏิบัติการถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้กับระบบปฏิบัติการของโครงหลัก SL1 ทั้งยังรวมถึงการใช้สัญญลักษณ์ที่เหมาะสมเพื่อรายละเอียดของโครงหลัก

SL 30 แสดงถึงเทคนิคการวัดความดัน ส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดปฏิบัติการจะพูดถึงรายละเอียดต่อไป

การทำงานของชุดปฏิบัติการนี้ สามารถอธิบายได้พอสังเขป ดังนี้

เครื่องกำเนิดความดัน(Pump)ที่สามารถปรับค่าความเร็วได้ ถูกนำมาใช้ในการสร้างความดันในห้องความดัน(chamber) ที่มีลักษณะโปร่งใส มีความดันที่แตกต่างกันได้จนถึง 100 kPa มิเตอร์แสดงค่าความดันภายในห้องความดัน และสเกลบนหน้าปัดของมิเตอร์สามารถมองเห็นได้ ผู้ที่ศึกษาสามารถสังเกตเห็นโครงสร้างภายในและการทำงานของมิเตอร์ได้ มีวาวล์เพิ่มความดันซึ่งใช้ในการควบคุมความดันภายในห้องความดัน เมื่อมีความดันเกิดขึ้นในห้องความดัน ไดอะแฟรมยางที่ยึดระหว่างห้องความดันและห้องของการวัดก็จะเกิดการยืดตัวออกอุปกรณ์การวัดความดันเกือบทั้งหมดอาศัยการยืดขยายตัวของไดอะแฟรม ซึ่งไดอะแฟรมนี้บางครั้งทำจากพลาสติก หรือยางสำหรับความดันต่ำๆ และทำจากโลหะสำหรับความดันขนาดกลางและสูงๆ ชุดปฏิบัติการนี้มีไดอะแฟรมสามารถยืดตัวได้มากซึ่งเป็นคุณสมบัติของทรานสดิวส์เซอร์เพื่อการมองเห็นกลไกได้อย่างชัดเจนเมื่อไดอะแฟรมยืดตัวท่อยาวที่ติดอยู่ซึ่งทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของทรานส์ดิวส์เซอร์ที่ใช้วัดจะเกิดการเลื่อนไปตามยาว ความดันที่ทำการวัดจะสัมพันธ์กับการขยายตัวของไดอะแฟรม

ชนิดต่างๆ ของทรานส์ดิวส์เซอร์ อธิบายได้ดังนี้

ทรานสดิวส์เซอร์ แบบสเตรนเกจ(strain gauge) จะติดอยู่บนแผ่นไดอะแฟรมที่ขึงไว้ตึงๆซึ่งจะมีการเปลี่ยนความต้านทาน

อุปกรณ์วัดความร้อนแบบแผ่นโลหะคู่(Bi- metallic) อาศัยการยืดขยายตัวของแผ่นโลหะคู่(Bi-metallic)ซึ่งจะสัมผัสอยู่กับตัวนำที่ต่ออยู่กับไดอะแฟรม

ทรานสดิวส์เซอร์แบบ เวอวาวนด์โปเทนชิโอมิเตอร์(Wire wound Potentiometer)

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

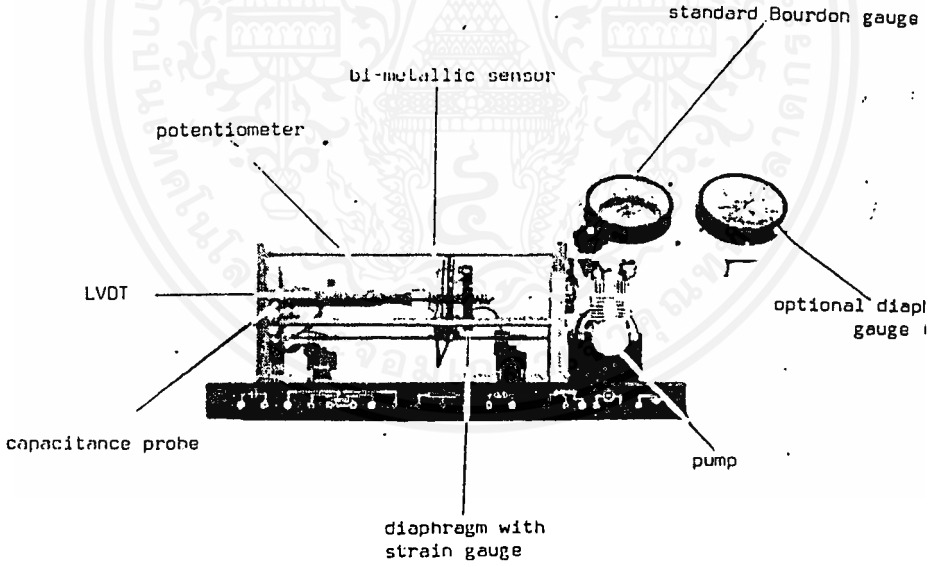
ทรานสดิวส์เซอร์แบบ ลิเนียร์แวริเอเบิลดิฟเฟอเรนเชียลทรานส์ฟอร์เมอร์(Linear Variable differential Transformer:LVDT)

ทรานสดิวส์เซอร์แบบ คาปาซิแตนซ์โพรบ(Capacitance Probe)

การเชื่อมต่อทั้งหมดที่ต่อไปยังทรานสดิวส์เซอร์ต่าง ๆ จะนำผ่านทางขั้วขนาด 2 mm.ซึ่งจะอยู่ที่ด้านหน้าของชุดปฏิบัติการ และได้แสดงฟังก์ชันการทำงานต่างๆไว้ การเชื่อมต่อสัญญาณทั้งหมดจะผ่านทางขั้วเหล่านี้ และแต่ละขั้วไม่มีการต่อถึงกันสัญญาณพลังงานที่นอกเหนือจากนี้จะถูกสร้างขึ้นเองเมื่อจัดวางชุดปฏิบัติการให้เข้าที่บนโครงหลักแล้ว โครงหลักจะอำนวยความสะดวกในการขยายระบบมากยิ่งขึ้น

ชุดปฏิบัติการวัดความดัน SL 30 นี้ มาจากส่วนหนึ่งของระบบปฏิบัติการ J.J. ซึ่งเพิ่มโครงหลักและชุดปฏิบัติการ ให้มีหลายชนิดขึ้น

ในส่วนต่อไปจะอธิบายถึงรายละเอียดของฟังก์ชั่นและการทำงานของ SL 30 และจะพิจารณาโมดูล(module)สัญญาณของขบวนการเหล่านั้น ซึ่งจำเป็นต่อการใช้ทรานส์ดิวส์เซอร์ ในระบบการวัดนี้



รูป แสดงรายละเอียดของชุดปฏิบัติการ SL 30

การพิจารณาส่วนประกอบต่าง ๆ

ในส่วนต่อไปเป็นการอธิบายรายละเอียด ส่วนประกอบของ SL 30 ชุดปฏิบัติการความดัน(Pressure Test bed) ซึ่งจะพิจารณาอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นพร้อมกับอธิบายการเชื่อมต่อที่ถูกต้องเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกำเนิดความดัน(Pressurising Pump) และห้องความดัน (Pressure chamber)

เครื่องกำเนิดความดันหรือปั๊ม(Pressurising Pump)ที่ใช้ในชุดปฏิบัติการ SL 30 นี้เป็นปั๊มขนาดเล็กแบบลูกสูบเคลื่อนที่ ขับด้วย DC มอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ ซึ่งตัวปั๊มและมอเตอร์นี้จะอยู่ด้านขวาสุดของชุดปฏิบัติการ พลังงาน DC ถูกส่งผ่านไปยังปั๊มโดยทางขั้วของมอเตอร์ที่อยู่ทางด้านล่างของปั๊ม โดยการเปลี่ยนค่า DC โวลต์เตจที่จ่ายมายังปั๊มจากโครงหลัก SL 1 จึงสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วของ DC มอเตอร์ได้และยังเปลี่ยนความดันในห้องความดันด้วย

พร้อมกันนี้ ที่ด้านข้างจะมีวาวล์ควบคุมความดันติดอยู่สำหรับใช้ควบคุมความดันในห้องความดันไม่ให้เกินกว่าค่าสูงสุดที่ทนได้

ส่วนตัวห้องความดันนั้น จะเป็นกระบอกใสอยู่ตรงกลางของชุดทดลอง และสามารถมองเห็นการทำงานของชิ้นส่วนภายในได้ง่าย ระหว่างห้องความดันและห้องของการวัดเป็นไดอะแฟรมยาง ที่เป็นส่วนส่งผ่านการวัดค่าความแตกต่างของความดันของทรานส์ดิวส์เซอร์ ความดันภายในห้องความดัน แสดงโดยเกจวัดความดันชนิด "Bourdon" ซึ่งมีขีดแบ่งเป็นช่องๆละ 1kPa มีไปจนถึง 100kPa ลำดับต่อไปจะแสดงให้รู้ถึงโครงสร้างภายในของ "Bourdon guage"

เกจวัดความดันประเภทอื่น ๆ ที่มีเพิ่มขึ้นมา ก็อาศัยพื้นฐานผลที่ได้จากไดอะแฟรมความดันซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกันกับ Bourdon gage และสามารถต่อผ่านทางตัวแปลง 4 ทิศทางในระบบป้อนความดัน

6 - 4 ชนิดของทรานสดิวส์เซอร์วัดความดัน

(Pressure Measurement Transducer)

เกจวัดความเครียด (Strain gage)

ตัวเกจวัดความเครียดนี้ จะเปลี่ยนค่าความต้านทานเมื่อไดอะแฟรมยืดตัวเนื่องจากมีความดันมากระทบ ขั้วของเกจวัดความเครียดมี 2 ขั้ว ในส่วนพอร์ต (Port)กลางที่แผงด้านหน้าและความดันมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนค่าความต้านทาน ทรานสดิวส์เซอร์หลายชนิด ใช้หลักการวัดโดยระบบเกจวัดความเครียด เพื่อวัดการขยายตัวของไดอะแฟรมซึ่งบางทีอาจจะมีมากกว่า1 ติดอยู่กับไดอะแฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นโลหะคู่(Bi-metallic Strip)

ระบบการวัดต่อไปเป็นการตรวจสอบความร้อนด้วยแผ่นโลหะซึ่งติดอยู่ที่ตำแหน่งอ้างอิงบนด้านซ้ายมือของห้องของการวัด ซึ่งส่วนนี้ประกอบด้วยแผ่นโลหะพันรอบ ๆ ด้วยลวดนำความร้อน วงจรนำความร้อนครบวงจรตลอดจากปลายของแผ่นโลพะคู่(Bi- mettallic)ผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งวงจรต่อผ่านถึงกันตลอดจากโลหะรูปกรวยไปยังไดอะแฟรม มีหลักการทำงานคือ ขณะที่หน้าสัมผัสของสปริงแตะที่กรวย ทำให้ครบวงจรความร้อนและขดลวดก็ร้อนขึ้นแผ่นโลหะคู่จะขยายตัวยืดออกในที่สุดเมื่อขยายตัวเต็มที่ หน้าสัมผัสก็จะไม่แตะหรือสัมผัสกับโลหะรูปกรวย ทำให้ไม่ครบวงจร เมื่อไม่ครบวงจรแผ่นโลหะคู่ก็จะเย็นตัวลงก็จะสัมผัสกับโละรูปกรวยอีกครั้ง และก็จะเริ่มการทำงานเหมือนเดิมเมื่อป้อนไฟเข้า ซึ่งช่วงเวลาที่ทำให้แผ่นโลหะคู่ร้อนขึ้นและเย็นลงนี้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเคลื่อนที่ของแผ่นไดอะแฟรม เมื่อความดันต่ำไดอะแฟรมไม่เกิดการขยายตัว หน้าสัมผัสจะมีระยะห่างกันเล็กน้อย และกระแสเฉลี่ยในระบบก็จะมีค่าต่ำ แต่เมื่อมีความดันสูงกรวยจะเคลื่อนที่สัมพันธ์กับหน้าสัมผัสแผ่นโลหะคู่ต้องขยายตัวมากกว่า และกระแสเฉลี่ยที่เกิดขึ้นก็มากกว่าด้วย

การเชื่อมต่อของระบบการตรวจวัดแบบแผ่นโลหะคู่ จะทำเป็นชุดของขั้ววงจร 3 ขั้วใกล้กับขั้วของมอเตอร์ ซึ่งอยู่แผงด้านหน้าทางขวาของชุดปฏิบัติการ

โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer)

อุปกรณ์หนึ่งในระบบการวัด มีลักษณะเป็นสายพันรอบๆ ความต้านทานซึ่งเลื่อนไปที่ไดอะแฟรมได้ รูปแบบของอุปกรณ์เป็นระบบเชิงเส้น การเลื่อนทิศทางเป็นสัดส่วนของความดัน การเชื่อมต่อแสดงไว้ด้วยสัญญลักษณ์ของโปเทนชิโอมิเตอร์ที่แผงด้านหน้าตรงส่วนกลางของชุดปฏิบัติการ เนื่องจากเครื่องวัดมีลักษณะเป็นสายพันกันอยู่ จึงแสดงผลลัพธ์ต่ำสุดได้แม่นยำพอสมควรและเป็นระบบการวัดแบบเชิงเส้น

หม้อแปลงดิฟเฟอเรนเชียลเชิงเส้น

(Linear Variable Differential Transformer)

ระบบการวัดต่อไปเป็นแบบหม้อแปลงดิฟเฟอเรนเชียลเชิงเส้น ซึ่งเป็นทรานส์ฟอร์เมอร์แบบหนึ่งซึ่งมีขดลวดพันอยู่บนแกน 3 ชุดเป็นขดลวดปฐมภูมิ(Primary) 1 ชุด และ ทุติยภูมิ(Secondary) 2 ชุด ส่วนตรงกลางที่แกนของขดลวดทั้ง 3 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีแท่งแม่เหล็ก ซึ่งปลายด้านหนึ่งจะต่อติดกับแผ่นไดอะแฟรม และเมื่อความดันเพิ่มขึ้นแผ่นไดอะแฟรมจะเคลื่อนที่ดันแท่งเหล็กให้เคลื่อนที่เข้ามาในขดลวดมากขึ้น ดังนั้นจะทำให้แรงดันจากขดปฐมภูมิเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง การเชื่อมต่อของระบบนี้จะนำมาผ่านออกทางขั้ว 6 ขั้ว ทางซ้ายของ โปเทนชิโอมิเตอร์บนแผงด้านหน้า

<u>หัววัดคาปาซิแตนซ์</u> (Capacitance Probe)

เป็นการวัดความดันโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความจุ คือมีแท่งโลหะกลวง 2 อันสวมกันอยู่ โดยอันหนึ่งอยู่กับที่ และอีกอันหนึ่งต่ออยู่กับแผ่นไดอะแฟรมซึ่งจะเคลื่อนที่เข้าออกเพราะความดันเพิ่มขึ้นหรือลดลง และทำให้แท่งโลหะเคลื่อนที่เข้าหากันหรือออกจากกัน ค่าความจุก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

การเชื่อมต่อระบบนี้ จะนำออกมาที่ขั้วทั้ง 2 ทางด้านซ้ายสุด บนแผงด้านหน้าของชุดปฏิบัติการ เพื่อแยกแยะความสามารถของอุปกรณ์ที่มีผลต่อการใช้งาน ส่วนด้านหน้าได้ถูกนำมาใช้ในการเชื่อมต่อสายไปยังโมดุลสัญญาณของขบวนการ(SL 115)ซึ่งต้องนำมาใช้เมื่อมีการทำการวัด และอีกทั้งยังจำเป็นต่อการต่อขั้วของชุดปฏิบัติการกับกราวนด์ ของโครงหลัก

<u>การติดตั้งเกจวัดความดันแบบไดอะแฟรม SL31</u>

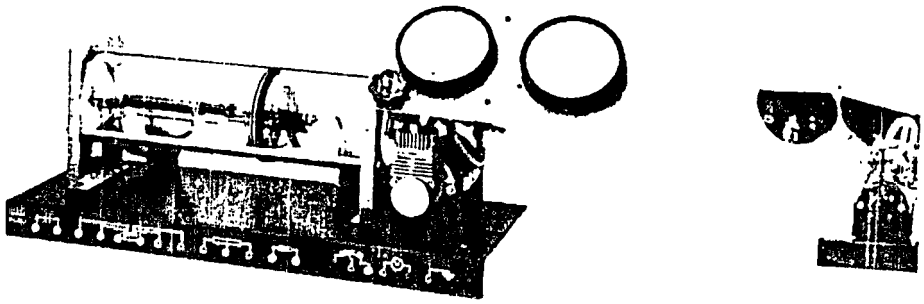
1. ที่ด้านหลังของเกจเบอดอน(Bourdon gauge)ตัวป้อนความดันจะถูกต่อผ่านตัวเชื่อมต่อ 4 ทิศทางซึ่งช่วงนี้ทางหนึ่งของตัวเชื่อมเป็นทางต่อช่องว่างปลดปล๊กของช่องว่างออก ซึ่งควรแน่ใจว่าสกรูยังยึดแน่นอยู่

2. ขันสกรูท่อส่งจ่าย กับ SL31 ซึ่งติดบนตัวเชื่อมต่อ 4 ทาง

3. ขันสกรูยึดที่ตรงทางขวามือของ Bourdon gauge ตำแหน่งที่ SL31 อยู่เหนือรูยึด และจัดเข้าที่ยึดด้วยสกรู 3 ตัว

4. ใส่ท่อยางจาก SL31 เหนือท่อที่ต่อเผื่อบนตัวต่อ 4 ทาง เกจทั้ง 2 ตัวจะต่อกันอยู่ในลักษณะขนานกัน ดังแสดงในรูปด้านล่าง

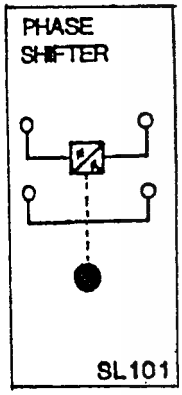
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป แสดงการติดตั้งเกจวัดความดันแบบไดอะแฟรม SL 31

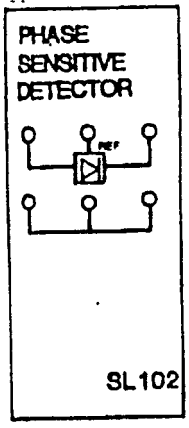
6 -5 หน่วย(Module)กำหนดสัญญาณของขบวนการ

SL101 ตัวชิฟเฟส(Phase shifter)



โมดูลนี้จะรับสัญญาณอินพุทเป็น AC และแปรค่าเฟสของเอาท์พุทซึ่งจะสัมพันธ์กับอินพุทใช้ในการปรับเฟสของระบบอินพุทของระบบนี้จะต่อจากขั้วด้านซ้ายมือ 2 ขั้ว และเอาท์พุทได้จากขั้วทางขวามือ 2 ขั้ว ความสัมพันธ์ของการเลื่อนเฟสสามารถปรับโดยใช้ปุ่มควบคุม

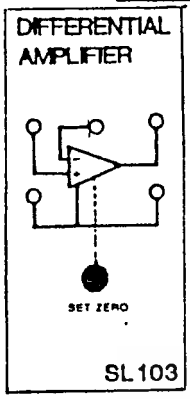
SL102 ตัวปรับความไวเฟส(Phase sensitive Rectifier)



โมดูลนี้สามารถเปลี่ยนเฟส(Phase) ของสัญญาณเอาท์พุทให้ตรงข้ามหรือเหมือนกับสัญญาณเปรียบเทียบได้ ถึงแม้ว่าสัญญาณอินพุทจะเป็น อย่างไรก็ตามอินพุทผ่านเข้าที่ขั้ว 2 ขั้วทางซ้ายมือ และสัญญาณอินพุทจะถูกเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่ต่อมาจากขั้วบนตรงกลาง และเอาท์พุทของระบบได้จาก 2 ขั้วทางขวามือ

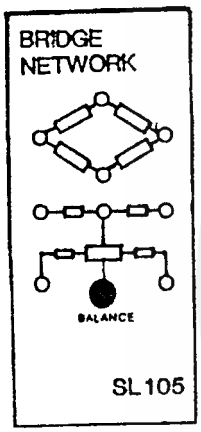
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SL103 ตัวขยายดิฟเฟอเรนเชียล(Differential Amplifier)



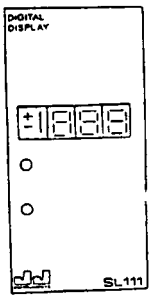
เป็นโมดูลที่ใช้ขยายสัญญาณอินพุท มีอัตราส่วนในการขยาย 10 เท่า และสามารถเปรียบเทียบสัญญาณอินพุทได้ด้วยเพื่อปรับค่าของเครื่องมือจิงต้องทำการลัดวงจรขั้วอินพุทลงกราวนด์ ดังนั้นการปรับออฟเซ็ทเอาท์พุทจากตัวขยายจะเป็นศูนย์ ซึ่งใช้มิเตอร์บนแผงควบคุมของ SL1 เป็นตัววัด

SL105 วงจรบริดจ์(Bridge network)



โมดูลนี้ ทำหน้าที่ต่อเกจวัดความเครียดกับวงจรบริดจ์รูปแบบต่างๆและเพื่อการควบคุมสมดุลของเอาท์พุทของวงจรบริดจ์ ขั้ว 4 ขั้วด้านบนจัดรูปเป็นรูปเหลี่ยมเป็นขั้วว่าง ๆ ที่สามารถใช้ต่อระบบในรูปแบบที่ง่ายๆซึ่งไม่มีตัวต้านทานอยู่ด้านหลังหรืออยู่ระหว่างขั้วเหล่านี้ เป็นเพียงขั้วว่าง ๆ เพื่อการจัดระบบบริดจ์ได้สะดวกขึ้น 3 ขั้วตรงกลางมีรูปตัวต้านทาน 2 ตัว ซึ่งแต่ละตัวมีขนาด 350 โอห์ม ซึ่งสามารถใช้ในการจัดวงจรบริดจ์ขั้วด้านล่างให้เป็นระบบของโปเทนชิโอมิเตอร์ สำหรับการปรับสมดุลย์ที่มีการแปรค่าเล็กน้อย อันเนื่องมาจากส่วนประกอบกว้าง ๆ ในวงจรบริดจ์

SL111 ส่วนแสดงผลเชิงตัวเลข(Digital Display)

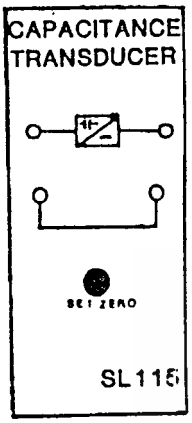


โมดูลนี้ เป็นผลสืบเนื่องจากดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ ช่วงเดี่ยวอยู่ในช่วง 0-1.999 V. 3(1/2) หลัก ส่วนแสดงผล LED 7 Segment

อินพุทอิมพีแดนซ์ > 10 เมกะโอห์ม ค่าความแม่นยำ ± 1 % ของการอ่าน ± 0.05%ของช่วง , ± 1 หลักโมดูลนี้สามารถนำไปใช้งานในการวัดค่าของสัญญาณ DC และทั้งยังใช้แทนมิเตอร์แสดงผลของ SL1 ได้เมื่อมีค่าความแม่นยำมากกว่าและโวลต์เตจมีช่วงกว้าง DC โวลต์เตจในช่วงที่ยอมรับได้ สามารถนำมาใช้ต่อเข้าขั้วอินพุท และแสดงผลบนส่วนแสดงผล LED ได้

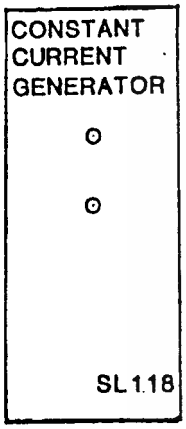
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SL115 ทรานสดิวส์เวอร์ตัวเก็บประจุ(Capacitance Transducer)



โมดูลนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ในขบวนการของเอาท์พุทที่ได้จากการปรับค่าของทรานสดิวส์เซอร์ตัวเก็บประจุ อินพุทจากหัววัดคาปาซิแตนซ์ถูกป้อนเข้าที่ขั้วอินพุททางซ้ายของโมดูล และเอาท์พุทเป็น DC สามารถป้อนเข้าโครงหลัก SL1 หรืออุปกรณ์แสดงผลที่เหมาะสมได้การออสซิลเลจของเอาท์พุทโวลต์เตจ สำหรับการเปลี่ยนค่าความจุอย่างเต็มที่ที่มีค่าประมาณ 1 โวลต์ การเชื่อมต่อระหว่างขั้วอินพุทบนทรานสดิวส์เซอร์ และทรานสดิวส์เซอร์ควรมีการป้องกันด้วยสายป้องกัน การปรับตั้งสามารถใช้เริ่มการอ่านมิเตอร์ที่ค่าศูนย์ด้วยค่าความจุต่ำสุด โมดูลนี้ต้องถูกเชื่อมต่อกับทรานส์ดิวส์เซอร์ โดยฉากตะกั่วที่ให้ไว้บนชุดปฏิบัติการ

SL118 Constant current Generator



โมดูลนี้ผลิตค่าคงที่กระแส DC ค่าหนึ่งซึ่งใช้ประโยชน์ในการจ่ายให้กับทรานส์ดิวส์เซอร์ ต่าง ๆ ขั้วทั้ง 2 ใช้เชื่อมต่อกับโหลดภายนอก ซึ่งโมดูลนี้จะจ่ายกระแสคงที่ขนาด 300 mA $\pm$ 3mA กระแสคงที่นี้ จะรักษาสภาพการจ่ายด้วยโหลดความต้านทาน ที่มีค่าประมาณ 10 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

ชุดปฏิบัติการตรวจสอบอุณหภูมิ

OVEN TEST BED SL 50

7 -1 กล่าวนำ

ชุดปฏิบัติการระบบ J.J SL50 Oven test Bed เป็นส่วนของหน่วยที่ใช้ในการสอนการประยุกต์ใช้ทรานส์ดิวส์เซอร์(Transducer)เกี่ยวกับระบบการวัดและเทคนิคสัญญาณของขบวนการ

ชุดปฏิบัติการถูกทำขึ้นใช้ร่วมกันกับโครงหลัก (SL1 Mainframe)และผู้ใช้จะทราบถึงรายละเอียดของส่วนต่างๆ ดังนี้

ชุดปฏิบัติการ Oven test bed SL50 แสดงให้ทราบถึง เทคนิคของการวัดและควบคุมอุณหภูมิ ประกอบไปด้วยโครงย่อยตายตัวซึ่งบนโครงหลักนั้นจะรวมเอาส่วนความร้อนทางไฟฟ้า ส่วนที่เป็นห้องอบ(oven chamber) ซึ่งติดตั้งโดยใช้กระจกใสกั้นไว้และมีหลอดไฟให้ความสว่างภายในห้องอบดังนั้นอุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งไว้ก็สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน มีพัดลมซึ่งสามารถปรับความเร็วของการหมุนได้ซึ่งจะทำให้ค่าไทม์คอนส์แตนท์ (time constant)ของห้องอบเปลี่ยนไป

อุปกรณ์ความร้อนสามารถควบคุมได้จากภายนอกหรือให้ทำงานโดยการต่อผ่านไปยังตัวควบคุม 3 ส่วน (Three term controller) เพื่อการแสดงให้ทราบถึงการปิดเปิดอย่างง่ายๆ การเป็นสัดส่วนกันและส่วนควบคุมทั้ง 3 ของระบบในขณะเวลาเดียวกันกับที่มีกรเปลี่ยนค่า time constant ของห้องอบโดยการใช้ความเร็วของพัดลม(fan) ที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิประกอบด้วยเทอร์โมคัปเปิลที่เหมือนกัน 4 ตัวซึ่งจัดอยู่ในระดับความสูงต่างๆ กันภายในห้องอบ มีเทอร์โมมิเตอร์ตัวต้านทานแพลทตินัม (Platinum resistance thermometer) เทอร์มิสเตอร์และอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบเซมิคอนดัคเตอร์(semi-conductor)ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทซึ่งจะจัดให้มีความสูงต่างกันเพื่อเป็นการเปรียบเทียบการเชื่อมต่อทั้งหมดกับทรานสดิวเซอร์ต่างๆ อุปกรณ์ความร้อน ส่วนควบคุม 3 ส่วนและวงจรไตรแอค(triac) จะถูกนำผ่านทางขั้วขนาด 2 มิลลิเมตร ที่จัดไว้ทางด้านหน้าของชุดปฏิบติการ ซึ่งมีสัญญลักษณ์แสดงฟังก์ชันการทำงานของแต่ละส่วนไว้ การเชื่อมต่อทั้งหมดจะถูกนำผ่านที่ขั้วเหล่านี้ จะไม่ได้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟสัญญาณ หรือจะถูกสร้างขึ้นเองเมื่อชุดทดลองวางอยู่บนโครงหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียบร้อยแล้ว โครงหลักทำให้การรวมระบบเข้าด้วยกันสะดวกขึ้น การต่อแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ามีความจำเป็นต่อการสร้างหน่วยบรรจุต่างๆ

ส่วนต่อไป จะอธิบายถึงรายละเอียดของฟังก์ชันและการปฏิบัติการของ SL50 และจะพิจารณาโครงหลักและหน่วยสัญญาณของขบวนการเหล่านั้น ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการวัดด้วยมือ

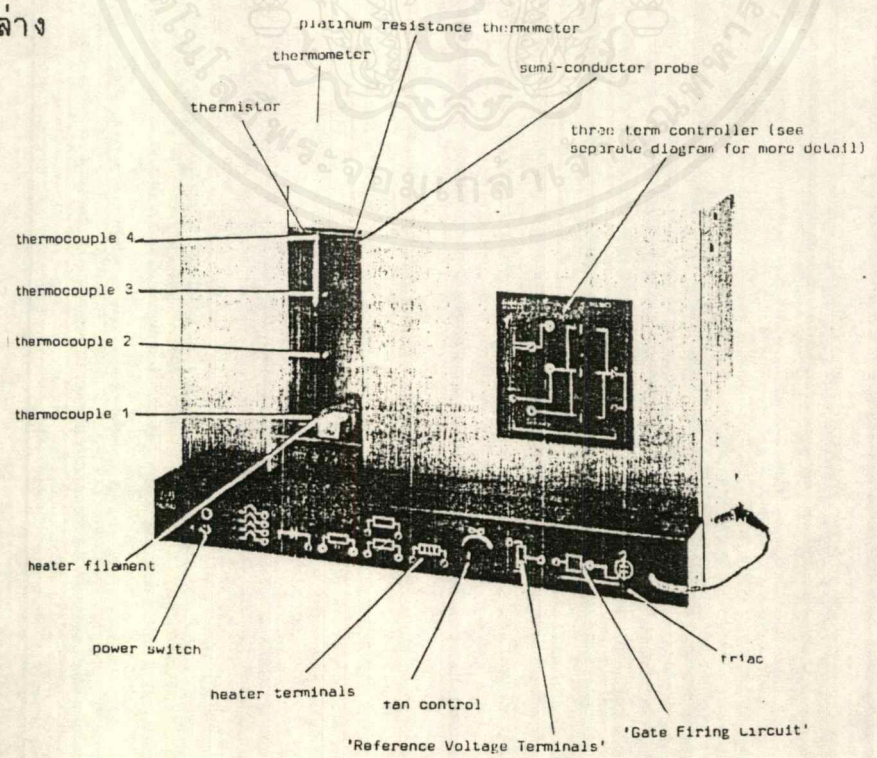
7 -2 <u>รายละเอียดของส่วนต่างๆ</u>

การอธิบายรายละเอียดนี้เป็นเรื่องส่วนประกอบของ SL50 ซึ่งจะพิจารณาคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางไฟฟ้า ของอุปกรณ์ที่สร้างไว้ในชุดปฏิบัติการ พร้อมทั้งอธิบายถึงการที่เราจะทำการเชื่อมต่อไปใช้ สามารถทำได้อย่างไร

<u>ห้องอบ (Oven chamber)</u>

ห้องอบนี้รวมอยู่บนส่วนบนสุดของชุดปฏิบัติการ ซึ่งถูกหุ้มไว้ด้วยฉนวนทุกด้าน แต่ทางด้านหน้าเป็นแผ่นกระจกใสซึ่งจะมีอุปกรณ์หลายชนิดรวมอยู่ ภายในสามารถมองเห็นผ่านทางกระจกได้

ตำแหน่งของส่วนประกอบต่างๆที่รวมอยู่ในห้องอบสามารถแสดงได้ดังรูปด้านล่าง



รูป แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของห้องอบ(oven chamber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวทำความร้อน (Heater filament)

ประกอบด้วยนิโครม(nichrom) 2 ตัวต่อขนานกับตัวต้านทานสามารถแผ่ขยายพลังงานได้สูงสุด 60 วัตต์ พลังงานที่จ่ายให้ส่วนนี้มาจากแหล่งจ่ายไฟโวลต์ต่ำ (Low voltage power supply) ซึ่งเป็นไฟกระแสตรงหรือกระแสสลับก็ได้ เมื่อมีพลังงานจ่ายให้แก่ตัวทำความร้อน หลอดไฟที่อยู่เหนือสัญญลักษณ์ของตัวทำความร้อนทางด้านหน้าของ SL50 จะติด และความเข้มของการสว่างจะเพิ่มขึ้นตามค่าของโวลต์เตจที่จ่าย

พัดลม (fan)

พัดลมจะถูกขับโดยการแปรค่าความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถจะทำการปรับควบคุมได้ที่แผงด้านหน้าของ SL50 สวิทช์ทางด้านซ้ายของแผงควบคุมจะต้องอยู่ในสภาวะเปิด(on) เมื่อมีการเชื่อมต่อพลังงานซึ่งจะมีหลอดไฟแสดงสภาวะการทำงาน

พลังงานของหลอดไฟและของมอเตอร์พัดลมจ่ายมาโดยตรงจากการเชื่อมต่อหลักที่ด้านหลังของชุดปฏิบัติการ

เทอร์โมคัปเปิล(Thermocouple)

มีเทอร์โมคัปเปิล 4 ตัวติดอยู่ในแนวตั้งที่ผนังของห้องอบ ตัวที่อยู่ล่างสุดจะนับเป็นตัวที่ 1 และถัดขึ้นไปก็จะเป็นตัวที่ 2 ,3 และ 4 ตามลำดับ

เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้เป็นแบบโครเมียม-อลูมิเนียม(chromel-alumel)ซึ่งจะให้ค่าเอาท์พุทประมาณ 40 μV / องศา C

SL 114 Thermocouple amplifier. ถูกออกแบบมาสำหรับกระบวนการทางเอาท์พุทของเทอร์โมคัปเปิล

เทอร์โมมิเตอร์ตัวต้านทานแพลทตินัม

(Platinum resistance thermometer)

อุปกรณ์นี้จะรวมอยู่ที่ส่วนบนสุดของห้องอบที่ด้านขวาของเทอร์โมคัปเปิลทั้ง 4 ตัว ประกอบด้วยแพลทตินัมเหลวซึ่งอยู่บนสารละลายอลูมินา(alumina) ป้องกันไว้ด้วยปลอกป้องกันเซรามิค

ค่าความต้านทานเป็น 100 โอมห์ $\pm$ 0.1 ที่ 0 องศา C และสัมประ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานเป็น + 0.385 โอมห์ / องศา C

ช่วงการทำงาน - 50 องศา C ถึง + 500 องศา

เทอร์มิสเตอร์(Thermistors)

อุปกรณ์นี้อยู่ทางด้านซ้ายของเทอร์โมคัปเปิล ที่อุณหภูมิ 20 องศา C จะมีค่าความต้านทานเป็น 5 โอมห์ ช่วงอุณหภูมิเป็น 0 ถึง + 70 องศา C

อุปกรณ์ตรวจวัดแบบเซมิคอนดัคเตอร์

(semi-conductor sensing device)

ส่วนประกอบนี้เป็นไดโอดสารกึ่งตัวนำ(semi-conductor) ความสามารถทั่วๆไป ก็เป็นเหมือนกับเซมิคอนดัคเตอร์อื่นๆ คือ อุณหภูมิจะมีผลต่อการทำงานเป็นอย่างมาก

โมดูลสัญญาณขบวนการ SL122 Semi-conductor temperature แสดงถึงการรั่วของกระแสในไดโอดและผลของผลิตภัณฑ์ที่เป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิ อุปกรณ์นี้อยู่ที่ตำแหน่งทางด้านขวาของเทอร์โมคัปเปิลทั้ง 4

ไตรแอค (Triac)

สามารถควบคุมพลังงานที่ให้แก่วงจรความร้อนโดยการปรับเอาท์พุทจากแหล่งจ่ายโวลต์ต่ำซึ่งใช้ไฟ AC ในการจ่ายพลังงาน ไตรแอคจะต่ออนุกรมอยู่กับตัวทำความร้อน (heater)

ในส่วนของ SL50 การทำงานของไตรแอคถูกควบคุมโดยวงจรอินทิเกรต(integrated circuit) ที่ถูกออกแบบสำหรับโหลดที่มีค่าความต้านทานสูงๆ การทริก(trig)จะปรากฏขึ้นเมื่อโวลต์เตจมีค่าใกล้ศูนย์เนื่องจากอัตราส่วนของความถี่มีค่าต่ำสุด

ไตรแอคจะถูกควบคุมการทำงานโดยการระเบิด อัตราส่วนการเปิด/ปิดจะขึ้นอยู่กับอินพุทที่เข้ามายังวงจร ค่าโวลต์เตจที่สูงกว่าก็จะมีอัตราส่วนการเปิด/ปิดที่สูงกว่า และมีอุณหภูมิในห้องอบสูงกว่า

จะมีหลอดไฟแสดงการเปิด/ปิด ซึ่งจะทำให้สามารถเห็นสถานะการทำงานของไตรแอคและตัวทำความร้อน

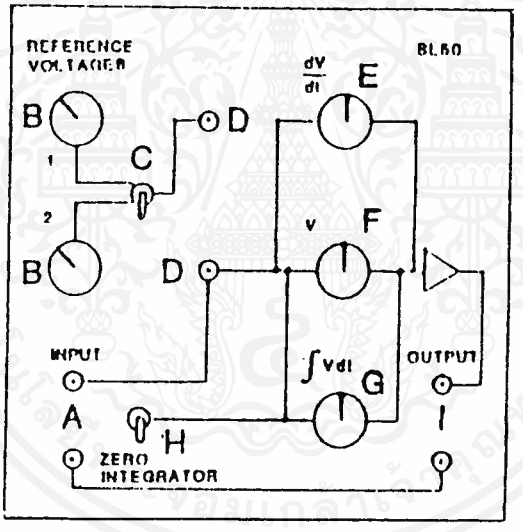
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวควบคุม 3 ภาค (Three term control)

ใช้ในขบนวการที่มีสัญญาณคลาดเคลื่อนในระบบควบคุมอุณหภูมิแบบลูปปิด (close loop control) ซึ่งมีการนำ โปเทนชิโอมิเตอร์(Potentiometer) มาใช้ในการปรับค่า ซึ่งได้แก่ เทอมดิฟเฟอเรนเชียล(differential), เทอม Proportional , และเทอม อิลทิกรัล(integral)

ส่วนนี้ทำหน้าที่ในการให้หน่วยการรวมขั้นแรกของสัญญาณร้องขอ และสัญญาณอุณหภูมิป้อนกลับสามารถทำงานได้ จะมีสวิทช์ 2 ตัวเพื่อปรับค่าโวลต์เตจอ้างอิงได้

ตัวควบคุม 3 ภาค อยู่ทางด้านขวาของห้องอบบนชุดปฏิบัติการ SL50 ซึ่งสามารถแสดงได้ดังแผนภาพ



A: ขั้วอินพุท สัญญาณอุณหภูมิป้อนกลับจะถูกส่งมาที่ขั้วเหล่านี้

B: ตัวควบคุมโวลต์เตจอ้างอิง โปเทนชิโอมิเตอร์เชิงเส้นเป็นตัวจัดโวลต์เตจอ้างอิง 2 ตัวที่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งสามารถปรับค่าได้ระหว่าง 0 ถึง $\pm$ 2 V.

C: สวิทช์เลือกระดับโวลต์เตจอ้างอิง เมื่อยกสวิทช์ขึ้น ก็จะเป็นการเลือกโวลต์เตจอ้างอิงตัวบน(ตัวที่ 1) และเมื่อกดสวิทช์ลงก็จะเป็นการเลือกโวลต์เตจอ้างอิงตัวที่ 2

D: ขั้วต่อโวลต์เตจอ้างอิง

E: ภาคควบคุมดิฟเฟอเรนเชียล จะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อหมุนปุ่มทวนเข็มนาฬิกาจนสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F:ภาคควบคุม proportional ควบคุมระดับสัดส่วน และจะเป็นศูนย์เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาจนสุด

G:ภาคควบคุมอินทิกรัล ควบคุมระดับโวลต์เตจของภาคอินทิกรัล

H:สวิทช์ zero integrator โวลต์เตจย่อยในระบบจะถูกรวมเข้าด้วยกันโดยตัวอินทิเกรต ซึ่งถ้าสวิทช์ถูกกดลง ตัวอินทิเกรตจะถูกรีเซ็ตเอาท์พุทจะเป็นศูนย์

I:ขั้วเอาท์พุท เอาท์พุทที่ถูกขยายของตัวควบคุมจะผ่านทางขั้วเหล่านี้

เทอร์โมมิเตอร์เป็นส่วนที่ต้องนำมาเพิ่มเติมอีกและนำไปเสียบไว้ที่ด้านบนของชุดปฏิบัติการ ซึ่งจะต้องทำการจัดระดับของกระเปาะให้อยู่ในตำแหน่งต่างๆ ตามตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องการวัดอุณหภูมิทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 -3 หน่วยสัญญาณของขบวนการ

(Processing Module)

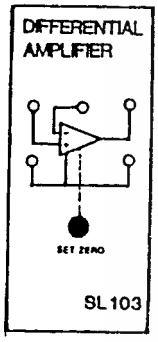
ระบบทรานสดิวส์เซอร์ชนิดต่างๆ ต้องมีสัญญาณของขบวนการ เพื่อที่จะได้เอาท์พุทของอุปกรณ์วัด โมดูล(module)จะถูกใช้เป็นตัวแสดง หรือใช้ในการบันทึกข้อมูลของเครื่องมือ ในการทำหน้าที่นี้ได้มีการนำเอาโมดูลมาใช้มาใช้งานร่วมกับโครงหลัก SL1 ในการเชื่อมต่อกับทรานสดิวส์เซอร์ในชุดปฏิบัติการ

พลังงานที่จ่ายให้กับโมดูลบางอันต้องต่อกับ SL1

ที่ด้านหน้าของโมดูลจะแสดงระบบไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ และมีขั้วเชื่อมต่อซึ่งจะถูกต้องตรงกันกับโครงหลัก SL1 และชุดปฏิบัติการ

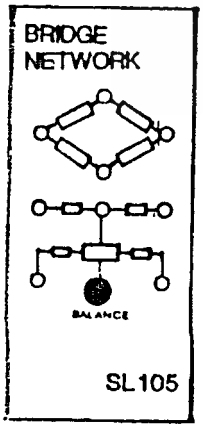
SL 103 ดิฟเฟอเรนเชียลแอมปลิฟลายเออร์

(Differential Amplifier)



เป็นโมดูลที่ใช้ขยายสัญญาณอินพุท ในการปรับตั้ง(set zero) จะต้องทำการลัดวงจรที่ขั้วอินพุททั้ง 2 ขั้วลงกราวนด์(Ground) ดังนั้น ในการปรับออฟเซ็ท(offset) เอาท์พุทจากตัวแอมปลิ-ฟลายจะเป็นศูนย์ซึ่งใช้มิเตอร์บนแผงควบคุมของ SL1เป็นตัววัด

SL 105 วงจรบริดจ์(Bridge Network)



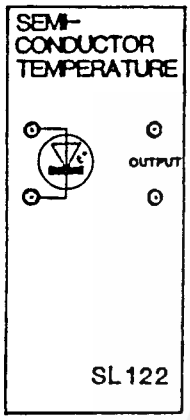
โมดูลนี้ ทำหน้าที่ในการต่อเกจวัดความเครียด (Strain - Guage)กับวงจรบริดจ์รูปแบบต่างๆ และเพื่อการควบคุมสมดุลย์ของเอาท์พุทของวงจรบริดจ์ ขั้ว 4 ขั้วที่อยู่ด้านบนจะจัดเป็นรูปเหลี่ยมซึ่งสามารถใช้ต่อระบบบริดจ์ในรูปแบบที่ง่ายๆ ซึ่งจะไม่มีตัวต้านทานต่อคร่อมอยู่ระหว่างขั้วนี้ เป็นเพียงขั้วว่างๆเพื่อการจัดระบบบริดจ์ได้สะดวกขึ้น ขั้วตรงกลาง 3 ขั้วมีรูปตัวต้านทาน 2 ตัวซึ่งแต่ละตัวมีขนาด 350 โอมห์ ซึ่งเราสามารถใช้ในการจัดระบบบริดจ์ได้ ขั้วด้านล่างเป็นระบบของโปเทนชิโอมิเตอร์สำหรับการปรับสมดุลที่มีการแปรค่าเล็กน้อย อันเนื่องมาจากส่วนประกอบกว้างๆในวงจรบริดจ์

การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลอันเดียว ทำได้โดยการต่อเทอร์โมคัปเปิลไปยังขั้วคู่ทางด้านขวาของโมดูล(HOT) และต่อขั้วเอาท์พุทไปที่มิเตอร์บน SL1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการปรับปุ่มไปที่ INT ก็จะแสดงค่าอุณหภูมิด้วยสเกล 1 mv / องศา C เมื่อใช้งานSL50 ในช่วง 100 mv ก็จะครอบคลุมการปรับค่าอุณหภูมิได้อย่างสมบูรณ์ทำให้สามารถอ่านค่าได้สะดวกขึ้น

SL 122 เซมิคอนดัคเตอร์อุณหภูมิ(Semi-conductor Temperature)



มีวิธีหนึ่งในการวัดอุณหภูมิ ซึ่งอาศัยหลักการเปลี่ยนค่าความหนาแน่นของประจุในสารกึ่งตัวนำด้วยการเพิ่มค่าของอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงค่าความนำจะสัมพันธ์กันกับอุณหภูมิโดยตรง SL122 จะส่งกระแสคงที่ไปยังไดโอดที่ต่อขวางระหว่างขั้วทางด้านซ้ายมือ โวลต์เตจคร่อมไดโอดจะทำให้ได้ค่าเอาท์พุทเป็น 10 mv / องศา C

ตัวควบคุม 3 ภาค (Three term controller)

สัญญาณอินพุทส่วนมากได้มาจากอุปกรณ์แปลงค่าอุณหภูมิ ซึ่งถูกเปรียบเทียบกับโวลต์เตจอ้างอิงในการหาค่าสัญญาณความคลาดเคลื่อน

สัญญาณคลาดเคลื่อนนี้จะส่งไปยังโปเทนชิโอมิเตอร์ทั้ง 3 ตัวซึ่งจะปรับระดับของสัญญาณและส่งผ่านไปสู่สัญญาณสภาวะของวงจร โปเทนชิโอมิเตอร์ตัวบนสุดจะเป็นตัวดิฟเฟอเรนเชียลด้วยเทอม $K_1(dV/dt)$ การปรับค่าจะเป็นการปรับค่าของ K_1

ในลักษณะเดียวกัน โปเทนชิโอมิเตอร์ตัวกลางจะเป็นตัวปรับสัดส่วนเอาท์พุทจะเป็นสัดส่วนกับอินพุท การปรับค่าจะเป็นการควบคุมสัดส่วน K_2V

การควบคุมอิทิกรัลทำได้โดยการปรับที่โปเทนชิโอมิเตอร์ตัวล่างสุด ซึ่งจะเป็นการปรับค่าควบคุม $K_3\int Vdt$

สัญญาณเอาท์พุทของระบบทั้ง 3 จะถูกนำมารวมกันและถูกขยายเป็นสัญญาณเอาท์พุทของตัวควบคุม

เมื่อสัญญาณอุณหภูมิที่เข้ามาถูกเปรียบเทียบกับค่าโวลต์เตจ ก็จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ซึ่งจะถูกส่งไปเป็นสัญญาณของสภาวะวงจร

ภาคควบคุมสัดส่วน K_2V จะส่งสัญญาณนี้ไปยังเอาท์พุทโดยตรงซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนไปตามการปรับค่า K_2 และด้วยเหตุนี้ อุณหภูมิของระบบจะเปลี่ยนไปโดยการใช้สัญญาณต่อจากแหล่งจ่ายความร้อนผ่านไปยังไตรแอค (Triac)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

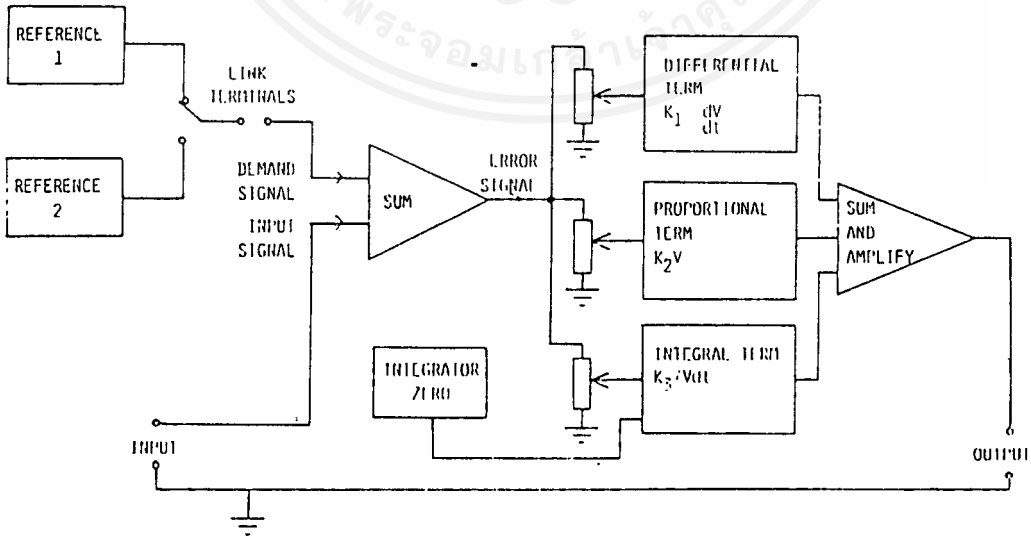
ภายใต้สภาวะการทำงานคงที่ (steady state) จะไม่มีเอาท์พุท จากตัวดิฟเฟอเรนเชียล ในสภาวะทรานส์เชียนท์(Transient) ตัวดิฟเฟอเรนเชียล จะให้เอาท์พุทที่เป็นสัดส่วน การเดอริเวทีฟ(derivative)ของเอาท์พุททำได้โดย การปรับค่า K_1

เมื่ออุณหภูมิแปรค่าไป สัญญาณคลาดเคลื่อนจะเปลี่ยนแปลงไป และเอาท์พุทของตัวดิฟเฟอเรนเชียล จะเป็นอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณคลาดเคลื่อน ค่าเอาท์พุทที่ได้นี้จะถูกใช้ในการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และทำให้ระบบมีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว

ตัวอินทิเกรต จะให้เอาท์พุทที่เป็นแบบอินทิกรัลกับสัญญาณตลาดเคลื่อน ในสภาวะคงที่สัญญาณคลาดเคลื่อนจะเป็นศูนย์ เอาท์พุทของตัวอินทิกรัลจะคงที่อุณหภูมิของห้องอบ(oven chamber)ก็จะคงที่ด้วย

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้เกิดสัญญาณคลาดเคลื่อน เอาท์พุทจากตัวอินทิเกรต จะใช้เพื่อการชดเชยการเปลี่ยนแปลง จนสัญญาณคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์อีกครั้ง เพราะเหตุนี้จึงทำให้ระบบมีการตอบสนองช้าลงเพราะตัวอินทิเกรตต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณคลาดเคลื่อน

ผลตอบสนองทั้งหมดของระบบจะถูกปรับปรุงโดยการเชื่อมต่อกับภาคกำหนดสัดส่วนและภาคอินทิกรัล



รูป แสดงบลอคไดอะแกรมของตัวควบคุม 3 ภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1
ทรานสดิวส์เซอร์ความดันแบบหัววัดคาปาซิแตนซ์
(Capacitance Probe Pressure Transducer)

โดยทั่วไปการวัดความดัน จะอาศัยผลจากการเคลื่อนที่ของแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งจะเคลื่อนที่มากน้อยขึ้นอยู่กับค่าความดันในห้องความดัน วิธีหนึ่งที่จะวัดการเคลื่อนที่ของไดอะแฟรมคือการวัดการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของไดอะแฟรม ในกรณีนี้ทรงกระบอกที่มีจุดศูนย์กลาง 2 อันร่วมกัน ทรงกระบอกที่อยู่กลางจะยึดติดกับไดอะแฟรม ทำให้เกิดการเปลี่ยนค่าความจุการทดลองชุดนี้จะแสดงให้เห็นถึง การใช้ค่าเปลี่ยนแปลงความจุ ในการวัดความดัน

อุปกรณ์

SL1 - โครงหลัก(Mainframe)

SL30 - ชุดปฏิบัติการความดัน
(Pressure Measurement Test bed)

SL115 - ทรานสดิวส์เซอร์ตัวเก็บประจุ
(Capacitance Transducer)

การปรับตั้งค่าควบคุม

ตั้งค่าแหล่งจ่ายโวลต์เตจต่ำบน SL1 ให้อยู่ตำแหน่งต่ำสุด
ตั้งค่าช่วงของมิเตอร์(Meter Range) ที่ตำแหน่ง 100 mV
เปิดวาวล์ควบคุมความดัน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ปรับออฟเซ็ทของมิเตอร์ ดังต่อไปนี้

เปิดสวิทช์ของ SL1 พร้อมกับชอร์ตขั้วอินพุทของมิเตอร์บน SL1 และปรับปุ่ม Set Zero จนกระทั่งมิเตอร์ อ่านค่าได้ศูนย์ต่ออุปกรณ์การทดลองดังรูปข้างล่างและเปิดสวิทช์การเชื่อมต่อส่วนหน้าระหว่าง หัววัดตัวเก็บประจุไปยัง SL115 ต้องถูกกั้นไว้หรือกำบังไว้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

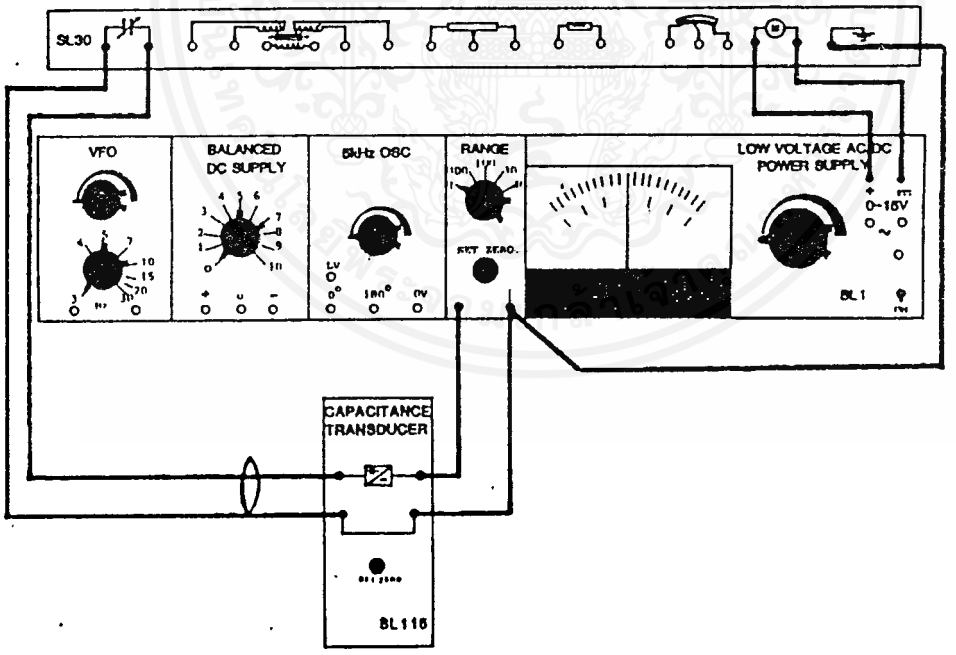
2. ปรับปุ่ม Set Zero ของ SL115 พร้อมกับปิดวาวล์ควบคุมแรงดันปรับปุ่มเพิ่มค่าแหล่งจ่ายโวลต์เตจต่ำ ให้ปั๊มทำงานป้อนความดันเข้าสู่ห้องความดันและสังเกตมิเตอร์ บอกค่าความดันให้ได้ 100 kPa เนื่องจากมีการสูญเสียเกิดขึ้นภายในห้องความดันระบบจึงจำเป็นที่จะต้องเพิ่มแหล่งจ่ายโวลต์เตจเพื่อสร้างความดันและเมื่อลดค่าโวลต์เตจไปที่ระดับต่ำๆดังนั้นความดันจำนวนน้อยๆก็จะถูกสร้างโดย ปั๊มซึ่งจะสมดุลกันกับความดันที่เสียไป เพื่อรักษาค่าความดันอยู่ในระดับ 100 kPa

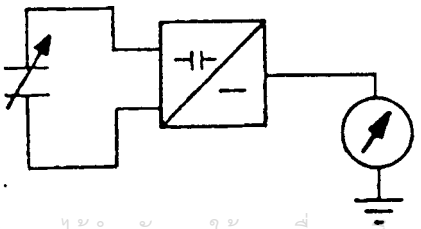
3. อ่านค่าโวลต์เตจที่มิเตอร์แสดง พร้อมจดค่าไว้

4. เปิดวาวล์ควบคุมความดันช้า ๆ ให้ความดันในกระบอกลดลงมาที่ระดับ 80 kPa,60 kPa,40 kPa,20 kPa,0 kPa ซึ่งจำเป็นว่าเพื่อที่จะให้ค่าความดันเหลือที่ค่าระหว่างการปรับค่าโวลต์เตจ ดังนั้น ปั๊มจึงเป็นตัวจ่ายความดันทิ้ง

นำค่าที่อ่านได้มาเขียนกราฟ

รูปแสดงการต่อวงจรการทดลอง



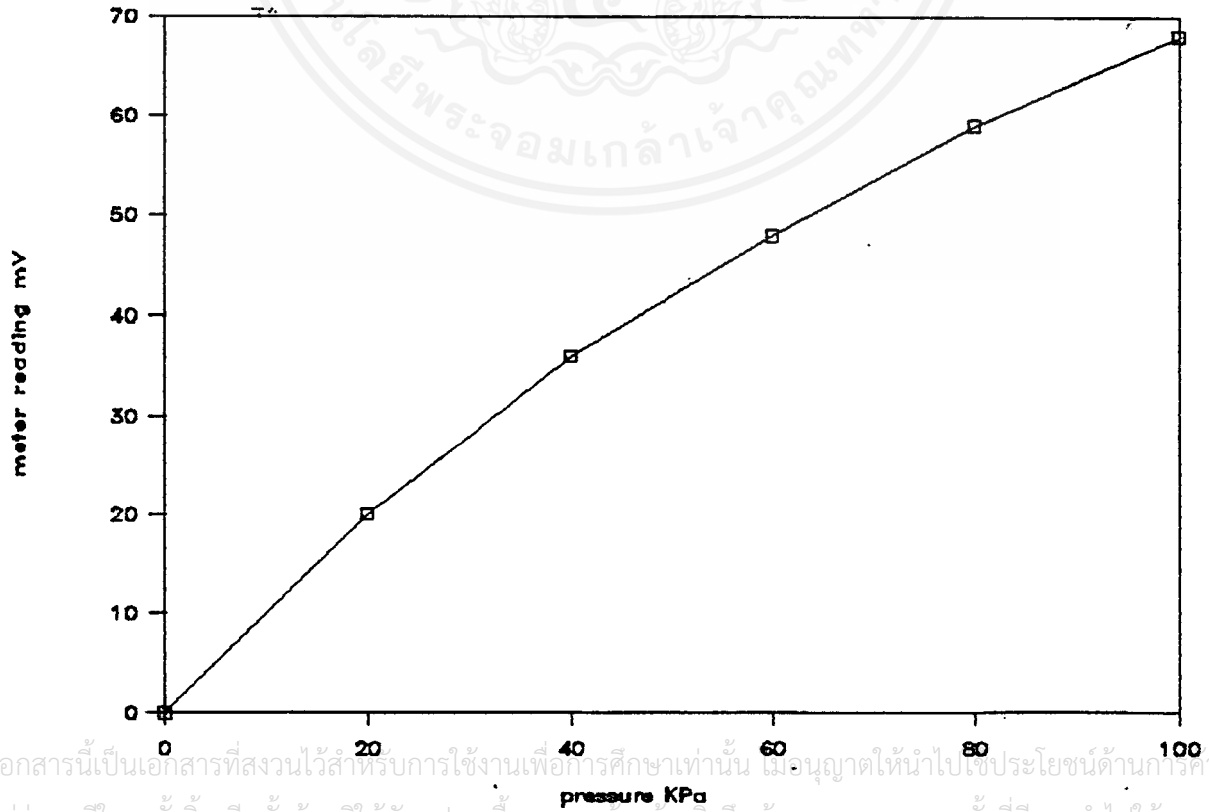


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

Pressure kPa	Meter Reading mV
100	68
80	59
60	48
40	36
20	20
0	0

กราฟแสดงผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

กราฟของค่าความดันที่อ่านได้จากมิเตอร์แสดงความสัมพันธ์กันเป็นเชิงเส้น ซึ่งมีเหตุผลจากหัววัดตัวเก็บประจุ ในการวัดความดันกราฟไม่เป็นเชิงเส้นก็เนื่องจากคุณสมบัติของยางที่ใช้เป็นเยื่อเมื่อความดันเพิ่มขึ้นการยืดตัวของเยื่อเปลี่ยนที่อัตราการลดลงในเยื่อที่มีความแข็งการเคลื่อนไหวเกิดในช่วงน้อยๆ จะทำให้มีลักษณะเป็นเชิงเส้นแต่ยากหรือลำบากต่อการป้องกัน การเปลี่ยนค่าความจุ ผลลัพท์ทั่วไปของการทดลอง จะบอกถึงชนิดของทรานส์ดิวส์เซอร์ ซึ่งจะได้ว่าชุดปฏิบัติการที่ฝึกหัดจะเปลี่ยนขนาดหรือค่าของผลแต่จะไม่เปลี่ยนคุณสมบัติเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

ทรานสดิวส์เซอร์ความดันแบบแผ่นโลหะคู่

(Bi- metallic Pressure Transducer)

กระแสที่ไหลผ่านคอยล์จะทำให้อุณหภูมิของแผ่นโลหะคู่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการยืดขยายออกหน้าสัมผัสก็จะเปิดออกกระแสที่ไหลระหว่างหน้าสัมผัส จะหยุดเป็นเหตุให้แผ่นโลหะคู่เย็นตัวลง และหน้าสัมผัสก็จะแตะกรวยอีก อัตราการเปิดปิดหน้าสัมผัสขึ้นอยู่กับความตึงของแผ่นสทริป(strip)ในตอนเริ่มแรก ซึ่งคงจะแปรค่าไปตามการเพิ่มจุดสัมผัสบนกรวยที่กำลังเคลื่อนที่สอดคล้องกันกับสถานะของระบบ ซึ่งเป็นตัวคอยเตือน การทดลองชุดนี้ แสดงให้เห็นการใช้แผ่นโลหะคู่ กับขดลวดความร้อนในการวัดความดัน

อุปกรณ์

SL1 - โครงหลัก(mainframe)

SL30 - ชุดปฏิบัติการความดัน(Pressure Test bed)

SL118 - ตัวกำเนิดกระแสคงที่(Constant Current Generator) และ Chart recoder

การปรับตั้งค่าควบคุม

ตั้งค่า แหล่งจ่ายโวลต์เตจต่ำ ไว้ที่ตำแหน่งต่ำสุด

ตั้งค่า ช่วงของมิเตอร์ ที่ 1 V เปิดวาวล์ควบคุมความดัน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ปรับค่าออฟเซ็ทของมิเตอร์ ดังต่อไปนี้

เปิดเครื่อง SL1 และทำการชอร์ตขั้วอินพุทของมิเตอร์บน SL1 เข้าด้วยกัน และ ปรับ set zero จนกระทั่งมิเตอร์ชี้ที่ค่า 0

2. จัดอุปกรณ์การทดลองตามที่แสดงดังรูป และเปิดสวิทช์ ปิดวาวล์ควบคุมความดันเพิ่มค่าแหล่งจ่ายโวลต์เตจต่ำจนกระทั่งมีความดันเกิดขึ้นในห้องความดัน ความดันจะเพิ่มขึ้นจนมิเตอร์ชี้ที่ค่า 100 kPa เนื่องจากว่าเราไม่สามารถหลีกเลี่ยง

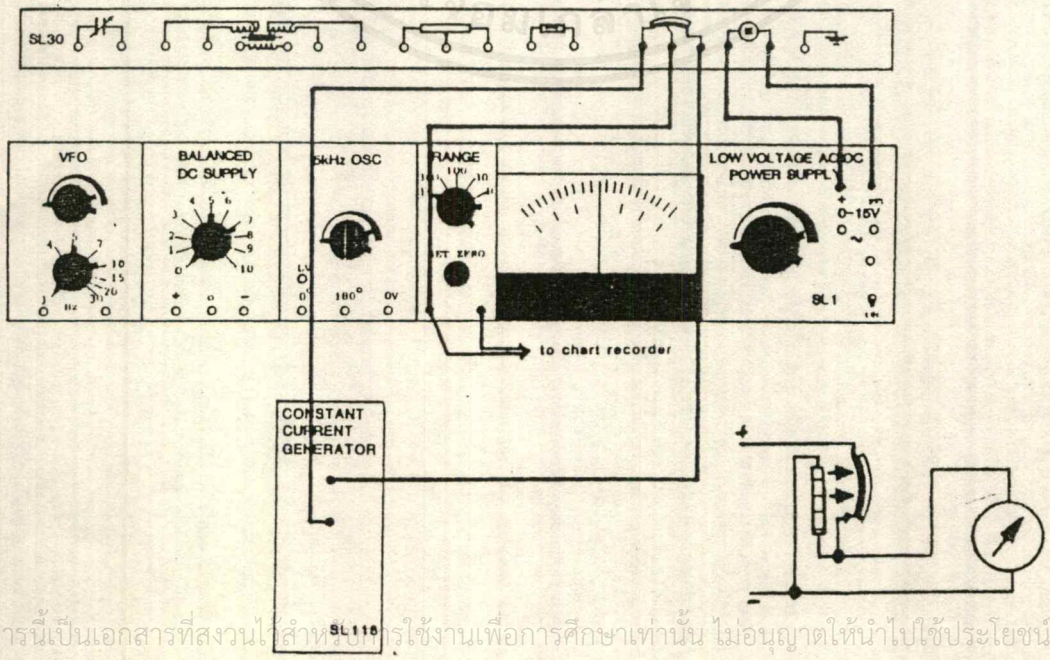
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียความดันภายในห้องความดันทีละน้อย ๆ นั้นได้ ระบบจึงจำเป็นต้องเพิ่มค่าแหล่งจ่ายโวลต์เตจต่ำ เพื่อสร้างความดันทดแทนการเพิ่มค่าโวลต์เตจจะเพิ่มในระดับต่ำๆ ดังนั้นความดันปริมาณน้อยๆ นั้นก็จะถูกจ่ายโดยปั๊มเพื่อให้สมดุลกับความดันที่เสียไป เพื่อรักษาระดับความดันให้อยู่ที่ 100 kPa บันทึกค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์ ระบบทำงานโดยการที่มีกระแสไหลผ่านคอยล์ความร้อน ในขณะที่หน้าสัมผัสกำลังแตะที่กรวยซึ่งติดอยู่กับไดอะแฟรมความร้อน เป็นสาเหตุทำให้แผ่นโลหะคู่งอตัวจนกระทั่งหน้าสัมผัสแยกออกห่างจากกรวย ทำให้กระแสหยุดไหลและแผ่นโลหะเย็นตัวลงจนกระทั่งหน้าสัมผัสแตะกรวยอีกครั้ง เป็นแบบนี้ต่อไปเรื่อยๆ ซึ่งเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลนั้น สัมพันธ์กับตำแหน่งของไดอะแฟรมอีกทั้งยังเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันและการวัดค่าเฉลี่ยของกระแสที่ไหลทำได้ 2 วิธีคือ

a) วัดช่วงเวลาที่กระแสไหล(t_c) และวัดช่วงเวลาที่แผ่นโลหะคู่แตะและงอตัวออกห่างจากกรวย (t_p) ซึ่งค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้านั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรง ระหว่าง t_c/t_p

b) บันทึกค่าสัญญาณ และช่วงเวลาเปิดวาวล์ควบคุมความดันช้าๆลดความดันในกระบอกลงมา พร้อมกับวัดค่ากระแสเฉลี่ยที่ช่วงมิเตอร์วัดความดันอ่านค่าได้ 80, 60, 40, 20, และ 0 kPa นำค่าที่บันทึกได้มาเขียนกราฟ

รูปแสดงการต่อวงจรการทดลอง

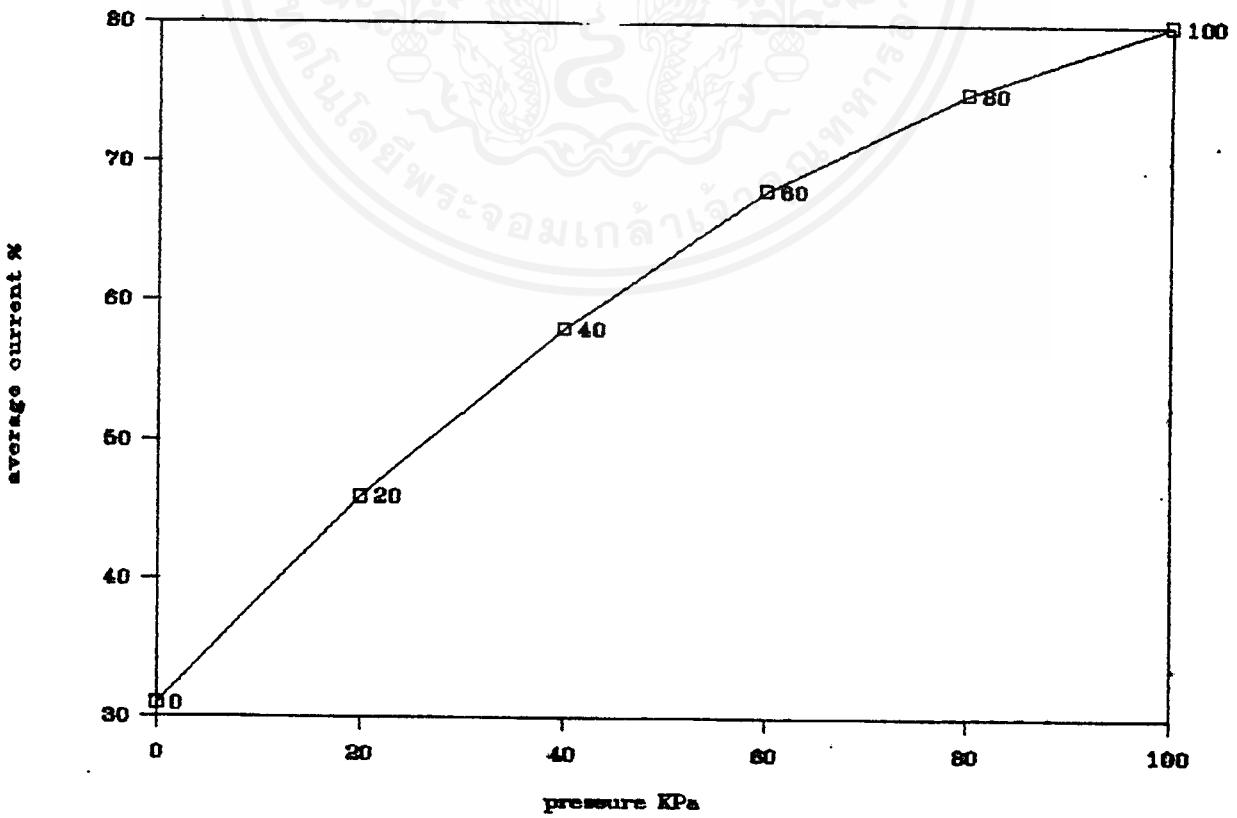


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและตารางแสดงผลการทดลอง

Control Setting	Mark	Space	Period	Average (Mark/period) %
0	9	20	29	31
20	12	14	26	46
40	15	11	26	58
60	19	9	28	68
80	23	$7\frac{1}{2}$	$30\frac{1}{2}$	75
100	28	7	35	80

กราฟแสดงผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากกราฟความสัมพันธ์ของความดันกับกระแสเฉลี่ย จะได้ว่า เมื่อความเพิ่มขึ้นกระแสก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ลักษณะของกราฟที่ได้ก็เนื่องจากความผิดตัวของเยื่อไดอะแฟรมขบวนการในทางไฟฟ้า กระแสเฉลี่ยถูกจ่ายให้แผ่นโลหะคู่เพื่อทำการวัดความดันที่เกิดขึ้น หลักการนี้จะใช้โดยทั่วไปในมิเตอร์รถยนต์ ซึ่งกระแสเฉลี่ยถูกใช้ในการเคลื่อนเข็มชี้ที่หนัก ๆ อัตราการสวิทช์ในการใช้งานนี้ จะเร็วกว่าที่ใช้ในการทดลองนี้มาก ในขั้นตอนการทำค่าเฉลี่ยของกระแส จะประมาณว่าเป็นเชิงเส้นซึ่งมันจำเป็นต่อการเตรียมระบบการสัมผัส ดังนั้นที่ความดันศูนย์นั้นจะไม่ได้ให้เอาท์พุทที่มีค่าเป็นศูนย์ แต่จะมีค่าประมาณ 30 % ของกระแสเฉลี่ย ผลการทดลองเป็นไปตามชนิดของทรานสดิวส์เซอร์ สิ่งเหล่านั้นจะจัดอยู่ในแบบฝึกหัดชุดปฏิบัติการ ซึ่งอาจมีจำนวนมากแต่ไม่ใช่ลักษณะคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3

ทรานสดิวส์เซอร์ความดันแบบโปเทนชิโอมิเตอร์เชิงเส้น

(Linear Potentiometer Pressure Transducer)

โปเทนชิโอมิเตอร์นี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันมากในการแบ่งแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งค่าที่ได้ออกมามากน้อยนั้น จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหน้าสัมผัสที่สัมผัสบนขดลวด (slide wire)การต่อตัวกวาดไปยังระบบผ่านการเคลื่อนที่สอดคล้องผลิตแรงเคลื่อนที่แปรค่าได้ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแสดงสถานะของระบบได้

การทดลองนี้แสดงให้เห็นการใช้โปเทนชิโอมิเตอร์ ซึ่งติดกับแผ่นไดอะแฟรมเพื่อใช้ในการวัดความดัน

อุปกรณ์

SL1 - โครงหลัก(Mainframe)

SL30 - ชุดปฏิบัติการความดัน(Pressure Measurement Test bed)

SL103 - ดิฟเฟอเรนเชียลแอมปลิฟลายเออร์(differantial amplifier)

SL105 - วงจรบริดจ์(Bridge Network)

การปรับตั้งค่าควบคุม

ปรับแหล่งจ่ายโวลต์เตจต่ำแหล่งจ่ายโวลต์เตจต่ำที่ค่าต่ำสุด

ปรับตัวมิเตอร์ ที่ Range 1 V

ปรับปุ่มปรับสมดุลย์แหล่งจ่าย (Balance DC Supply)ไปที่ค่าศูนย์

เปิดวาวล์ที่ควบคุมความดัน

ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดสวิทซ์บน SL1 ปรับมิเตอร์ให้อ่านค่าที่ศูนย์ โดยปรับมิเตอร์บน SL1 และ ปรับตั้งค่าบน SL103 โดยชอรท์อินพุททั้ง 2 ข้างของ SL 103 ลงกราวน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ต่ออุปกรณ์ตามรูป ปรับปุ่ม Balance DC Supply ให้ได้ประมาณ 1 V ปรับปุ่มปรับสมดุลย์บน SL105 ให้มิเตอร์อ่านค่าที่ศูนย์ ต่อจากนั้นลด Balance DC Supply มาที่ตำแหน่งศูนย์ และ ปิดวาวล์ควบคุมแรงดัน

3. เพิ่มค่าแหล่งจ่ายโวลต์ต่ำ ให้ปั๊มทำงานเพิ่มความดันในห้องความดันจนมิดตอร์วัดค่าความดันได้ 100 kPa

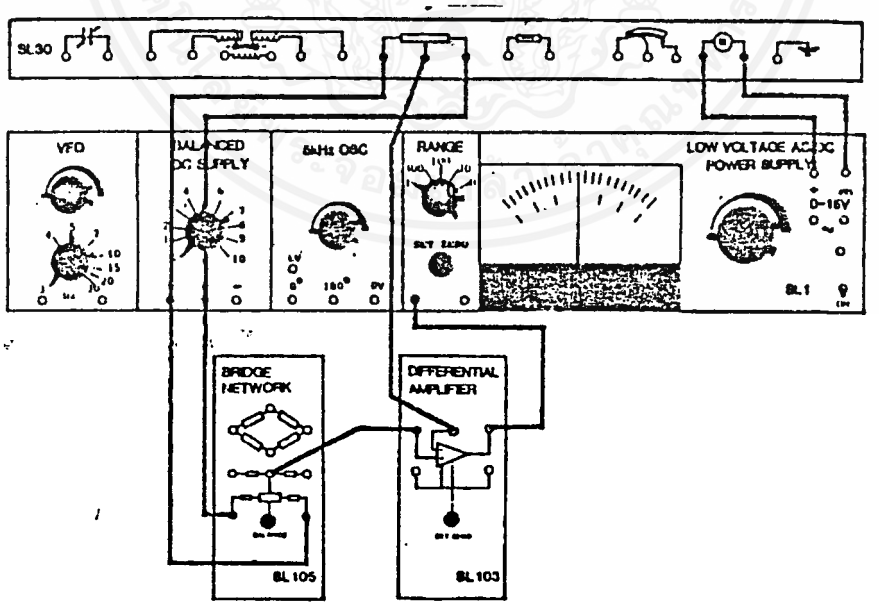
4. ปรับเพิ่ม Balance DC Supply บน SL1 จนมิเตอร์อ่านค่าได้ประมาณ 1 โวลต์

5. เปิดวาวล์ควบคุมแรงดันจนมิเตอร์วัดค่าความดันได้ 0 kPa และมิเตอร์บน SL1 ต้องอ่านได้ 0 โวลต์ ด้วย

6. ปิดวาวล์ควบคุมแรงดัน รอจนมิเตอร์วัดความดันอ่านค่าได้ 100 kPa พร้อมกับจดค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์บน SL1 ไว้

7. เปิดวาวล์ควบคุมแรงดันช้า ๆ จนความดันค่อย ๆ ลดลงพร้อมกับจดค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์บน SL1 ในขณะที่มิเตอร์วัดความดันอ่านค่าได้ 80, 60, 40, 20, 0 kPa นำค่าที่อ่านได้ทั้งหมดมาเขียนกราฟ

รูปแสดงการต่อวงจรการทดลอง

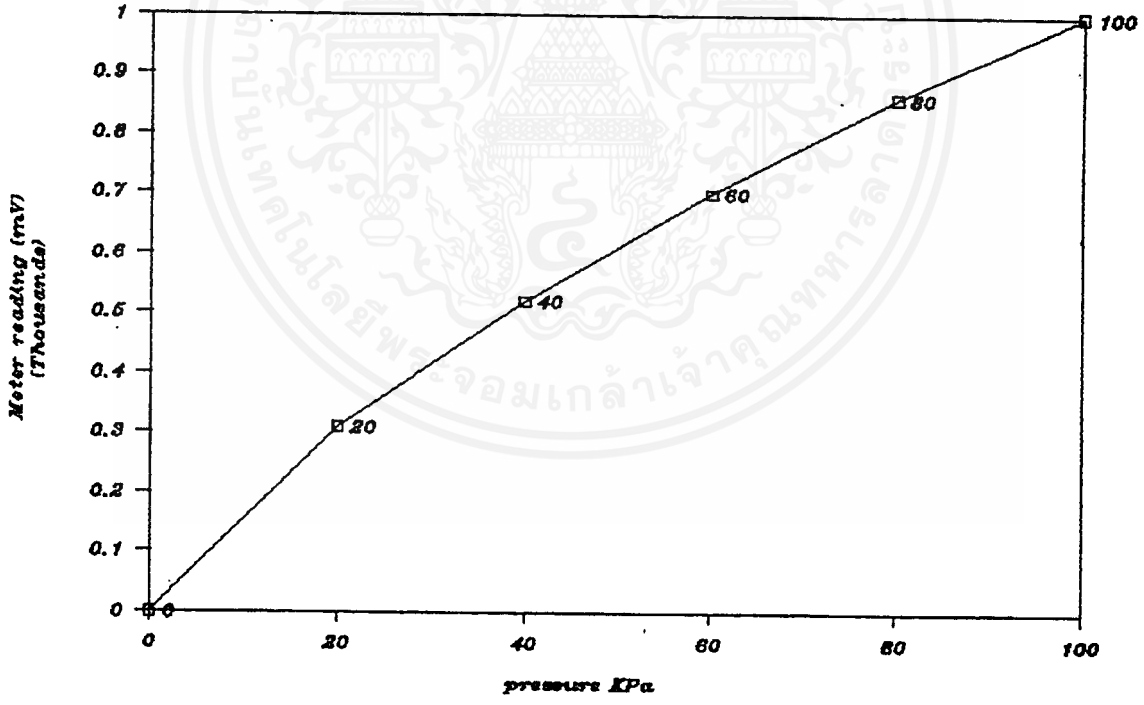


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

Pressure (kPa)	Meter Reading mV
0	0
20	310
40	520
60	700
80	860
100	1000

กราฟแสดงผลการทดลอง



สรุปผลการทดลอง

ลักษณะกราฟที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear)ของความดันเทียบการอ่านมิเตอร์เป็นเหตุผลทั่ว ๆไปของการใช้โปเทนชิโอมิเตอร์ในการวัดความดันลักษณะรูปร่างของกราฟเป็นไปตามแนวของการทดลองในครั้งก่อน แล้วก็เป็นผลเนื่องจากแผ่นเมมเบรน(membrane) อีกเช่นกัน การเปลี่ยนความดันอย่างช้า ๆจะทำให้เกิด

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ "kicks" ขึ้นในตัวชี้ ทั้งนี้ก็เนื่องจากตัวปัดมีการเลื่อนจากรอบหนึ่งของโปเทนชิโอมิเตอร์ไปสู่รอบต่อไป ข้อยุติของระบบการวัดแบบนี้ ถูกจำกัดตรงที่การเว้นช่องระหว่างรอบที่อยู่ติด ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4

เทอร์โมคัปเปิลตรวจวัดอุณหภูมิ

(Thermocouple temperature sonsor)

เมื่อนำวัสดุตัวนำ 2 ตัวมารวมกัน จะเกิดแรงทางแม่เหล็กไฟฟ้า (emf)ระหว่างรอยต่อของวัสดุทั้งสอง(Seeback effect) ขนาดของแรง emf นี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวนำทั้งสอง และขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่รอยต่อของตัวนำด้วย

เราสามารถออกแบบเทอร์โมคัปเปิลให้เหมาะสมกับการใช้งานในระบบการตรวจวัดในอุตสาหกรรม และตามบ้านเรือน เช่นการวัดอุณหภูมิของเตาหลอมโลหะ ซึ่งนี่ก็เป็นส่วนย่อยหนึ่งที่จะแสดงอุณหภูมิของส่วนประกอบอันเดียวในวงจรอิเลคทรอนิคส์ หรือการเชื่อมต่อในระยะไกลๆ หรือในที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้

เทอร์โมคัปเปิลจำนวนหนึ่ง ถูกนำมาต่ออนุกรมร่วมเพื่อสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากความร้อน เอาท์พุทรวมเป็นผลบวกของความไว และเอาท์พุทค่ามากๆ ที่เกิดเนื่องจาก emf แต่ละอัน

วัสดุที่ใช้ทั่วไปสำหรับเทอร์โมคัปเปิล

ทองแดง (copper)
เหล็ก (iron)
แพลทตินัม (platinum)
โครเมียม (chromel)

เทอร์โมคัปเปิล 4 อันรวมอยู่บนชุดปฏิบัติการ (Oven test bed : SL 50)คือเทอร์โมคัปเปิลที่ทำด้วย chromel-alumel

เป้าหมายการทดลอง

ก) เพื่อเขียนกราฟการแบ่งส่วนในเทอร์โมคัปเปิลแบบ chromel-alumel

ข) เพื่อวิเคราะห์ผลของพัดลม(fan)ที่มีต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันภายในห้องอบ(oven chamber)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การทดลอง

SL 1 โครงหลัก(Mainframe)

SL 30 ชุดปฏิบัติการ(Oven test bed)

SL 114 เทอร์โมคัปเปิลแอมปลิฟลายเออร์ (Thermocouple Amplifier)

การปรับตั้งค่าควบคุม

ตั้งค่า Low voltage power supply ที่ค่าต่ำสุด

ตั้งค่า Meter range ที่ 100 mv

ปรับปุ่ม fan ไปที่ตำแหน่งต่ำสุด

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรดังรูป ซึ่งเป็นการนำเอาอินพุทจากเทอร์โมคัปเปิลอันที่ 4 มาป้อนให้กับ SL114

2. ปรับตำแหน่งของเทอร์โมมิเตอร์โดยให้กระเปาะอยู่ใกล้กับเทอร์โมคัปเปิลอันที่ 4 และทำการเปิดสวิทช์ SL 1 และ SL 50

3. ทำการปรับตั้ง thermocouple amplifier ดังต่อไปนี้

หมุนปุ่มปรับบน SL 114 และทำการ set zero บน SL 1 จนกระทั่งเข็มของมิเตอร์บน SL1 ชี้ที่ค่าศูนย์

4. ปรับเพิ่มค่า low voltage power supply ทีละขั้นจนกระทั่งถึงค่าที่มากที่สุด บันทึกค่าของมิเตอร์บน SL1 และที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลลงในตารางบันทึกผล

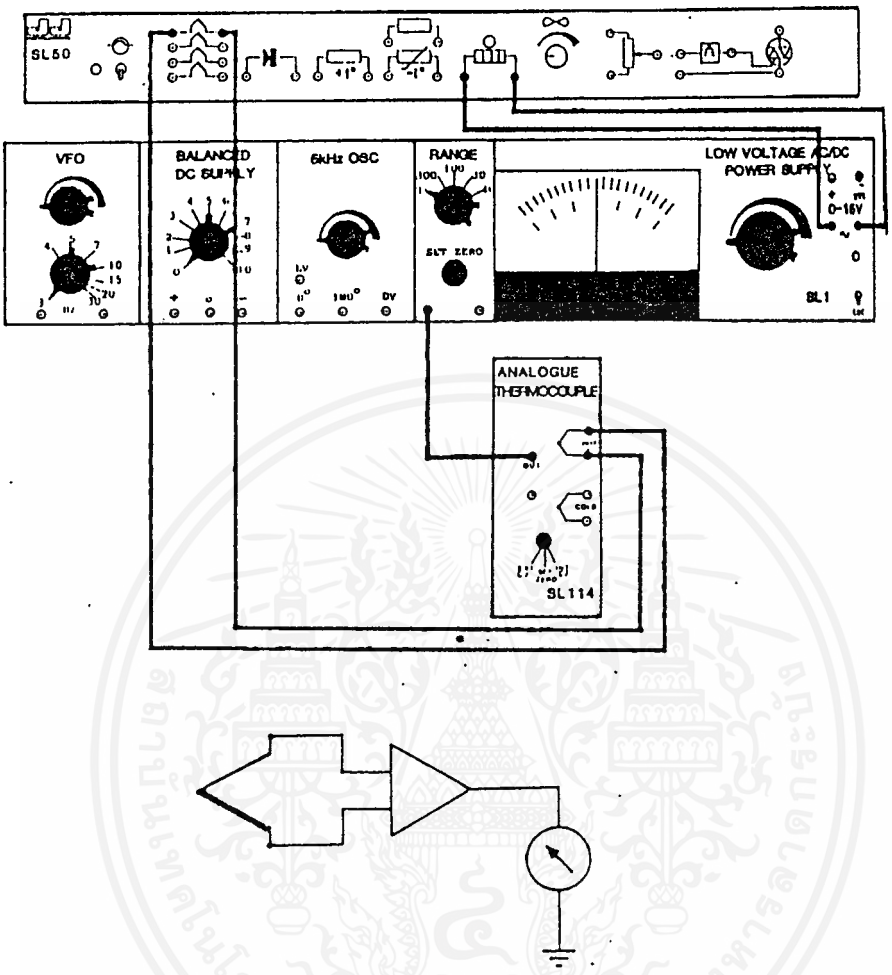
5. ที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดที่จัดไว้ ทำการอ่านค่าจากเทอร์โมคัปเปิลทั้ง 4 โดยเปลี่ยนตำแหน่งที่เชื่อมต่อที่แผงด้านหน้าของ SL1 บันทึกค่าที่ได้ในตาราง

ขณะที่กำลังรอให้ห้องอบ (oven chamber) เข้าสู่สมดุลย์เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิล

6. บันทึกค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลทั้งหมดลงในตาราง และเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้ก่อนการใช้ fan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

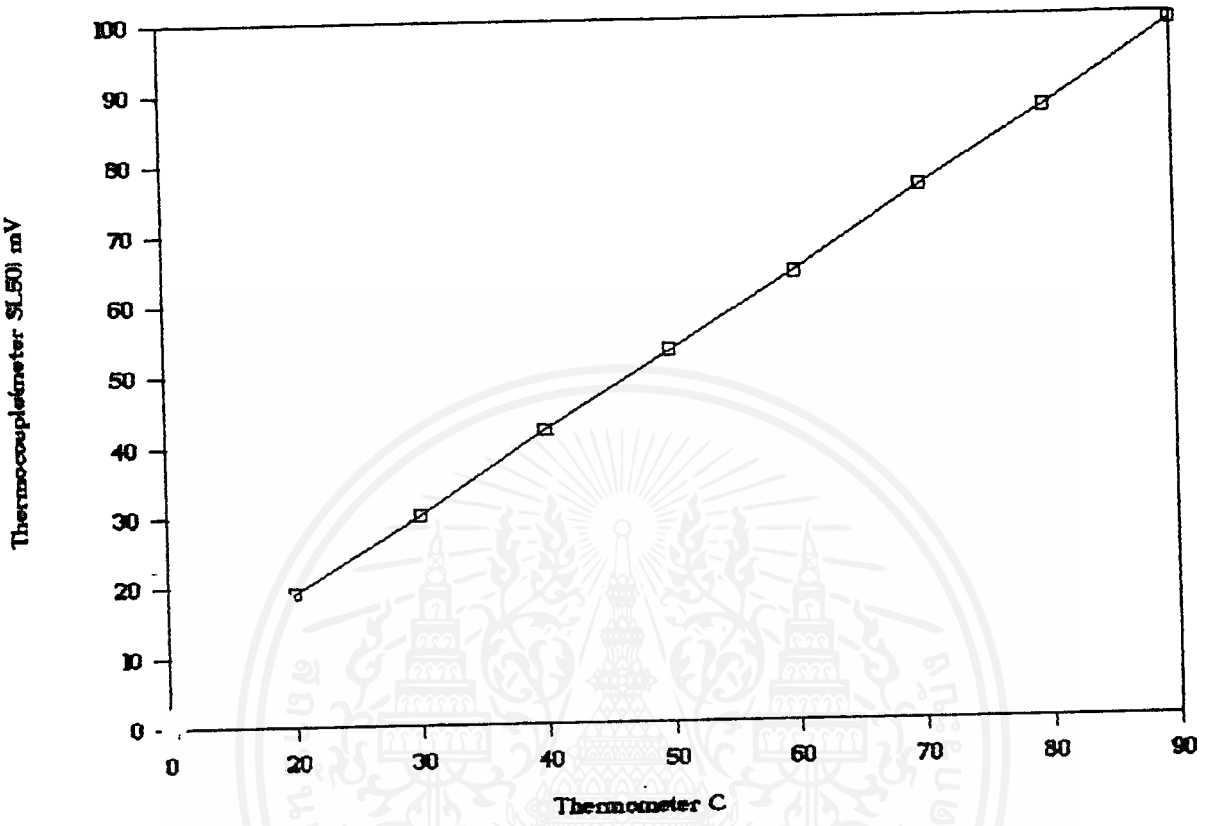
รูปแสดงการต่อวงจรการทดลอง



ผลการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงผลการทดลอง



สรุปผลการทดลอง

- ในส่วนแรกของการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิด emf โดยที่เทอร์โมคัปเปิลมีอุณหภูมิสูงขึ้น (สังเกตจากมิเตอร์บน SL 1) กราฟความสัมพันธ์ที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ กับค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์เป็นเชิงเส้น การทดลองนี้เป็นเหตุผลยืนยันในการใช้เทอร์โมคัปเปิลในระบบการวัดอุณหภูมิ

- ในส่วนที่สองของการทดลอง การที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมากๆ ภายในห้องอบ(oven chamber)จะถูกป้องกันไว้เมื่อ fan ไม่ทำงาน ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่สังเกตได้เป็น 63 องศา C มีค่าสูงสุดที่ 116 องศาC ในการปรับความเร็วของ fan สูงสุด อุณหภูมิจะเปลี่ยนไปด้วยค่า 4 องศา C สิ่งนี้ทำให้ทราบถึงการใช้งาน fan ในห้องอบ(oven chamber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 5

เซมิคอนดัคเตอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

(Semi-conductor temperature sensor)

ความสามารถของสารกึ่งตัวนำหรือเซมิคอนดัคเตอร์ (semi-conductor)ในการนำกระแส มีผลจากจำนวนจุดประจุในขณะนั้นๆ ของวัตถุใดๆ การนำไฟฟ้าของรอยต่อไดโอด (diode) ถูกควบคุมโดยระดับการ Dope ของสารเซมิคอนดัคเตอร์(semi-conductor)ในระหว่างการผลิต

อย่างไรก็ตามขณะที่อุณหภูมิของวัตถุเพิ่มสูงขึ้น จำนวนจุดประจุก็จะเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นการเพิ่มสภาพการนำไฟฟ้าด้วย การแสดงค่าโวลต์เตจตกคร่อมไดโอดสารกึ่งตัวนำ รอยต่อ PN รวมอยู่ในชุดปฏิบัติการ SL 50 ได้รับพลังงานจากโมดูล SL122 เอาท์พุทของ SL 122 จะถูกเปลี่ยนด้วยขนาด 10 mv ต่อ 1 องศา C

เป้าหมายการทดลอง

เพื่อเขียนกราฟการแบ่งส่วน ของตัวตรวจวัดอุณหภูมิแบบเซมิคอนดัคเตอร์(semi-conductor)

อุปกรณ์การทดลอง

SL 1 โครงหลัก SL 1

SL 50 Oven test bed

การปรับตั้งค่าควบคุม

ตั้งค่า Low voltage power supply ไว้ที่ค่าต่ำสุด

ตั้งค่า Meter range ที่ 1 v

ปรับปุ่ม fan ไปที่ตำแหน่งต่ำสุด

เลื่อนกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ให้อยู่ในตำแหน่งใกล้กับ เซมิคอนดัคเตอร์(semi-conductor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรดังรูป ต้องมั่นใจได้ว่าอินพุทของ SL 122 ต่ออยู่กับขั้วต่างบน SL 50

2. ปรับ offset ของมิเตอร์ ดังนี้

- ชอร์ทขั้วของมิเตอร์บน SL 50 เข้าด้วยกัน แล้วทำการ set zero ของมิเตอร์

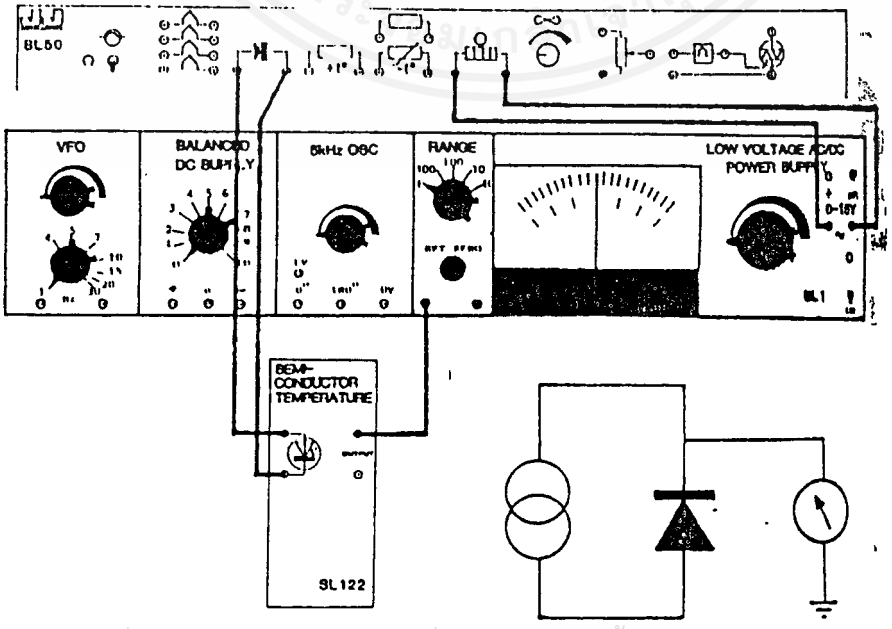
- ดึงสายที่ต่อชอร์ทออกเมื่อทำการ set zero เรียบร้อยแล้ว

3. ปรับค่า Low voltage power supply เพิ่มขึ้นทีละขั้นจนถึงค่าสูงสุดโดยค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิภายใน ห้องอบ(oven chamber) ควรจะมั่นใจได้ว่าเทอร์โมมิเตอร์มีความเที่ยงตรงเพียงพอในการบอกค่าของอุณหภูมิรอบเซมิคอนดัคเตอร์(semi-conductor)

4. อ่านและบันทึกค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์ และบันทึกค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์บน SL 1

5. เขียนกราฟแสดงการแบ่งส่วนจากผลการทดลองที่ได้

รูปแสดงการต่อวงจรการทดลอง

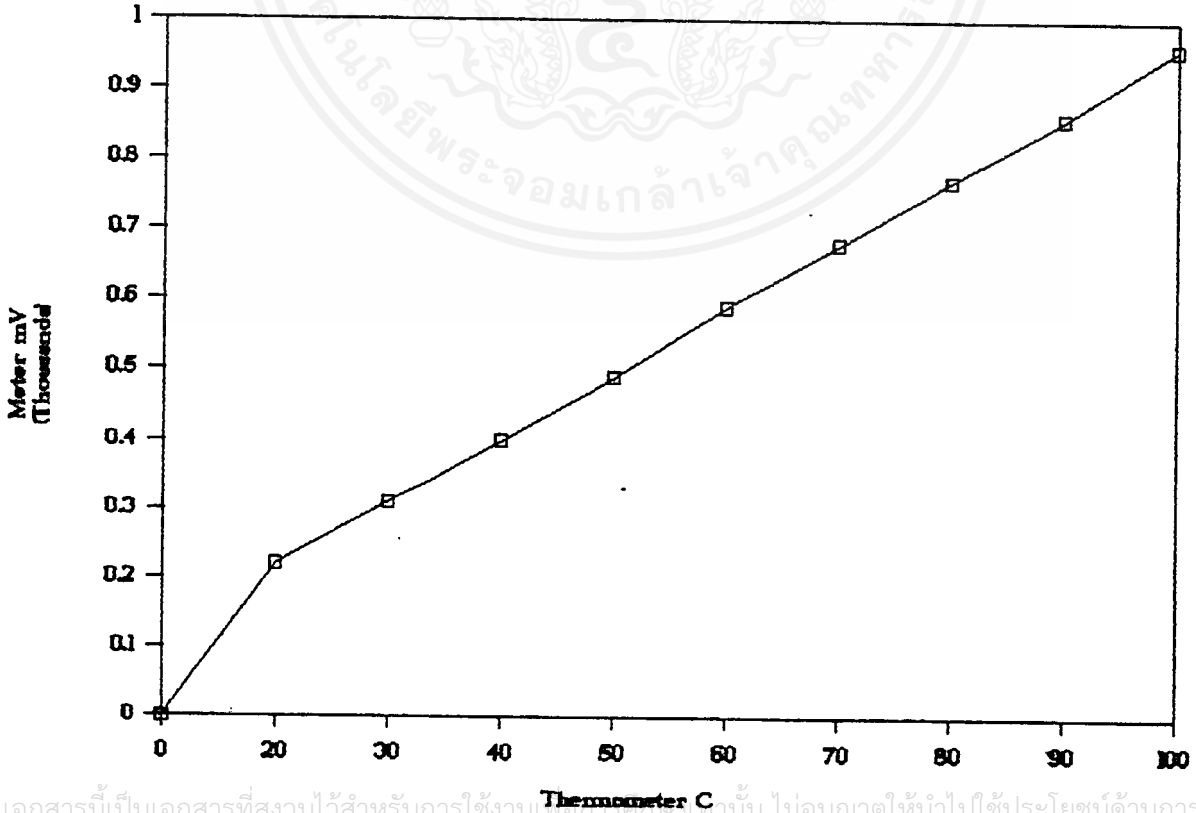


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

Thermometer Reading ^{O}C	Meter Reading mV
20	220
30	310
40	400
50	490
60	590
70	680
80	770
90	860
100	960

กราฟแสดงผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

กราฟการแบ่งส่วนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์กับค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์บนโครงหลัก SL 1 สำหรับทรานส์ดิวส์เซอร์ประเภทนี้มีลักษณะเป็นเชิงเส้นตลอดช่วงการทดลอง

การทดลองนี้เป็นเหตุผลยืนยันเพื่อการใช้รอยต่อของไดโอดในการวัดอุณหภูมิโดยการต่อวงจรที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 6

การควบคุมระดับโวลต์เตจอ้างอิง

(Refference voltage level control)

เมื่ออัตราของพลังงานที่เข้าสู่ห้องอบ (oven chamber) มีค่าเท่ากับอัตราพลังงานที่ห้องอบสูญเสียไป(สาเหตุจากการนำ , การพา หรือการแผ่รังสี) อุณหภูมิที่เหลืออยู่ในห้องอบจะมีค่าคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนพลังงานที่จ่ายให้กับห้องอบทำให้เสียสภาพสมดุลและจะเกิดอุณหภูมิการทำงานใหม่ขึ้น

เป้าหมายการทดลอง

เพื่อตรวจหาอุณหภูมิสมดุลภายในห้องอบ(oven chamber)ที่ระดับพลังงานอินพุทต่างๆ

อุปกรณ์การทดลอง

SL 1 โครงหลัก (Mainframe)

SL 50 ชุปฏิบัติการ Oven test bed

SL 114 เทอร์โมคัปเปิลแอมปลิฟลายร์ (Thermocouple amplifier)

การปรับตั้งค่าควบคุม

ตั้งค่า Low voltage power supply ที่ค่าต่ำสุด

ตั้งค่า Meter range ที่ตำแหน่งต่ำสุด

ตั้งปุ่มปรับ fan ที่ตำแหน่งต่ำสุด

ปรับปุ่มชุดควบคุมทั้ง 3 ภาคไปที่ตำแหน่งต่ำสุด และยกสวิทช์ตัวเลือกอ้างอิงขึ้น

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรดังรูป และปรับระดับความสูงของเทอร์โมมิเตอร์ให้ระดับของกระเปาะอยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับเทอร์โมคัปเปิลอันที่ 4 เปิดเครื่อง SL 1 และ SL 50

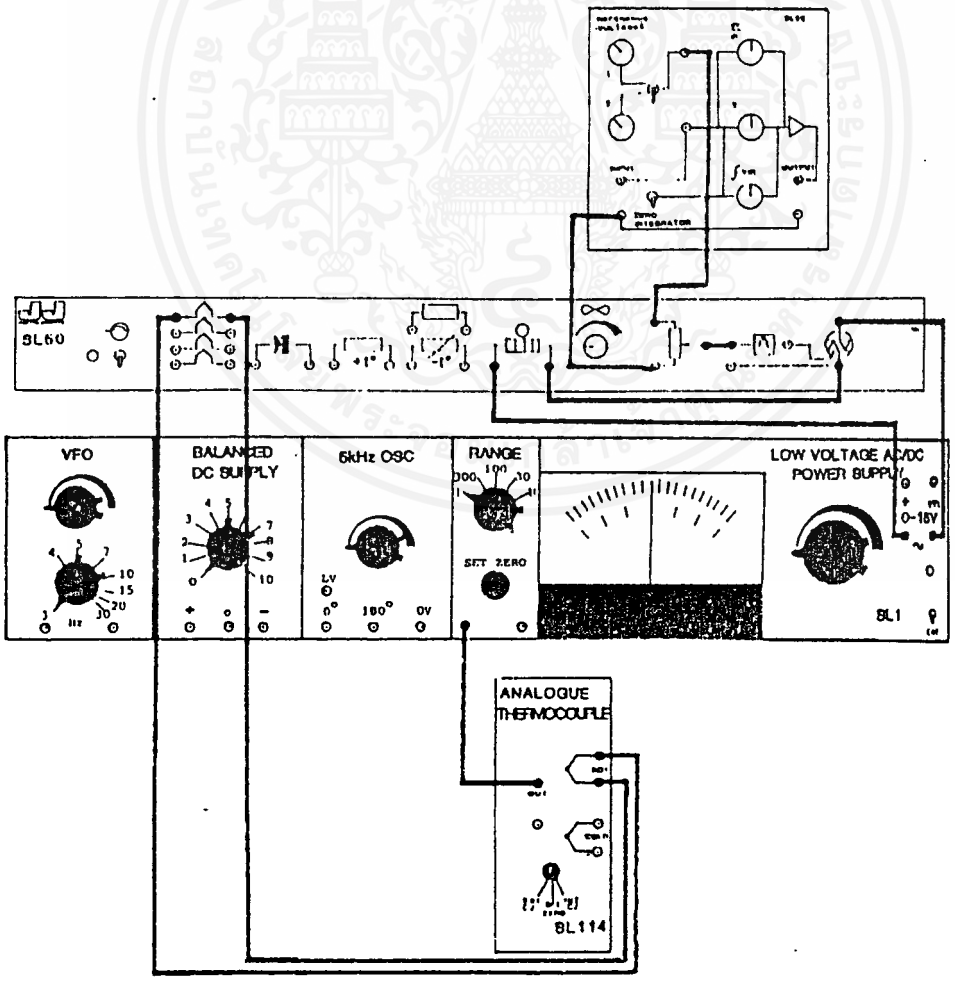
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปรับสวิทช์ฟังก์ชันบน SL 114 ไปที่ set zero และทำการปรับ set zero บนมิเตอร์ของโครงหลัก SL 1 จนกระทั่งเข็มชี้ที่ค่าศูนย์ เสร็จแล้วปรับสวิทช์ฟังก์ชัน SL 114 ไปที่ INT CJ

3. ปรับปุ่มควบคุม fan ไปที่ตำแหน่ง 12 o'clock และปรับปุ่มควบคุม Low voltage power supply ไปจนถึงค่าสูงสุด

4. บันทึกค่าที่อ่านได้จากตัวอ้างอิงตำแหน่งที่ 1 ซึ่งควบคุมการทำงานของ Potentiometer และค่าของอุณหภูมิที่ห้องอบ(oven chamber)จะลดลง สังเกตอัตราการติด/ดับ(on/off) ของหลอดไฟแสดงการทำงานของตัวทำความร้อน(heater)

รูปแสดงการต่อวงจรการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

Reference Control Setting	Equilibrium (^{o}C)
7 (min)	23 (amb)
8	23
9	24
10	31
11	40
12	46
1	53
2	56
3	56
4	56

สรุปผลการทดลอง

การเพิ่มค่าควบคุมอ้างอิงเป็นสาเหตุทำให้อัตราการ on/off ของหลอดไฟเพิ่มขึ้น จนกระทั่งอยู่ในตำแหน่ง 2 o'clock หลอดไฟก็จะอยู่ในสภาวะ on ตลอดเวลา อัตราการ on/off นี้จะมีค่าคงที่สำหรับตำแหน่งอ้างอิงแต่ละตำแหน่งของ Potentiometer

หลอดไฟ LED แสดงถึงการส่งจ่ายพลังงานไปที่ห้องอบ (oven chamber) และการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนนี้ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องอบ (oven chamber)มีค่าเพิ่มขึ้น

การทดลองนี้แสดงให้ทราบถึงผลกระทบทางอุณหภูมิของการเพิ่มขึ้นของพลังงานภายในห้องอบ(oven chamber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 7

การควบคุมแบบสัดส่วนลูปเปิด

(Open-loop proportional control)

ในการควบคุมแบบลูปเปิด สัญญาณอ้างอิงจะถูกขยายเป็นสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะเป็นสัญญาณสวิทช์ไตรแอท(triac)ส่งผ่านไปยังวงจร และอุณหภูมิของห้องอบ(oven chamber)จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งอยู่ในสภาวะสมดุลย์ การเพิ่มค่าควบคุมอ้างอิง และ/หรือค่าควบคุมสัดส่วนจะเป็นการเพิ่มสัญญาณควบคุม และอุณหภูมิห้องอบก็จะเพิ่มขึ้นตามมา

เป้าหมายการทดลอง

เพื่อให้ทราบถึงการทำงานของห้องอบภายใต้การควบคุมลูปเปิดเฉพาะภาค proportional

อุปกรณ์การทดลอง

SL 1 โครงหลัก (mainframe)

SL 50 ชุดปฏิบัติการ Oven test bed

SL 114 Thermocouple amplifier

การปรับตั้งค่าควบคุม

ตั้งค่า Low voltage power supply ที่ค่าต่ำสุด

ตั้งค่า Meter range ที่ 100 mv

หมุนปุ่มปรับ fan ไปที่ค่าต่ำสุด

ปรับปุ่มควบคุมทั้งสามส่วนไปที่ค่าต่ำสุดและยกสวิทช์ตัวเลือกอ้างอิงขึ้น

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรดังรูป และทำการปรับระดับของเทอร์โมมิเตอร์ให้ระดับกระเปาะอยู่ที่ตำแหน่งที่ใกล้กับเทอร์โมคัปเปิลอันที่ 4 เปิดสวิทช์ SL 1 และ SL 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

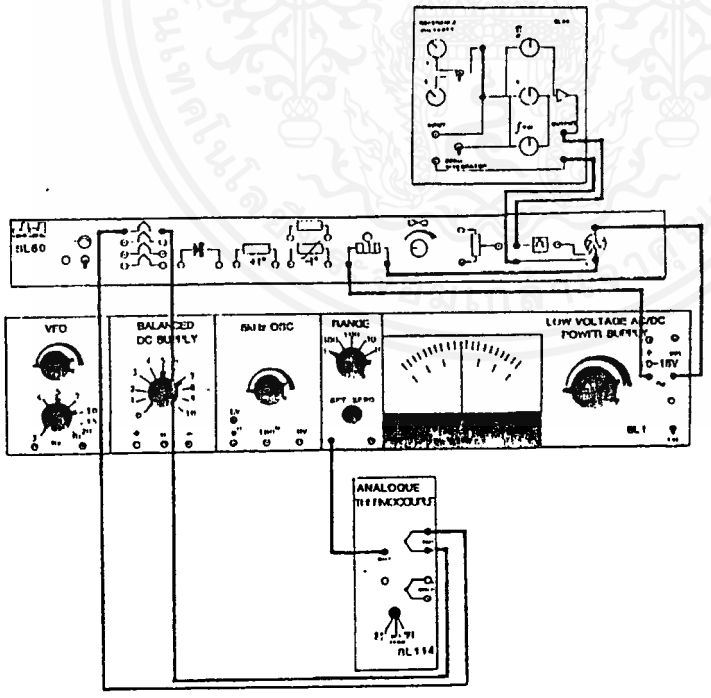
2. ปรับสวิทช์การทำงานไปที่ตำแหน่ง set zero แล้วทำการ set zero ของมิเตอร์บน SL 1 จนกระทั่งเข็มชี้ที่ค่าศูนย์ หลังจากนั้นให้ปรับสวิทช์การทำงานของ SL 114 ไปที่ INT CJ

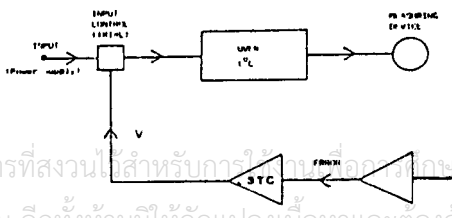
3. ปรับปุ่มควบคุม fan ไปอยู่ที่ตำแหน่ง 12 o'clock ปรับ Low voltage power supply ไปที่ค่าสูงสุดและปรับปุ่มควบคุม proportinal ไปที่ตำแหน่ง 9 o'clock

4. บันทึกค่าที่อ่านได้ในตารางเมื่อตำแหน่งของส่วนควบคุม Potentiometer ที่ตัวอ้างอิงที่ 1 และที่จุดอุณหภูมิที่ตั้งไว้ของห้องอบ(oven chamber) สังเกตอัตราการ on/off ของหลอด LED ของ heater บน SL 50

5. ทำการทดลองซ้ำแต่เปลี่ยนตำแหน่งของตัวควบคุม Proportional ไปที่ตำแหน่ง 12 o'clock , 3 o'clock และ 5 o'clock

รูปแสดงการต่อวงจรการทดลอง





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

Equilibrium Temperature (°C)				
Reference 1	V at 9 o'c	V at 12 o'c	V at 3 o'c	V at 5 o'c
7 (min)	33	44	47	48
8	35	53	58	58
9	38	58	58	58
10	45	58	58	58
11	49	58	58	58
12	52	58	58	58
1	56	58	58	58
2	58	58	58	58
3	58	58	58	58
4	58	58	58	58
5 (max)	58	58	58	58

สรุปผลการทดลอง

ที่แต่ละตำแหน่งอ้างอิงของ Potentiometer ผลจากการเพิ่มสัดส่วน Potentiometer จะทำให้อุณหภูมิสมดุลย์ของห้องอบ(oven chamber)เพิ่มขึ้นตาม ภายในช่วงการทำงานของระบบ

เมื่อเพิ่มภาค Proportional ค่าอ้างอิงของ Potentiometer จะส่งผลในการทำให้ช่วงเพิ่มมากขึ้นอีก แม้ว่าช่วงของอุณหภูมิเต็มที่ที่ได้รับจะเกิดที่ทุกๆ ระดับ

การทดลองนี้แสดงให้ทราบว่า เราสามารถควบคุมอุณหภูมิของห้องอบ(oven chamber)โดยการต่อเชื่อม Potentiometerอ้างอิงและมีตำแหน่งของ Potentiometer ที่เป็นสัดส่วน การเพิ่มที่อย่างใดอย่างหนึ่งจะทำอุณหภูมิของห้องอบ(oven chamber)เพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับความกรุณาจาก อาจารย์วิทยา ทิพย์สุวรรณพร ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ในการให้คำแนะนำ ตลอดจนให้เอกสารต่างๆ ประกอบการดำเนินงานแก่ผู้จัดทำ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

นอกจากนี้ ผู้จัดทำก็ขอขอบคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และเพื่อนๆทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน

อย่างไรก็ตาม หากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใดผู้จัดทำก็ขอรับไว้แต่เพียงฝ่ายเดียว ส่วนความดีและคุณค่าของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ทุกท่านที่มีส่วนช่วยทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ

นพดล ล้อประเสริฐ

รัชดา ปัทมารัง

วิทู ชัยนิชยกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. บุญยงค์ ภู่นันทพงษ์," การวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม", คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , pp 120-141

2. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)," เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ", pp 97-102

3. โยธิน เปรมปราณีรัชต์," เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ",วศบ. พระจอมเกล้า MS.E.E (Nihon University) , pp77-89

4. กิตติ ตีรเศรษฐ ," อุปกรณ์วัด และควบคุมในขบวนการ " , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

5. ธานินทร์ ถาวรศาสนวงศ์ , ทินกร ดุ๊ก ," การอินเตอร์เฟส IBM PC ", ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์

6. " Linear 1 Databook ", National Semiconductor

7. Jame W.Coffron,"z80 Application ",LSBN 0-89588 -094-6

8. John Uffenbeck,"Microcomputer & Microprocessors", Prentice Hall international Edition

9. Herbert Schildt," Turbo C/C++ , The Complete Referance", McGraw-HILL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้