เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์

The Oven for Hard Disk with Measurement and Temperature Control Machine

ไพบูลย์ บุบผา* ชาญวิทย์ วงศ์รัตนพรกูร**
*สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต Email : Phaib@yahoo.com
**สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต Email: Chanwitwong@yahoo.com
1761 ถ. พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
โทรศัพท์: 0-2321-6930-9 ต่อ 1212, 1213 โทรสาร: 0-2321-4444

บทคัดย่อ

การใช้งานเตาอบในโรงงานอุตสาหกรรม มีขบวนการที่ต้องอาศัยความร้อนในการทำปฏิกิริยาทางเคมีกับชิ้นงาน เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณสมบัติตามต้องการ และ ลดจำนวนของเสีย ดังนั้นในบทความนี้จึงได้นำเสนอ “เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์” โดยใช้คอมพิวเตอร์มาควบคุมระบบ ซึ่งอุณหภูมิที่วัดได้นี้ จะนำมาแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ และสามารถบันทึกอุณหภูมิที่เวลาต่าง ๆ ได้ด้วย เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงสินค้าหรือควบคุมคุณภาพต่อไป

จากข้อมูลของอุณหภูมิในการผลิตแต่ละครั้ง สามารถที่จะเรียกดูภายหลังได้ สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ คือ เทอร์โมคัปเปิ้ล ซึ่งนำมาใช้กับวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็น สัญญาณดิจิตอล (Analog to digital converter) เพื่อส่งสัญญาณให้เครื่องคอมพิวเตอร์ และ มีวงจรควบคุมตัวทำความร้อนด้วยไตรแอค ส่วนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานเขียนด้วย โปรแกรม Microsoft Visual C++ บนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows

คำสำคัญ :เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ

Abstract

The operation of oven in the manufactory uses some heating process in chemical reaction for quality of products and reducing waste. Hereby, this paper presents “The Oven for Hard Disk with Measurement and Temperature Control Machine” we use the computer to control the system, the temperature will be displayed on the computer via monitor which is able to record both time temperature and also retrievable such as data for the further checking and for quality control.

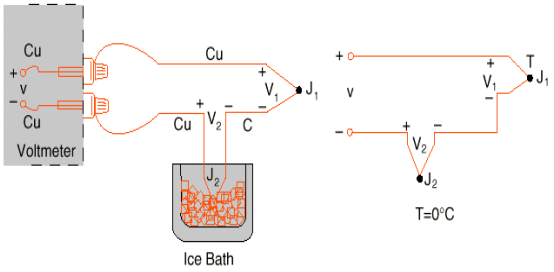
The sensor in this paper is multipurpose thermocouple ,it consist of conversion circuit in order to convert analog data signal to digital data signal for sending to computer and triac is the electronics devices for heat control circuit for the operation control software is Visual C++ running on Windows operation system.

Keyword: Measurement and Temperature control machine

1.บทนำ

ในปัจจุบันระบบเครื่องมือวัดและทดสอบในอุตสาหกรรมทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในระบบเครื่องมือวัดและทดสอบมากขึ้นซึ่งคอมพิวเตอร์จะช่วยทำให้การทำงานของเครื่องมือวัดมีประสิทธิภาพและสะดวกรวดเร็วในการทำงานมากขึ้น นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ยังสามารเก็บข้อมูลไว้ได้นาน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาระบบการทำงานของเครื่องมือวัดและทดสอบ ซึ่งการวัดอุณหภูมิเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญมากในงานพื้นฐานวิศวกรรมทั่วไป เพราะอุณหภูมิเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่จะทำให้ทราบสภาวะต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม

ทฤษฎีเบื้องต้นของการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลอธิบายดังนี้



รูปที่ 1 การวัดอุณหภูมิโดยใช้อ่างอ้างอิงภายนอก

จากรูปที่ 1 แรงดันที่อ่านได้จะเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิดังสมการ

$$V = V_1 - V_2 = T_{J1} - T_{J2} \quad (1)$$

ถ้ากำหนดให้ T_{J2} เป็นศูนย์ องศาเซลเซียส

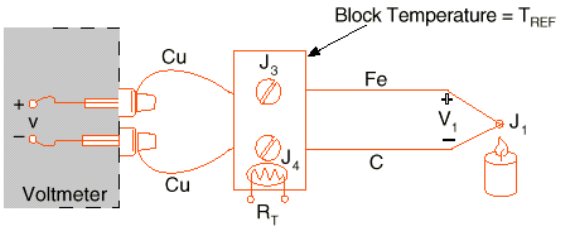
$$T_{J1}(C) + 273.15 = T_{J1} \quad (2)$$

$$V = V_1 - V_2 = (T_{J1} + 273.15) - (T_{J2} + 273.15) = T_{J1} \quad (3)$$

การเพิ่มแรงดันโดยเอาจุดอ้างอิงใส่ในน้ำแข็ง จะทำให้เราทราบว่าแรงดันที่อ่านได้เป็นค่าที่ ศูนย์องศาเซลเซียส วิธีการนี้มีความถูกต้องมากเพราะว่า อุณหภูมิของจุดน้ำแข็ง สามารถควบคุมได้อย่างแน่นอน

ส่วนเทอร์มิสเตอร์ (Themistor) ซึ่งค่าความต้านทานรวม (R_T) เป็นฟังก์ชั่นของอุณหภูมิถูกใช้เพื่อวัดอุณหภูมิที่แท้จริงของจุดต่ออ้างอิงแสดงในรูปที่ 2 กระบวนการนี้ ใช้วิธีชดเชยด้วยซอฟต์แวร์ (Software Compensate) โดยใช้ซอฟต์แวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ในการชดเชยของจุดต่ออ้างอิง ส่วนอุปกรณ์ตรวจจับที่รอยต่อ สามารถใช้ชนิดใดก็ได้ที่มี คุณสมบัติแปรผันตรงกับอุณหภูมิ เช่น Resistance Temperature

Detector ;RTD) แต่ข้อเสียเปรียบของการชดเชยด้วยซอฟต์แวร์ คือจะทำให้เสียเวลาในการคำนวณอุณหภูมิของจุดต่ออ้างอิง



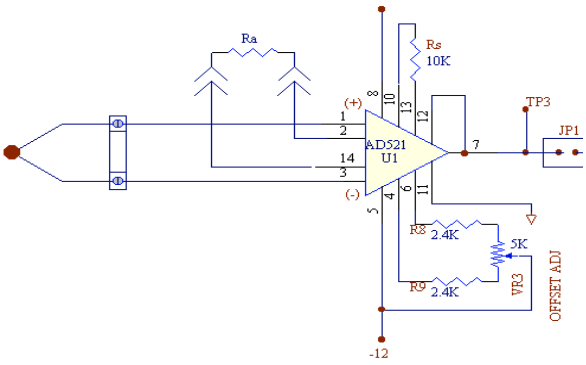
รูปที่ 2 จุดอ้างอิงภายนอกที่ไม่มีอ่างน้ำแข็ง

จากรูปที่ 2 เขียนเป็นสมการได้เป็น

$$V_{MEAS}=V_{J1}(T_{TC})+V_{J3}(T_{ref}) \quad (4)$$

ซึ่ง V_{MEAS} คือ ระดับแรงดันไฟฟ้าจากการวัด
$V_{J1}(T_{TC})$ คือ อุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิ้ลที่จุด J1
$V_{J3}(T_{ref})$ คือ อุณหภูมิที่จุดอ้างอิง

จะเห็นได้ว่าแรงดันที่ได้จาก เทอร์โมคัปเปิ้ล ยังมีขนาดระดับแรงดันต่ำเป็นมิลลิโวลต์ซึ่งจำเป็นต้องขยายขนาดแรงดันให้เหมาะสม ดังนั้น โครงงานนี้เราจึงเลือกใช้ ไอซี เบอร์ AD 521 ดังรูปที่ 3

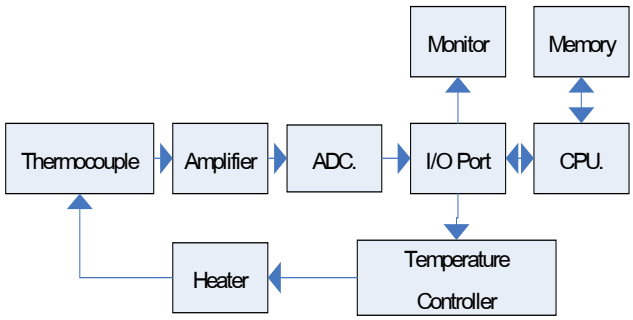


รูปที่ 3 วงจรขยายอินสตูรเมนเตชั่น

2.ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ มีดังนี้

2.1.ไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นส่วนที่รับข้อมูลและแสดงผล
2.2 เทอร์โมคัปเปิ้ลทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิเพื่อส่งค่าให้วงจร แอมปลิไฟล์เออร์
2.3.วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล
2.4. ชุดวงจรควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ

3.หลักการออกแบบตัวเครื่อง

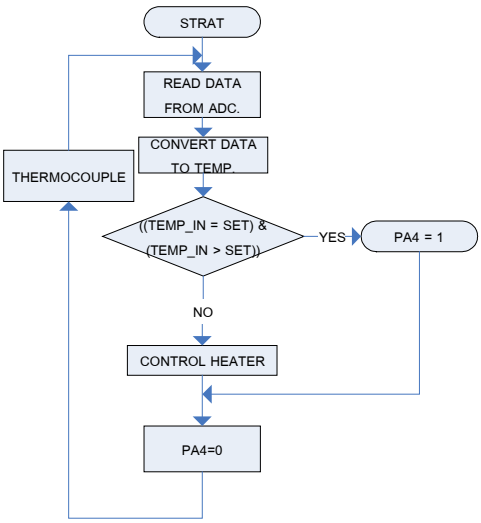
3.1 การทำงานของเครื่อง

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบหลัก ๆ อธิบายการทำงานได้ดังนี้คือ เทอร์โมคัปเปิ้ล(Thermocouple) ออกแบบให้เป็นทรานสดิว-เซอร์ (Transducer) ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนอุณหภูมิความร้อนเป็นแรง-ดันไฟฟ้าซึ่งจะมีขนาดแรงดันที่ต่ำมาก จากนั้น ก็ทำการขยายแรงดัน ด้วยวงจรขยาย (Amplifier) ตามที่ออกแบบไว้ ส่วนวงจรเอดีซี (ADC) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอนาลอก(Analog)เป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) ก่อนเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลตามโปรแกรมที่ออกแบบไว้ โดยที่คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่แสดงผล (Display) อุณหภูมิขณะนั้นและถ้าอุณหภูมิยังไม่ถึงจุดที่เราได้ตั้งค่าไว้ ตัวควบคุม (Controller) จะสั่งให้ตัวทำความร้อนทำงาน และ ในทำนองกลับกันถ้าอุณหภูมิถึงจุดที่ตั้งไว้ตัวทำความร้อนก็จะหยุดทำงาน ส่วนรูปที่ 5 แสดงโครงสร้างภายในของเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ และ รูปที่ 6 แสดงลักษณะภายนอกของเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 5 โครงสร้างวงจรภายใน ของเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 6 ลักษณะภายนอกของเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิพร้อมเตาอบแบบปิด

3.2 การออกแบบโปรแกรม



รูปที่ 7 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

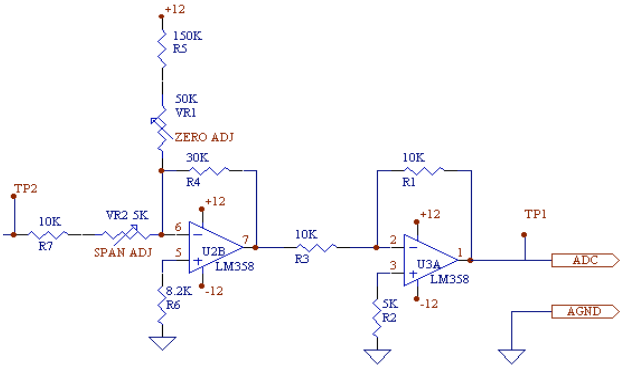
จากแผนผังการทำงานของโปรแกรมในรูปที่ 7 อธิบายได้ว่า เมื่อเริ่มต้นการทำงานวงจรจะทำการอ่านข้อมูลจาก ADC ว่ามีข้อมูลหรือไม่ เมื่อมีข้อมูลเข้ามาจะทำการเปลี่ยนสัญญาณแรงดันจากอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วทำการเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นแรงดันให้เป็นอุณหภูมิ จากนั้นก็ทำการตัดสินใจว่าข้อมูลที่ได้ตรงกับเงื่อนไขที่ตั้งไว้หรือไม่ หากข้อมูลที่มามีค่าไม่เท่ากับเงื่อนไขที่ตั้งไว้ก็สั่งให้วงจรควบคุมทำงาน เมื่อข้อมูลที่ได้มาเท่ากับที่เราตั้งเอาไว้ก็สั่งให้วงจรควบคุมหยุดทำงาน ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

4. วิธีการทดสอบ และ ผลการทดสอบ

บทความนี้ต้องการควบคุมอุณหภูมิอยู่ระหว่าง อุณหภูมิห้อง ถึง 400 ºC ซึ่งแรงดัน ที่ได้จากวงจรขยายอินสตูรเมนเตชั่นจะอยู่ในช่วง 0 - 4 โวลต์ จะต้องถ่ายโอนแรงดันให้กับ ชุด ADC อยู่ในช่วง 0 – 10 โวลต์ เพื่อนำไปประมวลผลแสดงค่าอุณหภูมิ และควบคุม ตัวทำความร้อนต่อไป ดังนั้นจะต้องมีส่วนของวงจรที่จะต้องทำหน้าที่ ปรับขนาดของสัญญาณ ให้ได้ตามความต้องการนั่นก็คือวงจรซีโร่และ สแปนดังรูปที่ 8

ซึ่งการทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้ เมื่อไม่มีแรงดันอินพุตเข้ามาที่จุด TP2 หรือแรงดันเป็น ศูนย์ โวลท์ ดังนั้นเมื่อวัดเอาท์พุตที่จุด TP1 ต้องได้เท่ากับ ศูนย์ โวลท์ด้วย หากไม่ได้ให้ปรับซีโร่ (Zero Adj.)ที่ VR1 เพื่อให้ได้เอาท์พุตที่ TP1 เป็นศูนย์โวลท์

ส่วนการปรับสแปน (Span Adj.) VR2 ปรับเพื่อให้ได้อัตราขยายตามที่ต้องการ เช่น ถ้ามีอินพุตเข้ามา 4 โวลท์ และต้องการอัตราขยายเท่ากับ 2.5 เท่า ก็ให้ปรับ VR2 จนกระทั่งวัดแรงดันเอาท์พุตที่ TP1 เท่ากับ 10 โวลท์



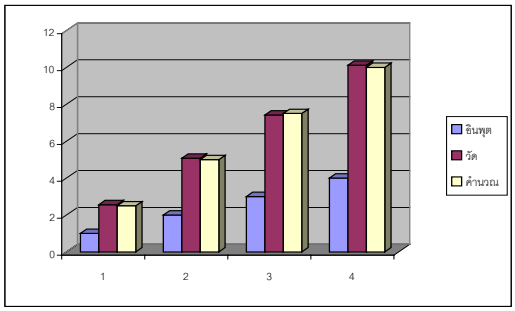
รูปที่ 8 วงจร ซีโร่ และ สแปน

4.1 วิธีการปรับสัญญาณ

จากรูปที่ 8 เมื่อนำแหล่งจ่ายไฟ ป้อนแรงดันอินพุต ที่ TP2 อยู่ในช่วง 0 – 4 โวลต์ โดยการป้อนแรงดัน อินพุตเท่ากับ 0 โวลต์ แล้วทำการปรับซีโร่ ที่VR1 ให้ได้แรงดันที่จุด TP1 เท่ากับ 0 โวลต์ จากนั้น ปรับแหล่งจ่ายไฟไปที่ 4 โวลต์ แล้วทำการปรับสแปน ที่ VR2 ให้ได้แรงดันที่จุด TP1 เท่ากับ 10 โวลต์ ทำอย่างนี้ซ้ำไปซ้ำมาหลายๆครั้ง จนได้ความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันทางด้าน อินพุต และ เอาต์พุตตามที่ต้องการและจากวงจรรูปที่ 8 ได้ทำการพล็อตความสัมพันธ์ระหว่าง อินพุต และ เอาต์พุต ได้ดังตารางที่ 1 และ รูปที่ 9

ตารางที่ 1 ผลการทดลองวงจร ซีโร่ และ สแปน

ป้อนแรงดันที่ TP2 (โวลต์)	วัดแรงดันที่ TP1 (โวลต์)	แรงดันที่ TP1 จากการคำนวณ (โวลต์)	%ผิดพลาดของ TP1
1	2.56	2.50	2.4 %
2	5.08	5.00	1.6%
3	7.42	7.50	1.07%
4	10.12	10.00	1.2%



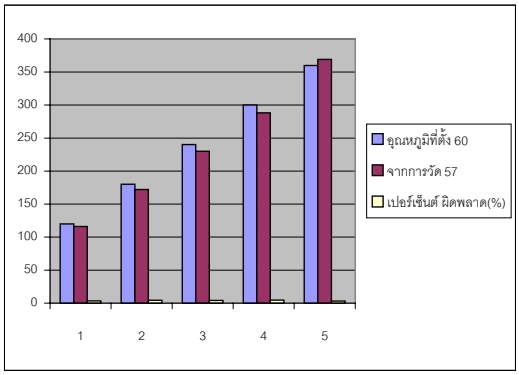
รูปที่ 9 กราฟแสดงการปรับซีโร่ และ สแปน

4.2 ผลการทดสอบตั้งอุณหภูมิและตรวจจับความร้อน

ตารางที่ 2 เป็นการตั้งอุณหภูมิที่ได้จาก โปรแกรมวัดและควบคุมอุณหภูมิด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล(PC.)โดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K นำไปเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 10 ส่วนตารางที่ 3 และ รูปที่ 11 เป็นการวัดด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด J

ตารางที่ 2 การตั้งอุณหภูมิด้วยโปรแกรมโดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K

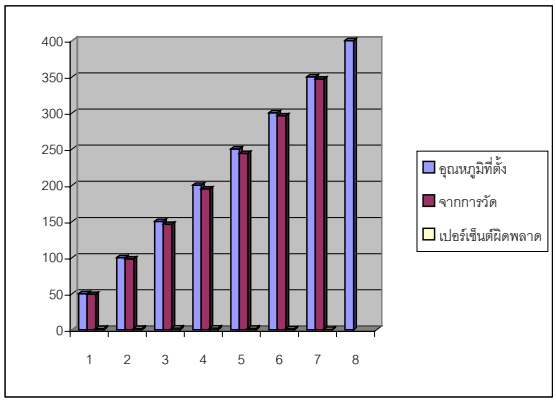
อุณหภูมิที่ตั้งได้จาก PC.	อุณหภูมิที่วัดได้ ºC	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด (%)	เวลาในขณะที่อุณหภูมิที่ตั้งไว้เท่ากับที่วัดได้ ($T_{Set.}$=$T_{mea.}$) (S.)	เวลาในขณะที่อุณหภูมิเริ่มอยู่ตัว (S.)
60	57	5.0	19:45:08	19:46:58
120	116	3.3	19:49:14	19:51:19
180	172	4.4	19:53:45	19:55:40
240	230	4.1	20:00:15	20:02:05
300	288	4.7	20:06:35	20:07:55
360	369	3.0	20:11:40	20:13:02



รูปที่ 10 กราฟแสดงการตั้งอุณหภูมิด้วยโปรแกรมโดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K

ตารางที่ 3 การใช้โปรแกรมมาวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด J

อุณหภูมิที่ตั้งไว้ (ºC)	อุณหภูมิที่วัดได้จาก PC.	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด (%)	เอาต์พุตจากวงจร Zero-Span จากการคำนวณ (V)	แรงดันเอาต์พุตจากวงจร Zero-Span จากการวัด (V)
50	49	2	1.183	0.79
100	98	2	2.410	1.69
150	146	2.6	3.663	2.90
200	195	2.5	4.930	4.11
250	244	2.4	6.200	5.35
300	296	1.3	7.468	6.03
350	347	0.8	8.733	8.02
400	Max_Value	Max_Value	Max_Value	Max_Value



รูปที่ 11 กราฟการใช้โปรแกรมมาวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด J

4.3 การใช้โปรแกรมเพื่อวัดอุณหภูมิ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

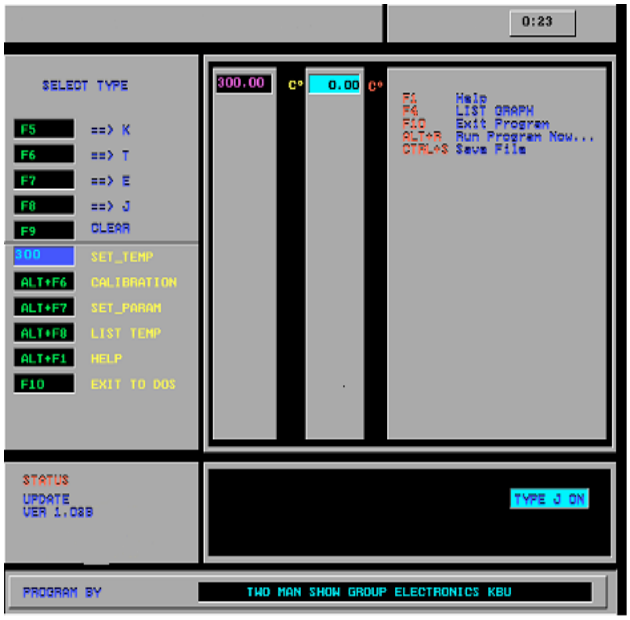
จากรูปที่ 12 มีวิธีการใช้งานการใช้โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิโดยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ดังนี้

4.3.1 กลุ่มของปุ่มช่วง (F4-F10) ร่วมกับ ปุ่มลูกศร ใช้ในการเลือก ชนิดเทอร์โมคัปเปิ้ล, เปลี่ยนอุณหภูมิ, ลบหน้าจอเดิม และ ออกจากโปรแกรม

4.3.2 ALT+F5 ใช้ในการตั้ง อุณหภูมิ

4.3.3 ใส่ค่า อุณหภูมิที่ต้องการควบคุม แล้วกด Enter เมื่อจะยกเลิกคำสั่งให้กด Enter ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ส่วนค่าต่างๆจะแสดงดังรูป

4.3.4 ALT+F6 ใช้ในการตั้งอุณหภูมิแวดล้อม

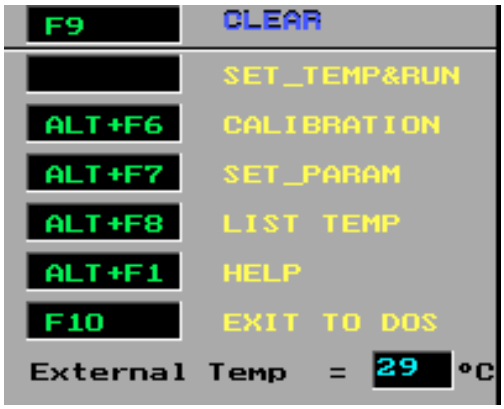


รูปที่ 12 รูปหน้าจอแสดงผลเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

4.3.5 รายงานผลของอุณหภูมิจะเก็บเป็น Text File ไว้ที่ C:\DATA\TEMP.HIS จะมีลักษณะดังนี้จะบอก ชนิดเทอร์โมคัปเปิ้ล วัน เดือน ปี อุณหภูมิที่ตั้งและวัดได้เมื่อเวลา

Selec_type J 2-12-2002 Settemp	255.00°C	19:12:07
Selec_type J 2-12-2002 Settemp	50.00 °C	19:15:30
	Read = 50.00 °C	19:15:31
	Read = 50.00 °C	19:15:36
	Read = 50.00 °C	19:15:40
Selec_type K 2-12-2002	Settemp 255.00°C	19:24:48
Selec_type J 2-12-2002	Settemp 250.00°C	23:35:03
	Read = 250.00 °C	23:35:04

4.3.6 อุณหภูมิแวดล้อม สามารถใส่ได้ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 การใส่อุณหภูมิแวดล้อม

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาอบหัวอ่านฮาร์ดดิสด้วยคอมพิวเตอร์นี้ ทดลองใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลทั้งหมด 2 ชนิดด้วยกัน คือ ชนิด K กับชนิด J ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงชนิด K และ J เมื่อจากผลการทดลองพอจะสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. จากการทดลองจะเห็นว่าค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อย ซึ่งจะดูได้จากตารางการทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งเราจะเปรียบเทียบ อุณหภูมิที่ตั้งได้จากเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมินี้ กับเครื่องมือวัดจริง เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของอุณหภูมิหลายๆจุดที่เวลาต่างกันจะพบว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง ไม่เกิน $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่ายอมรับได้

2. จากทฤษฎีของเทอร์โมคัปเปิ้ล จะพบว่าเมื่อต่อเทอร์โมคัปเปิ้ลเข้ากับวงจร จะมีแรงดันแทรกและอุณหภูมิแทรกเกิดขึ้น ดังรูปที่ 5 ซึ่งเราได้แก้ปัญหาโดยการชดเชยด้วยวิธีการทางซอฟต์แวร์ เมื่ออป้อนค่าอุณหภูมิเข้าสู่คอมพิวเตอร์และจะทำการคำนวณแรงดันชดเชย(Vc) ออกมาเพื่อหักล้างกับค่า Vr จะได้ค่า Vm ที่แท้จริงแล้วจึงเปลี่ยนค่าแรงดันเป็นอุณหภูมิ เพื่อแสดงค่าอีกครั้งหนึ่ง แต่ในกรณีที่เราไม่ได้ป้อนค่าอุณหภูมิแวดล้อมเข้าสู่ คอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมจะเซ็ตอุณหภูมิแวดล้อมในขณะนั้นคือ 25 ºC แต่จะมีข้อเสียก็คือ ถ้านำไปใช้กับอุณหภูมิแวดล้อมเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งไม่ใช่ที่ 25 ºC จะทำให้การวัดอุณหภูมิผิดพลาดมากขึ้น แนวทางแก้ไขก็คือใช้ RTD ในการชดเชยด้วยซ็อฟต์แวร์

3. บทความนี้ ต้องการควบคุมอุณหภูมิอยู่ระหว่าง อุณหภูมิห้องถึง 400 ºC ซึ่งแรงดันที่ได้จาก AD521 อยู่ในช่วง 0 – 4 โวลต์ ดังนั้นวงจรซีโร่ และสแปน จะทำหน้าที่ถ่ายโอนแรงดันให้กับ ชุด ADC อยู่ในช่วง 0 – 10 โวลต์ เพื่อไปประมวลผลแสดงค่าอุณหภูมิ และควบคุมตัวทำความร้อน ต่อไป ซึ่งวงจรซีโร่และสแปน จากการทดลองนี้ ยังมีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาด อยู่อันเนื่องมาจากการปรับแต่ง ไม่เที่ยงตรงจะต้องทำการปรับหลายๆครั้ง

4. การตั้งอุณหภูมิ และการตรวจจับความร้อน การตั้งอุณหภูมิจากโปรแกรม แล้ววัดด้วยเครื่องมือวัด โดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิด K ผลที่ได้เป็นตามตารางที่ 2 จะเห็นว่าค่าที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งเป็นจริงทุกกรณี ยกเว้นกรณีสุดท้าย ที่ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ 360 องศา-เซลเซียส วัดได้จริง 369 องศาเซลเซียส สาเหตุเนื่องจากเทอร์โมคัปเปิ้ลตัวตั้ง และตัววัดอยู่ห่างจาก ตัวทำความร้อนไม่เท่ากัน สามารถแก้ไขได้โดยนำมาติดตั้งให้ระยะห่างเท่าๆกัน ปัญหาอีกอย่างหนึ่งก็คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นไปถึงจุดที่ตั้งเอาไว้ โปรแกรมก็จะสั่งตัดแรงดันเข้าตัวทำความร้อน และ อุณหภูมิก็ยังจะสูงขึ้นไปอีกเนื่องจากปรากฏการโอเวอร์ฮีต เนื่องจากการทดลองนี้ออกแบบเป็นแบบ ภาชนะปิด ครอบตัวทำความร้อน

5. จากการทดลองของ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล มีสัญญาณรบกวนจากภายนอก และภายในวงจรเอง สามารถแก้ปัญหานี้ โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันจาก คอมพิวเตอร์แยกกราวด์อนาลอก และดิจิตออกจากกันและใส่คับปลิ้งคาปาซิเตอร์ เพิ่มเข้ามา เพื่อลดสัญญาณรบกวนลง

จากการทดลองของบทความนี้ประสบผลสำเร็จ สามารถนำไปใช้งานได้จริง เมื่อจะนำไปใช้กับงานที่มีความละเอียด เที่ยงตรงสูง ๆ ควรปรับแต่งส่วนต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภทต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] ธานินทร์ ถาวรเศษสนวงศ์ ,ทินกร ดุก :การอินเตอร์เฟส IBM/PC กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์ 2532.

[2] มงคล ทองสารคราม. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง กรุงเทพฯ : บริษัท วิจีปริ้นติ้ง จำกัด 2536

[3] J.Michael Jacop , Industrial Control Electronics,Englewood Cliffs,NJ:Prentice-Hall,1989.

[4] Avter Sing, and Walter A, Triebel, The 8086 and 80286 Microprocessor ,Englewood Cliffs,NJ:Prentice-Hall,1990.

[5] Willis J. Tompkins, and John Gwebster ,P. Interfacing Sensor to the IBM/PC USA.:Anaheim Publishing Company , 1987..