
บทความวิจัย

การประยุกต์ใช้เซรามิกส์แบบเอ็นทีซีสำหรับหัววัดและควบคุม
อุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าโดยใช้ระบบการวัดที่ใช้visualเบสิก
เป็นฐาน

**NTC Ceramic Application for Temperature Measurement and Control
Using the Visual Basic-based Measurement System**

ธงชัย พันธุ์เมธาสุทธิ

วทม. (โซลิดสเตตฟิสิกส์)

Thongchai Panmatarith

MSc. (Solid state physics)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

Department of physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University

สุดารัตน์ อินทร์น้อย

นักศึกษาระดับปริญญาโท (ฟิสิกส์)

Sudarat Innoi

Physics Student : Master Degree

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

Department of physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University

คำสำคัญ : หัววัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิ วิชาเบสิก เซรามิกส์เอ็นทีซี $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$

Keyword : temperature sensor, temperatre measurement and control sensor, Visual Basic. NTC ceramics $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมสาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ จากวัสดุตั้งต้นที่เป็นผงโดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน วัดสมบัติเอ็นทีซีและได้แสดงการประยุกต์ใช้งานของสาร ได้สร้างเครื่องมือสำหรับการทดสอบสารที่ประกอบด้วยวงจรเชื่อมต่อ (ADC0809 และ 74LS244), การ์ด ET-PCI8255V3 และ วิวอลเบสิก สาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ มีค่าความต้านทาน $18.5 \text{ k } \Omega$ ที่อุณหภูมิห้อง สาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ เป็นเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีที่มีความต้านทานลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วง 31 ถึง 90°C ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (α) ของสารที่คำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลจากการวัดมีค่า $-0.946 \text{ } \%/^\circ\text{C}$ ผลการทดลองพบว่าสาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิได้ การวัดอุณหภูมิจะอาศัยผลของปรากฏการณ์เอ็นทีซีและสมการความสัมพันธ์ $T = -66.646V_s^2 + 518.01V_s - 912.52$ ได้สร้างและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าโดยใช้สาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิและวิวอลเบสิกเป็นโปรแกรมควบคุมเป็นผลสำเร็จ ระบบที่ได้สร้างขึ้นนี้จะนำไปใช้สำหรับการทดสอบวัสดุในเรื่องอื่นๆในช่วงอุณหภูมิ $31^\circ\text{C} - 94^\circ\text{C}$ ต่อไป

Abstract

This project involved sample preparation of $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ from starting material in powder form using standard ceramics techniques. NTC properties of the samples were measured and application of the samples were demonstrated. Instruments for sample testing were constructed and composed of interfacing circuit (ADC0809 and 74LS244), ET-PCI8255V3 Card and Visual Basic. The resistance of $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ sample was $18.5 \text{ k } \Omega$ at room temperature. $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ was NTC ceramics that resistance decreased as increasing temperature in the interval of $31^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C}$. This sample showed NTC properties. The negative temperature coefficient of resistance (α) of this samples that calculated by measuring data was $-0.946 \text{ } \%/^\circ\text{C}$. The result showed that $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ can be used as temperature sensor. Temperature was measured by using the NTC effect and the relation of $T = -66.646V_s^2 + 518.01V_s - 912.52$. Oven temperature control system was successfully constructed and tested with $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ temperature sensor and Visual Basic Program. This system will be further used for other topics of material testing in the temperature range of $31^\circ\text{C} - 94^\circ\text{C}$

คำนำ

F. A. S. Soliman (1993) ได้ศึกษาเทอร์มิสเตอร์ในทางการค้าซึ่งเตรียมมาจากส่วนผสมของ NiO , Mn_2O_3 และ Co_2O_3 แล้ววัดความต้านทานของสารที่อุณหภูมิต่างๆ M. L. Martinez Sarrion (1995) ได้เตรียม $\text{Fe}_{2.18}\text{Mn}_{0.21}\text{Ni}_{0.61}\text{O}_4$ ซึ่งเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC (negative temperature coefficient) สารสูตรนี้อยู่ในกลุ่ม

เฟอร์ไรต์ วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ส่วนผสมต่างๆ ศึกษาเสถียรภาพทางไฟฟ้า (electrical stability) โดยการวัดการแปรค่าความต้านทานกับเวลา มีผู้เตรียมสารประกอบจากระบบเทอร์นารี $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-Mn}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ ทดสอบคุณสมบัติเอ็นทีซี (NTC property test) โดยการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ความต้านทานที่อุณหภูมิห้องมีค่าหลายร้อยโอห์ม ความต้านทานที่ 1000°C

มีค่าหลายโอห์ม สารที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นตัวต้านทาน เซรามิกส์แบบเอ็นทีซีและสามารถประยุกต์ใช้ที่อุณหภูมิสูงในย่านอุณหภูมิของบริเวณที่อยู่รอบๆถึง 1000 °C (David Houivet, 2004) Miclea, C. (2005) ได้เตรียม $Cu_{1-x}Zn_xTi_yFe_{2-y}O_4$, $0.5 \leq x \leq 0.6$, $0.00 \leq y \leq 0.05$ วัดสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็กที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (χ_m vs T) ประยุกต์ใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิโดยอาศัยแม่เหล็กและเทอร์โมสตัท (thermostat) หรืออุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature control device) Sangsoo Noh (2006) ได้เตรียมฟิล์มบาง NiO วัดสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (ρ vs T) วัดสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (TCR) ด้วยสูตร $TCR = (\Delta R/R_0) \Delta T$ วัดเสถียรภาพของความต้านทานยาวนาน (long-term resistance stability) นำหัววัดนี้ไปใช้งานเป็นหัววัดการไหล (flow sensor)

Reznikov ได้ศึกษาการควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้ในเตาไฟฟ้าสำหรับการเผาไหม้ถ่านหิน ในห้องปฏิบัติการที่ใช้เครื่องควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ (Reznikov, 1997) ความแม่นยำ 10.5% ทำได้โดยใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิที่โปรแกรมได้ซึ่งใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นฐาน (microprocessor-based programmable temperature controller) สำหรับเตาไฟฟ้า (electric furnace) สำหรับการเผาไหม้ถ่านหิน (laboratory coking) มันสามารถถูกโปรแกรม (program) สำหรับวงจรรอบ (cycle) ที่ใช้เวลา 259 นาที มันควบคุมอุณหภูมิทั้งที่ผนัง (wall) และภายใน (inside)

Stankovic ได้ศึกษาระบบการวัดที่ควบคุมได้ด้วยคอมพิวเตอร์เอนกประสงค์สำหรับลักษณะสมบัติแรงดัน-กระแสของหัววัดความต้านทานจำนวนมาก (Stankovic, 1994) ได้บรรยายระบบการวัดที่ควบคุมได้ด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างลักษณะสมบัติของแรงดันสถิตที่ขึ้นกับกระแส (V-I) ของหัววัดความต้านทานจำนวนมาก สามารถคำนวณค่าคงที่การสูญเสีย (dissipation constant) ของหัววัดโดยอาศัยข้อมูลที่วัดได้ ได้ทำการทดลองโดยใช้ซอฟต์แวร์ที่ใช้ทดลองโดยใช้หัววัดความต้านทานหลายแบบที่มีลักษณะสมบัติ V-I

ที่ควบคุมได้ด้วยกระแสไฟฟ้า ได้ดำเนินการทดลองโดยใช้เทอร์มิสเตอร์ที่มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบ [negative temperature coefficient (NTC) หัววัดอัตราเร็วลมที่ทำมาจากลวดโลหะและฟิล์มโลหะ (metal wire and metal film anemometer sensor) และหัววัดอุณหภูมิซิลิกอนที่มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นบวก [positive temperature coefficient (PTC) silicon temperature sensor] ระบบที่ควบคุมได้ด้วยคอมพิวเตอร์สร้างความเป็นไปได้เกี่ยวกับการสร้างที่แม่นยำของลักษณะสมบัติ V-I สถิต (static V-I characteristics) ในการทดลองช่วงสั้น โดยปราศจากความจำเป็นที่จะต้องทราบค่าคงที่เวลาของหัววัด (sensor time constant) ความเสียหายสุดท้าย ที่มีต่อหัววัดในระหว่างการทดสอบซึ่งเกิดขึ้นบ่อยในการวัดที่ควบคุมด้วยมือ (manually controlled measurement) สามารถป้องกันได้ด้วยซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม (appropriate software) เมื่อพิจารณาโดยการศึกษาลักษณะสมบัติ V-I ของหัววัดอุณหภูมิซิลิกอนแบบ PTC (PTC silicon temperature sensor) ที่อัตราเร็วของอากาศ (air speed) ต่างๆได้แสดงว่าหัววัดเหล่านี้มีความเหมาะสมมากสำหรับการวัดอัตราเร็วของอากาศซึ่งมีความไวสูง มีความแข็งแรง และการตอบสนองต่อเวลาช้า (slow time response)

Rakovszky ได้ศึกษาระบบเอนเนอเรเตอร์ที่ไม่มีไมโครคอมพิวเตอร์เป็นฐาน (Microcomputer-based generator control systems) (Rakovszky, 1998) ได้พัฒนาระบบการกระตุ้นที่ควบคุมได้ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์แบบใหม่ (new microcomputer controlled excitation system) สำหรับเอนเนอเรเตอร์แบบซิงโครนัสต้นกำลัง (power plant synchronous generator) รายละเอียดได้กล่าวเกี่ยวกับลักษณะสมบัติที่เป็นหลักของระบบการกระตุ้น (excitation system) ซึ่งประกอบด้วยโครงร่างของระบบ (system configuration) ฟังก์ชันควบคุมและโครงสร้าง (control function and structure) ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ (microcomputer system) เครื่องมือเชื่อมต่อกับเครื่องจักรระดับสูงและวินิจฉัย (high-level man-machine interface and diagnostic tool) ได้แสดงประสิทธิภาพ

ภาคสนามซึ่งมีความน่าสนใจต่อฟังก์ชันที่เสถียรของระบบกำลัง (power system stabiliser function)

สาร ZnFe_2O_4 ที่เตรียมมาจากส่วนผสมของ $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ มีโครงสร้างผลึกแบบสปินเนล (spinel structure) แสดงสมบัติแม่เหล็กแอนติเฟอร์โร (antiferromagnetic property) ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเนล (Néel temperature) ประมาณ 10.5 K และแสดงสมบัติแม่เหล็กพารา (paramagnetic property) ที่อุณหภูมิห้อง (Yüksel Kseoglu, 2008) ยังไม่มีผู้ศึกษาโดยการประยุกต์ใช้สาร ZnFe_2O_4 ให้เป็นหัววัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้า

บทความนี้เกี่ยวข้องกับประยุกต์ใช้เซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิและการสร้างเครื่องมือทดสอบวัสดุ ได้แก่ การจัดเตรียมระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบโดยใช้สารที่เตรียมมาจากส่วนผสมของ $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิ (25-100 °C)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารตัวอย่าง $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$

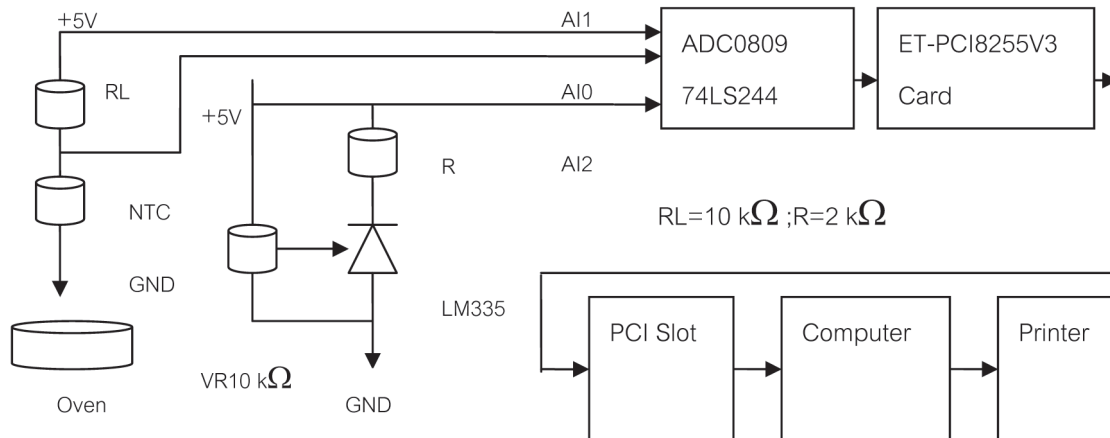
เตรียมก่อนสารรูปงานที่มีสูตรของส่วนผสม $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ โดยวิธีเทคนิคเซรามิกส์มาตรฐาน (standard ceramic techniques) ผงที่ใช้เตรียม คือ ZnO และ Fe_2O_3 ที่มีความบริสุทธิ์ 99 % คำนวณน้ำหนักจากสูตรข้างบนซึ่งผง ZnO และ Fe_2O_3 ด้วยเครื่อง ชั่งผสมสารด้วยกรังนำผงของสารใส่กระป๋องพลาสติก หมุนผสมสารด้วยเครื่องหมุน หยดโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ผสมน้ำกลั่นนำผงของสารใส่เบ้าอัด นำเบ้าอัดติดตั้งที่เครื่องอัดสาร (RIIK 25 tons) อัดเป็นก้อน วางไว้วันหนึ่งแล้วนำก้อนสารวางในเตาหลอม (furnace) ที่ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (FCR-13A-R/M) และใช้เทอร์โมคอปเปิลชนิด R เสาที่ 1100 °C ตามลำดับ ใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 °C/min และอุณหภูมิเย็นไฟ 1 h

การวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$

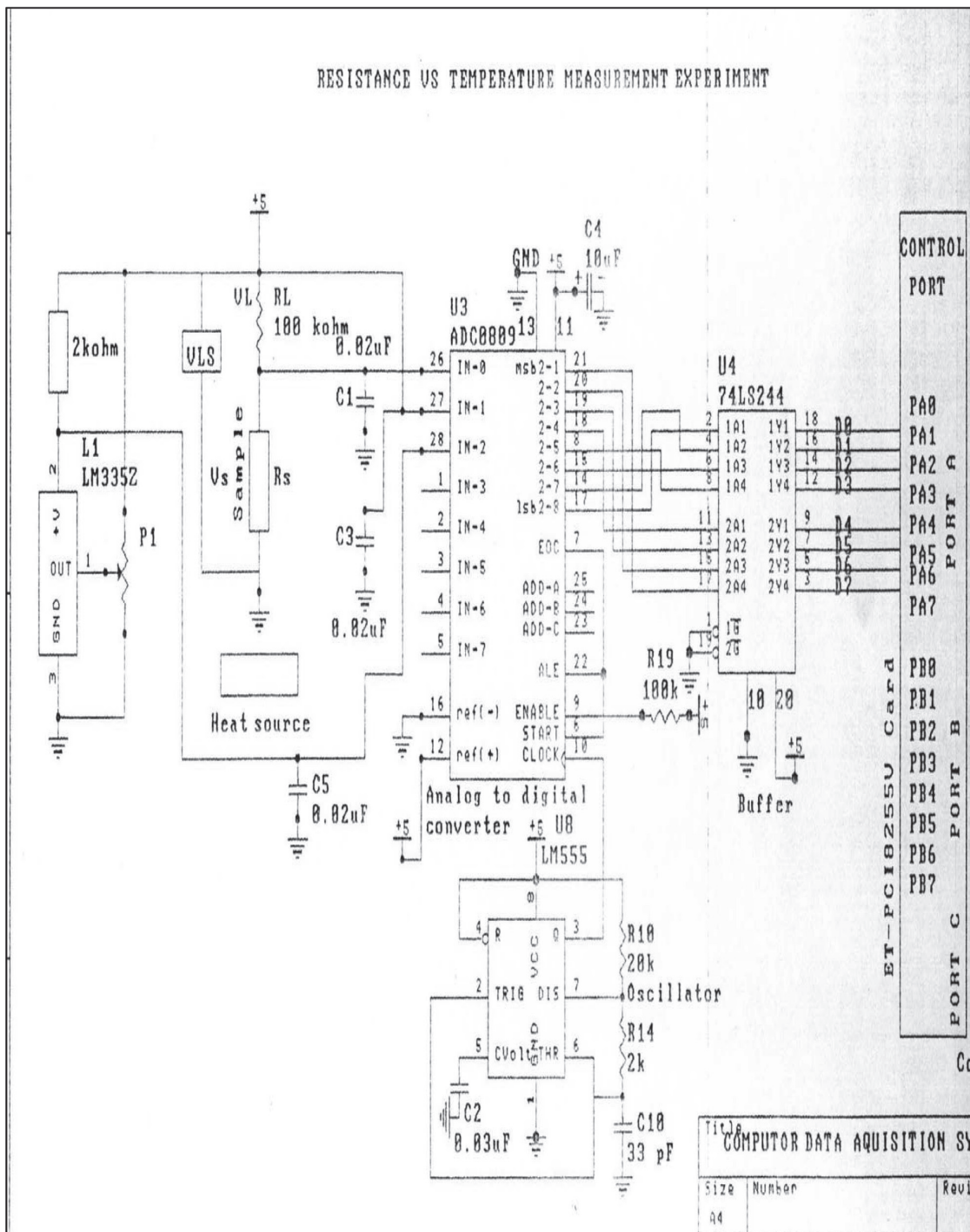
จัดแผนผังบล็อกและวงจรสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 1 และ 2 สร้าง Form สำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 3 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างที่ใช้ทดลองคือ $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 V ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด (RL) 10 k Ω และสารตัวอย่างที่มีความต้านทาน R_s ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 0 (I0) ใช้คำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อกำหนดให้ V_s เข้าทางอินพุต 1 (I1) แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_s และ R_s+RL มีค่า V_s และ V_Ls ตามลำดับ และจะเข้าไปที่ analog input 0 (I0) และ analog input 1 (I1) ของ ADC0809 ตามลำดับ เพื่อแปลงแรงดันอนาล็อก (AV) เป็นแรงดันดิจิทัล (DV) V_s และ V_Ls จะผ่าน 74LS244 ผ่านการ์ด ET-PCI8255V3 และ PCI Slot เข้าไปในคอมพิวเตอร์ $V_s = \text{Inp}(\&H14C0)$ เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแผงวงจรเชื่อมต่อเข้าไปในคอมพิวเตอร์ inpout32.dll เป็นไฟล์ที่ควบคุมให้โปรแกรมวิซลเบสิกทำคำสั่ง Input และ Output ได้ คอมพิวเตอร์จะคำนวณ $V_L=V_Ls-V_s$ คำนวณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยสูตร $I_L=V_L/RL$ ให้กระแสไฟฟ้าสาร (I_s) = I_L คำนวณความต้านทานของสารตัวอย่างด้วยสูตร $R=V_s/I_s$ แสดงความต้านทาน (R) บนจอด้วย LabelR.Caption = R ให้สารรับความร้อนจากเตาไฟฟ้า LM335 จะวัดอุณหภูมิของสารตัวอย่างโดยการแปลงความร้อนเป็นแรงดันเทอร์โมอิเล็กทริก VT ให้แปลงแรงดัน VT ให้เป็นอุณหภูมิ T โดยใช้สูตร $T=(VT-2.73)/(0.01)$ แสดงค่าความต้านทาน (T) บนจอด้วย

LabelT.Caption = T กำหนดพิกัด $x = (510 / 100) * T$ และ $y = 255 - (255 / 25) * R$ สำหรับแสดงกราฟ R vs. T บนจอ ด้วยคำสั่ง Picture1.PSet (10 * x, 10 * y), vbBlack หน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรมด้วยคำสั่ง Call Delay คำสั่ง For...Next Loop จะควบคุมการทำงานซ้ำๆ กันของโปรแกรม สั่ง Run โปรแกรม เพื่อแสดงกราฟของ

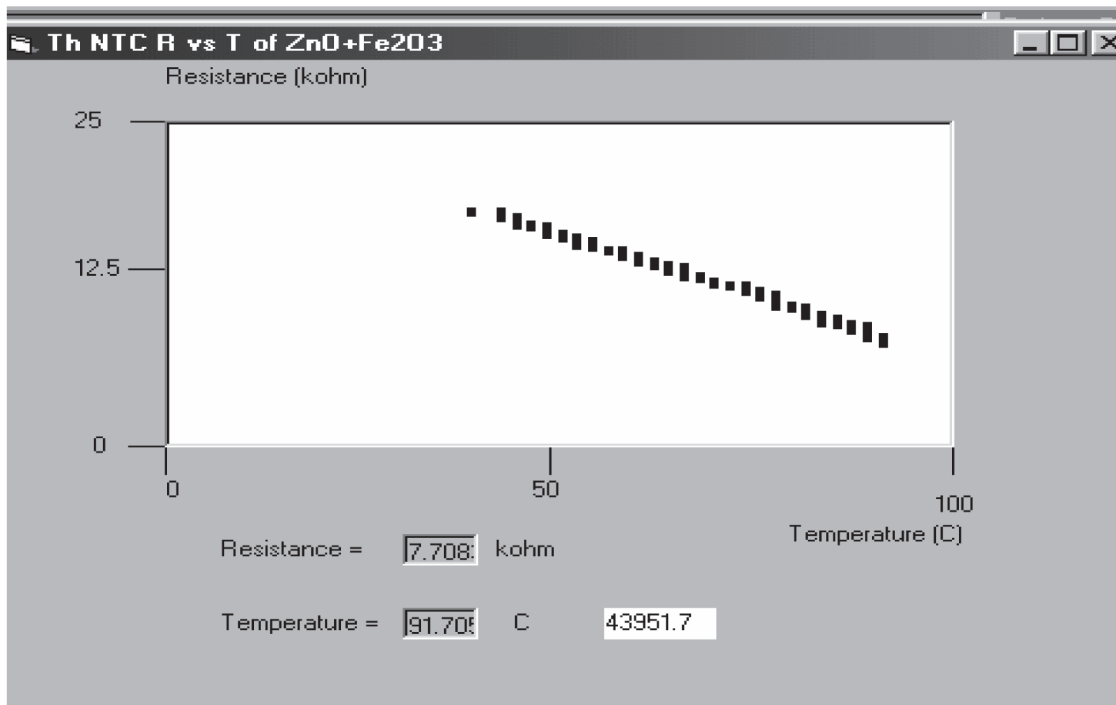
แสดง R vs. T บนจอคอมพิวเตอร์ ใช้คำสั่ง Print Screen เพื่อนำภาพของกราฟไปใช้บน working area ของ Microsoft word สั่งพิมพ์ กราฟนี้ ด้วย Printer จำนวน สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบโดยอาศัยเส้นกราฟในรูปที่ 2.1.2 และใช้สูตร $\alpha = (1/R1) (R2-R1)/(T2-T1) \times 100$



รูปที่ 1 แผนผังบล็อกสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ด้วย Visual Basic



รูปที่ 2 วงจรสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ด้วย Visual Basic



รูปที่ 3 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ด้วย Visual Basic

Code

```
'NTC thermistor Test of ZnO+Fe2O3
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll"
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As
Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias
"Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal
Value As Integer)

Private Sub Form_Load()
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
    Out &H14CC, &H90
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
    Picture1.Cls
    For i = 20 To 12500 Step 50
        Out &H14C4, &H0 'Io
        Call delay
        Vs = Inp(&H14C0)
        Out &H14C4, &H1 'I1
        Call delay
        VLs = Inp(&H14C0)
        VL = VLs - Vs
        RL = 10 'kohm
        IL = VL / RL 'mA
        R = Vs / IL 'kohm
        LabelR.Caption = R
```

```

Out &H14C4, &H2 'I2
Call delay
V = Inp(&H14C0)
VT = (5 / 255) * V
T = (VT - 2.73) / (0.01)
LabelT.Caption = T
x = (510 / 100) * T
y = 255 - (255 / 25) * R
Picture1.PSet (10 * x, 10 * y),
vbBlack

Call delay
Next i
End Sub

Sub delay()
For i = 1 To 700
DoEvents
Label8.Caption = Timer
Next i
End Sub

```

การประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดอุณหภูมิ

ดัดแปลง Form และ Code ของรูปที่ 3 ให้แสดงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารตัวอย่าง (V_s) ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ T และแสดงข้อมูล V_s และ T บนจอ ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์ (T_{true}) กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V_s) ของสาร $ZnO+Fe_2O_3$ แสดงดังรูปที่ 4 สั่ง Run โปรแกรม เขียนกราฟ $T=f(V_s)$ และแสดงสมการด้วย EXCEL สมการที่ได้ คือ $T = -66.646V_s^2 + 518.01V_s - 912.52$ จัดเครื่องมือสำหรับการวัดเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิจริงที่อ่านได้จาก LM335 (T_{true}) และอุณหภูมิที่วัดได้เมื่อใช้สารตัวอย่าง $ZnO+Fe_2O_3$ เป็นหัววัด ($T_{measure}$) (รูป 1) สร้าง Form สำหรับการวัดอุณหภูมิที่หัววัดอุณหภูมิ LM335 อ่านได้ (T_{true}) กับอุณหภูมิที่คอมพิวเตอร์อ่านได้โดยใช้สาร $ZnO+Fe_2O_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิ ($T_{measure}$) (รูปที่ 5) สั่ง Run ให้คอมพิวเตอร์แสดง T_{true} และ $T_{measure}$ อ่านอุณหภูมิที่หัววัดอุณหภูมิ LM335 อ่านได้ (T_{true}) กับอุณหภูมิที่คอมพิวเตอร์อ่านได้แล้วเขียนกราฟด้วย EXCEL สั่งพิมพ์ Form และ Code ด้วย Printer

รูปที่ 5 สร้าง Form สำหรับการวัดอุณหภูมิที่หัววัดอุณหภูมิ LM335 อ่านได้ (T_{true}) กับอุณหภูมิที่คอมพิวเตอร์ อ่านได้โดยใช้สาร $ZnO+Fe_2O_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิ ($T_{measure}$) ด้วย Visual Basic

Code

```
' measurement for Ttrue and Tmeasure
Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll"
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As
Integer
Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias
"Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal
Value As Integer)

Private Sub Form_Load()
    Out &H14CC, &H90
End Sub

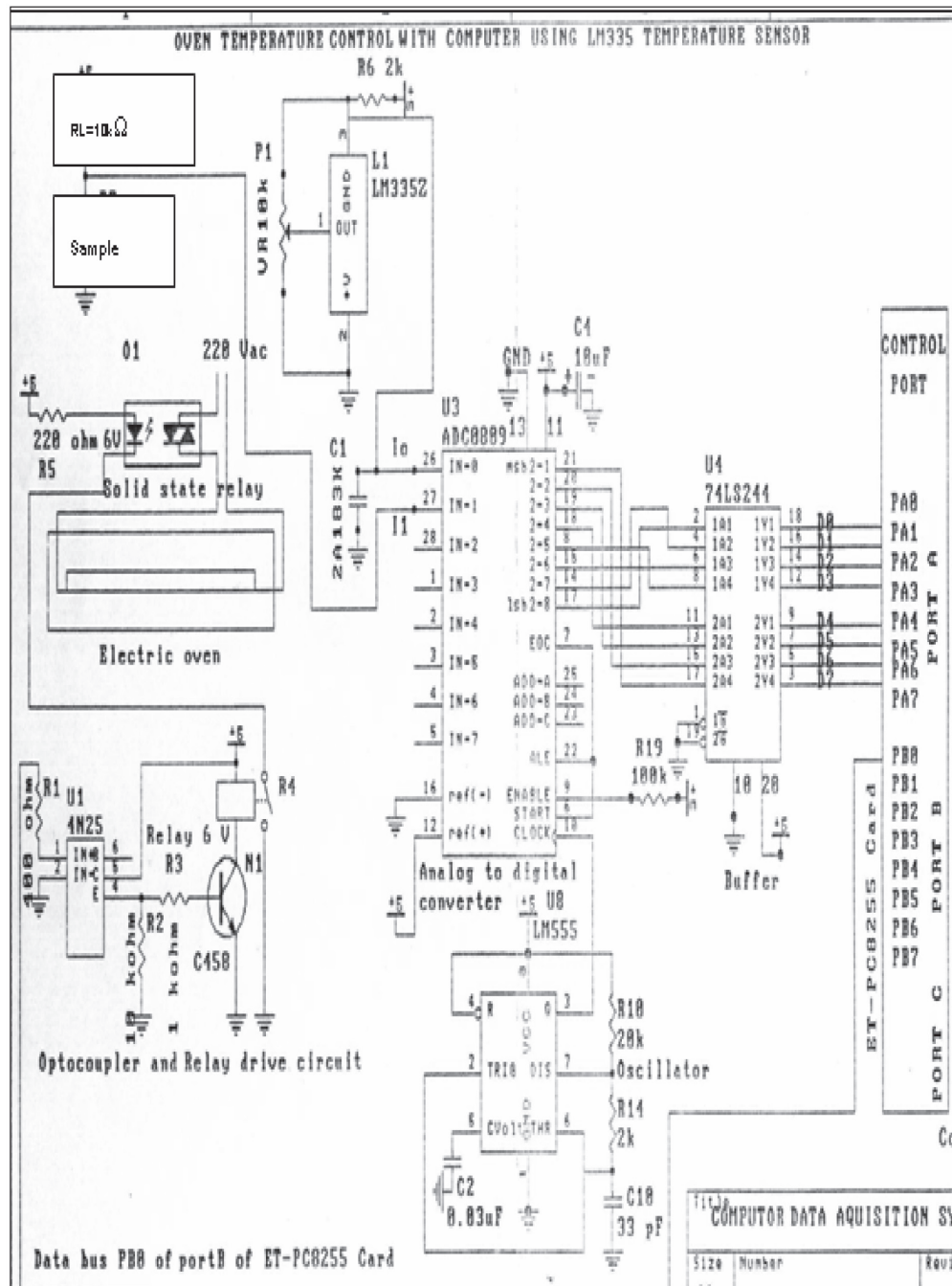
Private Sub Timer1_Timer()
    For i = 1 To 25500
        Out &H14C4, &H0          'I0
        Call delay
        V = Inp(&H14C0)
        Vs = V * (5 / 255)
        Label1Vs.Caption = Vs
        Out &H14C4, &H1          'I1
        Call delay

        V = Inp(&H14C0)
        VT = (5 / 255) * V
        Ttrue = (VT - 273) / 0.01
        Label1Ttrue.Caption = Ttrue
        Tmeasure = T = -66.646 * Vs * Vs + 518.01 Vs - 912.52
        Label1Tmeasure.Caption = Tmeasure
        Call delay
    Next i
End Sub
```

```
Sub delay()
    For i = 1 To 700
        DoEvents
    Next i
End Sub
```

การสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้า

จัดวงจรสำหรับการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7 สร้าง Form สำหรับการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 8 แล้วเขียน Code และกำหนด Properties Window เพื่อควบคุมการทดลอง สารตัวอย่างคือ $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ นำ $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ยึดด้วยขาค้างและอยู่เหนือเตาอบเล็กน้อย (~ 0.3 cm) เพื่ออ่านอุณหภูมิของเตาอบ กระแสไฟฟ้าจากขั้ว 5 V ของการ์ดจะไหลผ่านสารโหลดที่มีความต้านทาน RL และสาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ที่มีคามต้านทาน Rs มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสารเท่ากับ V แรงดัน V จะมาเข้าที่ Io (ขา 26) ของ ADC0809 เพื่อแปลงแรงดัน AV เป็น DV ส่ง ผ่านบัฟเฟอร์ (buffer) 74LS244 ผ่านพอร์ต A ของ ET- PCI8255V3 Card และผ่าน PCI Slot เข้าคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า V ด้วยคำสั่ง $V=\text{Inp}(\&\text{H14C0})$ แปลง V เป็น Vs ด้วยคำสั่ง $V_s=(5/255)*V$ เมื่อ V เป็นแรงดันไฟฟ้าที่เป็นเลขฐานสองและ Vs เป็นแรงดันไฟฟ้าที่เป็นเลขฐานสิบ ใช้คำสั่ง $T = -66.646 * V_s * V_s + 518.01 * V_s - 912.52$ เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้า Vs ให้เป็นอุณหภูมิ T แสดงอุณหภูมิ T บนจอด้วยคำสั่ง $\text{LabelT.Caption} = T$ แสดงกราฟของอุณหภูมิ T ที่ขึ้นกับเวลา t บนจอด้วยคำสั่ง $\text{Picture1.Pset}(x,10^*y), \text{vbBlue}$



รูปที่ 6 วงจรสำหรับการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นด้วย Visual Basic

วงรอบการทำงานมี 2 กรณี ดังนี้

1) วงรอบการทำงานกรณีที่ $T < 70^{\circ}\text{C}$ จะมีการส่ง 1 ออกทางพอร์ต B ของ 8255 ด้วยคำสั่ง Out &H14C4, &H1 เพื่อให้แรงดันไฟฟ้า 5 V มาเข้าที่วงจรขั้วรีเลย์ เพื่อควบคุมการเปิดสวิตช์ รีเลย์มีอำนาจแม่เหล็กดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ขั้ว 3 และ 4 จะควบคุมการให้แรงดันไฟฟ้าที่เข้าที่อินพุตของโซลิดสเตตรีเลย์ เอาท์พุทของโซลิดสเตตรีเลย์จะควบคุมให้ไฟฟ้า 220 V มาเข้าที่เตาอบไฟฟ้า เตาอบจะร้อนขึ้น อุณหภูมิ T ของเตาอบจะเพิ่มขึ้น

2) วงรอบการทำงานกรณีที่ $T > 70^{\circ}\text{C}$ จะมีการส่ง 0 ออกทางพอร์ต B ของ 8255 ด้วยคำสั่ง Out &H14C4, &H0 เพื่อให้แรงดันไฟฟ้า 0 V มาเข้าที่วงจรขั้วรีเลย์ เพื่อควบคุมการปิดสวิตช์ รีเลย์ไม่มีอำนาจแม่เหล็กดึงดูดให้สวิตช์ขั้ว 3 ไม่ต่อกับขั้ว 4 สวิตช์ขั้ว 3 และ 4 จะควบคุมการตัดแรงดันไฟฟ้าที่เข้าที่อินพุตของโซลิดสเตตรีเลย์ เอาท์พุทของโซลิดสเตตรีเลย์จะควบคุมไม่ให้ไฟฟ้า 220 V มาเข้าที่เตาอบไฟฟ้า เตาอบจะเย็นลง อุณหภูมิ T ที่เข้าที่เตาอบจะลดลง

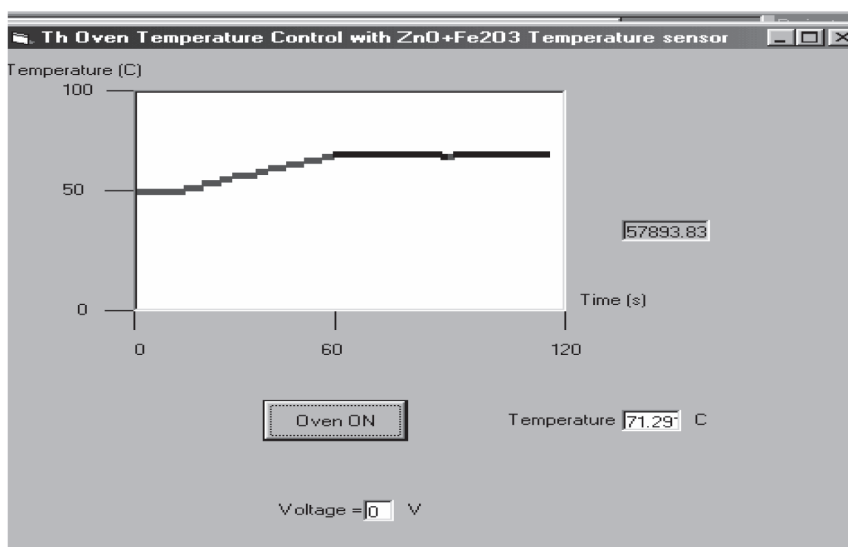
การทำงานของโปรแกรมจะวนซ้ำไปมาด้วยคำสั่ง For..Next ซึ่งจะทำงานโดยการให้ไฟฟ้ามาเข้าที่เตาอบ ถ้าอุณหภูมิของเตาอบต่ำกว่าที่ตั้งไว้และจะไม่ให้ไฟฟ้ามาเข้าที่เตาอบถ้าอุณหภูมิของเตาอบสูงถึงที่ตั้งไว้ อุณหภูมิที่ตั้งไว้ในโปรแกรม คือ 70°C การทำงานแบบนี้จะเป็นการวัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้า การที่จะให้เตาอบร้อนเร็วและเย็นเร็วทำได้โดยการหน่วงเวลาด้วยคำสั่ง Call delay การทดลองสามารถตั้งอุณหภูมิของเตาอบที่ต้องการควบคุมเป็นเท่าใดก็ได้ที่อยู่ในช่วง 32 ถึง 94°C โดยการพิมพ์ที่ตรงตำแหน่ง “70 °C” ซึ่งแสดงด้วยคำสั่งข้างล่างนี้

If $T < 70$ Then ‘setting temperature = 70°C

‘switch 3-4 is opened

If $T > 70$ Then Out &H14C4, &H0 ‘switch 3-4 is closed

ดังนั้นคอมพิวเตอร์ก็สามารถวัดและควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าโดยใช้สาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิได้



รูปที่ 7 Form และภาพบนจอคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นด้วย Visual Basic

Code

```
'Oven Temperature Control with ZnO+Fe2O3
Private Declare Function Inp Lib "inout32.dll"
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As
Integer
Private Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias
"Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal
Value As Integer)

Private Sub Form_Load()
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
    Timer1.Enabled = False    'time OFF
    Out &H14CC, &H90
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    Timer1.Enabled = True    'time ON
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    Picture1.Cls
    For i = 20 To 3500 Step 50
        If T < 70 Then 'setting temperature = 70 °C
            Out &H14C4, &H1    'switch 3-4 is opened
            labelVoltage.Caption = 5    'V
            Call delay
            V = Inp(&H14C0)    'voltage from sample
            Vs = (5 / 255) * V
            T = -66.646 * Vs * Vs + 518.01 * Vs - 912.52
            x = i
            y = 255 - (255 / 100) * T
            Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlue
            LabelT.Caption = T
        Else
```

```
Beep
    End If
    If T > 70 Then
        Out &H14C4, &H0    'switch 3-4 is closed
        labelVoltage.Caption = 0    'V
        Call delay
        V = Inp(&H14C0)
        Vs = (5 / 255) * V
        T = -66.646 * Vs * Vs + 518.01 * Vs - 912.52
        x = i
        y = 255 - (255 / 100) * T
        Picture1.PSet (x, 10 * y), vbBlack
        LabelT.Caption = T
    Else
        Beep
    End If
    Next i
End Sub
Sub delay()
    For i = 1 To 16800    '120s
        DoEvents
        Label8.Caption = Timer
    Next i
```

ผลและวิเคราะห์ผล

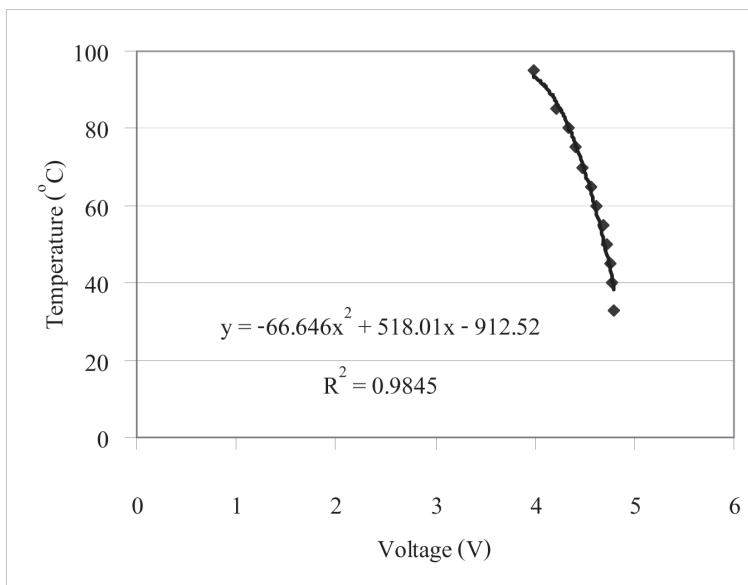
1) หัววัดอุณหภูมิ

ผลการจัดแผนผังบล็อกและวงจรสำหรับการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี ZnO+Fe₂O₃ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 1 และ 2 ผลการวัดความต้านทานที่ขึ้นกับอุณหภูมิของเซรามิกส์แบบเอ็นทีซี ZnO+Fe₂O₃ ด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 3 ความต้านทานของสารนี้ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามเวลา สาร ZnO+Fe₂O₃ มีค่าความต้านทาน 18.5 k ที่อุณหภูมิห้อง สาร ZnO+Fe₂O₃ เป็นเซรามิกส์แบบเอ็นทีซีที่มีความต้านทานลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วง 31 ถึง

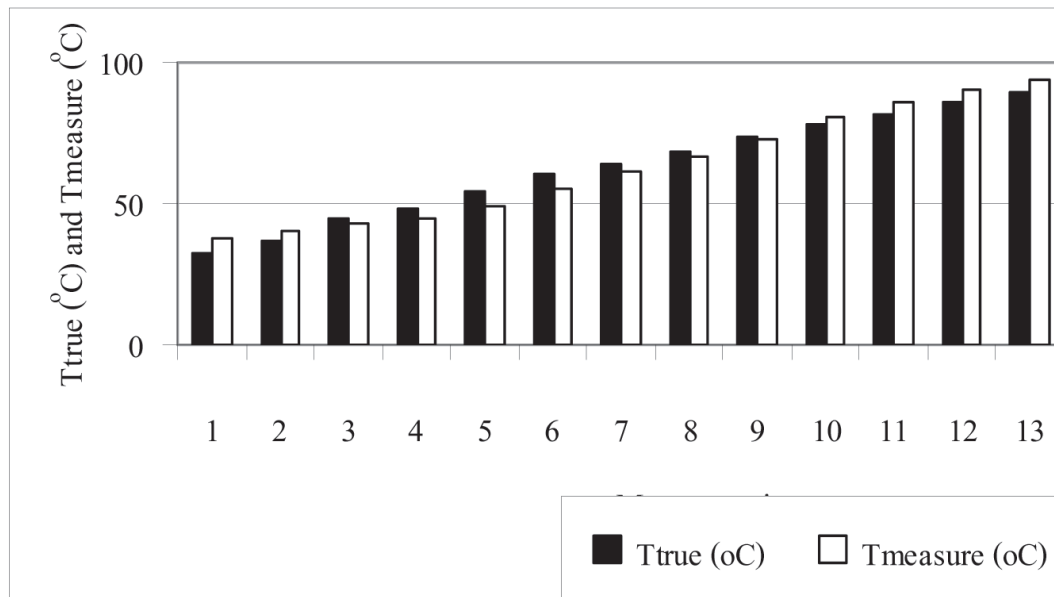
90 °C สารนี้แสดงสมบัติเอ็นทีซี จากกราฟผลการทดลอง จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานของสารจะลดลง ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานที่เป็นลบ (α) ที่คำนวณได้ของ $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ มีค่า $-0.946 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้รับรายงานโดย Moulson ซึ่งมีค่า -1 ถึง $-7 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ พบว่าสาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ อยู่ในกลุ่มเทอร์มิสเตอร์แบบเอ็นทีซี (Moulson, 1990) อุณหภูมิที่วัดได้จากคอมพิวเตอร์ (True) กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสาร (V_s) ของสาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ (รูปที่ 4) ใช้สำหรับการเปรียบเทียบเพื่อให้สารทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิ สมการความสัมพันธ์ที่ได้ คือ $T = -66.646V_s^2 + 518.01V_s - 912.52$ ผลการวัดอุณหภูมิที่หัววัดอุณหภูมิ LM335 อ่านได้ (True) กับอุณหภูมิที่คอมพิวเตอร์อ่านได้โดยใช้สาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิ (Tmeasure) ในช่วง 32 ถึง 94 °C (รูปที่ 5) พบว่ามีค่าใกล้เคียงโดยมีความแตกต่างกับเพียง 3.52 °C ดังนั้นสารจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำเป็นหัววัดอุณหภูมิสำหรับใช้งานทั่วไป

2) ระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้า

ผลการจัดวงจรสำหรับการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นด้วย Visual Basic แสดงดังรูปที่ 7 ผลการประยุกต์ใช้สาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิในเตาอบไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 8 สารนี้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยอาศัยผลของปรากฏการณ์เอ็นทีซี วงจรขับรีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ โซลิดสเตตรีเลย์จะควบคุมการจ่ายไฟฟ้าเข้าเตาอบไฟฟ้า การควบคุมอุณหภูมิจะอาศัยหลักการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิที่ได้ตั้งไว้ในโปรแกรมกับอุณหภูมิที่สาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ อ่านได้ การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าที่จะใช้ ET-PCI8255V3 Card และ Visual Basic โดยมีสาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ เป็นหัววัดอุณหภูมิ



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ LM335 อ่านได้ (True) กับแรงดัน(Voltage) ที่ปรากฏที่สาร



รูปที่ 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Ttrue ที่ LM335 อ่านได้ Tmeasure ที่สาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ อ่านได้

สรุป

- 1) สาร $\text{ZnO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ มีค่าความต้านทาน $18.5\text{ k}\Omega$ แสดงสมบัติเอ็นทีซี ได้ทำการทดลองพบว่าสารนี้ทำหน้าที่เป็นหัววัดอุณหภูมิได้
- 2) ได้สร้างและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิเป็นหัววัดอุณหภูมิเป็นผลสำเร็จ
- 3) ได้ควบคุมการทดลองทั้งหมดด้วย Visual Basic และ ET-PCI8255V3 Card
- 4) ระบบที่ได้สร้างขึ้นนี้จะนำไปใช้สำหรับการทดสอบวัสดุในเรื่องอื่นๆ ใช้งานในปฏิบัติการฟิสิกส์และในทางอุตสาหกรรม

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
สำหรับการสนับสนุนเกี่ยวกับทุนวิจัย (2550)

เอกสารอ้างอิง

- Buchanan Relva, C., 1991. Ceramic materials for electronics, Second Eition, Mercel Dekker Inc., New York.
- David Houivet, 2004, High temperature NTC ceramic resistors ambient -1000 oC, Journal of European Ceramic Society, 24(6) 1237-1241.
- Martinez Sarrion, M. L., 1995. Preparation and characterization of NTC thermistors based on Fe-Mn-Ni-O4 . J. Mater. Sci., 30, 2610-2615.
- Miclea, C., 2005, Soft ferrite materials for magnetic temperature transducers and applications, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 290-291 (2):1506-1509.
- Moulson, A.J. and Herbert, J.M., 1990. Electroceramics, Chapman & Hall, London.

- Rakovszky, Gy., 1998. Ganz Ansaldo's microcomputer-based generator control systems. Mechatronics, 8: 13-20.
- Reznikov, Y. A., 1997. Programmable temperature control in an electric furnace for laboratory coking based on a microprocessor controller. Fuel and Energy Abstracts, 38: 219
- Sangsoo Noh, 2006, Electrical properties of nickel oxide thin films for flow sensor application, Sensors and Actuators A: Physical, 125(2): 363-366.
- Stankovic, D., 1994. A versatile computer controlled measuring system for recording voltage-current characteristics of various resistance sensors. Sensors and Actuators A: Physical, 42: 612-616
- Yüksel Kseoglu, 2008. Synthesis and characterization of ZnFe_2O_4 magnetic nanoparticles via a PEG-assisted route, Journal of Alloys and Compounds, 462(1-2): 209-213.