

## การทดสอบระบบจ่ายความร้อนเพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยแผ่นเพลเทียร์

### THE EXPERIMENTAL OF HEAT PROVIDING FOR ELECTRIC GENERATION BY PELTIER.

ภาณุพงศ์ ศิริกุล / พิพัฒน์ ปราโมทย์ มนุศักดิ์ จานทอง  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

#### บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการทดสอบวิเคราะห์ระบบจ่ายและระบายความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าให้กับแผ่นเพลเทียร์ โดยการจ่ายอุณหภูมิให้แก่แผ่นเพลเทียร์ควบคุมอุณหภูมิความร้อนด้วยการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแท่งฮีตเตอร์ผ่านทางโซลิดสเตตเจอร์รี่และใช้เทอร์โมคัปเปิลเป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิ สำหรับการควบคุมใช้โปรแกรม LabVIEW ร่วมกับ PID Control Toolset และใช้การ์ดอินเทอร์เฟซ USB-6008 ในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับกระบวนการจ่ายความร้อนให้แผ่นเพลเทียร์ทางด้านร้อน ใช้แผงระบายความร้อนระบายความร้อนจากเพลเทียร์ทางด้านเย็น เพื่อวัตถุประสงค์ให้ได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้า ผลการทดลองพบว่าการป้อนความร้อนควบคุมด้วยตัวควบคุมพีไอดีโดยใช้วิธี Ziegler-Nichols ป้อนให้กับโมดูลเดียวทางด้านร้อนที่อุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส และระบายความร้อนด้วยแผงอลูมิเนียมทางด้านเย็น จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ซีบีเอ็มมากที่สุด การจัดวางตำแหน่งโมดูล สองโมดูลแบบ ง ให้ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

**คำสำคัญ:** เทอร์โมอิเล็กทริก, แผงระบายความร้อน

#### ABSTRACT

This article presents the experiments and analyses results of heat providing and cooling system to increase efficiency in electricity generation of peltier plate by providing temperature to the peltier plate. Controlled the heat with electric current to the bar Heaters via solid-state relays and uses thermocouple as a temperature measurements. For controlling use LabVIEW program together with PID Control Toolset and uses the interface card USB-6008 in order to communicating between computers and the process of heat providing to the peltier plate in the heat side. Use the heat sink for cooling from cold side of the peltier plate in order to obtain the electric power. The test results showed that the heat input which is controlled by PID

controllers using the Ziegler-Nichols method, providing heat to a single module in hot side with temperatures of 68 degrees Celsius and transferred the heat with aluminum heat sink in cold side will cost the most Seebeck coefficient. Module position placement, double module type Ng provided the highest power

**Keywords :** Thermoelectric , Heat sink

## บทนำ

ปัจจุบันปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีปริมาณสูงมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะชีวิตประจำวันล้วนแต่จะต้องเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าแทบทั้งสิ้น ซึ่งการได้มาของพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ ได้มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ถ่านลิกไนต์ และก๊าซธรรมชาติ มีแนวโน้มว่าค่าใช้จ่ายจะสูงขึ้นทุกปี ประกอบกับแหล่งพลังงานประเภทที่ใช้แล้วหมดไป (Non - Renewable) ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดก็ร่อยหรอลงไปทุกที และยังส่งผลให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทยได้ถือว่าเป็นประเทศที่อยู่ในระดับกำลังพัฒนา มีความตื่นตัวที่จะนำพลังงานทดแทนมาใช้ มีการค้นคว้าวิจัยพัฒนาอยู่เรื่อยมา เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลมผลิตไฟฟ้า เป็นต้น การผลิตไฟฟ้าพลังงานสะอาด ยังมีเทคโนโลยีอีกชนิดหนึ่งซึ่งยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ก็คือ เทอร์โมอิเล็กทริก[1-4] ในรูปแบบโมดูล เพลเทียร์ เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าชนิดหนึ่ง เมื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current ,D.C.) ให้กับแผ่นเพลเทียร์ จะเกิดความร้อนขึ้นด้านหนึ่ง และในเวลาเดียวกันอีกด้านก็จะให้ความเย็น ในทางกลับกันเมื่อดำเนินกระบวนการย้อนกลับ คือ ป้อนความร้อนด้านหนึ่งและในขณะเดียวกันระบายความร้อนให้อีกด้านของแผ่นเพลเทียร์ ก็จะมีพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง เกิดขึ้น เนื่องจากลักษณะรูปร่างของแผ่นเพลเทียร์ ที่มีขนาดเล็กและบางจึงยังไม่สามารถที่จะดูดซับปริมาณความร้อน และระบายความร้อนให้กลับด้านเย็นได้เพียงพอ จึงต้องออกแบบสร้างและติดตั้ง แผงระบายความร้อนเพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นและมีระยะเวลาต่อเนื่องเป็นเวลานาน

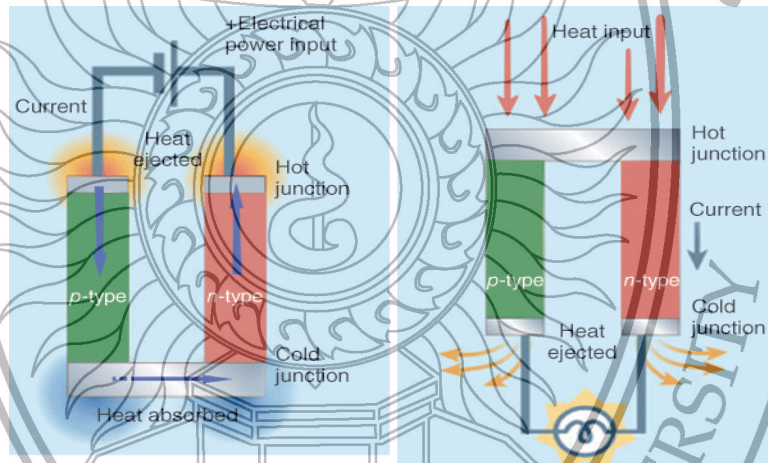
เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล มีผลทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า แล้วจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้นระหว่างขั้วทั้งสองเทอร์โมอิเล็กทริก นอกจากการผลิตความร้อน-เย็นแล้ว ยังสามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าจากความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างผนังรอยต่อ P-N กับผนังอีกด้านของสาร P,N ดังรูปที่1[5] ค่าแรงแคเดียนของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างผนังทั้งสองด้านนี้กระตุ้นให้เกิด ปรากฏการณ์ซีเบ็ค ผลักดันให้เกิดการเคลื่อนตัว

ของพาหะไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ P และ N ก่อตัวเป็นอำนาจสนามไฟฟ้าภายในที่มีศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้น สัมพันธ์กับอุณหภูมิตามสมการ

$$v = \alpha (\nabla T) \tag{1}$$

โดยที่  $\alpha$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คในสารกึ่งตัวนำ  $T$  คือฟังก์ชันอุณหภูมิระหว่างผนังของเพลเทียร์

พิจารณาสมการ (1) จะเห็นว่าการเพิ่มความสามารถในการผลิตไฟฟ้าที่กระทำได้ คือ ทำการระบายความร้อนให้ได้มาก ซึ่งจะทำให้ผลต่าง  $\nabla T$  มีค่ามาก จึงจะทำให้แรงดันไฟฟ้า  $v$  มีค่าเพิ่มขึ้น[6]



ภาพ 1 โครงสร้างของเซลล์เทอร์โมอิเล็กทริกและวงจรทางไฟฟ้า[7]

ลำดับขั้นการระบายความร้อนของการทดลอง เริ่มจากการพิจารณาค่าอุณหภูมิจากแผ่นเพลเทียร์ด้านที่สัมผัสกับตัวจ่ายความร้อนป้อนผ่านเพลเทียร์ ไปยังแผงระบายความร้อนตู้ผิวแผงอลูมิเนียมด้านที่เหลือจากบริเวณที่สัมผัสกับเพลเทียร์ กรณีนี้แสดงว่ามีการถ่ายเทพลังงานจากขอบเขตที่อุณหภูมิสูง ไปสู่ขอบเขตที่อุณหภูมิต่ำ เรียกการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำ(Conduction Heat Transfer)[8] นั่นแสดงว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าอุณหภูมิ

อัตราการถ่ายเทความร้อนนี้จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่แตกต่างรวมทั้งหมด ระหว่างของไหลและพื้นที่ผิว A การวิเคราะห์ผลการคำนวณของค่า การถ่ายเทความร้อนด้วยการพา อาจ

นำไปใช้ในบางระบบ สำหรับในสภาวะที่ซับซ้อนต้องการค่าด้วยวิธีการทดลอง

พฤติกรรมที่สังเกตได้ในกระบวนการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาขยายความออกมามีด้วยเหตุผลก็เพื่อให้เป็นข้อเปรียบเทียบ ตัวอย่างเช่น เราทราบว่าความเร็วที่อากาศเป่าบนแผ่นเรียบที่ร้อนทำให้มีผลกระทบต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน เป็นต้น และมีผลกระทบทำให้เกิดการระบายความร้อนโดยตรง ตัวอย่างเช่น ถ้าเพิ่มอัตราเร็วเป็นสองเท่า อัตราการถ่ายเทความร้อนจะเป็นสองเท่าหรือไม่? มักสงสัยว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนอาจจะแตกต่างกัน ถ้าเราระบายความร้อนด้วยน้ำแทนที่จะใช้อากาศ โดยภาพรวมที่จะทำการวิเคราะห์ต่อไป สิ่งหนึ่งอาจจะกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาว่าขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางความร้อนของของไหล ความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่น

### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

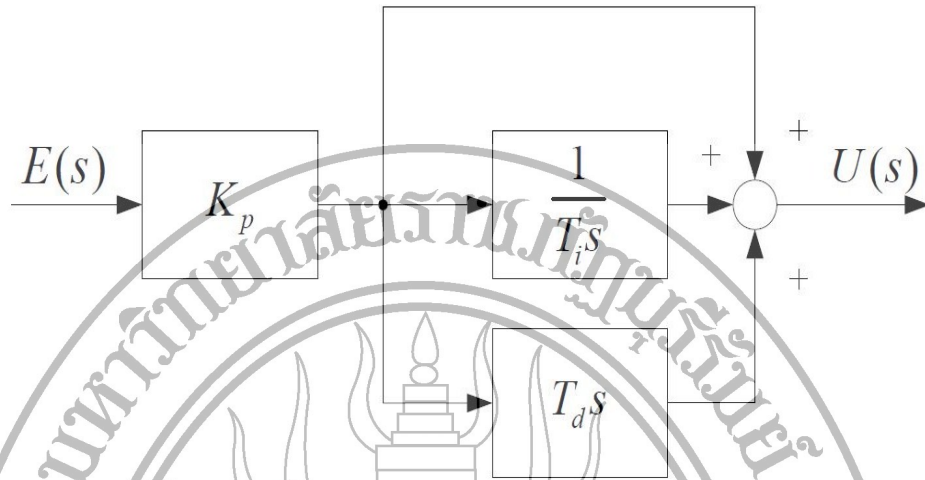
1. สร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่มีความแม่นยำเพื่อใช้ทดสอบการป้อนความร้อนให้เพลเทียร์
2. เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของแผ่นเพลเทียร์ ในการผลิต ไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน
3. เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนจากเพลเทียร์ โดยใช้แผงอุณหภูมิระบายความร้อนทำการ สร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์แล้วทำการวิเคราะห์ผลทางความร้อน

### อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองแผงระบายความร้อนเพื่อหาอัตราการถ่ายเทความร้อน โดยธรรมชาติหรืออิสระเพื่อได้มาซึ่งแรงดันไฟฟ้าโดยป้อนพลังงานความร้อนจากฮีตเตอร์ให้แผ่นเพลเทียร์ที่อุณหภูมิ 40-100 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบ 2 กรณี คือ แผ่นเดี่ยว และสองแผ่นวางในตำแหน่งต่างๆกัน รอนจนกระทั่งอุณหภูมิที่ป้อนเกิดการนำความร้อนและการพาความร้อนนิ่ง จึงจะบันทึกผล ทำการวัดอุณหภูมิที่ฮีตซิงค์ 3 จุด สถานที่ทดลอง อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส

#### 1. การหาฟังก์ชันถ่ายโอนกระบวนการ

ตัวควบคุมพีไอติดตามโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2 สามารถทำการเขียนฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมได้ตามสมการที่ (2)



ภาพ 2 โครงสร้างตัวควบคุมพีไอดี

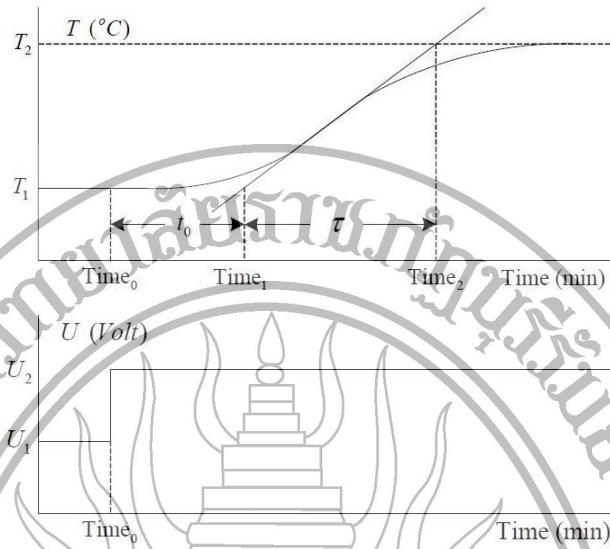
$$G_C(s) = \frac{U(s)}{E(s)}$$

$$\frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s}$$

$$K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (2)$$

รูปแบบของการตอบสนองของระบบอันดับหนึ่ง (first order system) ร่วมกับเวลาล่าช้าในการขนถ่าย (transportation lag,  $t_0$ ) เขียนได้ด้วยฟังก์ชันถ่ายโอนดังนี้คือ

$$T(s) = \frac{K e^{-t_0 s}}{\tau s + 1} \quad (3)$$



ภาพ 3 การหาฟังก์ชันถ่ายโอนของกระบวนการด้วยวิธีป้อนสัญญาณอินพุตแบบขั้นบันไดให้กับกระบวนการ

สำหรับวิธีการหาฟังก์ชันถ่ายโอนของกระบวนการป้อนความร้อน สามารถทำได้โดยใช้วิธีป้อนสัญญาณอินพุตแบบขั้นบันไดให้กับกระบวนการ โดยวิธีการคือการป้อนสัญญาณแรงดันควบคุม  $U(s)$  ให้กระบวนการและวัดอุณหภูมิของกระบวนการป้อนความร้อน  $T(s)$  จากนั้นจะได้พารามิเตอร์ของกระบวนการป้อนความร้อนตามสมการที่ (3) ดังนี้

$$K = \frac{T_2 - T_1}{U_2 - U_1} \tag{4}$$

$$\tau = T = \text{Time}_2 - \text{Time}_1 \quad \tau_0 = L = \text{Time}_1 - \text{Time}_0$$

สำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่เหมาะสม จะใช้วิธีป้อนสัญญาณอินพุตแบบขั้นบันได ให้กับกระบวนการซึ่งถูกแนะนำโดย Ziegler-Nichols [8] และตารางการหาค่าพารามิเตอร์พีไอดีที่เหมาะสมแสดงได้ดังตารางที่ 1

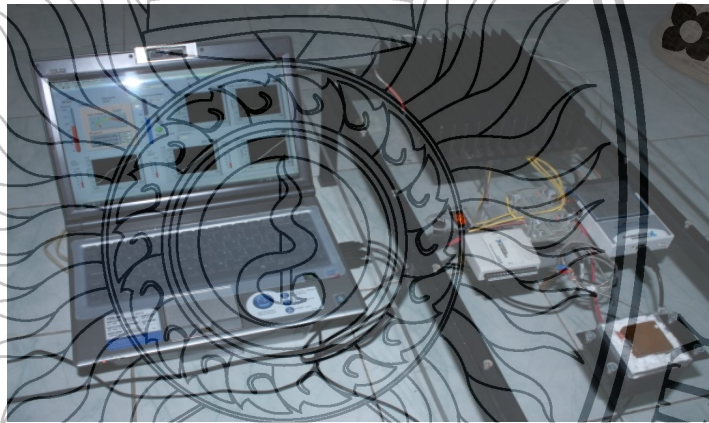
ตาราง 1 การหาค่าพีไอดีที่เหมาะสมด้วยวิธี Ziegler-Nichols

Type of controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
--------------------	-------	-------	-------

P	T/(K.L)	$\infty$	0
PI	0.9T/(K.L)	L/0.3	0
PID	1.2T/(K.L)	2L	0.5L

## 2. การออกแบบระบบควบคุมด้วย LabVIEW

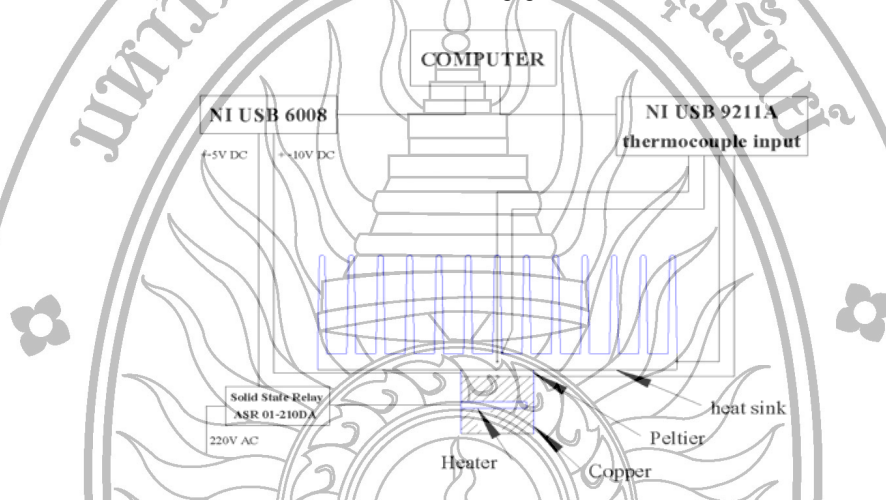
เนื่องจากการทดลองการผลิตไฟฟ้าด้วยแผ่นเพลเทียร์มีความเกี่ยวเนื่องกับการป้อนความร้อน ต้องใช้ระบบควบคุมที่แม่นยำก็เพื่อให้ได้ผลงานวิจัยออกมาถูกต้องเป็นไปตามข้อเท็จจริงมากที่สุด จึงเลือกที่จะใช้โปรแกรมแลบวิว (Labview) ในการควบคุมฮีตเตอร์\_ทำความร้อนป้อนให้กับแผ่นเพลเทียร์ โดยเลือกใช้ฟังก์ชันการควบคุมแบบ พีไอดี (PID controller ,proportional–integral–derivative controller)[9]



ภาพ 4 ชุดทดสอบระบบระบายความร้อนในการผลิตไฟฟ้าด้วยแผ่นเพลเทียร์

ระบบของโปรแกรมที่เขียนขึ้นในแลบวิวจะรับสัญญาณทางสายยูเอสบี (USB Universal Serial Bus) จาก NI USB 9211A ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณมาจากเทอร์โมคัปเปิล คอมพิวเตอร์รับสัญญาณจะทำการประมวลผลระหว่างอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ กับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริง ถ้าอุณหภูมิยังไม่ร้อนถึงที่กำหนด คอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าโดยใช้ ฟังก์ชันพีไอดี แล้วส่งสัญญาณผ่านทางสายยูเอสบีไปยัง NI USB 6008 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณอนาล็อก (Analog) แรงดันไฟฟ้า กระแสตรง 0-5 โวลต์ ไปยังโซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay) ทำหน้าที่ตัด-ต่อ วงจรไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ลักษณะการทำงานของการควบคุมความร้อนแบบปิด (Close Loop) ในขณะที่ทำการป้อนความร้อนให้กับเพลเทียร์และต้องระบายความร้อนให้กับอีกด้าน การทดลองนี้จะนำแผงระบายความร้อน ผลิตจากอลูมิเนียม ขนาด

26×20×7 เซนติเมตร มีครีป 13 อัน มีพื้นที่ระบายความร้อน 53 ตารางเซนติเมตร มาใช้ในการทดลองโดยอาศัยหลักการนำความร้อนและการพาความร้อนแบบอิสระ สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือจุดประสานเชื่อมต่อระหว่างแผ่นเพลเทียร์กับแผงระบายความร้อนจะต้องทาผิวบางๆ ด้วยซิลิโคนนำความร้อน(Heatsink Compound) เพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อทุกๆ ผิวสัมผัส จากกระบวนการจะได้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงออกมา ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าโดยต่อสายไปยัง NI USB 6008 ที่สามารถรับแรงดันได้ 0-10 โวลต์ จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางสายยูเอสบี



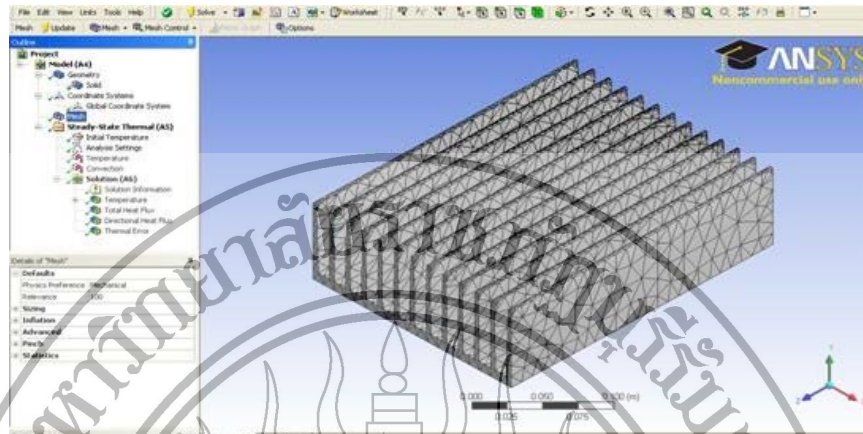
ภาพ 5 การควบคุมระบบทดสอบการระบายความร้อนในการผลิตไฟฟ้าด้วยแผ่นเพลเทียร์

การทำงานของโปรแกรมแลบวิวในคอมพิวเตอร์ยังสามารถวัดผลแสดงผลและบันทึกผลการทดลองโดยคอมพิวเตอร์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แสดงผลในรูปแบบของกราฟที่สัมพันธ์กับเวลา แสดงผลการตัดต่อสัญญาณในรูปแบบของหลอดไฟ มีสวิทช์เปิดปิดการทำงานเหมือนจริง เป็นต้น ทำให้การทดลองมีความเที่ยงตรงแม่นยำมาก

### 3. วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนแผงระบายความร้อนด้วย Ansys

โปรแกรม Ansys เป็นโปรแกรมที่ใช้คำนวณผลทางอุณหภูมิจากวัสดุในงานวิศวกรรม ที่ใช้สมการทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์ในรูปแบบของโปรแกรมสำเร็จรูป ง่ายต่อการใช้งาน เหมาะสำหรับนักออกแบบ นักวิจัย และวิศวกรในหลายสาขา โปรแกรมมีความสามารถคำนวณได้ทั้งสองมิติและสามมิติ รูปแบบการคำนวณสามารถคำนวณได้ทั้ง การพาความร้อน การนำความร้อน การแผ่รังสีความร้อน รวมไปถึงความถี่คลื่นต่างๆ ทำการกำหนดวัสดุเป็นอลูมิเนียมอัลลอย สร้างเมชชิ้นงาน ป้อนค่าอุณหภูมิความร้อนจากแผ่นเพลเทียร์ ป้อนค่าการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาแบบธรรมชาติมีค่า  $5 \text{ w/m}^2\cdot\text{c}$



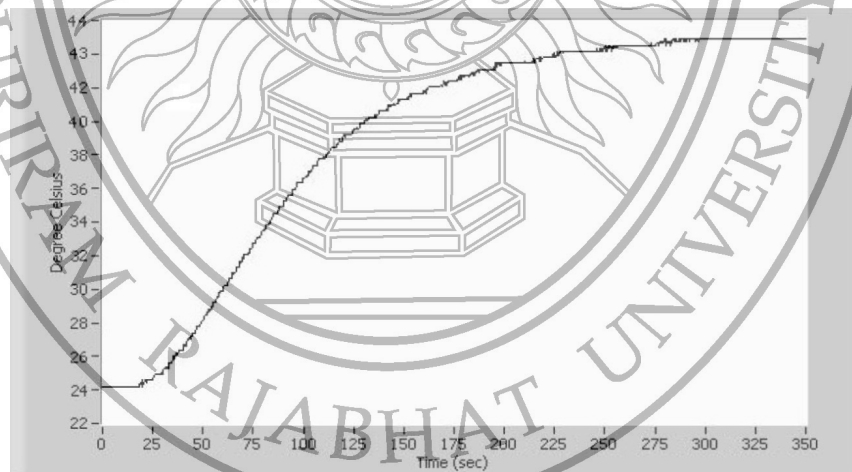


ภาพ 6 การกำหนด Condition และการสร้างเมชเพื่อวิเคราะห์ผลทางความร้อน

#### ผลการทดลอง

##### 1. การหาฟังก์ชันถ่ายโอนของกระบวนการ

การหาฟังก์ชันถ่ายโอนของกระบวนการ โดยในการทดลองนี้ทำการทดลองในห้องที่มีอุณหภูมิ  $T(a) = 25^{\circ}\text{C}$  และเลือกจุดทำงาน ณ ตำแหน่งที่อุณหภูมิของกระบวนการ ( $T$ ) มีค่าเท่ากับ  $24.2^{\circ}\text{C}$



ภาพ 7 ผลตอบสนองของระบบควบคุมแบบวงเปิด

ภาพ 7 แสดงผลตอบสนองของระบบควบคุมแบบวงเปิด เมื่อเปลี่ยนแปลงสัญญาณอินพุตอ้างอิงที่ป้อนให้กับกระบวนการไป 10 % โดยจากผลการทดลองได้แบบจำลองของกระบวนการดังนี้

$$T(s) = \frac{19.387e^{-0.3334s}}{1.8167s + 1} \quad (C)$$

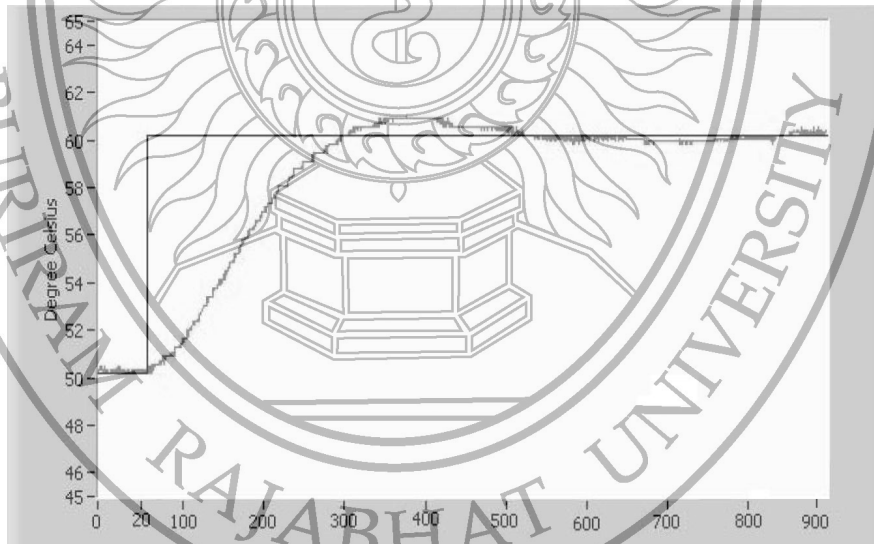
จากสมการที่ 3 พบว่า ณ จุดการทำงานของกระบวนการนี้มีค่าอัตราขยายของระบบควบคุม  $19.387 \text{ } ^\circ\text{C/Volt}$ , -ค่าคงตัวเวลา (TimeConstant) 1.8167 นาที หรือ 109 วินาที และค่าเวลาไรรูปตอบสนอง 0.3334 หรือ 28 วินาที

## 2. การควบคุมกระบวนการด้วยตัวควบคุมพีไอดีโดยใช้วิธี Ziegler-Nichols

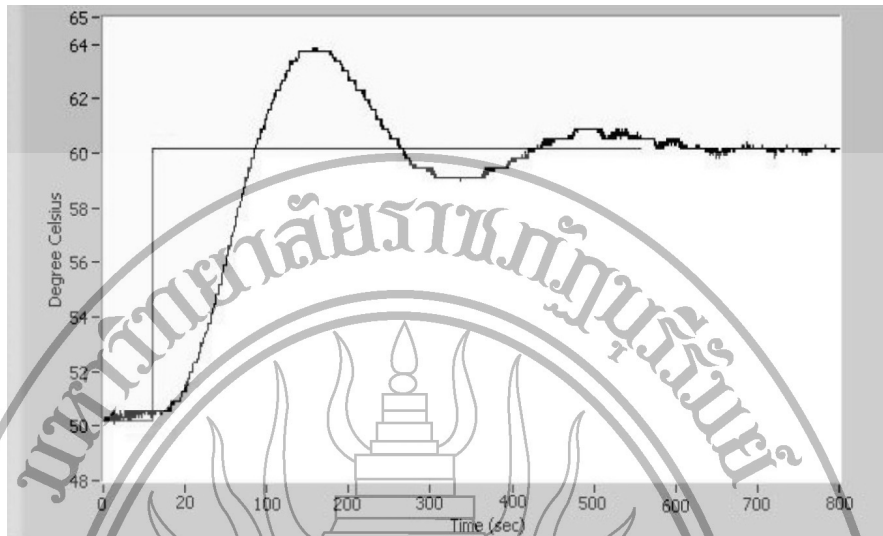
ตาราง 2 พารามิเตอร์ของตัวควบคุม

Type of controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	0.2810	0	0
PI	0.2529	1.1113	0
PID	0.3372	0.6668	0.1667

การทดลองผลตอบสนองของระบบควบคุมในสถานะมีโหลดนี้ ใช้แงระบายความร้อนทำหน้าที่เป็นโหลดในระบบควบคุม ผลการทดลองแสดงดังกราฟ 8 และ 9



ภาพ 8 ผลตอบสนองต่อสัญญาณขั้นบันไดของตัวควบคุมพีไอ



ภาพ 9 ผลตอบสนองต่อสัญญาณขั้นบันไดของตัวควบคุมพีไอดี

ภาพ 8 และ 9 แสดงผลตอบสนองของระบบควบคุมอุณหภูมิเครื่องจ่ายความร้อนของตัวควบคุมพีไอและพีไอดี เมื่อกำหนดให้สัญญาณอ้างอิงแบบขั้นบันไดเปลี่ยนแปลงไป  $10^{\circ}\text{C}$  ในสถานะมีโหลดเป็นแผงระบายความร้อน จากรูปพบว่า ผลตอบสนองของระบบควบคุมที่ใช้ตัวควบคุมพีไอและพีไอดีมีค่าฟุงเกิน (Percent Overshoot) 7 เปอร์เซ็นต์ และ 35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเวลาเข้าที่ (Settling Time) ประมาณ 900 วินาทีและ 600 วินาที ตามลำดับ เห็นได้ว่าในสถานะมีโหลดนั้น ตัวควบคุมแบบพีไอ สามารถควบคุมอุณหภูมิผลตอบสนองของระบบควบคุมได้เร็วกว่าตัวควบคุมแบบพีไอดี

### 3. ผลการทดลองป้อนความร้อนแผ่นเพลทเทียร์

ตาราง 3 ผลการทดลองของโมดูลเดี่ยวแบบ ก

TH	TC1	TC2	TC3	DT	$\alpha$	V1
40	27.20	26.65	26.55	12.80	0.0626	0.801
50	28.45	27.60	27.30	21.55	0.0629	1.356
60	32.45	30.15	30.80	27.55	0.0633	1.743
70	34.20	31.45	32.10	35.80	0.0633	2.267
80	36.10	32.95	33.50	43.90	0.0629	2.761

90	37.55	33.60	34.45	52.45	0.0627	3.291
100	38.35	34.20	34.65	61.65	0.0627	3.866
110	40.25	35.10	36.15	69.75	0.0627	4.375
120	42.60	37.60	37.95	77.40	0.0614	4.757

ตาราง 4 ผลการทดลองสองโมดูลแบบ ข

TH	TC1	TC2	TC3	V1	V2
----	-----	-----	-----	----	----

40	26.22	28.43	26.59	0.601	0.632
50	27.12	29.56	27.43	1.061	1.119
60	31.20	32.07	30.85	1.484	1.567
70	33.11	33.56	32.23	2.004	2.107
80	34.52	35.12	33.88	2.381	2.499

90	36.03	35.55	34.79	2.850	2.952
100	37.05	36.13	34.99	3.462	3.640
110	38.55	37.24	36.56	3.753	3.879
120	41.10	39.58	38.53	4.308	4.378

ตาราง 5 ผลการทดลองสองโมดูลแบบ ค

TH	TC1	TC2	TC3	V1	V2
40	27.11	26.54	27.36	0.803	0.822
50	28.43	27.30	28.24	1.259	1.307
60	32.56	30.01	31.97	1.673	1.812
70	34.13	31.32	33.08	2.204	2.302
80	36.21	32.56	34.36	2.581	2.702
90	37.50	33.33	35.67	3.050	3.149
100	38.54	34.07	35.55	3.662	3.835
110	40.32	34.98	37.59	3.953	4.005
120	42.55	37.35	39.03	4.456	4.475

ตาราง 6 ผลการทดลองสองโมดูลแบบ ง

TH	TC1	TC2	TC3	V1	V2
40	27.03	27.34	27.44	0.917	0.924
50	28.24	28.34	28.29	1.347	1.412
60	32.37	31.78	31.86	1.765	1.923
70	33.98	33.11	33.23	2.321	2.403
80	36.02	34.29	34.34	2.701	2.811
90	37.31	35.72	35.58	3.144	3.237
100	38.40	35.48	35.39	3.759	3.942
110	40.24	37.62	37.60	4.055	4.113
120	42.31	39.12	39.08	4.612	4.658

TH = อุณหภูมิด้านร้อน (°C)

V1 = แรงดันไฟฟ้าโมดูลที่ 1 (Volt)

V2 = แรงดันไฟฟ้าโมดูลที่ 2 (Volt)

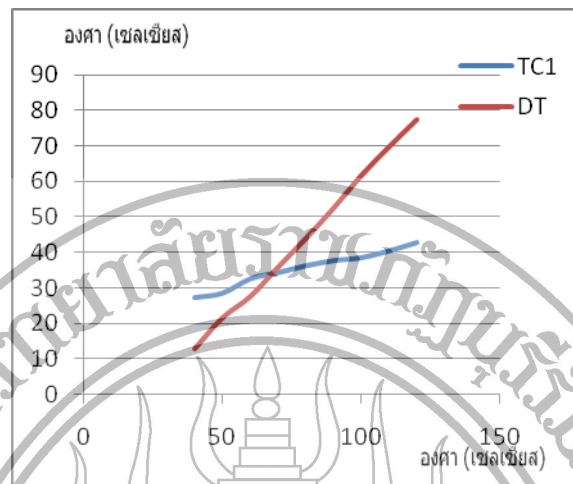
VT = แรงดันไฟฟ้ารวม (Volt)

TC1 = อุณหภูมิด้านเย็นจุดที่ 1 (°C)

TC2 = อุณหภูมิด้านเย็นจุดที่ 2 (°C)

TC3 = อุณหภูมิด้านเย็นจุดที่ 3 (°C)

$\alpha$  = ค่าสัมประสิทธิ์ซีแบ็ก



ภาพ 10 ค่าอุณหภูมิด้านเย็นและผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนกับด้านเย็นของโมดูลเดี่ยว

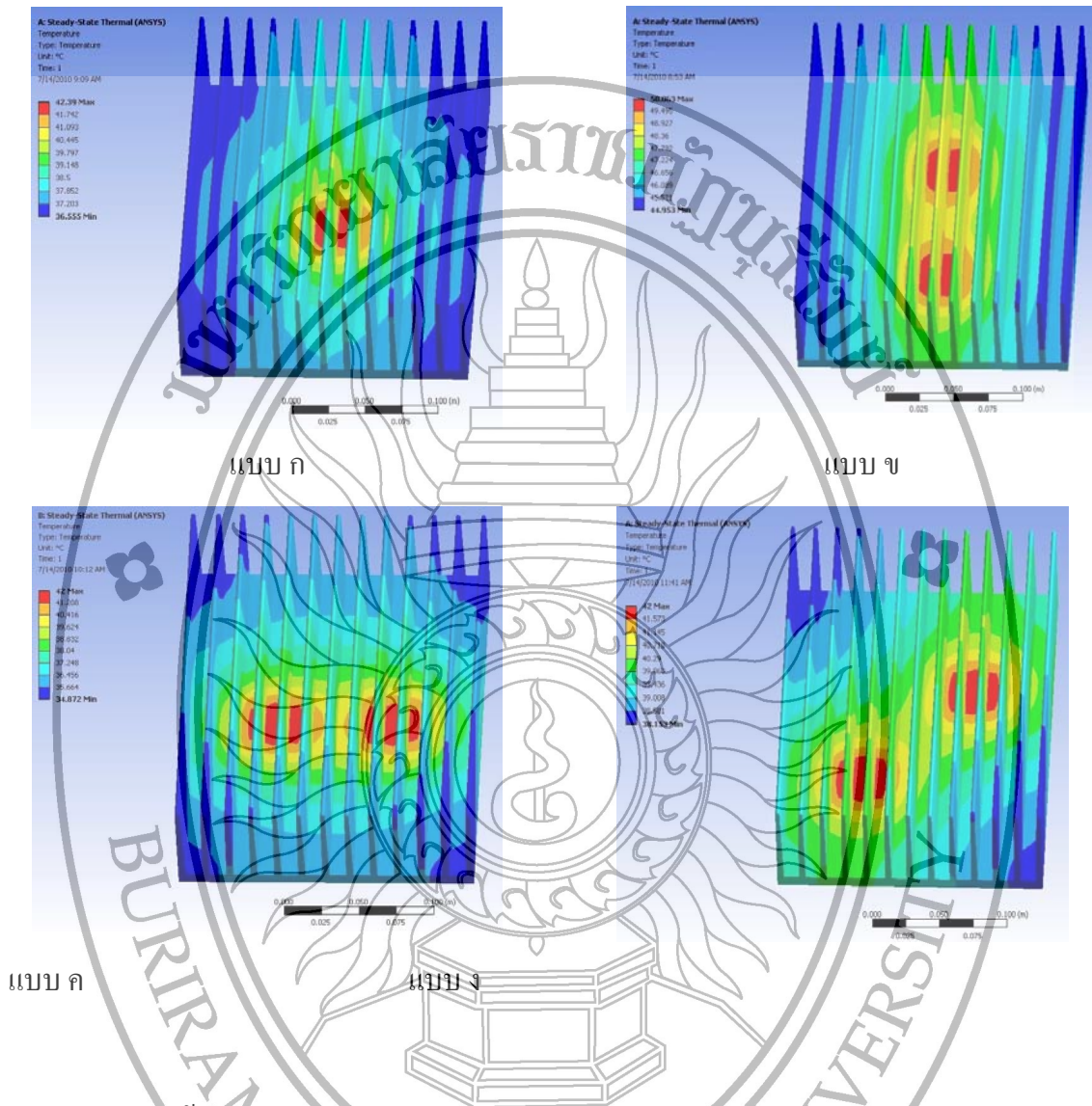
ตาราง 7 คุณสมบัติของโมดูลเดี่ยวแบบ ก ที่  $T_h = 68^\circ\text{C}$

โหนด ( $\Omega$ )	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
กระแส (A)	1.09	.88	.75	.65	.56	.51	.46	.42	.39	.36
แรงดัน (V)	1.25	1.92	2.4	2.65	3	3.21	3.37	3.51	3.64	3.76
กำลังไฟฟ้า (W)	1.36	1.68	1.8	1.72	1.68	1.63	1.55	1.47	1.41	1.35

จากผลการทดสอบการระบายความร้อนให้กับแผ่นเพลเทียร์ โดยใช้แผงระบายความร้อนอลูมิเนียมแบบครีป ระบายความร้อนโดยธรรมชาติ พบว่าเมื่อวัดแรงดันไฟฟ้าจากโมดูลเดี่ยวแบบ ก จะให้ค่าแรงดันสูงกว่าการต่อขนานในสองโมดูลแบบ ข ค ง และให้ค่าแรงดันต่ำกว่าเมื่อทำการต่ออนุกรมกัน เมื่อวิเคราะห์การทดลองการระบายความร้อนแบบ โมดูลเดี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ป้อนให้แก่ระบบการผลิตไฟฟ้ากับค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค ในช่วงอุณหภูมิ 40-120 องศาเซลเซียส จากตารางที่ 3 พบว่า ช่วงอุณหภูมิ 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คมากที่สุด แล้วจากนั้นพิจารณารูปที่ 10 เป็นการเขียนกราฟของค่าอุณหภูมิด้านเย็น (TC1) และค่าผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนกับด้านเย็น (DT) ทำให้เกิดจุดตัดในเส้นกราฟ เมื่อลากเส้นมายังอุณหภูมิด้านร้อน จะได้ค่าอุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้เกิดค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คมากที่สุด พิจารณาลักษณะการจัดวางเฉพาะสองโมดูลด้วยกัน แบบ ง จะให้ค่าการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าแบบอื่น

จากนั้นทดสอบโดยป้อนโหนดด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ ที่อุณหภูมิ  $68^\circ\text{C}$  ผลปรากฏว่าค่าความต้านทานมากขึ้น จะทำให้กระแสไฟฟ้าลดลงแต่แรงดันเพิ่มขึ้น ที่ความต้านทาน 3 โอห์ม มีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 1.8 วัตต์

#### 4. การสร้างแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนแผ่กระจายความร้อนด้วยโปรแกรม Ansys



ภาพ 11 การสร้างแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนแผ่กระจายความร้อนด้วยโปรแกรม Ansys

เมื่อได้ผลการทดสอบจากการทดลองจึงนำมาสร้างแบบจำลองในโปรแกรม Ansys เพื่อใช้เปรียบเทียบว่าผลการทดลองมีความถูกต้องหรือไม่ และจะสามารถมองภาพของรูปแบบ

การถ่ายเทความร้อนได้เข้าใจมากขึ้น จากภาพจะแสดงให้เห็นว่า แบบ ก เป็นการระบายความร้อนจากเพลทีร์โมคูตเดี่ยวที่มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนมากที่สุดเมื่อวางอยู่ ณ ตำแหน่งตรงกลางแผ่กระจายความร้อน แต่เมื่อ

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 และการสัมมนาวิชาการเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่ชุมชน ครั้งที่ 5

เทียบกับสองโมดูลที่ต่ออนุกรม แบบ ข ค และ ง จะให้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าต่อไปเป็นการเปรียบเทียบระหว่างสองโมดูลด้วยกัน ในลักษณะการจัดวาง แบบ ข ค และ ง จากการทดลองปรากฏว่า แบบ ค สามารถจ่ายแรงดันได้มากกว่าแบบ ข ร้อยละ 11 และแบบ ง สามารถแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่าแบบ ข ร้อยละ 17 ค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุด  $2.31 \text{ KW/m}^2$  และเป็นการจัดวางที่เกิดการระบายความร้อนได้ดีที่สุด



## สรุปผลการวิจัย

บทความนี้ได้นำเสนอการสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่มีความแม่นยำเพื่อใช้ทดสอบการป้อนความร้อนให้เพลเทียร์ มาใช้ในการศึกษาหลักการทำงานของแผ่นเพลเทียร์ ในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน ด้วยการถ่ายเทความร้อนจากเพลเทียร์โดยใช้แผงอลูมิเนียมระบายความร้อน แล้วสร้างแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนแผ่กระจายความร้อนในคอมพิวเตอร์และทำการวิเคราะห์ผลทางความร้อน สามารถที่จะจัดวางตำแหน่งแผ่นเพลเทียร์ ให้เกิดการระบายความร้อนได้มากที่สุดและเป็นแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการออกแบบแผ่กระจายความร้อนรูปแบบอื่นอีกต่อไปเพื่อการผลิตไฟฟ้าที่ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด

## ข้อเสนอแนะ

ระหว่างหน้าสัมผัสของแผ่นเพลเทียร์กับแผงระบายความร้อนจะมีช่องว่างขนาดเล็ก ที่จะเป็นอุปสรรคต่อการถ่ายเทความร้อนจึงต้องมีการใช้ซิลิโคนนำความร้อน ที่มีค่าการนำความร้อนดี เนื่องจากแผ่นเพลเทียร์มีขนาดบางจึงทำให้พื้นที่ด้านร้อนอยู่ใกล้พื้นที่ด้านเย็น ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนไปหาถิ่น โดยไม่ผ่านตัวแผ่นเพลเทียร์ ทำให้ระบบการผลิตไฟฟ้ามีคุณภาพต่ำลง จึงต้องคำนึงการสร้างฉนวนป้องกันความร้อนในจุดนี้ด้วย

ควรศึกษาขั้นตอนการออกแบบต่างๆ ทั้งทางภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ ให้มีความเข้าใจถึงหลักการการถ่ายเทความร้อน เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนา เครื่องผลิตไฟฟ้าจากแหล่งความร้อนด้วยแผ่นเพลเทียร์ต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

ณัฐ จันท์ครบ ฉัตรชัย เอี่ยมพรสิน อมร สมเจดน์เลิศเจริญ และเจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์, “การผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งของเตาहुงต้มในครัวเรือนด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 29, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 9-10 พฤศจิกายน 2549. หน้า 1194-1196.

Jorge Vázquez, Miguel A. Sanz-Bobi, Rafael Palacios, \*Antonio Arenas, “**State of the Art of Thermoelectric Generators Based on Heat Recovered from the Exhaust Gases of Automobiles**” Proceedings of the 7th European Workshop on Thermoelectrics, Paper #17, Oct 2002, Pamplona, SPAIN.

Rida Y.Nuwayhid, Alan Shinhadeh, Nesreen Ghaddar. “**Develelopment and testing of a domestics woodstove thermoelectric Generator with natural convection cooling**”, Energy Conversion & Management, Vol. xx, No. x, pp. xxx-xxx.,



2004.

- Anders Killander, John C. Bass, 1996, “**A Stove-Top Generator For Cold Areas**”,  
IEEE 15th International Conference on Thermoelectric, pp.390-393
- Yuri Gurevich, Georgiy Logvinov and Igor Volovichev, “**Nonequilibrium Carriers  
of Charge in Theory of Thermoelectric Phenomena**”, Proceedings of the  
22nd International Conference on Thermoelectrics, pp.464-467.
- Eakburanawat, J. and Boonyaroonate, I., 2005, “**Development of a thermoelectric  
battery charger with microcontroller-based maximum power point  
tracking technique**”, Applied Energy, Vol. 83, issue. 7, pp. 687-704.
- Rowe, D.M., “**CRC Handbook of Thermoelectric**”, New York, CRC Press, 1995.
- J.G. Ziegler and N.B. Nichols, 1942. Optimum Settings for Automatic Controller.  
ASME Trans., Vol. 64, pp.759-768
- Jack P. Holman, 1997. Heat transfer, Southern Methodist University, U.S.A.,  
Eighth Edition, McGraw-Hill. Inc, New York, pp 1-30
- PID control 2009, [http://en.wikipedia.org/wiki/PID\\_control](http://en.wikipedia.org/wiki/PID_control)