ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติในเตาอบพลังงานร่วม โดยใช้พลังงานจากเทอร์โมอิเล็กตริคในการผลิตกระแสไฟฟ้าป้อนระบบ

The Automatic Temperature-control System in the Combined-cycle Solar Dryer using Thermoelectric Generator

กิติพันธ์ บุญอินทร์[1,2*] และวราวุธ สอาดสิน[1]

[1]*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*
[2]*ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*
[*]*kboonin@hotmail.com*

บทคัดย่อ

ระบบควบคุมอุณหภูมิในเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นนี้ ได้ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์มาผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในระบบควบคุมอุณหภูมิ และระบบเป่าลมร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง โดยนำเทอร์โมอิเล็กทริกนี้มาติดลงบนแผ่นทองแดงซึ่งรับความร้อนจากหม้อต้ม และอีกด้านประกบด้วยฮีทซิงค์ โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 6 โมดูล ซึ่งต่อเทอร์โมอิเล็กทริกนี้ด้วยวงจรอนุกรม แล้วต่อเข้ากับวงจรชาร์ตแบตเตอร์รี่ ซึ่งจากการที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างระบบดังกล่าวพบว่า ระบบควบคุมอุณหภูมิสามารถทำงานได้เองโดยไม่ต้องพึ่งพาระบบไฟฟ้าแบบสายส่ง

คำสำคัญ: เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์ ระบบควบคุมอุณหภูมิ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

The temperature control system in the dryer has been developed. Thermoelectric generators (TEGs) were used in the temperature control system and heated air blower. This was carried out by placing thermoelectric modules on the copper plate heated by the boiler. The another side of the plate was contacted by a heat sink. The modules consisted of 6 thermoelectric modules connected into a series circuit and to a battery charger circuit. As a result, the temperature control system in this research can be operated without local electrical grid dependence.

Keywords: thermoelectric generator, temperature control, solar dryer

1. บทนำ

กระบวนการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรโดยใช้วิธีการอบแห้ง เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้า มักนิยมใช้ การตากแดดตามธรรมชาติซึ่งต้องใช้เวลานาน และอาจมีการรบกวนจากสัตว์ หรือแมลงได้ ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนซึ่งได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ ค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ สามารถ

นำมาใช้ในการอบแห้งได้ เนื่องจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นกระบวนการที่สะอาดได้รับการยอมรับในระดับสากลอีกทั้งยังเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตและยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของสภาพอากาศที่คาดเดาได้ยากว่าช่วงที่ทำการอบอยู่นั้นจะมีแสงแดดเพียงพอ หรือมีฝนตกหรือไม่ ดังนั้นการป้อนความร้อนเข้าเครื่องอบโดยตรงจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ และสามารถเพิ่มประสิทธิ์ภาพเครื่องอบแบบเดิมได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยจึงออกระบบแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือระบบผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กตริก ส่วนที่สองคือระบบควบคุมอุณหภูมิในเครื่องอบ โดยทั้งสองส่วนนี้จะใช้แหล่งพลังงานจากวัสดุเทอร์โมอิเล็กตริก (TE) ซึ่งการใช้วัสดุเทอร์โมอิเล็กตริกในการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นแผง TE จะถูกติดอยู่กับแหล่งความร้อนโดยความไม่สมดุลของอุณหภูมิระหว่างทั้งสองด้านจะก่อให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างขั้วของ TE แล้วนำความต่างศักย์นั้นไปให้เป็นแหล่งพลังงานต่อไป

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติที่คณะผู้วิจัยกำลังจะศึกษานั้น จะสามารถเพิ่มประสิทธิ์ภาพเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเดิมให้สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพตลอด 24 ชั่วโมง และที่สำคัญคือพลังงานที่ใช้ในระบบเป็นพลังงานสะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

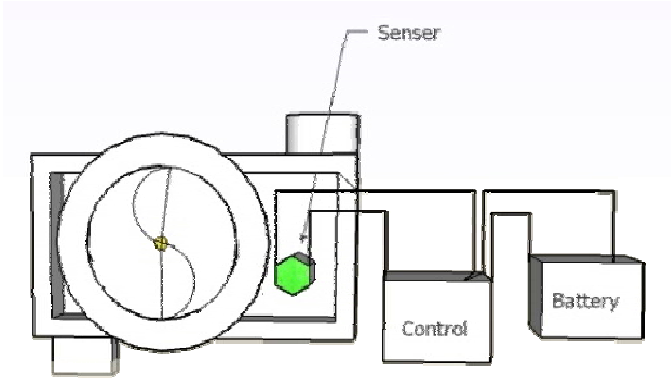
2. วิธีการทดลอง

ระบบนี้เป็นระบบควบคุมอุณหภูมิของตู้อบแห้ง ที่ใช้ลมร้อนในการช่วยอบแห้งนอกเหนือจากการใช้แสงอาทิตย์ ซึ่งระบบนี้จะทำงานร่วมกับระบบเป่าลมร้อนเป็นระบบที่ใช้ควบคุมพัดลม ที่จะเป่าลมร้อนเข้าไปภายในตู้อบแห้งเพื่อช่วยในการอบแห้ง โดยระบบนี้จะทำงานควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ประจุไฟหรือชาร์ตกระแสไฟจากระบบเทอร์โมอิเล็กทริก ไปยังพัดลมเป่าอากาศร้อนที่ถูกระบายออกมาจากหม้อน้ำ โดยระบบนี้จะเป็นวงจรควบคุมอุณหภูมิที่มีความซับซ้อนน้อย ใช้ตัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของหม้อน้ำเมื่อเกิดการถ่ายเทความร้อนจากหม้อน้ำ ซึ่งหลักการในการทำงานของวงจรควบคุมอุณหภูมิคือ การที่ใช้ตัวเซ็นเซอร์เป็นตัวควบคุมความต้านทานภายในวงจร ตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้นี้เราจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เทอร์มิสเตอร์ (thermister) ซึ่งเทอร์มิสเตอร์นี้เป็นตัววัดอุณหภูมิแบบสารกึ่งตัวนำ ที่ใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป แต่จะมีทั้งการเปลี่ยนแบบสัมพันธ์ตรงและผกผัน โดยเทอร์มิสเตอร์ที่เรานำมาใช้ในวงจรนี้เป็นเทอร์มิสเตอร์ที่มีสัมประสิทธิ์ความต้านทานต่ออุณหภูมิเป็นลบ (Negative Temperature Coefficient, NTC) เป็นเทอร์มิสเตอร์ที่ความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นแต่มีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานสูงมากเมื่อเทียบกับ RTD ด้วยความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก เทอร์มิสเตอร์แบบนี้จึงเหมาะกับงานที่ต้องการวัดความแตกต่างของอุณหภูมิที่ชัดเจน แต่เทอร์มิสเตอร์มีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นช่วงอุณหภูมิที่ใช้งานจึงจำกัดอยู่ในช่วงแคบ ๆ เป็นช่วง ๆ ไปเช่น ช่วง 50-150 °C หรือ 150-250 °C เราจึงนำคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์มาใช้ร่วมกับวงจรควบคุมพัดลมอัตโนมัติ

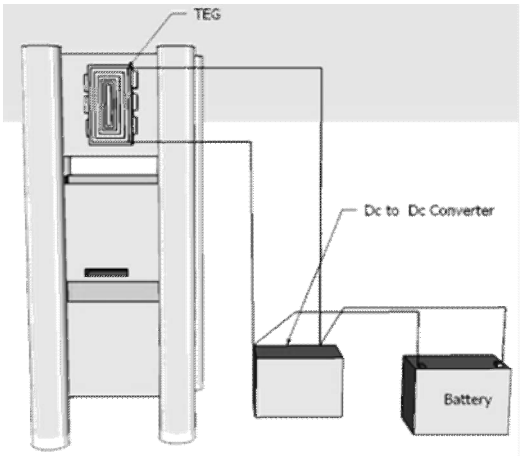
โดยวงจรนี้จะทำงานโดยการขยายสัญญาณของทรานซิสเตอร์เข้าสู่ตัวรีเลย์ ควบคุมการจ่ายกระแสไฟออกให้กับพัดลม ซึ่งภายในวงจรยังใช้การควบคุมโดยตัวต้านทานที่จะมีค่าความต้านทานเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปด้วย การตรวจจับของเทอร์มิสเตอร์คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ก็จะมีค่าต่ำลง ทำให้กระแสสามารถไหลภายในวงจรทำให้เกิดการทำงานของวงจร และในวงจรนี้ยังมีระบบที่ทำให้สามารถปรับค่าของการจ่ายกระแสไฟให้กับพัดลม โดยนอกจากจะใช้เทอร์มิสเตอร์ที่เป็นตัวควบคุมความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับการทำงานของพัดลมเป่าลมร้อนแล้วนั้น ในวงจรนี้ก็ยังมีตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าได้ เพื่อเอาไว้ปรับระดับความต้านทานให้เหมาะสม และสัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่เราต้องการให้พัดลมทำงานคือ ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้นี้จะเป็นตัวควบคุมเทอร์มิสเตอร์อีกชั้น เพื่อให้เราสามารถกำหนดช่วงการทำงานของพัดลมกับช่วงของอุณหภูมิที่เราต้องการได้ดังแสดงในภาพที่ 1

ระบบเทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอเรเตอร์ เป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากความร้อนของเตาต้มน้ำ โดยระบบนี้จะติดอยู่บริเวณด้านข้างของถังใบที่หนึ่งถังใบที่มีน้ำร้อนดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งระบบนี้มีหลักการทำงานคือ การกำเนิดไฟฟ้าด้วยความ

ร้อนจากพฤติกรรมรอยต่อโอห์มมิก (Ohmic junction) ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์ อาศัยความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างรอยต่อด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิลิเมนต์ มีผลให้กลุ่มอิเล็กตรอนในวัสดุด้านร้อนมีพลังงานจลน์สูงกว่าวัสดุด้านเย็นและเกิดการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว เกิดความต่างของปริมาณของประจุไฟฟ้าจึงเกิดไฟฟ้าขึ้นที่ปลายขั้ว ต่อของอุปกรณ์พร้อมที่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ไฟฟ้า เราจึงได้นำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้สำหรับพัดลมและวงจรควบคุม โดยระบบเทอร์โมอิเล็กทริกที่เรานำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้านี้เรานำมาใช้โดยอยู่ในรูปของเทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งเราจะนำเทอร์โมอิเล็กทริกนี้มาติดลงบนแผ่นทองแดงให้ด้านร้อนของแผ่นติดลงบนแผ่นทองแดง และอีกด้านก็จะประกบด้วยฮีทซิงค์ และต่อเทอร์โมอิเล็กทริกนี้ด้วยวงจรอนุกรม ซึ่งเราใช้เทอร์โมอิเล็กทริกนี้ จำนวน 6 โมดูล จากนั้นเมื่อนำไปติดตั้งที่บริเวณถังต้มน้ำร้อนแล้วก็ต่อเข้ากับวงจรชาร์ตแบตเตอร์รี่ โดยที่เราจะต่อวงจรจากแบตเตอร์รี่เข้าสู่พัดลม เมื่อเราทำการต้มน้ำก็จะเกิดความแตกต่างกันของอุณหภูมิทั้งสองด้านของเทอร์โมอิเล็กทริก ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น และสามารถประจุกระแสไฟฟ้านั้นไว้ใช้กับพัดลมและวงจรควบคุม โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก



ภาพที่ 1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ



ภาพที่ 2 ลักษณะของระบบเทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอเรเตอร์ (TEG)

3. ผลการวิจัย

ผลจากการหาค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลแต่ละตัวให้ออกมาที่อุณหภูมิต่างๆ โดยด้านเย็นใช้น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และด้านร้อนติดกับแหล่งความร้อนที่ปรับค่าได้โดยมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ ตั้งแต่ 20 - 100 องศาเซลเซียส ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าขาออก ของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลที่อุณหภูมิต่างๆ

	กำลังไฟฟ้าขาออก (W)						
Temp °C	TEG 1	TEG 2	TEG 3	TEG 4	TEG 5	TEG 6	กำลังไฟฟ้ารวม
20	0.224	0.236	0.233	0.253	0.281	0.223	1.450
40	0.668	0.655	0.656	0.621	0.637	0.662	3.899
60	1.125	1.132	1.128	1.137	1.122	1.126	6.770
80	2.117	2.121	2.134	2.132	2.129	2.126	12.759
100	3.211	3.217	3.226	3.231	3.245	3.232	19.362

จากผลในตารางที่ 1 พบว่า กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ระบบชาร์จเข้าแบตเตอรี่ได้มีค่าเท่ากับ 19.362 วัตต์ จึงสามารถบอกได้ว่าระบบความร้อนที่สร้างขึ้นสามารถชาร์จพลังงานไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้สูงถึง 19.362 วัตต์ ซึ่งเท่ากับว่าระบบนี้สามารถชาร์จแบตเตอรี่ด้วยกระแส 1.49 แอมแปร์ ที่ความต่างศักย์ 13.00 โวลท์ ซึ่งค่านี้สามารถชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ขนาด 30 Ah เต็มภายในเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งเพียงพอสำหรับการใช้งานในระบบควบคุมอุณหภูมิแล้ว

4. สรุปผลการวิจัย

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิดังกล่าว ระบบสามารถทำงานได้เองโดยไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้าแบบสายส่ง ซึ่งวงจรเทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอเรเตอร์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาด้วยกำลัง 19.362 วัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในระบบ และระบบความคุมอุณหภูมิสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงทำงานได้ตลอดเวลา

5. เอกสารอ้างอิง

[1] S. Janjai, N. Srisittipokakun, B.K. Bala (2008), Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices, Energy, Vol 33, pp. 91–103

[2] N. Srisittipokakun, K. Kirdsiri, J. Kaewkhao, (2012), Solar drying of Andrographis paniculata using a parabolicshaped solar tunnel dryer, Procedia Engineering, Vol 32, pp. 839 – 846

[3] ชัยธวัช ชูชัย และ สรอรรถ ธนูศิลป (2012), เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก Thermoelectric Generator, รายงานโครงการหมายเลข EE2012-43, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[4] คณิต พิมพ์คำไหล, (2014), การศึกษาวิเคราะห์และออกแบบการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเปล่าของระบบปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริคเพื่อประจุแบตเตอรี่ (Analysis and design of power generation from waste heat of air conditioning system by Thermoelectric for charging battery), วิทยานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[5] ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี . (2006). “การวิจัยและพัฒนาวัสดุเทอร์โม-อิเลคทริค (Thermoelectric material) เพื่อประยุกต์ใช้ในการผลิตพลังงาน,” ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. สาขาศึกษาศาสตร์ . หน้า 3-10.