บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบเครื่องอบแห้งระบบเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตกระแสไฟฟ้า จำเป็นต้องพิจารณาถึงลักษณะและหลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล รวมทั้งการเลือกใช้อุปกรณ์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมกับระบบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของระบบ ดังนั้นในการพิจารณาและการออกแบบเครื่องอบแห้งระบบเทอร์โมอิเล็กตริกจำเป็นต้องอาศัยทฤษฎีในการวิเคราะห์ดังนี้

ชีวมวล (Biomass)

เชื้อเพลิงชีวมวล [4] (biomass fuels) หมายถึง เชื้อเพลิงที่ได้จากบรรดาชีวมวลทั้งหลาย ชีวมวล (biomass) คือ มวลสาร (mass) หรือสสาร (matter) ของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าพืช หรือสัตว์ (บางกรณีก็มีจุลิน ทรีย์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย) ไม่ว่าจะมีชีวิตอยู่หรือตายไปแล้วก็ตาม ดังนั้นจึงรวมเอาซากของเสีย (waste) และสิ่งเน่าเปื่อยจากสิ่งมีชีวิตหรืออินทรีย์สาร เช่น ผักเน่า มูลสัตว์ เป็นต้น

เชื้อเพลิงชีวมวลหลัก คือฟืน (wood) เป็นเชื้อเพลิงเก่าแก่ที่มนุษย์รู้จักใช้มาตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์ เชื้อเพลิงชีวมวลที่ยังคงใช้กันอยู่ทั่วๆไป โดยเฉพาะในชนบทของประเทศไทย คือ ฟืนและถ่าน (fuel wood) แกลบ ซึ่งใช้ทั้งกิจกรรมในครัวเรือนและอุตสาหกรรมชนบท (cottage industry) เช่น อุตสาหกรรมโรงสี อุตสาหกรรมเผาอิฐ เตาหุงต้ม เป็นต้น แม้แต่ในปัจจุบันก็ยังคงมีการใช้พลังงานจากไม้ฟืน ถึง 1 ใน 7 ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด

การใช้พลังงานจากชีวมวลจึงเป็นการใช้พลังงานจากสิ่งมีชีวิตอันได้แก่ พืชและสัตว์ โดยอาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนเคมี (thermochemical) หรือ ชีวเคมี (biochemical)

ชีวมวลที่ได้จากพืชสามารถแบ่งตามที่มาได้เป็น 5 จำพวก คือ

1. ไม้ชนิดต่าง ๆ ซึ่งรวมถึง ไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็ง
2. วัสดุทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง
3. วัชพืชบก และวัชพืชน้ำ เช่น หญ้า ผักตบชวา
4. ผลิตภัณฑ์ที่มาจากพืช เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันจากสบู่ดำ

5. สิ่งเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เศษไม้ ขี้เลื่อย แกลบ ชานอ้อย

ชีวมวลที่ได้จากสัตว์ ได้แก่ มูลสัตว์ต่างๆ

เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียน (renewable energy resource) **คือ** เชื้อเพลิงชีวมวลที่ถูกใช้ไปแล้วก็สามารถสร้างขึ้นมาทดแทนใหม่ได้ หากมนุษย์เรารู้จักใช้อย่างชาญฉลาด เชื้อเพลิงชีวมวลก็จะมีให้ใช้ได้ตลอดกาล ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีแหล่งเชื้อเพลิงจากชีวมวลเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานภายในประเทศได้อย่างมีศักยภาพ การพิจารณาถึงแหล่งของชีวมวลจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ให้สามารถพึ่งตนเองได้ทั้งในด้านของเทคโนโลยีและลดการนำเข้าแหล่งพลังงานจากต่างประเทศ

ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้ง [5] คือ กระบวนการลดความชื้นซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยความร้อนที่ใช้เป็นความร้อนแฝงของการระเหย ผลิตผลส่วนใหญ่จะมีความชื้นสูงขณะทำการเก็บเกี่ยว ทำให้เก็บรักษาได้ไม่นาน การอบแห้งจะช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตได้เป็นระยะเวลายาวนานขึ้น โดยประโยชน์ของการอบแห้งผลิตภัณฑ์ อาจสรุปได้ตามลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้

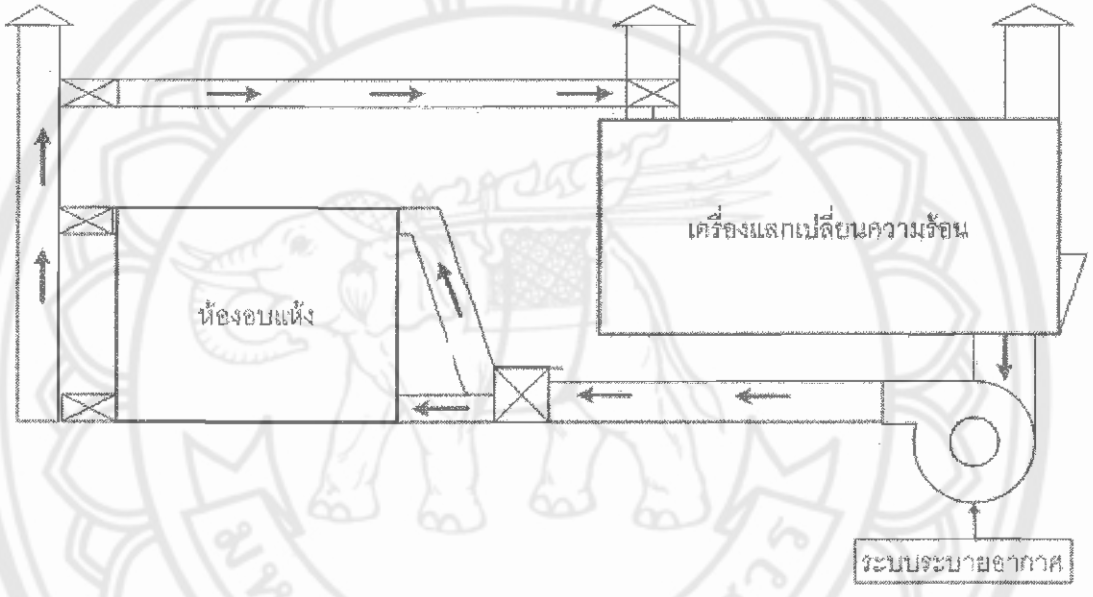
1. เพื่อการถนอมรักษาอาหาร อาหารที่แห้งแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสียเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีน้อย

2. เพื่อลดปริมาณและน้ำหนัก โดยอาหารที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและน้ำหนักลดลง ทำให้สามารถลดต้นทุนการเก็บรักษาและการขนส่ง

3. เพื่อช่วยให้กระบวนการการผลิตดีขึ้น ในกรณีนี้อาจไม่จริงเสมอไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตนั้นๆ

เครื่องอบแห้งชีวมวล

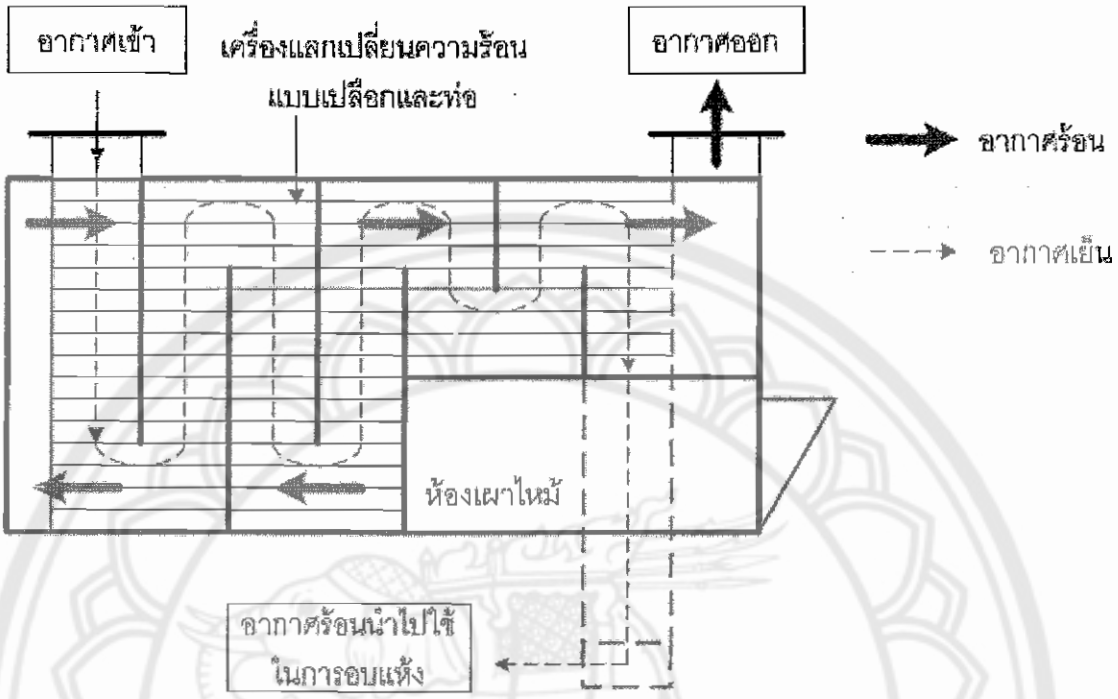
เครื่องอบแห้งชีวมวลที่ใช้ในงานวิจัย ดังแสดงในภาพ 1 เป็นเครื่องอบแห้งต้นแบบที่พัฒนาร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัยแม่โจ้และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เครื่องอบแห้งมีขนาดของห้องอบแห้ง 40 x 120 x 120 cm แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนกำเนิดความร้อน (เตาเผาไหม้) ส่วนห้องอบแห้ง และส่วนระบบระบายอากาศ โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพ 1 เครื่องอบแห้งชีวมวล

1 ส่วนกำเนิดความร้อน

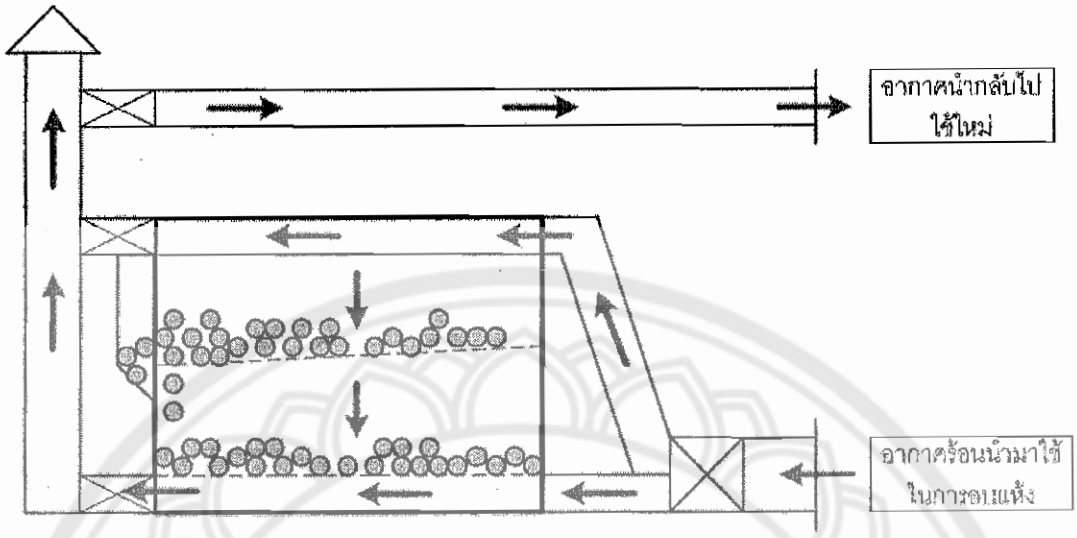
ส่วนเตากำเนิดความร้อน ประกอบด้วยห้องเผาไหม้และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ (shell and tube) โดยอากาศร้อนไหลอยู่ภายในท่อส่วนอากาศเย็นจะไหลขวางผ่านกลุ่มท่อ แสดงการทำงานดังภาพ 2 อากาศร้อนและอากาศเย็นเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านผิวท่อ และนำความร้อนที่ได้ไปใช้ในการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีโครงสร้างเป็นแผ่นเหล็กขึ้นรูปเป็นทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 100 cm และยาว 120 cm



ภาพ 2 ไดอะแกรมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

2 ส่วนห้องอบแห้ง

ส่วนห้องอบแห้งประกอบด้วยห้องอบแห้ง 2 ชั้น แสดงดังภาพ 3 มีตะแกรงกั้นระหว่างห้อง ด้านหลังของห้องอบแห้งชั้นบนจะมีกล่องพร้อมลิ้นปิด-เปิดสำหรับกลับผลิตภัณฑ์จากห้องอบชั้นบนลงสู่ห้องอบแห้งชั้นล่าง อากาศร้อนจากส่วนกำเนิดความร้อนสามารถไหลเข้าสู่ห้องอบแห้งได้ทั้งด้านบนและด้านล่างโดยผ่านแดมเปอร์สลับลม ซึ่งสามารถบังคับให้ลมเข้าทางด้านบนหรือด้านล่างได้



ภาพ 3 ไดอะแกรมของห้องอบแห้ง

3 ส่วนระบบระบายอากาศ

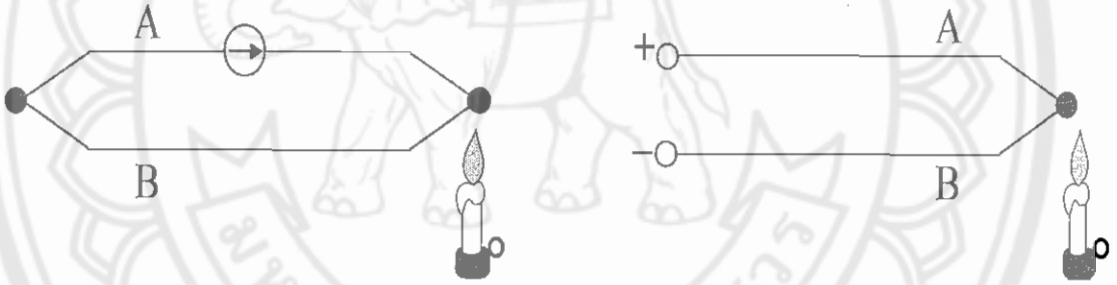
ส่วนระบบระบายอากาศ ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า พัดลมระบายอากาศและสายพาน โดยมอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าใช้ไฟฟ้า 220 Volts สำหรับขับพัดลมเพื่อระบายอากาศร้อนจากส่วนกำเนิดความร้อนไปสู่ห้องอบแห้ง แสดงดังภาพ 4

ภาพ 4 ระบบระบายอากาศ

เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล

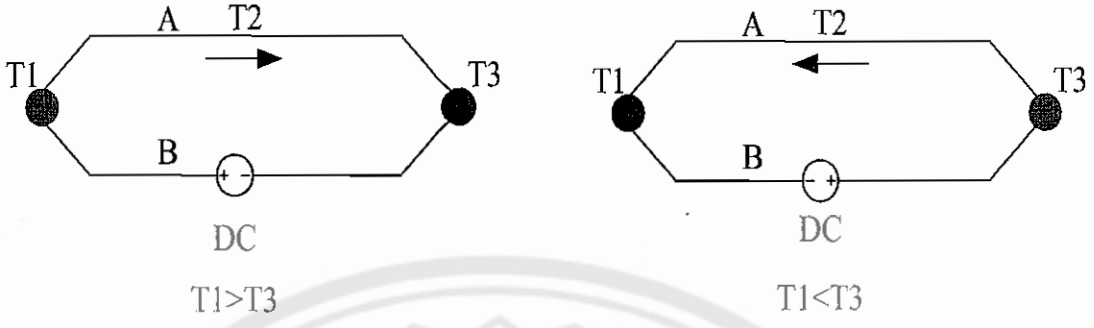
1 ประวัติและการค้นพบเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล

ในยุคต้นศตวรรษที่ 19 ปี ค ศ. 1821 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน โทมัส ซีเบ็ค (Thomas Seebeck) ทำการศึกษาพบว่าเมื่อนำขดลวดโลหะ 2 เส้นที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างกัน จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเส้นลวดทั้งสอง ดังภาพ 5 ซึ่งปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรนั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง หากที่ปลายของจุดต่อทั้งสองคือที่โลหะ A และโลหะ B มีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรดังกล่าวก็จะสูงตามไปด้วย และถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออกจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ปลายด้านเปิด แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้เรียกว่า "ซีเบ็คโวลเตจ"



ภาพ 5 ลักษณะการต่อวงจรของซีเบ็ค

ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 แพลเทียร์ (Jean C.A. Peltier) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้ทำการศึกษาในลักษณะเดียวกันกับวงจรที่ทางซีเบ็คสร้างขึ้น และพบว่าเมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกันนี้ โดยใช้ลวดด้านหนึ่งทำจากบิสมัสและอีกด้านหนึ่งทำจากแอนติโมนิจะทำให้อุณหภูมิที่ปลายจุดต่อของทั้ง 2 จุด คือที่จุดต่อ T1 และที่จุดต่อ T3 มีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยปลายข้างหนึ่งจะร้อนขึ้นและปลายอีกข้างหนึ่งจะเย็นลง ดังภาพ 6



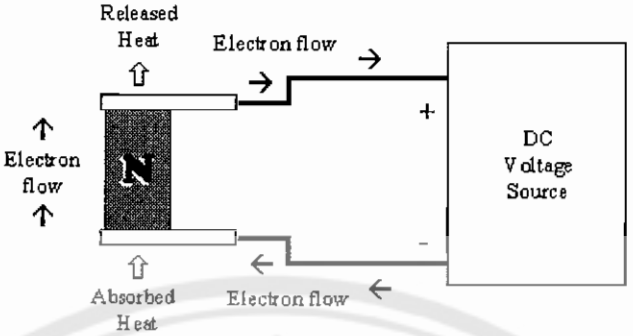
(ก) (ข)

ภาพ 6 ลักษณะการต่อวงจรของเพลเทียร์

เมื่อมีการป้อนกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายนอกไหลผ่านเข้าไปในวงจรดังภาพ 6 (ก) จะทำให้จุดต่อ T1 มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดต่อ T3 และในทางกลับกัน เมื่อมีการป้อนกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายนอกไหลผ่านเข้าไปในวงจร ดังภาพ 6 (ข) จะทำให้จุดต่อ T3 มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดต่อ T1 ซึ่งจากการค้นพบของซีเบ็คและเพลเทียร์ทำให้การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเทอร์โมอิเล็กตริก (thermoelectric, TE) พัฒนาขึ้นและเป็นไปอย่างกว้างขวาง

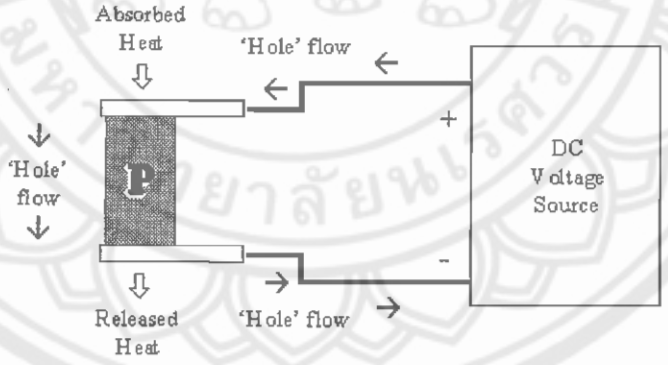
2 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล

เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล สร้างจากวัสดุประเภทสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) โดยเมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลที่ใช้สารกึ่งตัวนำแบบชนิดพี-เอ็น (P-N type) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัสดุที่ทำจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน ส่งผลให้เกิดแรงดันทางไฟฟ้า และทำให้มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิเกิดขึ้นระหว่างขั้วทั้งสอง โดยเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าไหลผ่านสารกึ่งตัวนำแบบชนิดเอ็น (N type) ดังภาพ 7 จะเกิดการไหลของอิเล็กตรอนจากทางขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และในขณะเดียวกันก็จะเกิดการดูดกลืนความร้อน (absorbed heat) จากด้านลบของสารกึ่งตัวนำไประบายความร้อนออก (released heat) ที่ปลายด้านบวกของสารกึ่งตัวนำ



ภาพ 7 ลักษณะการไหลของอิเล็กตรอนของวัสดุกึ่งตัวนำแบบเอ็น

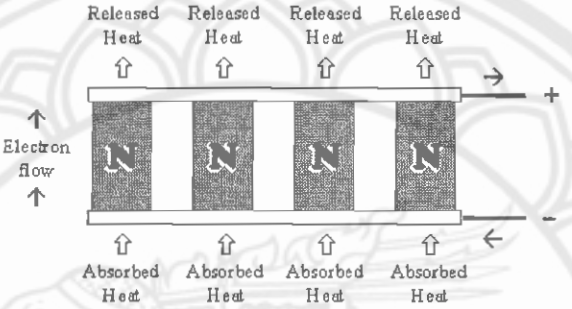
ลักษณะการไหลของโฮลของสารกึ่งตัวนำแบบพี ดังภาพ 8 จะมีลักษณะการไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับการไหลของอิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำแบบชนิดเอ็น คือเมื่อมีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่สารกึ่งตัวนำแบบชนิดพีนั้นจะเกิดการไหลของโฮลจากทางด้านขั้วบวกไปยังขั้วลบ และเกิดการดูดกลืนความร้อนจากทางประจุบวกของสารกึ่งตัวนำแบบชนิดพีแล้วไประบายความร้อนออกที่ทางด้านประจุลบ จึงได้มีการนำเอาข้อดีสารกึ่งตัวนำทั้งสองมาใช้รวมกันในชุดของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล



ภาพ 8 ลักษณะการไหลของโฮลของวัสดุกึ่งตัวนำแบบพี

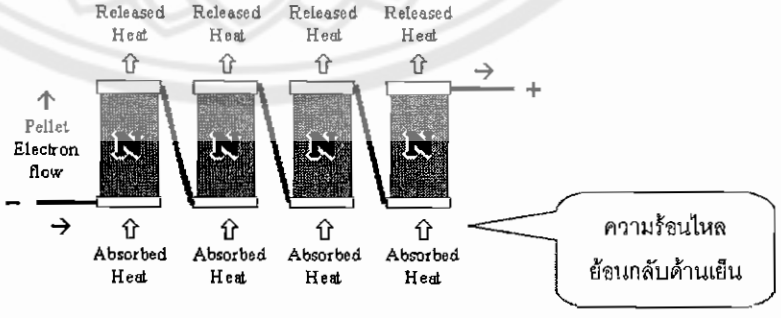
2.1 ลักษณะการเชื่อมต่อของสารกึ่งตัวนำ

หากต้องการนำเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลมาใช้ในการทำความเย็นหรือความร้อน การนำสารกึ่งตัวนำแบบชนิดเอ็นหลายตัวมาต่อขนานกันนั้นก็ทำได้ง่ายมาก ดังภาพ 9 การไหลและทิศทางของด้านร้อนและด้านเย็นก็สามารถที่จะควบคุมได้ง่าย แต่ด้วยข้อจำกัดที่ว่า สารกึ่งตัวนำแบบชนิดเอ็นนั้นมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าค่อนข้างต่ำประมาณ 10 mV ต่อหนึ่งชุด



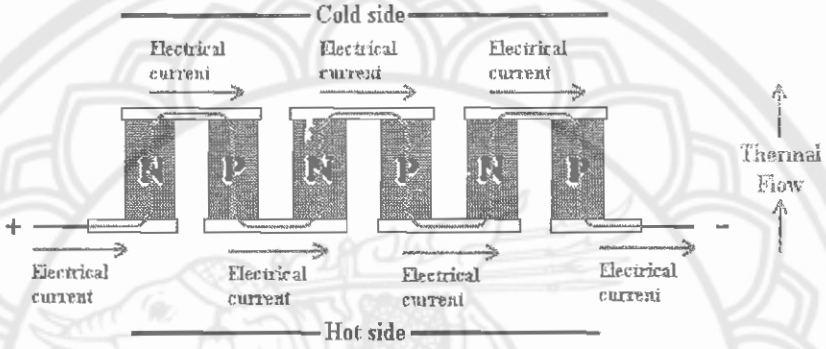
ภาพ 9 ลักษณะการเชื่อมต่อของวัสดุกึ่งตัวนำแบบชนิดเอ็นต่อขนานกัน

ดังนั้นหากต้องการให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ตามต้องการ จึงต้องมีนำวัสดุกึ่งตัวนำแบบชนิดเอ็นหลาย ๆ ชุดมาต่ออนุกรมกัน ดังภาพ 10 แต่ข้อเสียของการนำวัสดุกึ่งตัวนำแบบชนิดเอ็นหลาย ๆ ตัวมาต่อกันนั้นจะยากในการควบคุมทิศทางของด้านร้อนและด้านเย็นความร้อนส่วนหนึ่งจะไหลย้อนกลับมาทางด้านเย็นตามสายต่อระหว่างประจุบวกและประจุลบของวัสดุกึ่งตัวนำการต่อ หรือเรียกว่าการลัดวงจรของความร้อนซึ่งเป็นการยากที่จะป้องกันการไหลย้อนกลับของความร้อน



ภาพ 10 ลักษณะการต่อเชื่อมของสารกึ่งตัวนำแบบชนิดเอ็นต่ออนุกรมกัน

การเชื่อมต่อที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือการเชื่อมต่อของสารกึ่งตัวนำแบบชนิดเอ็น และแบบชนิดพี ลักษณะการต่อเป็นคู่ ๆ แบบอนุกรมและแบบขนาน โดยทางด้านไฟฟ้าเป็นการต่อแบบอนุกรมเพื่อให้ได้ขนาดของพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมกับความต้องการ ส่วนการทำความเย็นและความร้อนเป็นการเชื่อมต่อแบบขนานเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำความเย็นให้ดีขึ้น ดังภาพ 11

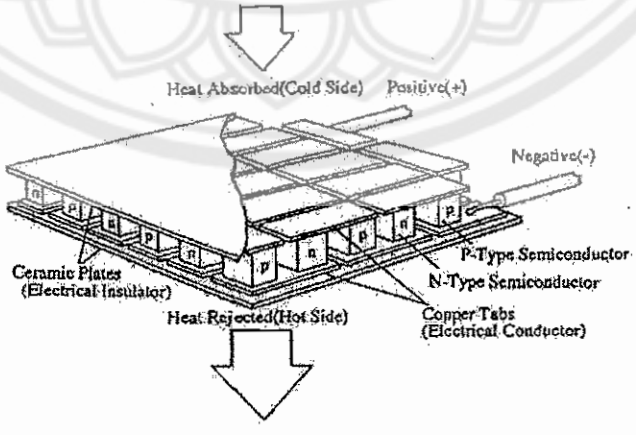


ภาพ 11 ลักษณะการต่อเชื่อมของสารกึ่งตัวนำของชุดเทอร์โมอิเล็กตริก

2.2 ลักษณะของเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล

เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลสามารถแบ่งออกตามลักษณะได้สองแบบคือ

2.2.1 เทอร์โมอิเล็กตริกแบบชั้นเดียว (Single-Stage Peltier Module) มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังภาพ 12



ภาพ 12 เทอร์โมอิเล็กตริกแบบชั้นเดียว

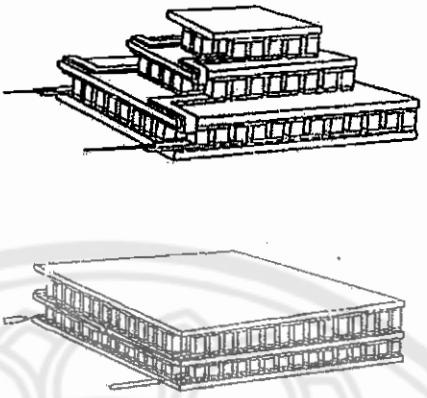
เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลแบบชั้นเดียว เป็นเทอร์โมอิเล็กตริกที่มีผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนกับด้านเย็นในการใช้งานไม่สูง ซึ่งมีค่าอุณหภูมิแตกต่างประมาณ 67 ^{o}C ซึ่งเป็นค่าผลต่างของอุณหภูมิในขณะที่ไม่มีภาระความร้อน ลักษณะของเทอร์โมอิเล็กตริกมีหลายรูปแบบ ทั้งขนาดและรูปร่าง อีกทั้งมีสมบัติหลายอย่างให้เลือกตามลักษณะการใช้งาน เช่น ค่ากระแสไฟฟ้าค่าแรงดันไฟฟ้าและความสามารถในการถ่ายเทความร้อน เป็นต้น โดยสามารถสรุปลักษณะและสมบัติได้ดังนี้คือ

1) ขนาดพื้นที่ผิวหน้าเซรามิก 1.8X3.4 mm^2 ถึง 62X62 mm^2
2) ขนาดความสูงตั้งแต่ 2.54 mm ถึง 5.8 mm
3) ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงสุดตั้งแต่ 0.2 Watts ถึง 125 Watts
4) ค่ากระแสสูงสุดตั้งแต่ 0.8 Amp ถึง 60 Amp
5) ค่าแรงดันสูงสุดตั้งแต่ 0.4 Volts ถึง 15.4 Volts

2.2.2 เทอร์โมอิเล็กตริกแบบหลายชั้น (Multistage Thermoelectric Module) เทอร์โมอิเล็กตริกแบบหลายชั้นจะมีการต่อตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป ลักษณะของเทอร์โมอิเล็กตริกแบบหลายชั้น ดังภาพ 13 ลักษณะและสมบัติของเทอร์โมอิเล็กตริกแบบหลายชั้น ที่สำคัญคือ

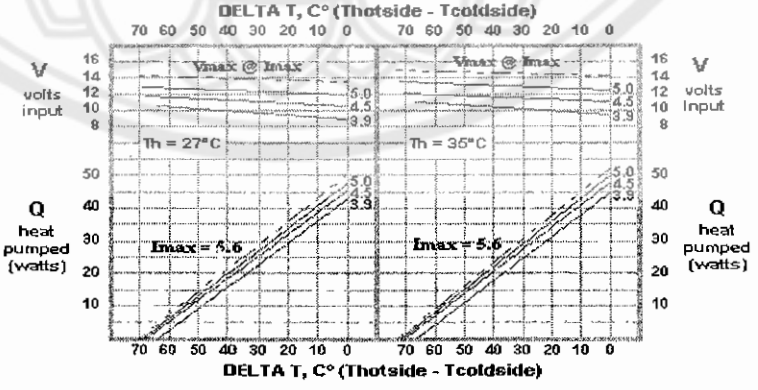
1) พื้นที่ผิวด้านเย็นมีขนาดตั้งแต่ 3.2X3.2 mm^2 ถึง 62X62 mm^2
2) พื้นที่หน้าดัดด้านร้อนขนาดตั้งแต่ 3.8X3.8 mm^2 ถึง 62X62 mm^2
3) ขนาดความสูงตั้งแต่ 3.8 mm ถึง 21.4 mm
4) ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงสุดตั้งแต่ 0.39 Watts ถึง 59 Watts
5) ค่ากระแสสูงสุดตั้งแต่ 0.7 Amp ถึง 9.5 Amp
6) ค่าแรงดันสูงสุดตั้งแต่ 0.8 Volts ถึง 14 Volts

ซึ่งจำนวนชั้นของเทอร์โมอิเล็กตริกแบบหลายชั้น มีการเชื่อมต่อตั้งแต่ 2 ชั้น จนถึง 6 ชั้น



ภาพ 13 เทอร์โมอิเล็กตริกแบบหลายชั้น

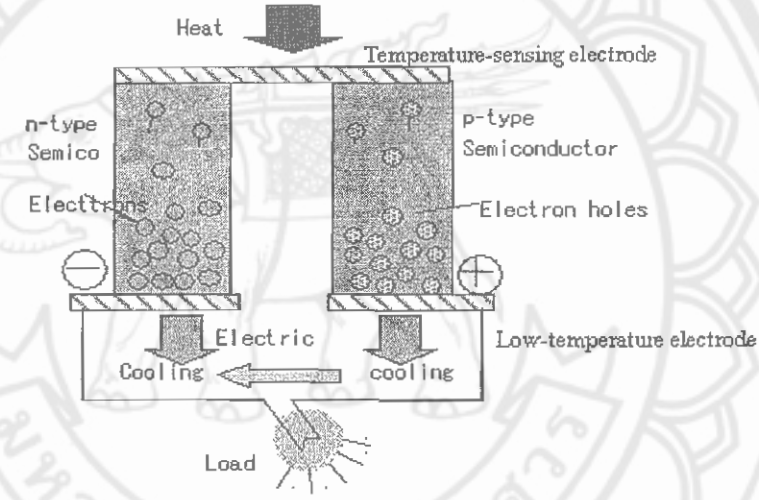
ก่อนการเลือกใช้เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล ควรมีการหาค่าตัวแปรที่สำคัญเบื้องต้น 3 อย่าง คือ อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริก (cold surface temperature, Tc) อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กตริก (hot surface temperature, Th) และปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเทออกที่ผิวด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริก เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้เทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลที่เหมาะสมต่อไป การถ่ายเทความร้อนที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กตริก มีความสำคัญต่อการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริกมาก เพราะถ้าไม่สามารถถ่ายเทความร้อนที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กตริกออกได้ ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริกก็จะไม่สามารถเย็นลงได้ โดยตัวแปรที่สำคัญในการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมอิเล็กตริกด้านร้อน คือ อุณหภูมิแวดล้อมที่รองรับความร้อนที่ถ่ายเทจากเทอร์โมอิเล็กตริก และประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ดังภาพ 14



ภาพ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านร้อน - เย็น และความสามารถในการทำความเย็นของชุดเทอร์โมอิเล็กตริก

3 หลักการผลิตกระแสไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กตริก

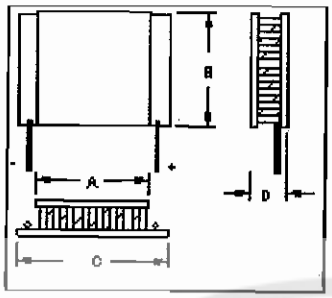
การผลิตกระแสไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กตริก คือการแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือการแปลงพลังงานความร้อนที่ถ่ายโอนจากด้านร้อนสู่ด้านเย็นเป็นพลังงานไฟฟ้า มีหลักการทำงานคือ นำเทอร์โมอิเล็กตริกซนิดพีและซนิดเอ็นมาเชื่อมต่อด้านร้อนเข้าด้วยกัน เมื่อด้านร้อนมีความร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น พิจารณาสารกึ่งตัวนำซนิดเอ็นจะเกิดการไหลของอิเล็กตรอนจากทางด้านร้อนของสารกึ่งตัวนำไปยังด้านเย็นของสารกึ่งตัวนำ ในทางกลับกัน พิจารณาสารกึ่งตัวนำซนิดพีจะเกิดการไหลของโฮลจากทางด้านร้อนของสารกึ่งตัวนำไปยังด้านเย็นของสารกึ่งตัวนำ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าจากการถ่ายโอนประจุระหว่างขั้วทั้งสอง ดังภาพ 15



ภาพ 15 การผลิตกระแสไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กตริก

4 เทอร์โมอิเล็กตริกกับการประยุกต์ใช้

ปัจจุบันเทอร์โมอิเล็กตริกมีการผลิตออกมาแข่งขันกันหลายบริษัทด้วยกันจากหลายประเทศ (ดังตัวอย่างตามตาราง 1) เช่น ยูเครน ซึ่งมีสถาบันวิจัยทางด้านนี้โดยตรง สาธารณรัฐประชาชนจีน สหรัฐอเมริกา และรัสเซีย เป็นต้น ซึ่งแต่ละบริษัทก็มีลักษณะและรูปแบบที่ใกล้เคียงกันมาก ดังภาพ 16 ดังนั้นการซื้อชุดเทอร์โมอิเล็กตริกมาประยุกต์ใช้ จึงจำเป็นต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะของการใช้งาน ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ขนาดและพื้นที่ผิวของชุดเทอร์โมอิเล็กตริกก็มีความสำคัญในการนำมาประยุกต์ใช้



XX-X-X-XX

จำนวนของชุดพี เอ็น

ลักษณะการใช้งาน

CP: ทำความเย็นและความร้อน

TEG:ผลิตไฟฟ้า

ภาพ 16 ลักษณะของชุดเทอร์โมอิเล็กตริก

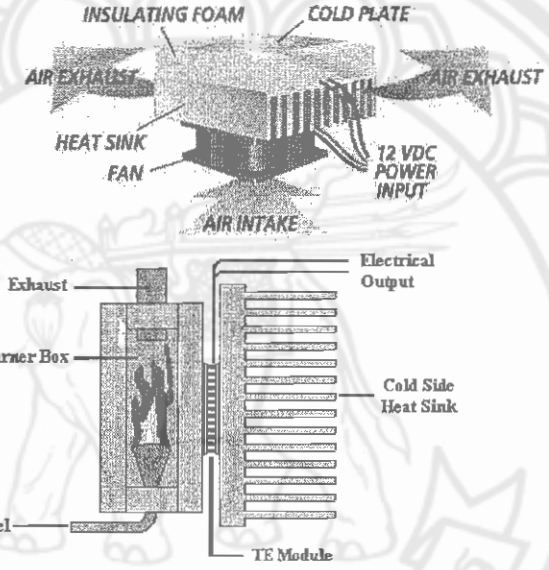
ตาราง 1 (ก) ตัวอย่างชุดเทอร์โมอิเล็กตริกที่มีขายในปัจจุบัน (Cooling module)

Type	I_{max} (Amps)	Hot face T_h= 25°C			Dimensions (mm)			
		Q_{max} (Watts)	V_{max} (Volts)	ΔT_{max} (K)	A	B	C	D
MT1-1,6-7	3.0	1.4	0.85	69	8	8	8	3.6
MT1-1,6-17	3.0	3.5	2.06	69	12	12	12	3.6
MT1-1,6-31	3.0	6.5	3.75	69	15	15	15	3.6
MT1-1,6-63	3.0	13.1	7.62	69	15	30	30	3.6
MT1-1,6-71	3.0	14.8	8.60	69	23	23	23	3.6
MT1-1,6-127	3.0	26.5	15.4	69	30	30	30	3.6

ตาราง 2 (ข) **ตัวอย่างชุดเทอร์โมอิ**เล็กตริกที่มีขายในปัจจุบัน (Power module)

Type	I_{max} (Amps)	Hot face T_h= 25°C			Dimensions (mm)			
		Q_{max} (Watts)	V_{max} (Volts)	ΔT_{max} (K)	A	B	C	D
TEP1-1263-3.4	0.6	2.6	4.3	260	30	30	30	4
TEP1-12635-3.4	0.66	2.8	4.3	260	35	35	35	4
TEP1-1264-3.4	0.6	2.6	4.3	260	40	40	40	4
TEP1-1264-1.5	1.4	5.9	4.2	260	40	40	40	4
TEP1-12656-0.8	2.5	10.5	4.2	260	56	56	56	4
TEP1-12656-0.6	3.5	14.7	4.2	260	56	56	56	4

ชุดเทอร์โมอิเล็กตริกได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ ลักษณะงานดังภาพ 17 ซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาใช้ในสเกลเล็ก ๆ ที่ระบบทำความเย็นหรือความร้อนไม่สามารถทำได้หรือหากทำได้ก็มีต้นทุนที่สูง เช่น ระบบระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตู้แช่ขนาดเล็ก ๆ ระบบผสมผสานที่ต้องการใช้ทั้งความเย็นและความร้อนในเวลาเดียวกัน หรือการนำความร้อนทิ้งมาใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า



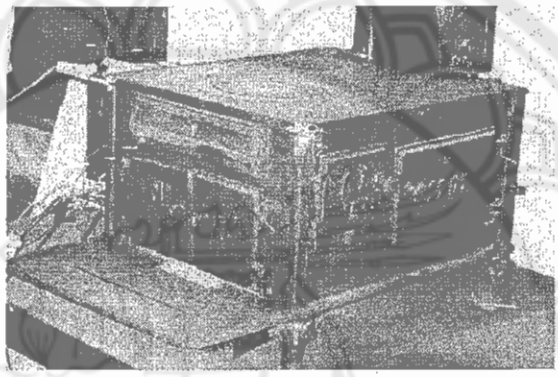
ภาพ 17 แบบการนำชุดเทอร์โมอิเล็กตริกมาประยุกต์ใช้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

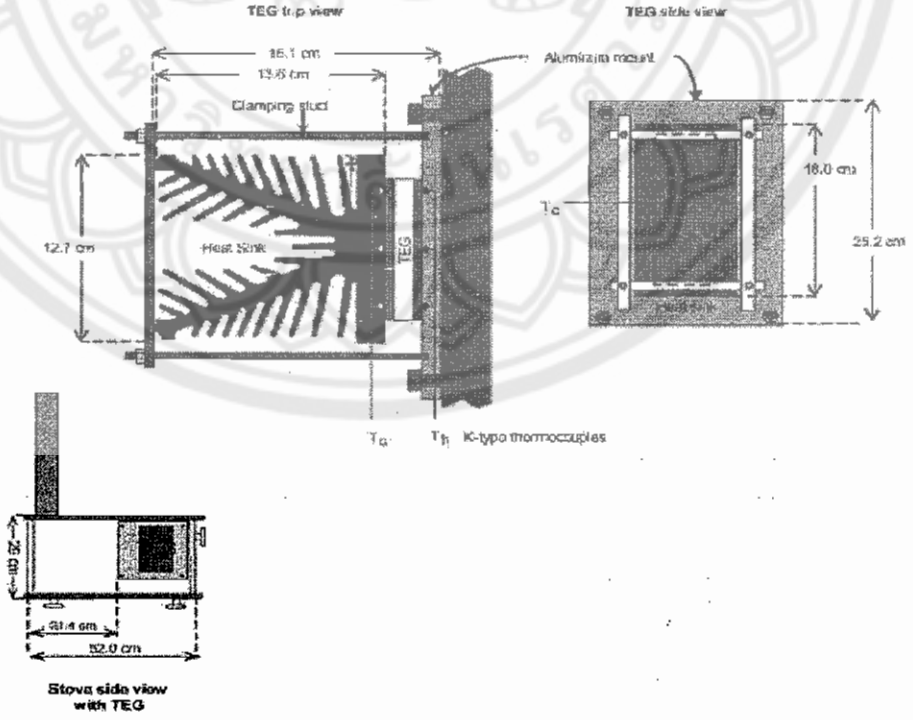
นักวิจัยหลายสาขามีแนวทางการศึกษาและทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำเทอร์โมอิเล็กตริกมาใช้กับระบบผลิตกระแสไฟฟ้า ทั้งนี้ล้วนแต่คำนึงถึงสมรรถนะในการผลิตกระแสไฟฟ้าและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจะกล่าวโดยสังเขป ดังนี้

Rida Y. Nuwayhid [6] ได้ทำการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กตริกไว้กับตู้อบที่ทำจากไม้สำหรับใช้ภายในบ้าน แสดงดังภาพ 18 และ 19 โดยระบบที่ใช้ต้องไม่มีราคาแพงจนเกินไป การระบายความร้อนออกจากด้านเย็นอาศัยการพาความร้อนตามธรรมชาติโดยใช้แผ่นระบายความร้อนที่มี

ขายตามท้องตลาด การวิจัยนี้ถูกควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่าอุณหภูมิติดไฟของไม้และให้มีไฟฟ้าไหลในวงจรตลอดเวลา กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด 4.2 Watts และยังพบว่าการใช้แผ่นระบายความร้อนแผ่นเดียวสำหรับการระบายความร้อนจากจากเทอร์โมอิเล็กตริกหลายโมดูลจะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กตริกลดลง

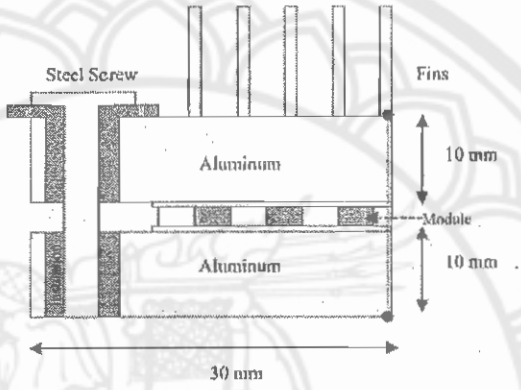


ภาพ 18 ตู้อบที่ทำจากไม้สำหรับใช้ภายในบ้าน



ภาพ 19 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กตริกกับตู้อบที่ทำจากไม้

Min G. [7] ได้ศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากปล่องเตาผิง พบว่าความร้อนที่ได้จากเตาผิงมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 100-300 ^{o}C ซึ่งสามารถใช้ชุดเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล TEC1-12708 จำนวน 2 โมดูลในการผลิตไฟฟ้าได้ 20-50 kW ซึ่งเพียงพอสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กภายในครัวเรือน แสดงดังภาพ 20

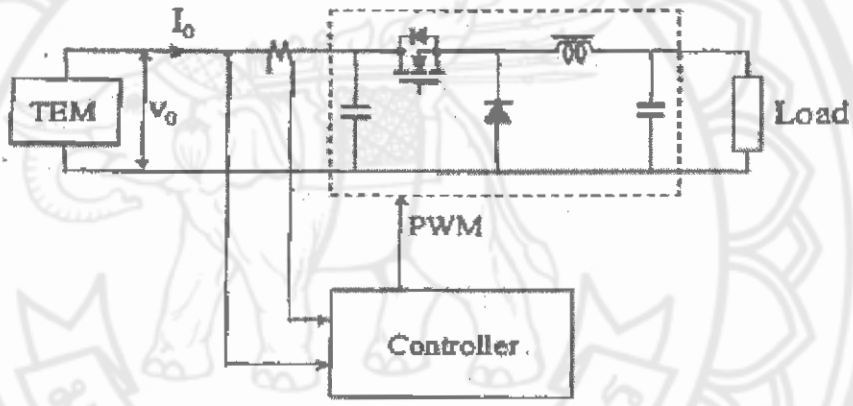


ภาพ 20 ระบบผลิตไฟฟ้าจากปล่องเตาผิง

Rahman M. [8] ได้ศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ชุดเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลเพื่อการประจุแบตเตอรี่ พบว่าสามารถใช้ชุดเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลผลิตไฟฟ้าสำหรับการประจุแบตเตอรี่ของเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา ภายในระบบประกอบด้วย ชุดเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล แก๊สบิวเทน (butane gas) และระบบแปลงไฟกระแสตรง (DC to DC) โดยระบบสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 5 W ทำให้แบตเตอรี่ของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาสามารถประจุไฟฟ้าเพื่อการใช้งานได้นานขึ้นสองเท่า

Richard J. และ Pual G. [9] ได้ศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ชุดเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลสำหรับทำความเย็น พบว่าชุดเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลสำหรับทำความเย็นสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีที่อุณหภูมิไม่เกิน 500 K หรือที่ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นไม่เกิน 300 K จึงสามารถใช้เป็นทางเลือกสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจาก มีราคาถูกและการทำงานที่มีเสถียรภาพ

Hirochi Nagayoshi [10] อธิบายเปรียบเทียบถึงการควบคุมไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กตริกผลิตได้ให้มีความราบเรียบ เพื่อให้เทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้าคงที่มากที่สุด ในการวิจัยได้ทำการเพิ่ม DC to DC converter ระหว่างเทอร์โมอิเล็กตริกและโหลด ผลที่ได้รับพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับมีความราบเรียบเสมือนกับการควบคุมความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริกให้คงที่ ในอีกด้านพบว่ามีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือกรณีที่มีความถี่ไฟฟ้าสูงขึ้น ซึ่งอาจสูงสุดถึงร้อยละ 20 แต่จะมีค่าลดน้อยลงเมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กตริกมีความแตกต่างสูง แสดงการเชื่อมต่อวงจรดังภาพ 21

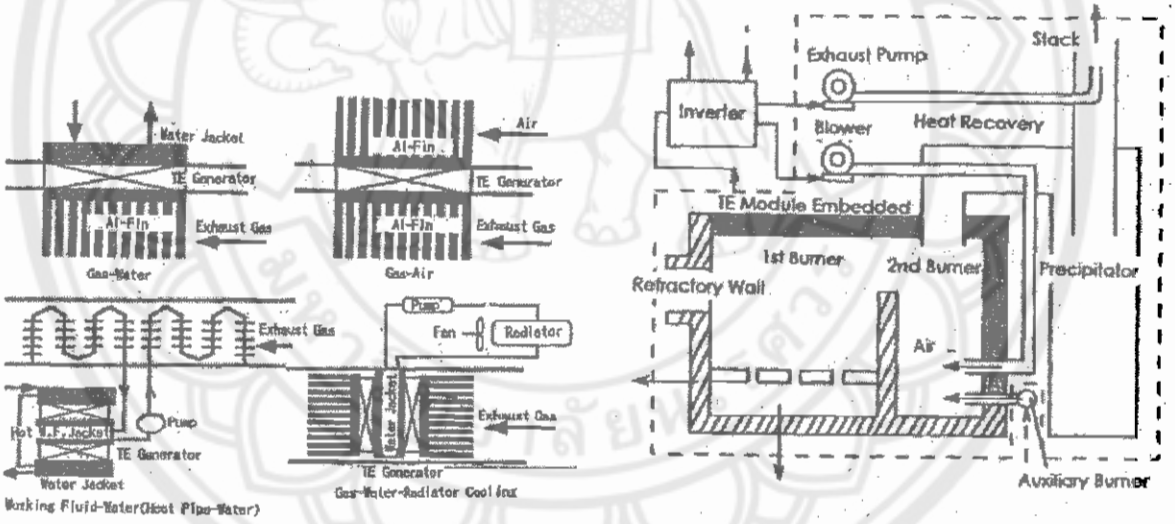


ภาพ 21 การเชื่อมต่อวงจร DC to DC converter

Rowe D. M. [11] ได้ศึกษาความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าของชุดเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล โดยคิดจากกำลังไฟฟ้าลัพธ์ ความสามารถในการแปลงพลังงาน และเสถียรภาพของระบบ พิจารณาจาก กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อพื้นที่ ราคาต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ และอายุการใช้งานของชุดเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูล พบว่าชุดเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลมีความสามารถในการแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 5

Takenobu Kajikawa [12] ศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กตริกโดยใช้ความร้อนสูญเสียจากการเผาขยะในประเทศญี่ปุ่น โดยทำการศึกษาในส่วนที่เป็นทฤษฎีและความเป็นไปได้ในภาคปฏิบัติ คุณสมบัติสำคัญที่ได้จากเตาเผาขยะคือความร้อนที่มีอุณภูมิที่เหมาะสมกับเทอร์โมอิเล็กตริกในการผลิตไฟฟ้า สิ่งที่ได้รับจากการศึกษาครั้งนี้คือการอภิปรายและแนวทางในการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าดังกล่าว

Takenobu Kajikawa [13] ศึกษาสถานะภาพและอนาคตในการพัฒนาระบบเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากเตาเผาขยะของเทศบาล ทำการทดลองผลิตไฟฟ้าในระดับไม่เกิน 500 Watts โดยติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้ากับเตาเผาขยะของเทศบาลเพื่อให้ได้ผลการทดลองจริงและทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับการพัฒนาระบบที่ใหญ่ขึ้น การประมาณการต้นทุนต่อหน่วยของระบบประมาณ 150,000 Baht/kW แสดงดังภาพ 22



ภาพ 22 ระบบเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากเตาเผาขยะของเทศบาล

สรุปผลที่ได้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กตริกมาประยุกต์ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย การเลือกใช้ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าแบบใช้เทอร์โมอิเล็กตริกได้คำนึงถึงระบบและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการทำงานของระบบ ไม่ว่าจะเป็น การออกแบบระบบผลิตกระแสไฟฟ้า จำนวนเทอร์โมอิเล็กตริกโมดูลที่เหมาะสม เป็นต้น

TP
363
ส๖๓๙
2550
ค2 23 พ.ย. 2550
1,373,707 ค.2
สำนักหอสมุด

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า การออกแบบระบบให้ดีและเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมจะส่งผลให้สมรรถนะในการทำงานของระบบดีขึ้น ประหยัดค่าบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน รวมถึงความสะดวกในการใช้งาน

งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดออกแบบเครื่องอบแห้งให้มีความสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ภายในเครื่องอบแห้ง เพื่อลดข้อจำกัดการต้องการพลังงานไฟฟ้าเพื่อป้อนให้กับพัดลมที่ใช้ในเครื่องอบแห้ง เพื่อเพิ่มความสะดวกในการนำเครื่องอบแห้งไปใช้ในพื้นที่ที่ไม่กระแสไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้า โดยการออกแบบระบบเทอร์โมอิเล็กตริกผลิตกระแสไฟฟ้าจากความร้อนทิ้งจากปล่องไอเสียและผนังเตาเผาไหม้ของเครื่องอบแห้งชีวมวล