O-EM10

แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษในประเทศไทย

Simulation of Conservation and Efficiency for Paper Industry in Thailand

พีนัท ประจักษ์วงศ์[1] ,วรรัตน์ ปัตรประกร[1],พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12120 E-mail: peanut_p@dede.go.th, pworarat@engr.tu.ac.th

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12120 E-mail: bporr@engr.tu.ac.th

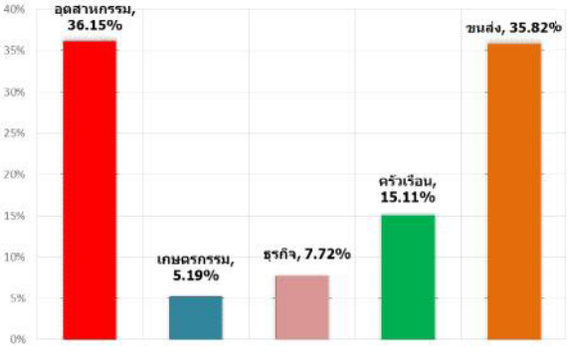
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาลักษณะการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษ จากข้อมูลของโรงงานที่ได้จัดทำรายงานการจัดการพลังงานส่งให้แก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 94 แห่ง โดยหามาตรการที่มีการดำเนินการมากในอุตสาหกรรมประเภทนี้จำนวน 10 อันดับแรก และนำมาสร้างแบบจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีการของสมการถดถอย ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานกับผลประหยัดและเงินลงทุน พบว่าสามารถประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษได้โดยสรุปเป็นผลประหยัดได้ 119,668,969.72 เมกะจูล/ปีคิดเป็นเงิน 132,965,521.91 บาท/ปีหรือเทียบได้เป็น2.83 ktoe/ปี จากนั้นวิเคราะห์หาสัดส่วนโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมจากภาครัฐจำนวน 5 โครงการ อันได้แก่โครงการส่งเสริมมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม(Direct Subsidy), โครงการสิทธิประโยชน์ทางภาษี, โครงการค้นหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ, โครงการอบรมเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรในรงงานควบคุมและโครงการประชาสัมพันธ์ต่างๆ พบว่าในมาตรการที่มีการลงทุนควรให้การสนับสนุนโดยโครงการDirect Subsidyมากที่สุด ส่วนในมาตรการที่ไม่มีการลงทุนควรให้ความสำคัญกับโครงการอบรมเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรในรงงานควบคุม เป็นลำดับแรก

คำสำคัญ: การอนุรักษ์พลังงาน, อุตสาหกรรมกระดาษ, สมการถดถอย, โครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

1. ที่มาและความสำคัญ

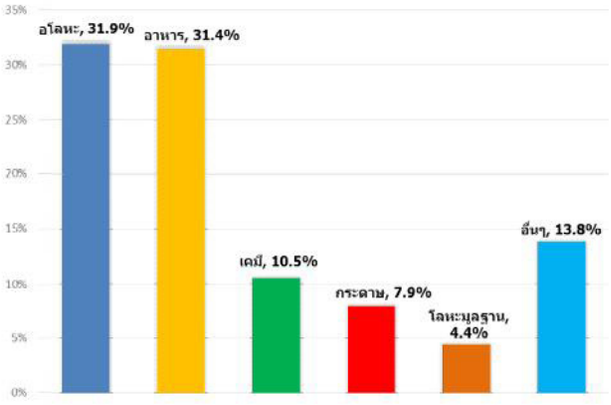
ในปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง จากข้อมูลของกระทรวงพลังงาน [1] พบว่าการใช้พลังงานรวมของประเทศยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2556 พบว่าประเทศไทยมีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 75,214พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 2.6โดยภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคส่วนที่มีการใช้มากที่สุดอยู่ที่ 27,193ktoeคิดเป็น ร้อยละ 36.15 รองลงมาเป็นภาคขนส่งมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 26,943ktoe คิดเป็นร้อยละ 35.82 ถัดมาเป็นภาคครัวเรือนมีการใช้พลังงาน 11,367ktoeคิดเป็นร้อยละ 15.11 ส่วนภาคธุรกิจมีการใช้พลังงาน 5,805ktoeและภาคเกษตรกรรมมีการใช้พลังงาน 3,069 ktoe ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 7.72 และ 5.19 ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1สัดส่วนการใช้พลังงานรวมของประเทศ

จากภาวะวิกฤตพลังงานดังกล่าวประเทศไทยได้มีการจัดทำแผนด้านการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้เกิดความมั่นคงด้านพลังงาน คือแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573)[2] ซึ่งได้ตั้งเป้าหมายให้มีการลดการใช้ “ความเข้มการใช้พลังงาน” (Energy Intensity) หรือปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) ลงร้อยละ 25 ภายในปี 2573 โดยใช้ปี 2548 เป็นปีฐานโดยที่เป้าหมายที่สำคัญ คือ ภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงพิจารณาการใช้พลังงานแยกตามภาคอุตสาหกรรมพบว่ามีมีการใช้พลังงานงานในอุสาหกรรมอโลหะอยู่ที่ 7,406 ktoe หรือคิดเป็นร้อยละ 31.9 อุตสาหกรรมอาหารมีใช้พลังงาน 7,282 ktoe หรือร้อยละ 31.4 อุตสาหกรรมเคมี ใช้พลังงาน 2,439 ktoe หรือร้อยละ

10.5 อุตสาหกรรมการดาษมีใช้พลังงาน 1,836ktoe หรือร้อยละ 7.9 และอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานมีการใช้พลังงาน 1,030 ktoe หรือคิดเป็นร้อยละ 4.4ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามภาคอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมกระดาษเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศมีแนวโน้มการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้แนวโน้มของการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างต้นทุนของการผลิตกระดาษ พบว่าต้นทุนด้านพลังงานมีค่าสูงรองจากต้นทุนด้านวัตถุดิบและสารเคมี ซึ่งการลดต้นทุนด้านวัตถุดิบและสารเคมีนั้นจะทำได้ยากกว่าการลดต้นทุนด้านพลังงาน เนื่องจากเป็นส่วนที่โรงงานไม่สามารถควบคุมได้ เพราะขึ้นอยู่กับกลไกของการตลาด ในขณะที่การลดต้นทุนด้านพลังงานสามารถทำได้ง่ายกว่าโดยการบริหารจัดการการใช้พลังงานภายในโรงงาน ซึ่งการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ต้นทุนของการผลิตกระดาษลดลงได้

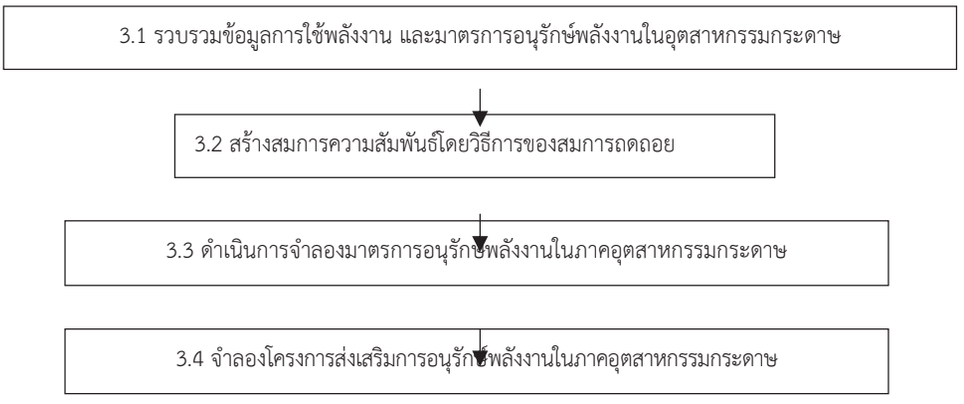
งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาลักษณะการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษ จากข้อมูลของโรงงานที่ได้จัดทำรายงานการจัดการพลังงานและส่งให้แก่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยหามาตรการที่มีการดำเนินการมากในอุตสาหกรรมประเภทนี้จำนวน 10 อันดับแรก และนำมาสร้างแบบจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อใช้ประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษ และวิเคราะห์หาสัดส่วนโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมจากภาครัฐ เพื่อนำมากำหนดเป็นนโยบายในการดำเนินโครงการฯ ให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานได้จริง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัชรมาศ นุ่มดี, จันทนา จันทโร และไชยะ แช่มช้อย (2554) ได้จัดทำงานวิจัยเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามแนวทางการจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมในกลุ่มอุตสาหกรรม 4 กลุ่มได้แก่อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม, อุตสาหกรรมสิ่งทอ, อุตสาหกรรมกระดาษและอุตสาหกรรมเคมีโดยสร้างสมการเชิงเส้นแบบง่ายแสดงความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานและปริมาณการผลิตในแต่ละอุตสาหกรรมคำนวณค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ทำให้ได้สมการตัวแทนการใช้พลังงานและค่าของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมย่อยซึ่งค่านี้จะใช้เป็นค่าอ้างอิงเพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีลักษณะการผลิตใกล้เคียงกันและตรวจติดตามการใช้พลังงาน โดยประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติ คือ กราฟ CUSUM ซึ่งกราฟนี้แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้พลังงาน โดยพบว่าอุตสาหกรรมกระดาษมีการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานมากที่สุดจึงจำเป็นต้องให้ความสนใจในการดำเนินการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานในกลุ่มนี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [3]

วริศรา แสงวิเชียร ได้ทำการการศึกษา และค้นคว้าในการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้วิธีการจำลองรูปแบบการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานโรงงานควบคุมในอุตสาหกรรมสิ่งทอจำนวน 128แห่ง จากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และใช้สมการถดถอยตัวแปรเดียวแบบเชิงเส้น วิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์จากตัวแปรต่างๆ ซึ่งได้แก่ปริมาณการใช้พลังงาน, ผลประหยัด และเงินลงทุนโดยทำการเลือกตัวอย่างจากโรงงานควบคุม 128 แห่ง ที่ส่งรายงานการจัดการพลังงาน ซึ่งสามารถสรุปผลประหยัดจากการจัดทำมาตรการการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอจำนวน 10 มาตรการได้ถึง 380,226,943 บาท โดยต้องใช้เงินลงทุนทั้งสิ้นจำนวน 206,048,331 บาท [4]

3. วิธีการและผลการวิจัย

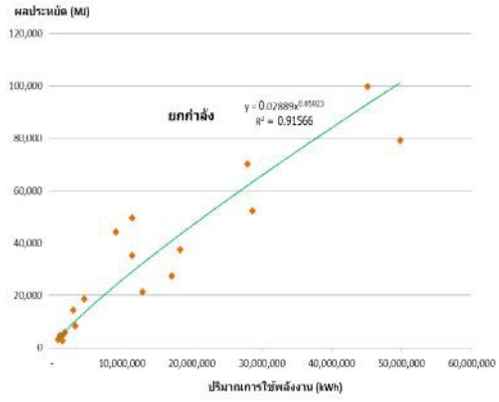


3.1 ทำการรวบรวมข้อมูลของโรงงานควบคุมในอุตสาหกรรมกระดาษที่ส่งรายงานการจัดการพลังงานจากฐานข้อมูลอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน[5] ได้แก่ TSIC-ID, ปริมาณการใช้พลังงาน, ชื่อมาตรการที่ดำเนินการ, ชื่ออุปกรณ์ที่ปรับปรุง, ผลการประหยัดจากการดำเนินการมาตรการและเงินลงทุนในการดำเนินการมาตรการ โดยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบ วิเคราะห์ และคัดเลือกข้อมูลที่เหมาะเพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมกระดาษ 10 อันดับแรก โดยพิจารณาจากความถี่ของโรงงานที่ดำเนินการมาตรการสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

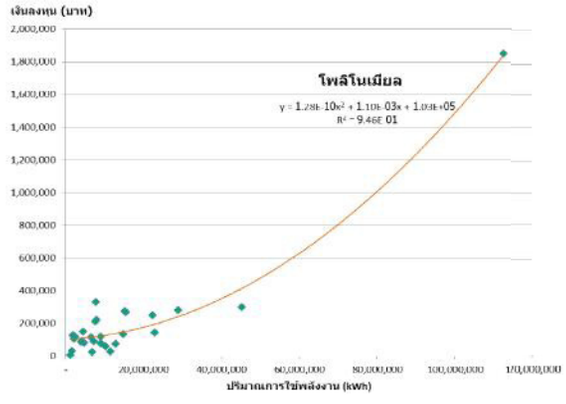
ตารางที่ 1 มาตรการ10 อันดับแรกที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมกระดาษ

ลำดับ	มาตรการ	จำนวนโรงงานที่ทำมาตรการ	ผลประหยัด (kWh)	ผลประหยัด (บาท)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	47	5,303,687.38	21,214,749.52	10,636,704.60	2.01
2	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	27	6,707,237.51	26,828,950.04	12,067,342.00	1.80
3	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	31	5,876,725.71	23,506,902.84		
4	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	31	1,085,102.68	4,340,410.72		
5	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	20	2,054,984.62	8,219,938.48		
6	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	19	6,572,322.80	26,289,291.20	18,256,382.40	2.78
7	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	12	356,641.74	1,426,566.96		
8	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	12	623,538.18	2,494,152.72		
9	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	10	10,472,079.14	41,888,316.56		
10	การควบคุมระดับความดันของอากาศอัด	9	367,597.87	1,470,391.48		
รวม			39,419,917.63	157,679,670.52	40,960,429.00	1.04

3.2 หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงาน (อินพุท) กับผลประหยัด (เอาท์พุท) และการใช้พลังงาน (อินพุท) กับเงินลงทุน (เอาท์พุท) ในแต่ละมาตรการที่ได้จากข้อ 3.1. โดยใช้วิธีของสมการถดถอย ซึ่งประกอบไปด้วยสมการแบบเชิงเส้น, โพลิโนเมียล, ลอการิทึม, ยกกำลัง และเอ็กซ์โพเนนเชียล, จากนั้นทำการเลือกชนิดของสมการที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากสมการที่มีค่า R^2 (R-Square) สูงที่สุด ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3และ 4



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) กับผลการอนุรักษ์พลังงาน (kWh) ในมาตรการกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) กับเงินลงทุน (บาท) ในมาตรการลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟ

3.3 นำสมการถดถอยที่ได้จากข้อ 3.2 มาใช้จำลองผลในโรงงานที่ยังไม่ได้ดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อจำลองหาเอาต์พุต คือ ผลประหยัด และเงินลงทุนจากการดำเนินการ 10 มาตรการดังกล่าวโดยจำนวนพิจารณาถึงความน่าจะเป็นของจำนวนโรงงานที่คาดว่าจะดำเนินการในมาตรการนั้นๆด้วย เช่น ในมาตรการลดจำนวนวัตต์หลอดไฟฟ้ามีความน่าจะเป็นของจำนวนโรงงานที่จะดำเนินการร้อยละ 50, ร้อยละ 60, ร้อยละ 70, ร้อยละ 80 ,ร้อยละ 90 และร้อยละ 100 อยู่ที่ 0.30,0.20, 0.20, 0.15, 0.10และ0.05 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3 และเมื่อจำลองครบทุกมาตรการแล้วสามารถสรุปผลได้ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 การจำลองมาตรการในมาตรการลดจำนวนวัตต์หลอดไฟฟ้า

โรงงานที่คาดว่าจะเข้าร่วม	ผลประหยัดจากสมการ (บาท)	ความน่าจะเป็น	ผลประหยัดที่คาดว่าจะได้ (บาท)
50%	5,150,469.19	0.30	1,545,140.76
60%	6,525,976.93	0.20	1,305,195.39
70%	8,133,826.15	0.20	1,626,765.23
80%	9,096,730.36	0.15	1,364,509.55
90%	10,077,027.34	0.10	1,007,702.73
100%	11,019,950.81	0.05	550,997.54
รวม			**7,400,311.20**

ตารางที่ 4 สรุปผลการจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับ	มาตรการ	จำนวนที่ทำ	จำนวนที่ไม่ได้ทำ	ผลประหยัดที่คาดว่าจะได้ (บาท)	เงินลงทุนที่คาดว่าใช้ (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	47	47	7,400,311.20	3,679,110.96	0.50
2	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	27	67	16,746,447.18	5,409,081.60	0.32
3	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	31	63	4,366,099.66		
4	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	31	63	4,778,034.00		
5	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	20	74	7,453,567.25		
6	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	19	75	25,008,216.16	22,714,506.45	0.91
7	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	12	82	2,140,011.60		
8	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	12	82	18,745,235.13		
9	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	10	84	36,225,841.21		
10	การควบคุมระดับความดันของอากาศอัด	9	85	10,101,758.52		
รวม				**132,965,521.91**	**31,802,699.00**	**0.24**

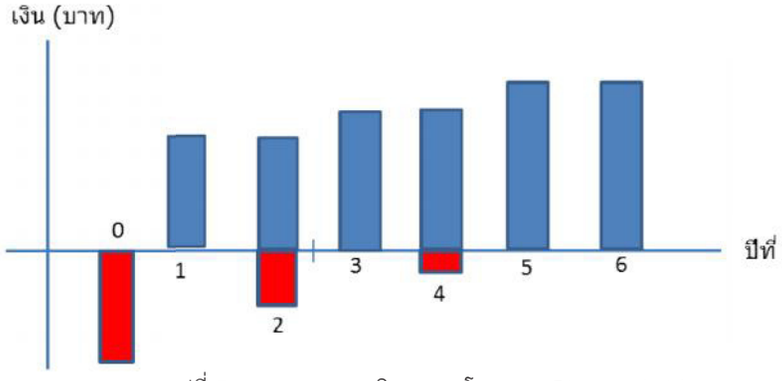
3.4 พิจารณาความเหมาะสมในการนำโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสนับสนุนจากภาครัฐใช้ให้เกิดการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน คำนึงถึงความคุ้มค่าของทางภาครัฐเป็นหลัก มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 นำโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสนับสนุนจากภาครัฐมาพิจารณาความเหมาะสมประกอบไปด้วยโครงการ5 โครงการดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางแสดงรายละเอียดโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานจากภาครัฐ

ลำดับที่	โครงการ	รายละเอียด
1	โครงการส่งเสริมมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม (Direct Subsidy)	สนับสนุนโรงงานในภาคอุตสาหกรรมในการปรับเปลี่ยน หรือติดตั้งเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใหม่ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง โดยสนับสนุนเงินลงทุน 20 % ของเงินลงทุนทั้งหมด
2	โครงการสิทธิประโยชน์ทางภาษี	ยกเว้นภาษีเงินได้สำหรับค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานเป็นจำนวน 25 % ของค่าใช้จ่ายนั้น
3	โครงการค้นหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ	ส่งผู้เชี่ยวชาญเข้าไปในโรงงานเพื่อให้คำแนะนำในการอนุรักษ์พลังงาน และช่วยโรงงานในการค้นหามาตรการอนุรักษ์พลังงาน
4	โครงการอบรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพบุคลากรในโรงงานควบคุม	เปิดจัดการอบรมให้แก่บุคลากรในโรงงานที่สนใจโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย เพื่อให้ความรู้ในการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการพลังงาน เพื่อให้สามารถนำกลับไปใช้ในการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานของตนเองได้
5	โครงการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	จัดทำสื่อด้านต่างๆ อาทิเช่น วิทยุ สื่อสิ่งพิมพ์ วีดิทัศน์ เพื่อให้ความรู้ ความเข้าใจในการอนุรักษ์พลังงาน และเชิญชวนให้เข้าร่วมโครงการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

3.4.2 นำแต่ละโครงการมาเขียนเป็นแผนภาพกระแสเงินสดดังแสดงในรูปที่ 5 เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาหาค่าทางเศรษฐศาสตร์อันได้แก่NPVและ IRR



รูปที่ 5แผนภาพกระแสเงินสดของโครงการ Direct subsidy

3.4.3 ทำการแบ่งสัดส่วนโครงการเบื้องต้นในกรณีที่มีเงินลงทุนอยู่จำนวนหนึ่งเพื่อไปใช้ในการวิเคราะห์หาสัดส่วนที่เหมาะที่สุดในการลงทุนในแต่ละโครงการฯ โดยกำหนดสัดส่วนและข้อมูลเบื้องต้นดังแสดงในตารางที่ 6 จากนั้นทำการทดลองปรับเพิ่มหรือลดสัดส่วนของโครงการจนได้ค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เหมาะดังแสดงตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ตารางแสดงข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการที่มีการลงทุน

โครงการ	สัดส่วนการลงทุน (ร้อยละ)		ความถี่ในการทำ	ผลประหยัด						
	มีลงทุน	ไม่มีลงทุน	โครงการ (ปี/ครั้ง)	ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6
Subsidy	40		2		50%		25%		10%	
TAX	25		3		40%				30%	
ผชช	15	45	1		10%	5%	5%	5%		
ปชส	10	25	1		10%	5%	5%			
อบรม	10	30	1		10%	5%	5%			

ตารางที่7 สรุปผลการจำลองโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมกระดาษ

ลำดับที่	ชื่อมาตรการ	NPV ที่ดีที่สุด	โครงการ				
			subidy	TAX	ผชช	ปชส	อบรม
มีการลงทุนสูง							
1	ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า	฿14,435,295.83	45	25	15	5	10
2	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	฿35,434,171.05	45	25	15	5	10
3	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	฿44,589,887.27	45	25	15	5	10
ไม่มีการลงทุน							
1	การกำหนดเวลาปิด-เปิดอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	฿2,801,524.88			35	35	40
2	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	฿4,448,228.13			35	35	40
3	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกร	฿6,679,652.97			35	35	40
4	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด	฿812,001.59			35	35	40
5	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	฿22,613,610.05			35	35	40
6	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	฿47,539,661.28			35	35	40
7	การควบคุมระดับความดันของอากาศอัด	฿10,978,881.53			35	35	40

4. สรุป

ผลการศึกษาพบว่า การจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในโรงงานควบคุมประเภทอุตสาหกรรมกระดาษที่ยังไม่ได้ดำเนินการในมาตรการ 10 มาตรการแรกที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย เกิดศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน119,668,969.72 เมกะจูล คิดเป็นเงิน 132,965,521.90บาท/ปี หรือเทียบได้เป็น2.83 ktoe/ปีและเพื่อให้เกิดการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานดังกล่าวขึ้น จำเป็นต้องมีโครงการส่งเสริมและสนับสนุนจากภาครัฐ จากการพิจารณาโครงการที่สำคัญ5 โครงการ พบว่าไม่ควรลงทุนในโครงการใดโครงการหนึ่งอย่างเดียวเพียงอย่างเดียว แต่ควรมีการแบ่งสัดส่วนในการดำเนินโครงการเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าที่สุด โดยพบว่าในมาตรการที่มีการลงทุน สัดส่วนของโครงการสนับสนุนจากทางภาครัฐควรเป็น Subsidy 45%,

ภาษี 25%, ผู้เชี่ยวชาญ 15%, ประชาสัมพันธ์ 5%, อบรม 10% และในมาตรการที่ไม่มีการลงทุน สัดส่วนของโครงการสนับสนุนจากทางภาครัฐควรเป็นผู้เชี่ยวชาญ 35%, ประชาสัมพันธ์ 35%, อบรม 40% จึงจะส่งผลให้ภาครัฐเกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาผศ.ดร.วรรัตน์ ปัตรประกร และ ดร.พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร ที่กรุณาช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและความคิดเห็นในงานวิจัยนี้ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่ใช้ข้อมูลความช่วยเหลือในการให้ข้อมูลต่างๆ ที่มีความจำเป็นสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณผู้ร่วมงานภายในองค์กรพิชชา สุทธิกุล, นรวัฒน์วงศ์คำ และกมลทิพย์ สุขศรี ที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ รวมครอบครัวและเพื่อนๆนักศึกษาปริญญาโทสาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่คอยเป็นกำลังใจให้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน, 2556, กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงานศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

[2] กระทรวงพลังงาน, 2554, แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2554 – 2573), http://www.eppo.go.th/ccep/download/NEEP2030_FINAL.pdf, [2 มิถุนายน 2557].

[3] พัชรมาศ นุ่มดี, จันทนา จันทโร และไชยะ แช่มช้อย, 2554, การศึกษาประสิทธิภาพและตรวจติดตามการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม, วารสารวิจัยพลังงานปีที่ 8 ฉบับที่ 2554/2, http://www.eri.chula.ac.th/eri-main/wp-content/uploads/2013/02/1-11.pdf [6 มิถุนายน 2557].

[4] วริศรา แสงวิเชียร, 2556, การจำลองการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557, ฐานข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน.