

# การลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบหอหล่อเย็น กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าแหลมฉบัง

Reducing Cost of Electrical Energy Consumption of Cooling Tower System,  
A Case Study of Laem Chabang Power Plant

ณัฐวุฒิ อิ่มทอง<sup>1</sup>

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภรัชชัย วรรณรัตน์<sup>2</sup>

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบหอหล่อเย็นกรณีศึกษา โรงไฟฟ้าแหลมฉบัง โดยใช้แผนผังกังปลาเป็นเครื่องมือช่วยค้นหาอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานสิ้นเปลืองที่มีศักยภาพสามารถปรับปรุงด้านพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า จากผลการวิเคราะห์แผนผังกังปลาพบว่า สามารถปรับปรุงพลังงานไฟฟ้าที่หุดไบพัดลมของหอหล่อเย็นได้ จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลชั่วโมงการทำงาน ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าและประสิทธิภาพรวมของระบบ โดยนำข้อมูลทั้งหมดทำการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทนภายในและระยะเวลาคืนทุน

ผลการศึกษาพบว่าระบบหอหล่อเย็นก่อนปรับปรุงมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 434.1 kWh คิดเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 8,061,570 บาทต่อปี จากนั้นได้ทำการการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนไบพัดชนิดประหยัดพลังงาน หลังเปลี่ยนไบพัดพบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเหลือ 315.52 kWh คิดเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 5,900,224 บาทต่อปี คิดเป็นการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังเปลี่ยนไบพัดเท่ากับ 2,217,446 บาทต่อปี หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยของการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 27.28 %

<sup>1</sup> นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

<sup>2</sup> ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลัก

## ABSTRACT

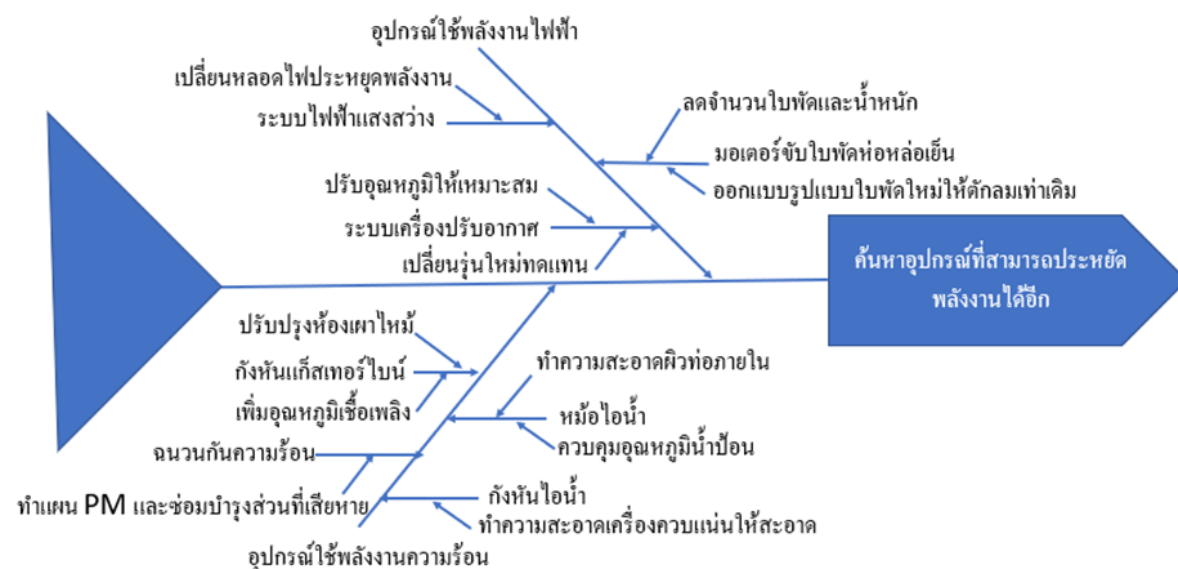
This research is to study the Reducing Cost of Electrical Energy Consumption of Cooling Tower. A Case Study of Laem Chabang Power Plant. The fishbone diagram was utilized as a tool in order to determine devices that consumed substantial energy that were potentially improved in term of both thermal energy and electric energy. The results of the fishbone diagram analysis showed that the electric energy could be decreased by improving the cooling tower fan set. Consequently, data regarding operating hours, electricity consumption and total efficiency of the cooling tower system were collected. All data were analyzed to make comparisons between before and after improvement and to analyze the Internal Rate of Return (IRR) and Payback Period (PB)

The results of the study demonstrated that the electricity consumption of cooling tower system before the improvement was 434.1 kWh, costing 8,061,570 baht per year. The initiative of changing the cooling fan blades was implemented in order to reduce electric energy cost. After the cooling fan blades alternation, it was found that the electricity consumption reduced to 315.52 kWh, costing 5,900,224 baht per year. This led to the electricity cost saving of 2,217,446 baht per year, or an average energy saving of 27.28%.

## บทนำ

ระบบหอหล่อเย็นทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศ เพื่อทำให้น้ำร้อนมีอุณหภูมิที่ลดลงจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ โดยใบพัดเป็นตัวดูดอากาศเข้าระบบหอหล่อเย็นเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำร้อนที่ออกมาจาก คอนเดนเซอร์ (Condenser) และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอื่นๆ หลักการของหอหล่อเย็น คือ มีอุปกรณ์ที่ช่วยในการฉีด พ่นน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ให้กระจายไปเป็นละออง ฝอย ขนาดเล็ก แล้วตกผ่านแผงกระจายละอองน้ำ ซึ่งจะสัมผัสกับอากาศที่ถูกดูดผ่านแผงกระจายละอองน้ำและก่อให้เกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ระหว่างหยดน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ขณะเดียวกันหยดน้ำบางส่วนจะระเหยกลายเป็นไอน้ำลอยไปกับอากาศ การระเหยดังกล่าวจะใช้ความร้อนแฝง (Latent heat) ดังนั้นไอน้ำที่ระเหยจึงดึงความร้อนจากปริมาณน้ำในส่วนที่ยังเป็นของเหลว ผู้วิจัยจึงใช้แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)หาความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุ จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลชั่วโมงการทำงาน ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าและค่าประสิทธิภาพรวมของระบบหอหล่อเย็น เพื่อหาแนวทางการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบหอหล่อเย็น โดยการเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)และระยะเวลาคืนทุน (PB)

ผู้วิจัยจึงเริ่มทำการศึกษาและค้นหาแหล่งพลังงานที่สามารถปรับปรุงเพื่อลดต้นทุนพลังงานและจำแนกอุปกรณ์ของการจัดการพลังงานออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้คือ อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานความร้อนและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์หาค้นหาปัจจัยความเป็นไปได้เพื่อที่จะปรับปรุงและพัฒนาการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าและไอน้ำโดยแสดงด้วยแผนผังก้างปลา ดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงแผนผังก้างปลาเพื่อค้นหาอุปกรณ์ที่สามารถประหยัดพลังงานได้

### วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบห่อหุ้ม

### ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของชุดห่อหุ้มของช่วงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง
2. ศึกษาค้นหาเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการปรับปรุงด้านพลังงานของชุดห่อหุ้ม
3. เปรียบเทียบผลของค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังปรับปรุง
4. วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงปรับปรุงชุดใบพัดของห่อหุ้มได้

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของชุดมอเตอร์ขับใบพัดของระบบหอหล่อเย็นได้ไม่น้อยกว่า 28 %
2. สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 28% ต่อปี
3. ไม่มีผลกระทบต่อสถานะการเดินเครื่องและประสิทธิภาพของระบบหอหล่อเย็น
4. เป็นการเพิ่มองค์ความรู้ให้กับองค์กรและภาคอุตสาหกรรมในด้านการอนุรักษ์พลังงานและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้และปรับปรุงกับโรงไฟฟ้าหรืออุตสาหกรรมอื่นๆ

## ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบหอหล่อเย็น บริษัทกรณีศึกษาเริ่มเดินเครื่องเชิงพาณิชย์เมื่อปี พ.ศ. 2544 ซึ่งใช้หลักการหอหล่อเย็นแบบไหลสวนทาง (Counter flow cooling tower) โดยโครงสร้างเป็นคอนกรีตมีพัดลมดูด เพื่อเป็นการบริหารจัดการเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและทราบความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาภัยกับสาเหตุทั้งหมดภายในระบบเพื่อค้นหาวิธีการลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของระบบหอหล่อเย็น โดยใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินจากอัตราผลตอบแทนภายในและระยะเวลาคืนทุน จึงการทำศึกษาวิจัยโดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

### 1. หอหล่อเย็นแบบเปียก (Wet cooling tower) ชนิดหอหล่อเย็นแบบไหลสวนทาง

หอหล่อเย็นแบบเปียก (Wet cooling tower) การแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหอหล่อเย็นแบบเปียก ทำให้เกิดกลไกต่างๆคือ น้ำร้อนแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศเย็น อากาศที่ไหลผ่านมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำที่ไหลผ่านอากาศมีอุณหภูมิต่ำลงจะมีน้ำระเหยเข้าไปในอากาศมีผลให้อากาศมีความชื้นเพิ่มขึ้น สำหรับหอหล่อเย็นแบบไหลสวนทาง ใ้ของหอหล่อเย็นจะวางในลักษณะแนวนอนหรือเอียงในแนวนอนภายในหอหล่อเย็น

### 2. แผนผังก้างปลา(Fishbone Diagram)

หรือเรียกเป็นทางการว่า แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)แผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) เราอาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผล ในชื่อของ "ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)" เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลายๆ คนอาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิคาว่า (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิคาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังก้างปลาเมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหาเมื่อต้องการทำการศึกษา ทำความเข้าใจ หรือทำความเข้าใจกับกระบวนการอื่น ๆ เพราะว่าโดยส่วนใหญ่พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะในพื้นที่ของตนเท่านั้น แต่เมื่อมีการทำผังก้างปลาแล้ว จะทำให้เราสามารถรู้

กระบวนการของแผนกอื่นได้ง่ายขึ้นและเมื่อต้องการให้เป็นแนวทางในการระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกคนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

### 3. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราคิดลด (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการเท่ากับเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิพอดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุโครงการนั่นเอง ในทางปฏิบัติ IRR นิยมนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินโครงการอย่างแพร่หลาย เนื่องจากวิธี IRR นี้มีการแสดงค่าผลตอบแทนเป็นร้อยละ ซึ่งทำให้เข้าใจง่ายและมีความสะดวกในการเปรียบเทียบระหว่างโครงการต่างๆที่เป็นทางเลือกของการลงทุนที่มีอยู่ขณะนั้น

### 4. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) หมายถึง ระยะเวลาของการลงทุนที่กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายสุทธิพอดี หรือกล่าวได้ว่าการลงทุนไม่มีกำไรและไม่ขาดทุนนั่นเอง ระยะเวลาคืนทุนเป็นเครื่องมือในการประเมินความเป็นไปได้ของการลงทุนอย่างง่ายและไม่ซับซ้อน เป็นการประเมินคร่าวๆและรวดเร็วเหมาะกับเม็ดเงินลงทุนจำนวนไม่มาก อย่างไรก็ตามการคำนวณระยะเวลาคืนทุนมีจุดอ่อนตรงที่ไม่ได้นำเรื่องค่าของเงินตามเวลามาพิจารณาและไม่ให้ความสำคัญกับกระแสเงินสดที่ได้รับภายหลังระยะเวลาคืนทุน ทำให้อาจเกิดการตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นในบางกรณีอาจแก้ปัญหาโดยนำกระแสเงินสดมาปรับลดด้วยอัตราคิดลด ซึ่งเป็นการสะท้อนมูลค่าเงินตามเวลาก่อน แล้วค่อยนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชลวิทย์ เผือกผาสุก (2554) ได้ศึกษาการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารแบบบูรณาการกรณีศึกษาอาคารกรมการกงสุล โดยมุ่งเน้นที่ระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่าง โดยการรวบรวมข้อมูลรายละเอียดต่างๆ เพื่อหาแนวทางการบริหารจัดการด้านพลังงานไฟฟ้า โดยทำการบันทึกผลทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง และนำมาวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุน จากผลการศึกษาในปี พ.ศ. 2553 พบว่าอาคารมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 3,337,000 kWh/Year คิดเป็นเงินทั้งสิ้น 10,953,858.06 บาทต่อปี โดยได้กำหนดมาตรการการอนุรักษ์พลังงานขึ้นมาเพื่อปรับปรุง รวมผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 659,097.88 kWh/Year คิดเป็นเงินในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า 2,161,841.05 บาทต่อปี

นายมงคล แจ่มศิริยานนท์ (2554) การวิเคราะห์ทางด้านการเงิน ด้านเทคนิคและด้านเศรษฐกิจของโครงการลงทุนผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดของการประปานครหลวงเป็นการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการ

ลงทุนโครงการของการประปานครหลวง เพื่อประเมินผลการดำเนินงานปี ที่ 1 – 10 (ปี งบประมาณ 2547 - 2556) โดยทำการศึกษาความเหมาะสมของโครงการใน 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคนิค ด้านการเงินและ ด้านเศรษฐกิจ มีตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ ดังนี้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV), อัตราส่วนผลประโยชน์ ต่อต้นทุน (BCR), อัตราส่วนผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) นอกจากนี้ ยังมีการวิเคราะห์ความไว(Sensitivity Analysis) ของโครงการ ผลการวิเคราะห์พบว่า โครงการนี้มีความ เหมาะสมในการลงทุนทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐกิจแต่ไม่มีความเหมาะสมทางด้านการเงิน ที่อัตรา ดอกเบี้ยร้อยละ 3 โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ -2.34 ล้านบาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อ ต้นทุน (BCR) เท่ากับ 0.8905 เท่า อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 0.9808 % และระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 9 ปี6 เดือน สามารถคืนทุนได้ภายในอายุโครงการ

## วิธีการดำเนินการศึกษา

### 1. ข้อมูลการศึกษาและสำรวจสภาพการดำเนินงานด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนของหอหล่อเย็นก่อนปรับปรุง

ระบบหอหล่อเย็นของบริษัทกรณีศึกษา ติดตั้งชุดขับเคลื่อนทั้งหมด 3 หน่วย เนื่องจากบริษัท กรณีศึกษาทำการขายไฟฟ้าให้กับ กฟผ. และลูกค้าในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง 24 ชั่วโมง จึงทำให้ กระบวนการผลิตไฟฟ้าทำการผลิตตลอดทั้งปี คิดเป็นจำนวนชั่วโมงการทำงานของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนของหอหล่อเย็นเฉลี่ยทั้งปีที่ 8,500 ชั่วโมงต่อปี จากการบันทึกผลค่ากำลังไฟฟ้าของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนทั้งหมด 3 หน่วย มี ค่าใช้พลังงานไฟฟ้าจริงดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ขับเคลื่อนทั้งหมด 3 หน่วย ก่อนปรับปรุงใบพัด

เครื่องจักร (Cell)	กำลังไฟฟ้า (kWh)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	เพาเวอร์แฟกเตอร์ (PF)
Cell No. 1	139.2	683	138.75	0.87
Cell No. 2	147.3	682	150.00	0.88
Cell No. 3	147.3	694	138.30	0.88

### 2. ข้อมูลความเร็วลมและอัตราการไหลของลมของชุดขับเคลื่อนของหอหล่อเย็น

ทำการบันทึกค่าความเร็วของลมและอัตราการไหลของลม ก่อนทำการปรับปรุงติดตั้งใบพัดใหม่ และยังเพิ่มความมั่นใจว่าประสิทธิภาพของใบพัดที่ติดตั้งอยู่ในปัจจุบันยังคงมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับค่า

การออกแบบตั้งแต่เริ่มต้น ค่าความเร็วลมและอัตราการไหลของลมมีความสำคัญมากสำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศ เพื่อผลิตน้ำเย็นในกระบวนการของหอหล่อเย็น ก่อนเริ่มงานติดตั้งใบพัดใหม่ ได้จัดทำการวัดความเร็วลมและอัตราการไหลของลมตามมาตรฐาน CTI Code No. PFM145 และทำการบันทึกค่าเฉลี่ยการวัดความเร็วของลมและอัตราการไหลของใบพัดทั้งหมด ก่อนทำการปรับปรุง เมื่อทำการวัดค่าความเร็วลมและอัตราการไหลของลมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับค่าการออกแบบหอหล่อเย็น ผลที่ได้คือมีค่าใกล้เคียงกับการออกแบบที่อัตราการไหลของลม 542 m<sup>3</sup>/s ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 141 rpm

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยการวัดความเร็วและอัตราการไหลของใบพัดทั้งหมด ก่อนปรับปรุง

Point	From edge of skirt (cm)	STN-1	STN-2	STN-3	STN-4	Unit
X1	265.4	3.7	3.3	5.0	1.8	m/s
X2	180.5	13.1	12.3	11.9	12.6	m/s
X3	118	11.5	12.2	11.1	12.4	m/s
X4	66.1	10.7	12.4	10.7	12.2	m/s
X5	20.7	11.4	13.0	9.0	11.6	m/s
		10.1	10.6	9.5	10.1	
	Wind velocity	1.5	2.0	2.2	1.7	
	AVG Velocity	9.96	m/s			
	Air flow	545.16	m <sup>3</sup> /s			

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บข้อมูล

หลังจากทำการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าความเร็วลม อัตราการไหลของลม และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์เสร็จสิ้นแล้ว จากนั้นทำการวิเคราะห์และคัดเลือกอุปกรณ์ชุดใบพัด เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่สามารถทำการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบหอหล่อเย็นให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตหลัก เพื่อประกอบการพิจารณาในการลงทุนติดตั้งใบพัดแบบประหยัดพลังงาน โดยคำนึงถึงงบการลงทุน อัตราผลตอบแทนภายใน และระยะเวลาคืนทุน โดยใช้หลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมนำมาประยุกต์ใช้ประกอบการพิจารณาในการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบหอหล่อเย็นในโรงไฟฟ้าแหลมฉบัง

## ผลการทดลอง

หลังจากคัดเลือกใบพัดโดยยึดหลักการออกแบบทางวิศวกรรม เทคโนโลยีที่เหมาะสมและผลตอบแทนสูงสุดที่ดึงความสามารถในการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 28% ต่อปี โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการผลิตไฟฟ้าในบริษัทกรมศึกษา ทางผู้จัดทำจึงทำการวางแผนติดตั้งโดยการเปลี่ยนใบพัดครั้งนี้ ทางผู้จัดทำและแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้าของบริษัทกรมศึกษา ไม่ได้ทำการ **Overhaul Motor** เนื่องจากแผนกบำรุงรักษา **Cooling Fan Motor** มีการทำ **PM** และตรวจสอบทางไฟฟ้าเป็นประจำ และสถานะของมอเตอร์อยู่ในสภาพใช้งานปกติ และเนื่องจากโครงการนี้เป็นโครงการประหยัดพลังงาน ซึ่งภาระของอุปกรณ์ทั้งหลายเช่น น้ำหนักของใบพัดที่ลดลง กระแสไฟฟ้าที่ลดลง จึงทำให้ภาระการทำงานของมอเตอร์ทำงานได้ดีขึ้น แต่ได้ทำการบำรุงรักษาใหญ่เกียร์ตรอบ (**Overhaul Gearbox**) ทั้งหมด 3 ตัวเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือหรือ **Reliability** ในระบบหล่อเย็นว่า การเปลี่ยนใบพัดครั้งนี้จะไม่มีผลกระทบต่อ **Gearbox** จากนั้นหลังติดตั้งเสร็จ ทางผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าสิ้นสะท้อนของ **Gearbox** และบันทึก

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดกิจกรรมและอุปกรณ์ในการเปลี่ยนใบพัดประหยัดพลังงาน

สภาพมอเตอร์	Overhaul Gearbox	การเปลี่ยนใบพัดใหม่
		

ก่อนปรับปรุงระบบชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนใบพัดเดิมทั้งหมด 3 หน่วย ใช้กำลังไฟฟ้ารวมอยู่ที่ประมาณ 434.1 kWh ซึ่งบริษัทกรมศึกษาได้เดินเครื่องผลิตไฟฟ้าเต็มกำลังโดยประมาณที่ 8,500 ชั่วโมงต่อปี ทางด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าปัจจุบันคิดที่ 2.2 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง จึงทำให้บริษัทกรมศึกษาเสียค่าใช้จ่ายต้นทุนทางการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนใบพัดลมของหอหล่อเย็น โดยประมาณ 8,117,670 บาทต่อปี

ในโครงการปรับปรุงใบพัดเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้านี้เริ่มติดตั้งในเดือน มกราคม พ.ศ. 2561 ซึ่งอายุของบริษัทกรมศึกษาจะสิ้นสุดลงในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ใช้งบประมาณในการติดตั้งทั้งหมด 2,268,400 บาท ผลลัพธ์ที่ได้จากการติดตั้งใบพัดชุดใหม่โดยไม่พบผลกระทบต่อระบบสนับสนุนอื่นๆ ได้ค่า

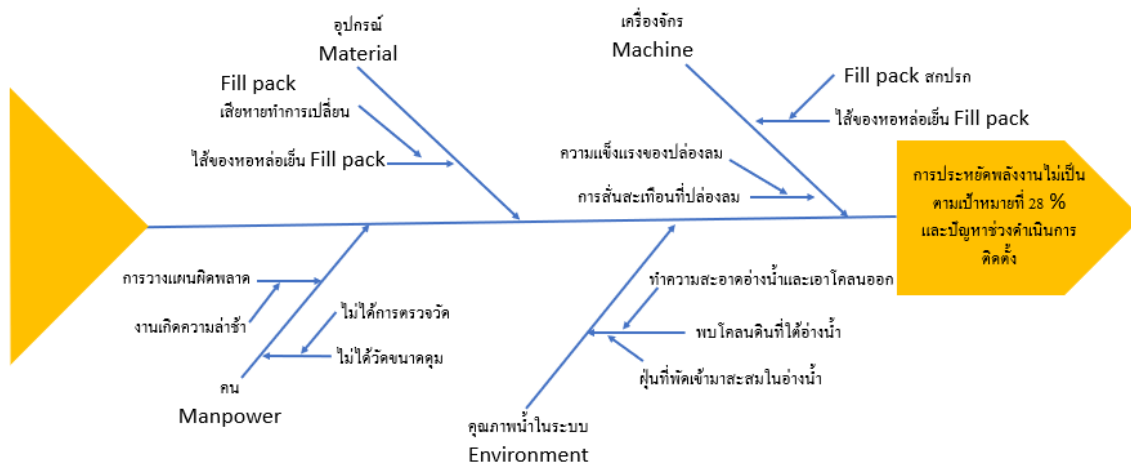


ประหยัดค่าการใช้ไฟฟ้าประมาณ (Energy saving) 27.28% คิดเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าของชุดมอเตอร์ ขับใบพัดเดิมทั้งหมด 3 หน่วย ที่ 315.52 kWh โดยคิดเป็นการเสียค่าใช้จ่ายต้นทุนทางการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบมอเตอร์ชุดขับใบพัดลมใหม่ของหอหล่อเย็นประมาณ 5,900,224 บาทต่อปี ทำให้เห็นว่าใบพัดลมชุดใหม่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าถึงปีละ 2,217,446 บาทต่อปี

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในงานวิจัยจากการดำเนินงานพบว่าปัญหาเป็นปัจจัยแรกคือการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบหอหล่อเย็นไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ 28% ซึ่งวัดผลได้จริงอยู่ที่ 27.28% ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหา กำหนดมาตรการและแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อเสนอต่อผู้บริหารบริษัทกรณีศึกษา ดังนี้

1. ปัญหาที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและการดำเนินการ
  - ความสกปรกของไส้หอหล่อเย็น
  - ปัญหาการสั่นสะเทือนของปล่องลม
  - ความเสียหายของไส้หอหล่อเย็น
  - ปัญหาการวางแผนการทำงาน
  - ชุดคูดุมกลางกับ ชุด shaft Gearbox พบปัญหาไม่สามารถประกอบได้
  - คุณภาพน้ำในอ่างน้ำหล่อเย็น
2. มาตรการและแนวทางเสนอต่อผู้บริหาร
  - การล้างไส้หอหล่อเย็นหน่วยที่ 1 และ 2
  - การลงทุนเปลี่ยนไส้หอหล่อเย็น
  - การวางแผนทำความสะอาดน้ำในอ่างน้ำหล่อเย็น
  - การล้างคอนเดนเซอร์ของเครื่องกังหันไอน้ำ

จากปัญหาทั้งหมดนี้จึงนำมาวิเคราะห์โดยใช้แผนผังก้างปลาเพื่อค้นหาปัญหาที่สามารถแก้ไขปรับปรุงได้ดังนี้



ภาพที่ 2 แผนผังก้างปลาเพื่อวิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุหลังจากการติดตั้งชุดใบพัด

การแก้ไขปัญหาปัจจัยที่ทำให้การลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบหล่อเย็นไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ 28% ไส้หล่อเย็นที่สกปรก เกิดความเสียหายและคุณภาพน้ำ ทางผู้วิจัยได้ทำการวางแผนล้างไส้หล่อเย็นของหน่วยที่ 3 และเปลี่ยนไส้หล่อเย็น 300 ชิ้นระหว่างวันที่ 26-30 สิงหาคม 2561 หลังจากนั้นจะทำการวัดค่าประสิทธิภาพของระบบหล่อเย็นอีกครั้ง

ตารางที่ 4 ภาพล้างท่อหล่อเย็น ภาพไส้ท่อหล่อเย็นที่เสียหายและน้ำไม่มีคุณภาพ

ภาพล้างท่อหล่อเย็นหน่วยที่ 3	คุณภาพน้ำในอ่างน้ำหล่อเย็น	ภาพความเสียหายไส้ท่อหล่อเย็น
		

การแก้ไขปัญหาปัจจัยในการทำงานและอุปกรณ์ ในการเปลี่ยนใบพัดครั้งนี้ได้พบปัญหาจากการหยุดหน่วยผลิตล่าช้าส่งผลให้ทำการติดตั้งใบพัดชุดใหม่ล่าช้า ปัญหาคอกกลางหรือ Hub ที่จะใส่กับชุด shaft Gearbox มีร่องลึ้มมีขนาดไม่เท่ากับของชุดคอกกลางชุดเก่า โดยชุดคอกกลางใหม่มีขนาดเล็กกว่า จึงทำให้งานล่าช้าเพราะต้องนำคอกกลางชุดใหม่ออกไปโรงกลึงเพื่อกลึงร่องลึ้มให้เท่ากับของชุดเก่าและปัญหาหนึ่ง

ผู้วิจัยคาดไม่ถึงคือปัญหาการสั่นสะเทือนของปล่องลม หรือ Fan stack ซึ่งเกิดการสั่นสะเทือนที่จุดนี้หลังทำการติดตั้งใบพัดชุดใหม่เข้าไป

ตารางที่ 5 แสดงปัญหาและอุปสรรคในการทำงานและการแก้ไขปล่องลมที่สั่นสะเทือน

ภาพความล่าช้าของการหยุดระบบ	รื่องลีมมีปัญหาขนาดไม่เท่ากัน	แก้ไขปัญหาคความสั่นสะเทือน
		

หลังทำการล้างไส้ห่อหล่อเย็นทำการวิเคราะห์ทางการเงิน โดยวิเคราะห์จากอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)จากการวิเคราะห์การหาค่าที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์ ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์จากอัตราผลตอบแทนภายในหรือ IRR โดยคำนวณผ่าน MS Excel ผลที่ได้ คือ IRR = 73.25% จึงทำให้มั่นใจเป็นอย่างมากที่จะดำเนิน โครงการคู้มค่าน่าลงทุน

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายในหลังล้างไส้หอหล่อเย็นหน่วยที่ 3

การวิเคราะห์ทางการเงินโดยวิเคราะห์จากอัตราผลตอบแทนภายใน หลังทำการล้างไส้หอหล่อเย็นหน่วยที่ 3 (Internal Rate of Return: IRR)			
ปีที่	ค่าใช้จ่ายหลังล้างไส้หอหล่อเย็น	ประหยัดต้นทุนด้านไฟฟ้าต่อปี	รวม
0	(2,774,376)		(2,774,376)
1		2,183,723	2,183,723
2		2,161,346	2,161,346
3		2,161,346	2,161,346
4		2,161,346	2,161,346
5		2,161,346	2,161,346
NPV:			6,604,873.542
IRR:			73.254461%

**ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)**

เงินลงทุนโครงการนี้ = 2,774,376 บาท

ผลตอบแทนจากการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อคิดเป็นจำนวนเงิน  
= 2,183,723 บาท

ระยะเวลาคืนทุนต่อปี  
= 2,774,376 / 2,183,723  
= 1.27 ปี

เกณฑ์ตัดสินใจว่าจะลงทุนหรือไม่นั้นจะพิจารณาจากระยะเวลาคืนทุนที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ยอมรับได้ การตัดสินใจจะเป็นดังนี้ โดยทำการประเมินระยะเวลาในการคืนทุนเพื่อใช้ในการตัดสินใจวิธีที่สะดวกในเบื้องต้น คือ การประเมินแบบระยะเวลาคืนทุนโดยปกติทั่วไปการคืนทุนควรอยู่ในระยะไม่เกิน 3 ปี ซึ่งอ้างอิงจาก เอกสารการอนุรักษ์พลังงานในระบบน้ำเย็น ของโครงการจัดตั้งศูนย์การเผยแพร่แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม สนับสนุนโดย สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

กระทรวงพลังงาน ดำเนินการโดย สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ซึ่งได้แนะนำระยะเวลาคืนทุนไว้

หาก ระยะเวลาคืนทุน  $\leq 3$  ปี ก็ตัดสินใจลงทุน

หาก ระยะเวลาคืนทุน  $> 3$  ปี ก็ตัดสินใจไม่ลงทุน

### สรุปผลการศึกษา

หลังจากทำการติดตั้งใบพัดเสร็จและล้างไส้ห่อหล่อเย็นหน่วยที่ 3 ทางบริษัทกรณีศึกษาก็ได้ทำการเดินเครื่องตามปกติและเฝ้าติดตามสถานะของระบบและเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของระบบห่อหล่อเย็นหรือเรียกว่า Power data logger เป็นเวลาอย่างน้อย 7 วันเพื่อนำค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้ามาเปรียบเทียบกับค่าการออกแบบของผู้ผลิตใบพัด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลดลงเหลือ 312.75 kWh เมื่อเทียบกับใบพัดชุดเก่าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 431.1 kWh คิดเป็นลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบห่อหล่อเย็น 27.91% จากการปรับปรุงครั้งนี้บริษัทกรณีศึกษาคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าใหม่ต่อปีเท่ากับ 5,877,847 บาท จากเดิมที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าปีละประมาณ 8,061,570 บาท แสดงให้เห็นว่าระบบห่อหล่อเย็นสามารถลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบห่อหล่อเย็นได้ถึง 2,183,723 บาทต่อปี

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังล้างไส้ห่อหล่อเย็นหน่วยที่ 3

รายการ	หน่วย	ปีการผลิตไฟฟ้าต่อปี				
		2561	2562	2563	2564	2565
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงก่อนเปลี่ยนใบพัด	kWh	434.1				
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงหลังเปลี่ยนใบพัด	kWh	312.75				
คิดเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้	%	27.91				
ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าของใบพัดลมชุดเดิม	บาท	8,061,570	8,061,570	8,061,570	8,061,570	8,061,570
ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าของใบพัดลมชุดใหม่	บาท	5,877,847	5,848,425	5,848,425	5,848,425	5,848,425
ใบพัดลมชุดใหม่สามารถประหยัดต้นทุนพลังงานไฟฟ้าหลังจากล้างไส้ห่อหล่อเย็น	บาท	2,183,723	2,213,145	2,213,145	2,213,145	2,213,145
การลงทุนติดตั้งใบพัดลมชุดใหม่ครั้งเดียว	บาท	2,268,400				
ลงทุนล้างไส้ห่อหล่อเย็น	บาท	321,000				
ลงทุนเปลี่ยนไส้ห่อหล่อเย็น	บาท	184,976				
NPV; มูลค่าปัจจุบันสุทธิจาก ม.ค 2561 - ธ.ค. 2565	บาท	6,604,873				
IRR; อัตราผลตอบแทนคิดลด	%	73.25				
PB; ระยะเวลาคืนทุน	ปี	1.27				

## บรรณานุกรม

- ไพบุลย์ เข้มเฟื่อน (2548). *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ปทุมธานี*. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- สุพร อัครวินนิมิตรและธีรพร พัดภู (2550). *วิศวกรรมการบำรุงรักษา กรุงเทพฯ*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย
- คณะอนุกรรมการระบบไอน้ำ หม้อน้ำ และภาชนะรับความดัน (2561). *วิธีการและเทคนิคการตรวจสอบหม้อ  
ไอน้ำ กรุงเทพฯ*. คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ใน  
พระบรมราชูปถัมภ์
- สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม (2560). *การอนุรักษ์พลังงานในระบบน้ำเย็น กรุงเทพฯ*. สภาอุตสาหกรรม  
แห่งประเทศไทยและสำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
- เสกศักดิ์ อัสวะวิสิทธิ์ชัย (2562). *ระบบท่อในโรงงานอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ*. คณะกรรมการ สาขา  
วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- ชลวิทย์ เผือกผาสุก (2554). *การจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารแบบบูรณาการ กรณีศึกษา อาคารกรรมการ  
กงสุล นนทบุรี*. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
- อัญชลี อินทจันทร์ (2557). *การศึกษาความเป็นไปได้ในการประกอบธุรกิจฟาร์มไก่เนื้อในเขตพื้นที่อำเภอสิง  
หนคร จังหวัดสงขลา*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- มงคล แจ่มศิริยานนท์ (2558). *การวิเคราะห์ทางการเงินและเศรษฐกิจ โครงการลงทุนผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดของ  
การประปานครหลวง กรุงเทพฯ*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ดวงฤดี ชูตระกูล (2553). *การเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหอหล่อเย็นแบบระบบ ปิดแบบไหล  
ขวาง กรุงเทพฯ*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- เทอดไทย นาครักษ์ (2554). *การศึกษาการจัดการการใช้ไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต  
ปทุมธานี*. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์