

## การคำนวณผลการประหยัด

### 1 ค่าน้ำเติม (Make Up Water) เข้าสู่ Cooling Tower และการเปลี่ยนน้ำเติมเข้าระบบจากน้ำ Soft มาใช้น้ำประปา

พิจารณาสาเหตุที่ต้องเติมน้ำเข้าสู่ระบบน้ำหล่อเย็น จาก 2 กรณี ดังนี้

1.1 การระบายน้ำ ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำโดยใช้ Cooling Tower เมื่อมีการระเหยของน้ำทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำจะค่อยๆสูงขึ้นเรื่อยๆ และถ้าระบบมีการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำ ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำจะเพิ่มขึ้นอีกมากทำให้ต้องมีการระบายน้ำออกจากระบบ (Bleed off Water) เพื่อปรับคุณภาพน้ำในระบบให้เหมาะสม เป็นผลให้ต้องมีการเติมน้ำ Make Up เข้าสู่ระบบเพื่อชดเชยปริมาณน้ำที่ระบายออกไป

การใช้สารเคมีบำบัด มีปริมาณการระบายน้ำออกจากระบบประมาณ 0.5% ของอัตราการไหลเวียนของน้ำในระบบ ขณะที่การใช้ระบบไอโซน มีปริมาณการระบายน้ำออกจากระบบลดลงเหลือ 50% เมื่อเทียบกับการใช้ระบบเคมีบำบัด หรือเท่ากับ 0.25% ของอัตราการไหลเวียนของน้ำในระบบ

1.2 การระเหย ในขณะที่ Cooling Tower กำลังทำงาน มีน้ำบางส่วนที่ระเหยกลายเป็นไอน้ำในกระบวนการลดอุณหภูมิของน้ำ โดยทั่วไปแล้วปริมาณน้ำส่วนที่ระเหยไปประมาณ 1% ของอัตราการไหลเวียนของน้ำในระบบ

หมายเหตุ การใช้ระบบไอโซนสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำเติมได้โดยที่ระบบไอโซนใช้ในประปาเป็นน้ำเติมได้โดยตรง ส่วนการใช้ระบบเติมสารเคมีนั้นจำเป็นต้องใช้น้ำที่ผ่าน Softener

$$\begin{aligned} &= \text{อัตราการไหลของน้ำ} \times (\text{เปอร์เซ็นต์การระบายน้ำ} + \text{เปอร์เซ็นต์การระเหย}) \\ &\quad \times \text{จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน} \times \text{จำนวนวันต่อปี} \times \text{ค่าน้ำประปาผ่านระบบ Soft} \\ &= 381.6 \quad \times \quad ( \quad 0.005 \quad + \quad 0.01 \quad ) \\ &\quad \times \quad 24 \quad \times \quad 365 \quad \times \quad 18 \\ &= 902,488 \quad \text{บาท} \end{aligned}$$

ค่าน้ำเติมจากการใช้ระบบไอโซน

$$\begin{aligned} &= \text{อัตราการไหลของน้ำ} \times (\text{เปอร์เซ็นต์การระบายน้ำ} + \text{เปอร์เซ็นต์การระเหย}) \\ &\quad \times \text{จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน} \times \text{จำนวนวันต่อปี} \times \text{ค่าน้ำประปาผ่านระบบประปา} \\ &= 381.6 \quad \times \quad ( \quad 0.0025 \quad + \quad 0.01 \quad ) \\ &\quad \times \quad 24 \quad \times \quad 365 \quad \times \quad 15 \\ &= 626,728 \quad \text{บาท} \end{aligned}$$

ผลการประหยัดน้ำเติมเข้าสู่ Cooling Tower

$$\begin{aligned} &= 902,488 \quad - \quad 626,728 \\ &= 275,760 \quad \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

## 2 ค่าสารเคมี

ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยใช้ Cooling Tower จำเป็นต้องควบคุมค่า PH, Conductivity, TDS เป็นต้น เพื่อรักษาสภาพการทำงานที่ดีของระบบไว้ ดังนั้นจึงมีการใช้สารเคมีต่างๆ เติมเข้าสู่ระบบ เพื่อผลในการควบคุมดัชนีชี้วัดทางเคมีให้ได้ตามความต้องการ

จากการทดลองติดตั้ง Ozone Generator เพื่อบำบัดน้ำใน Cooling Tower ผลปรากฏว่าสามารถควบคุมดัชนีชี้วัดทางเคมีได้ตามต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมี

ดังนั้นผลการประหยัดจากการไม่ใช้สารเคมี สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ผลการประหยัด} &= \text{ค่าใช้จ่ายสารเคมีต่อเดือน} \times 12 \text{ เดือน} \\ &= 96,000 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

## 3 ค่าพลังงานไฟฟ้าของ Chiller

ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยใช้ Cooling Tower ประสิทธิภาพการระบายความร้อนจะขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของไอร้อนยิ่งยวดของน้ำยาทำความเย็น(ใน Condenser) กับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ออกจาก Condenser ค่าความแตกต่างนี้เรียกว่า Condenser Approach Temperature

ค่า Condenser Approach Temperature นี้ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆหลังจากที่ได้ทำการทำความสะอาดท่อทองแดงใน Condenser เนื่องจากการเกิดตะกรันสะสมขึ้นในท่อทองแดง ซึ่งจากข้อมูลของแผนกซ่อมบำรุง Water Cooled Chiller ยี่ห้อที่ใช้กันแพร่หลายในเมืองไทย พบว่าค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของ Chiller จะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5% จากปกติ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของ Condenser Approach Temperature ทุก ๆ 1 °F

จากผลการติดตั้ง Ozone Generator เพื่อบำบัดน้ำใน Cooling Tower พบว่าค่า Condenser Approach Temperature มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงจากสภาพหลังจากล้าง Condenser ใหม่ ๆ ขณะที่การใช้น้ำในระบบเคมีบำบัดเป็นระยะเวลา 6 เดือน ค่า Condenser Approach Temperature มีค่าสูงขึ้นประมาณ 6 °F

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าของ Chiller ที่ใช้เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยของระบบเคมี

$$\begin{aligned} &= (\text{ค่า Condenser Approach Temperature ที่สูงขึ้น} \times 1.5\%) / 2 \\ &= 6 \times 0.015 / 2 \\ &= 0.045 \text{ หรือ } 4.5 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าของ Chiller} &= \text{จำนวนตันของ Chiller} \times \text{kW/Ton} \times \text{Load Factor} \\ &\quad \times \text{จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน} \times \text{จำนวนวันต่อปี} \times \text{ค่าไฟฟ้า} \\ &= 800 \times 0.7 \times 0.7 \\ &\quad \times 24 \times 365 \times 3 \\ &= 10,301,760 \text{ บาทปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลการประหยัด} &= \text{ค่าไฟฟ้าของ Chiller} \times \% \text{การทำงานที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ระบบเคมี} \\ &= 10,301,760 \times 0.045 \\ &= 463,579 \text{ บาทปี} \end{aligned}$$

#### 4 ค่าล้าง Condenser

เมื่อใช้งาน Condenser ไประยะเวลาหนึ่งแล้ว ต้องมีการทำการล้าง Condenser เพื่อกำจัดตะกอนที่สะสม อยู่ภายในท่อของ Condenser ออกเพื่อให้ Chiller มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

$$\begin{aligned} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการล้าง Condenser ต่อเครื่อง} \times \text{จำนวนเครื่อง} \times 2 \text{ ครั้ง/ปี} \\ &= 15,000 \times 3 \times 1 \\ &= 45,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

หลังจากติดตั้ง Ozone Generator แล้ว โอโซนจะป้องกันไม่ให้เกิดตะกอนภายในท่อ Condenser ขึ้นอีก ดังนั้นจึงไม่เสียค่าใช้จ่ายจากการล้าง Condenser

#### 5 ค่าล้าง Cooling Tower

เนื่องจากผู้รับเหมาทำการดูแลทำความสะอาดภายใน Cooling Tower ให้ทุก 2 เดือน จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการล้าง Cooling Tower

$$\begin{aligned} \text{ลดลง} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการล้าง Cooling Tower ต่อครั้ง} \times 12 \text{ ครั้ง/ปี} \\ &= 3,000 \times 12 \\ &= 36,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

#### 6 ค่าพลังงานไฟฟ้าจากการใช้ Ozone Generator

เมื่อ Ozone Generator ทำงาน กำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้ไปกับระบบ Ozone Generator

ทั้งหมดเท่ากับ 6 kW

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายจากพลังงานไฟฟ้าของระบบ Ozone Generator

$$\begin{aligned} &= 6 \text{ kW} \times \text{จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน} \times \text{จำนวนวันต่อปี} \times \text{ค่าไฟฟ้า} \\ &= 6 \times 24 \times 365 \times 3 \\ &= 157,680 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

#### สรุปผลการประหยัดรวมต่อปี

รายการ	ผลการประหยัดต่อปี	
ค่าน้ำเติมเข้าสู่ Cooling Tower	275,760	บาท
ค่าสารเคมี	96,000	บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้าของ Chiller	463,579	บาท
ค่าล้าง Condenser	45,000	บาท
ค่าล้าง Cooling Tower	36,000	บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้าจากการใช้ Ozone Generator	-	157,680 บาท
รวม	758,659	บาท