การศึกษาเทคโนโลยีเพื่อลดการสูญเสียน้ำในระบบน้ำหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าในประเทศไทย

Study on Technology to Reduce Water Loss in Cooling Water System of Thermal Power Plants in Thailand

ฑศพล พันธุ์หิรัญ[1*] จุลละพงษ์ จุลละโพธิ[2]
[1]สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2]สายวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทร (66) 08-1562-2728 E-mail: mytae_2005@hotmail.com

Totsaphon Phanhiran[1*] Chullapong Chullabodhi[2]
[1]Division of Energy Technology, School of Energy, Environmental and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi
[2]Division of Energy Management Technology, School of Energy, Environmental and Materials,
King Mongkut's University of Technology Thonburi
126 Precha-utis Rd., Bangmod, Thungkru, Bangkok 10140 Tel: (66) 08-1562-2728 E-mail: mytae_2005@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าพลังความร้อนและพลังความร้อนร่วมที่ใช้งานในปัจจุบันอยู่ประมาณ 80% ของโรงไฟฟ้าทั้งหมด โรงไฟฟ้าดังกล่าวมีอัตราการใช้น้ำสูง เพราะต้องนำน้ำไปใช้ในการหล่อเย็นคอนเดนเซอร์ให้สามารถควบแน่นไอน้ำให้กลายเป็นน้ำแล้วนำกลับมาใช้งานใหม่ ซึ่งบทความงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการลดการสูญเสียน้ำในระบบน้ำหล่อเย็นข้างต้น เพื่อลดอัตราการใช้น้ำในโรงไฟฟ้าซึ่งจะส่งผลให้มีการใช้น้ำน้อยลง จากการศึกษาและเก็บข้อมูลจากโรงไฟฟ้าทำให้ทราบว่าการสูญเสียน้ำในระบบน้ำหล่อเย็นจะอยู่ที่ประมาณ 27-30 ลูกบาศก์เมตร/วัน/ขนาดโรงไฟฟ้า 1 MW โดยเป็นการสูญเสียน้ำที่หอระบายความร้อนมากที่สุด ทั้งนี้สามารถแบ่งการสูญเสียน้ำในหอระบายความร้อนออกได้ 3 ประเภท คือ การสูญเสียน้ำเนื่องจากการพัดพา การสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยและการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระบายน้ำทิ้ง ซึ่งการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยจะมีอัตราการสูญเสียมากที่สุดประมาณ 1% ของปริมาณน้ำหมุนเวียนในระบบน้ำหล่อเย็นสำหรับความแตกต่างของอุณหภูมิเข้าและออกจากหอระบายความร้อน 10°C ในการศึกษานี้จะวิเคราะห์ตรวจสอบเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ลดการสูญเสียดังกล่าวและเหมาะสมกับโรงไฟฟ้าในประเทศไทยมากที่สุด

Abstract

About 80% of present power plants in Thailand, are thermal and combined cycle power plants. These power plants consume large quantity of water in the cooling water system. This research, is concerned with the investigation into water loss in cooling water system of power plant to save the amount of make-up water. From a survey of a number of power plants, the water loss volume in cooling water system is about 27-30 cubic meter/day/MW of power plant capacity. The loss is the greatest at the cooling tower, which can be divided into 3 types as follows, drift loss, evaporation loss and blowndown loss. The evaporation loss is the highest at about 1% of the circulation water rate in the cooling water system for 10°C of cooling water temperature range. The study focuses on possible methods to reduce the loss, which can be applied technically to the power plant in Thailand.

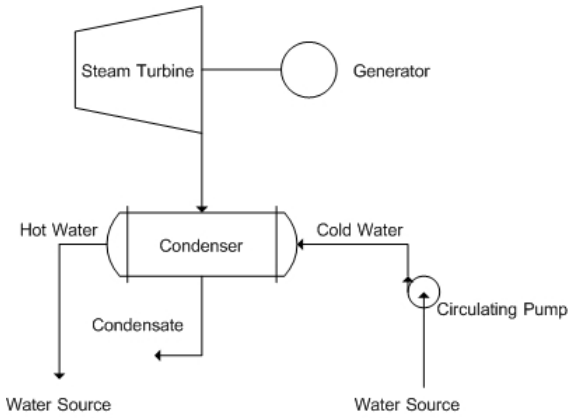
1. บทนำ

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนและพลังความร้อนร่วมนั้นจะทำงานด้วยวัฏจักรกังหันไอน้ำเป็นสำคัญ ซึ่งวัฏจักรนี้จะใช้น้ำเป็นสารทำงาน โดยจะเปลี่ยนสถานะของน้ำให้กลายเป็นไอน้ำแล้วนำไอน้ำที่ได้ไปขับกังหันไอน้ำเพื่อให้เกิดงานกลออกมา และไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำจะควบแน่นเพื่อให้กลายเป็นคอนเดนเสทที่คอนเดนเซอร์ ซึ่งที่คอนเดนเซอร์นั้นจะทำหน้าที่เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำกับน้ำ น้ำที่ใช้ในการรับความร้อนจากไอน้ำจะเรียกว่า น้ำหล่อเย็น

ระบบน้ำหล่อเย็นที่ใช้งานในโรงไฟฟ้านั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ [1]

1.1 Once-Through System

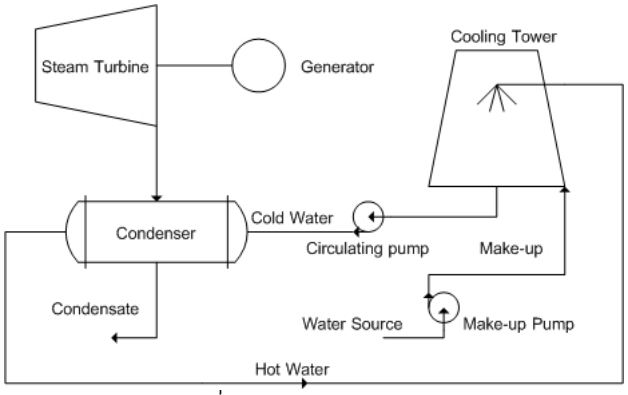
เป็นระบบน้ำหล่อเย็นที่น้ำเข้าสู่คอนเดนเซอร์แล้วออกไปสู่แหล่งน้ำตามเดิมเลย โดยจะไม่มีหอระบายความร้อน



รูปที่ 1 Once-Through System

1.2 Closed-Loop System

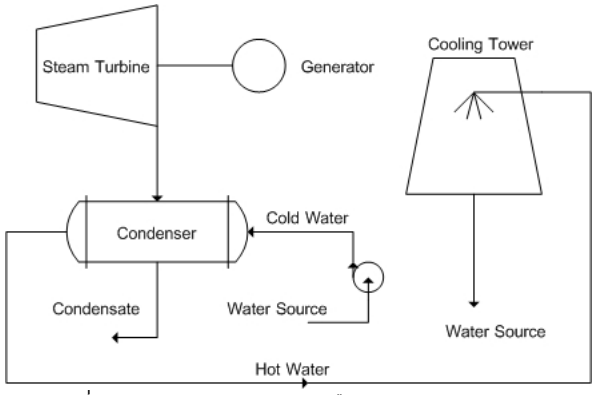
เป็นระบบน้ำหล่อเย็นที่ทำงานร่วมกับหอระบายความร้อน ซึ่งน้ำหล่อเย็นไปรับความร้อนจากคอนเดนเซอร์แล้วจะถูกนำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่หอระบายความร้อนเพื่อให้น้ำมีอุณหภูมิลดลงแล้วจึงหมุนเวียนน้ำใช้ในระบบต่อไป



รูปที่ 2 Closed-Loop System

1.3 Combination System หรือ Open-Loop System

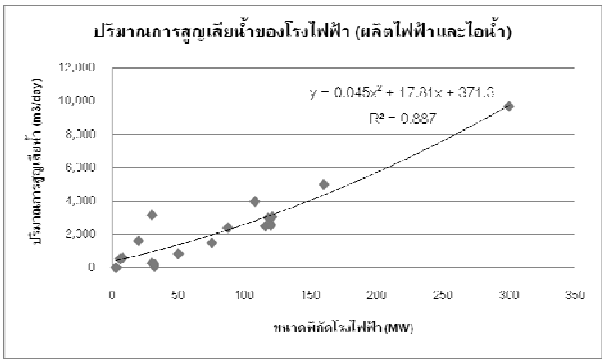
ระบบนี้จะทำงานโดยน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์เป็นน้ำที่มากจากแหล่งน้ำ แต่เมื่อน้ำที่ออกจากคอนเดนเซอร์แล้วจะเข้าสู่หอระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิน้ำก่อนปล่อยทิ้งเพื่อให้เป็นไปตามกฎหมายควบคุมคุณภาพน้ำทิ้ง ระบบน้ำหล่อเย็นแบบนี้จะไม่มีการหมุนเวียนน้ำในหอระบายความร้อนมาใช้อีก



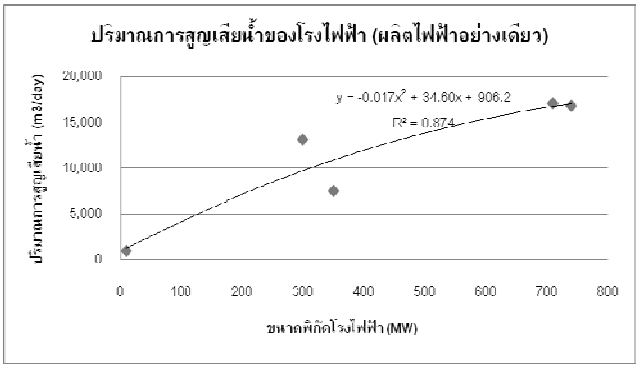
รูปที่ 3 Combination System หรือ Open-Loop System

2. ผลการศึกษาปัญหาการสูญเสียน้ำในระบบน้ำหล่อเย็น

ในการศึกษาและเก็บข้อมูลจากโรงไฟฟ้าในประเทศไทย จำนวนทั้งหมด 213 แห่ง ซึ่งจำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ โรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กและผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก ซึ่งจะได้ว่าโรงไฟฟ้าในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้ระบบน้ำหล่อเย็นแบบ Closed-Loop System และรองลงมาใช้ระบบ Open-Loop System โดยโรงไฟฟ้าทั้งหมดที่เก็บข้อมูลมา ได้ใช้งานหอระบายความร้อนแบบเปียก ชนิดการไหลแบบไหลสวนทางกัน โดยปัญหาการสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นในโรงไฟฟ้ามากที่สุดจะสูญเสียที่หอระบายความร้อนของระบบน้ำหล่อเย็นมากที่สุด จากข้อมูลที่ได้มาสามารถสรุปข้อมูลได้ดังนี้

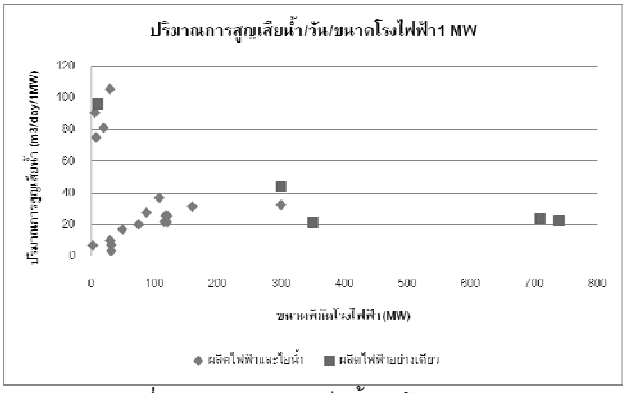


รูปที่ 4 ข้อมูลปริมาณการสูญเสียน้ำในโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ (Cogeneration)

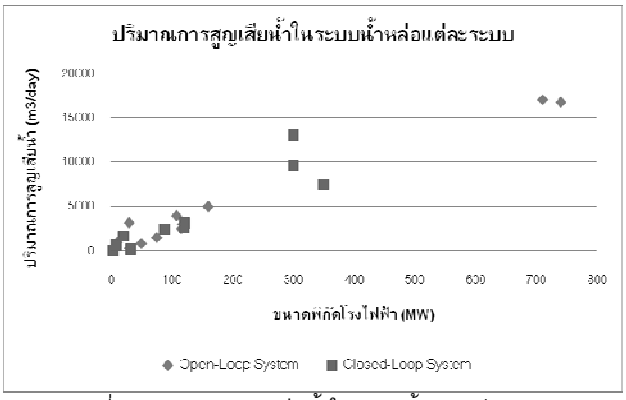


รูปที่ 5 ข้อมูลปริมาณการสูญเสียน้ำในโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าอย่างเดียว (Thermal Power Plants)

ปริมาณการสูญเสียน้ำในกรณีของการผลิตไฟฟ้าอย่างเดียว แสดงแนวโน้มการแปรผันกับขนาดของโรงไฟฟ้าค่อนข้างชัดเจน ในขณะที่โรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ ปริมาณการสูญเสียน้ำจะแปรผันกับปัจจัยหลายอย่าง อาทิเช่น ประเภทของกังหันไอน้ำ ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต เป็นต้น



รูปที่ 6 ปริมาณการสูญเสียน้ำต่อวันต่อ 1MW



รูปที่ 7 ปริมาณการสูญเสียน้ำในระบบน้ำหล่อเย็นแต่ละ

ตารางที่ 1 ราคาน้ำที่ใช้ในระบบน้ำหล่อเย็น

น้ำดิบ (บาท/m^3)	น้ำประปา (บาท/m^3)
3.81	9
4	10
5	14
7	15
15	17.31
19	19
-	20

จากรูปที่ 4 และรูปที่ 5 จะแสดงให้เห็นว่าโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าอย่างเดียวจะมีปริมาณการสูญเสียน้ำมากที่สุด โดยผิดกับโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ โดยมีสาเหตุมาจากโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าอย่างเดียวจะส่งไอน้ำทั้งหมดที่ออกจากกังหันไอน้ำไปควบแน่นในคอนเดนเซอร์ ในขณะที่โรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ จะส่งไอน้ำไประบายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์เพียงบางส่วนเท่านั้น ด้วยเหตุนี้โรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าอย่างเดียวจึงมีปริมาณการสูญเสียน้ำมากที่สุด ส่วนข้อมูลที่แตกต่างออกไปจากข้อมูลอื่นนั้น มีสาเหตุมาจากประเภทของระบบน้ำหล่อเย็นในโรงไฟฟ้า โดยโรงไฟฟ้าที่ใช้ระบบน้ำหล่อเย็นแบบ Open-Loop System จะมีปริมาณการสูญเสียน้ำมากที่สุด เพราะระบบ Open-Loop System นั้นจะมีการบลีดออฟ (Bleed-off) หรือการระบายน้ำทิ้งอยู่ตลอดเวลาเพื่อรักษาระดับของปริมาณของแข็งละลาย (Total Dissolved Solids) ไม่ให้มีมากเกินไป มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาตะกรันและตะกอนเกาะจับชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ตารางที่ 1 แสดงให้ราคาน้ำซึ่งน้ำดิบจะถูกใช้งานในระบบน้ำหล่อเย็นมากที่สุด ซึ่งน้ำดิบในที่นี้รวมถึงน้ำที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ โดยราคาของน้ำประปาประมาณ 10-20 บาท/m^3 และราคาน้ำดิบประมาณ 5-15 บาท/m^3 โดยส่วนที่ไม่แสดงราคา หมายถึงใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งราคาที่ได้ข้อมูลมาเป็นราคาก่อนการปรับปรุงคุณภาพ

จากการศึกษาสามารถแบ่งประเภทการสูญเสียน้ำในหอระบายความร้อนได้ดังนี้

2.1การสูญเสียน้ำเนื่องจากการพัดพา

จะเกิดขึ้นจากการสเปรย์น้ำหล่อเย็นที่ได้แลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในหอระบายความร้อน ทำให้ละอองน้ำหล่อเย็นบางส่วนถูกอากาศพัดพาออกจากหอระบายความร้อน โดยอัตราการสูญเสียในส่วนนี้มีค่าประมาณ 0.1-0.3% ของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นในระบบ [2]

2.2 การสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหย

เกิดขึ้นระหว่างที่สเปรย์น้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศ เมื่อมาสัมผัสกับอากาศ น้ำหล่อเย็นบางส่วนก็จะระเหยเนื่องจากมีการดึงความร้อนแฝงออกจากน้ำหล่อเย็น ทำให้อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นลดลง ซึ่งการสูญเสียน้ำในส่วนนี้จะมีค่ามากที่สุดประมาณ 1% ของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นในระบบ สำหรับความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าและออกจากหอระบายความร้อน (Cooling Range) 10°C [2] การสูญเสียน้ำในส่วนนี้ถ้าใช้ระบบน้ำหล่อเย็นแบบ Closed-Loop System จะสูญเสียน้ำในส่วนนี้มากที่สุด ประมาณ 1-1.5%ของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นในระบบ สามารถหาปริมาณการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยได้จาก

Evaporative Loss (E) = 0.00085*1.8*อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น*(T_1-T_2)

เมื่อ T_1 = อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้าหอระบายความร้อน

T_2 = อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออกจากหอระบายความร้อน

ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอัตราการสูญเสียในส่วนนี้จะหาได้จาก อัตราการเติมน้ำชดเชยลบด้วยอัตราการระบายน้ำทิ้งในระบบน้ำหล่อเย็น

2.3 การสูญเสียน้ำเนื่องจากการระบายน้ำทิ้ง หรือการบลีดออฟ (Bleed-off)

โรงไฟฟ้าต้องระบายน้ำทิ้งออกจากระบบน้ำหล่อเย็น เพราะน้ำที่ใช้ในระบบเมื่อใช้เป็นเวลานานแร่ธาตุต่างๆอยู่ในน้ำเข้มข้นขึ้น และสะสมตัวทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลงและอาจส่งเสริมให้อุปกรณ์ในระบบน้ำหล่อเย็นชำรุดเสียหายได้ จึงต้องมีการบลีดออฟเพื่อ

เติมน้ำที่มีคุณภาพที่ดีกว่าเข้ามาในระบบ อัตราการบลีดออฟนั้นสามารถหาได้จาก [3]

$$\text{Bleed-off} = [E/C-1)]-D \quad (1)$$

เมื่อ E = อัตราการระเหยของน้ำ (m^3/day)
C = วัฏจักรของความเข้มข้น
D = อัตราการสูญเสียน้ำเนื่องการพัดพา (m^3/day)

การระเหยของน้ำที่เกิดขึ้นจะยิ่งทำให้ความเข้มข้นของแร่ธาตุในน้ำยิ่งสูงขึ้น เพราะน้ำที่ระเหยไปไม่สามารถระเหยแร่ธาตุไปด้วย ทำให้แร่ธาตุของน้ำที่ระเหยไปรวมตัวกับน้ำใน Basin ของหอระบายความร้อน และการสูญเสียเนื่องจากการพัดพานั้นสามารถนำพาแร่ธาตุในน้ำออกไปได้ด้วยแต่การสูญเสียในส่วนนี้จะเกิดขึ้นน้อยมาก ทำให้โรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำคุณภาพต่ำจะสูญเสียน้ำในส่วนนี้มากที่สุด โดยเฉพาะโรงไฟฟ้าที่ใช้ระบบน้ำหล่อเย็นแบบ Open-Loop System จะสูญเสียน้ำในส่วนนี้มากที่สุด เพราะระบบน้ำหล่อเย็นจะต้องทำการบลีดออฟน้ำออกจากหอระบายความร้อนอยู่เสมอ และในทางปฏิบัติการหาอัตราการบลีดออฟนั้นจะใช้อัตราการระเหยและการสูญเสียเนื่องจากการพัดพาของน้ำที่ได้จากผู้ออกแบบมาใช้ในการคำนวณหาแทน

3. เทคโนโลยีและแนวทางในการแก้ปัญหาการสูญเสียน้ำในระบบน้ำหล่อเย็น

ในการแก้ปัญหาการสูญเสียน้ำในระบบน้ำหล่อเย็นนั้น มีแนวทางดังนี้

3.1 การลดการสูญเสียเนื่องจากการพัดพา

การสูญเสียในส่วนนี้จะมีอัตราการสูญเสียประมาณ 0.01-0.03% ของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นในระบบ ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาในส่วนนี้ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ การใช้ Drift Eliminators ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้หยดน้ำถูกพาออกไปจากหอระบายความร้อนพร้อมอากาศ ในการเลือก Drift Eliminators นั้นมักเลือกชนิด Drift Eliminators ที่เกิดความดันสูญเสียน้อยที่สุด M. Lucas และคณะ [4] ได้ให้ข้อเสนอว่า Drift Eliminators แบบแผ่นไฟเบอร์กลาสที่ติดตั้งเป็นแบบซิกแซก (Zigzag) มีความสามารถในการลดการสูญเสียน้ำจากการพัดพาได้ดีที่สุดและยังทำให้เกิดการสูญเสียความดันน้อยด้วย โดยDrift Eliminators ที่มีประสิทธิภาพสูงลักษณะนี้จะทำให้การสูญเสียน้ำจากการพัดพา (Drift Loss) ลดลงเหลือเพียงแค่ 0.001% ของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นในระบบ

รูปที่ 8 Drift Eliminators [5]

3.2 การใช้หอระบายความร้อนแบบแห้ง

จากข้อมูลที่ได้นำเสนอจะเห็นว่าโรงไฟฟ้าในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้หอระบายความร้อนแบบเปียก ซึ่งเป็นชนิดที่มีการสูญเสียน้ำในระบบมาก เพราะหอระบายความร้อนแบบเปียกจะต้องมีการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ แต่หอระบายความร้อนแบบแห้งนั้นจะไม่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบสัมผัสกันแต่เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการที่น้ำจะไหลอยู่ในท่อที่มีครีบแล้วอากาศจะไหลผ่านท่อนั้นเพื่อระบายความร้อนออกจากน้ำหล่อเย็น วิธีนี้จะช่วยลดการสูญเสียน้ำทั้ง 3 แบบ แต่หอระบายความร้อนแบบแห้งจะมีข้อจำกัดในการใช้งาน คือ อุณหภูมิอากาศจะต้องต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ เพราะถ้าอุณหภูมิอากาศสูงจะทำให้การถ่ายโอนความร้อนของน้ำกับอากาศไม่ดีนัก และข้อเสียของหอระบายความร้อนแบบแห้งนั้นคือ ขนาดจะใหญ่กว่าหอระบายความร้อนแบบเปียก เพราะต้องการพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมากกว่า เป็นผลให้ต้องมีการลงทุนที่สูงกว่าหอระบายความร้อนแบบเปียกด้วย

3.4 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำจะช่วยให้น้ำที่ใช้ในระบบสามารถใช้งานได้หลายรอบการทำงานหรือมีค่าวัฏจักรความเข้มข้นมาก ซึ่งจะช่วยให้ลดการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระบายน้ำทิ้งได้ เพราะถ้าน้ำสามารถใช้งานได้หลายรอบการทำงาน ก็ไม่จำเป็นต้องทำการบลีดออฟ (ระบายน้ำทิ้ง) บ่อยครั้ง สำหรับสารเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ การสำรวจได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2

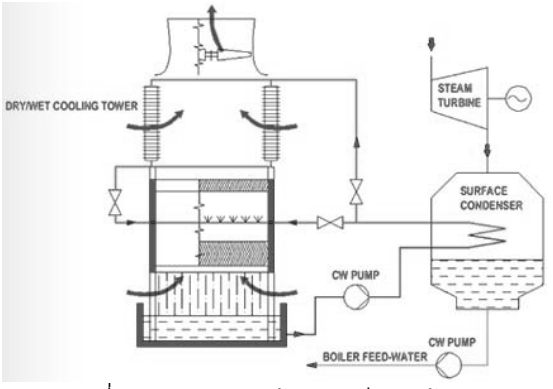
ตารางที่ 2 สารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในโรงไฟฟ้า

ชื่อสารเคมี	การใช้ประโยชน์
Chlorine	ใช้ฆ่าเชื้อแบคทีเรียและจุลินทรีย์
Sulfuric Acid	ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย
Scale Inhibitor	ป้องกันการเกิดตะกรัน
Corrosion Inhibitor	ป้องกันการกัดกร่อน
Bio-Cide	ป้องกันการเกิดตะไคร่น้ำ
Bio-Dispersant	ป้องกันการจับตัวของตะกอนดิน
Polymer Anion	เป็นสารเร่งการตกตะกอน
polyaluminum chloride	เป็นสารเร่งการตกตะกอน

3.3 หอระบายความร้อนแบบเปียก-แห้ง

หอระบายความร้อนแบบนี้เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างหอระบายความร้อนแบบเปียกและหอระบายความร้อนแบบแห้ง ซึ่งจะติดตั้งร่วมเป็นหอระบายความร้อนชุดเดียวกัน โดยหลักการทำงานคือเมื่อน้ำหล่อเย็นได้รับความร้อนจากคอนเดนเซอร์แล้วจะแยกกระแสน้ำหล่อเย็นออกเป็นสองทาง ส่วนหนึ่งจะระบายความร้อนโดยใช้อากาศเป็นตัวระบาย การแลกเปลี่ยนความร้อนในส่วนนี้จะเป็นแบบไม่สัมผัสกันระหว่างน้ำกับอากาศซึ่งจะทำงานคล้ายกับหอระบายความร้อนแบบแห้ง ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นลดลง โดยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจะลดมากหรือลดน้อยจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศซึ่งจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นค่าความแตกต่างนี้ยิ่งมากเท่าไรยิ่งดี หลังจากผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบหอระบายความร้อนแบบแห้งแล้ว น้ำหล่อเย็นจะมีอุณหภูมิลดลงซึ่งถือว่าเป็นการลดภาระการทำความเย็น

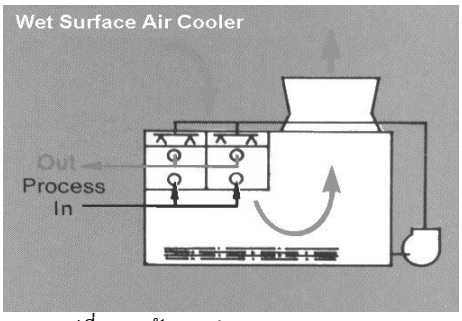
ก่อนที่น้ำหล่อเย็นจะเข้าสู่การแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศแบบสัมผัส โดยน้ำอีกส่วนหนึ่งที่แยกออกมาก่อนหน้านี้จะเข้ามารวมกับน้ำที่ถูกลดอุณหภูมิแล้วด้วย ซึ่งจากการรวมตัวกันของน้ำจะทำให้อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นลดลงทำให้ภาระและขนาดของหอระบายความร้อนมีค่าต่ำลงด้วย



รูปที่ 9 หอระบายความร้อนแบบเปียก-แห้ง [6]

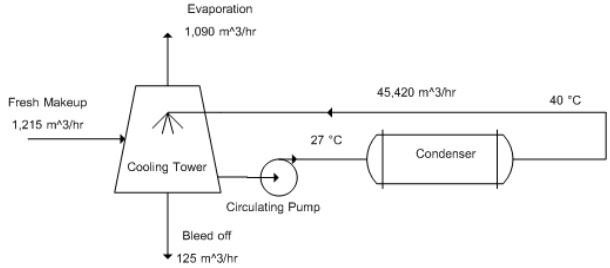
3.5 เทคโนโลยีระบบน้ำหล่อเย็นแบบ Hybrid [7]

ระบบน้ำหล่อเย็นแบบ Hybrid นั้นจะเป็นการนำเทคโนโลยีของหอระบายความร้อนที่เรียกว่า Wet Surface Air Cooler (WSAC) ซึ่งเป็นการทำงานโดยให้น้ำหล่อเย็นที่ได้รับความร้อนจากคอนเดนเซอร์ไหลอยู่ในท่อภายใน WSAC โดยจะให้น้ำที่อยู่ใน Basin ของ WSAC ไหลลงผ่านท่อที่มีน้ำหล่อเย็นอยู่ข้างใน และจะดูดอากาศเข้ามาในทิศทางเดียวกันกับน้ำที่ไหลผ่านท่อ ซึ่งวิธีการนี้จะอากาศที่ถูกดูดเข้ามาจะช่วยให้น้ำสัมผัสกับท่อได้เต็มพื้นที่ทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนทำได้ดีกว่าการที่ให้น้ำกับอากาศไหลสวนทางกัน และเมื่อน้ำหล่อเย็นที่อยู่ในท่อได้ถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำที่ไหลผ่านนอกท่อแล้วจะทำให้น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิลดลง

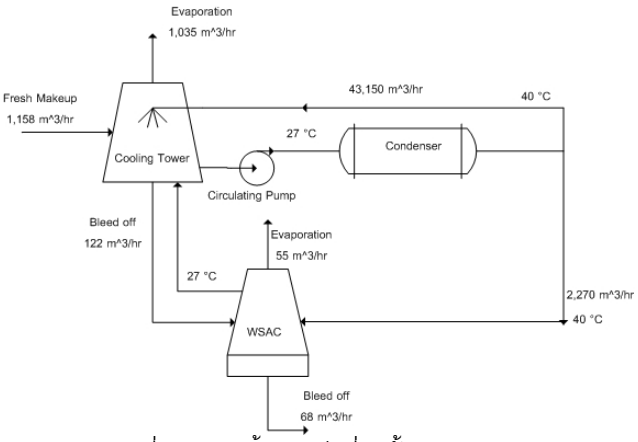


รูปที่ 10 หลักการทำงานของ WSAC [7]

WSAC ถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมในระบบน้ำหล่อเย็น เพราะ WSAC ไม่สามารถลดอุณหภูมิได้มากพอที่จะใช้แทนหอระบายความร้อน จึงต้องถูกนำมาใช้ร่วมกับหอระบายความร้อนด้วย โดยการนำมาใช้ร่วมกับระบบน้ำหล่อเย็นนั้นจะติดตั้งตามรูปที่ 12



รูปที่ 11 ระบบน้ำหล่อเย็นแบบปกติ [7]



รูปที่ 12 ระบบน้ำหล่อเย็นที่ติดตั้ง WSAC [7]

จากรูปที่ 11 เป็นระบบน้ำหล่อเย็นแบบปกติ ซึ่งเป็นของผู้ผลิต WSAC เป็นคนออกแบบไว้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบที่ติดตั้ง WSAC ตามรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าอัตราการสูญเสียเนื่องจากระบายน้ำทิ้งที่ระบบที่ไม่ติดตั้ง WSAC จะสูงกว่าระบบที่ติดตั้ง WSAC เพราะระบบที่ติดตั้ง WSAC ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำหล่อเย็นที่อยู่ในท่อ ไม่จำเป็นต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพสูงเพราะน้ำไม่ต้องไปผ่านอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบน้ำหล่อเย็น จึงทำให้น้ำถูกใช้งานได้หลายรอบในระบบที่ติดตั้ง WSAC ยังช่วยในการลดการสูญเสียเนื่องจากการระเหยด้วย เพราะน้ำหล่อเย็นที่รับความร้อนจากคอนเดนเซอร์จะถูกแยกออกเป็นสองทาง เพื่อเข้าหอระบายความร้อนและเข้า WSAC โดยน้ำหล่อเย็นที่เข้าหอระบายความร้อนจะมีปริมาณที่น้อยกว่าแบบไม่ติดตั้ง WSAC จึงเป็นผลให้น้ำถูกระเหยน้อยลงไปด้วย เมื่อลดการสูญเสียได้ทั้ง 2 อย่าง ทำให้น้ำที่ถูกเติมเข้ามาใหม่ก็จะเติมน้อยลงไปด้วย

4. วิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาที่สามารถนำมาใช้ในกับโรงไฟฟ้าประเทศไทย

จากผลการศึกษาเทคโนโลยีและผลการเก็บข้อมูลจากโรงไฟฟ้าที่เดินเครื่องอยู่ในปัจจุบัน จะได้ว่าโรงไฟฟ้าในปัจจุบันนั้นให้ความสนใจในการแก้ปัญหาการสูญเสียน้ำในส่วนนี้มาก โดยเฉพาะโรงไฟฟ้าที่ต้องซื้อน้ำมาใช้งานหรือโรงไฟฟ้าที่ใช้ระบบน้ำหล่อเย็นแบบ Closed-Loop System เพราะถ้าลดการสูญเสียในส่วนนี้ได้ ก็จะลดค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมาใช้งาน จากแนวทางการแก้ปัญหาและเทคโนโลยีที่ได้กล่าวมาแล้ว จะสามารถนำมาวิเคราะห์เทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในโรงไฟฟ้าในประเทศไทยได้ดังนี้

การใช้ Drift Eliminators นั้น หอระบายความร้อนส่วนใหญ่ในประเทศไทยได้นำอุปกรณ์ตัวนี้มาใช้ในการลดการสูญเสียน้ำอยู่แล้ว เพราะถือว่าเป็นอุปกรณ์หลักในหอระบายความร้อนเลยก็ได้ ซึ่งถ้าหอระบายความร้อนที่ไม่ใช้อุปกรณ์ชิ้นนี้จะทำให้ต้องสูญเสียเสียน้ำประมาณ 0.1-0.3% ของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นในระบบ แต่ถ้าใช้อุปกรณ์ชิ้นนี้จะสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำให้เหลือเพียงแค่ 0.001% ของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นในระบบ การเลือก Drift Eliminators ควรที่จะดูที่ความดันลดของอากาศที่ผ่านเข้ามาในหอระบายความร้อนว่าถ้าใช้ Drift Eliminators แบบไหนแล้วจะลดความดันสูญเสียได้มากกว่ากัน Drift Eliminators ที่ดีควรที่จะทำให้ความดันสูญเสียเกิดน้อยที่สุด แต่ต้องขึ้นอยู่ความเร็วลมของหอระบายความร้อนด้วยว่ามากน้อยเพียงใด

การใช้หอระบายความร้อนแบบแห้งแทนหอระบายความร้อนแบบเปียกนั้น ตัวแปรสำคัญของหอระบายความร้อนแบบแห้งก็คือ อุณหภูมิของบรรยากาศที่ตั้งหอระบายความร้อน ซึ่งถ้าอุณหภูมิของบรรยากาศสูงกว่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าหอระบายความร้อน ก็จะทำให้น้ำหล่อเย็นไม่สามารถถ่ายโอนความร้อนให้กับอากาศที่เข้ามาได้ เป็นผลให้ไม่สามารถลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นลงได้ ดังนั้นถ้าใช้หอระบายความร้อนแบบแห้ง จะต้องใช้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิบรรยากาศที่ต่ำกว่าน้ำหล่อเย็นจึงจะดีที่สุด จากข้อมูลที่เก็บจากโรงไฟฟ้าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาเข้าหอระบายความร้อนจะอยู่ที่ประมาณ 40-45°C ซึ่งอุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยสูงสุดของประเทศไทยจะอยู่ที่ 27-28°C [8] จะเห็นได้ว่าถ้าอุณหภูมิของบรรยากาศและอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นแตกต่างกันเท่านี้ก็จะมีความเป็นไปได้ที่จะใช้หอระบายความร้อนแบบแห้ง แต่ก็ขึ้นอยู่กับราคาในการก่อสร้างด้วยว่าจะคุ้มค่าเพียงใด เพราะหอระบายความร้อนแบบแห้งจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าหอระบายความร้อนแบบเปียก ซึ่งถ้าโรงไฟฟ้าที่ซื้อน้ำมาในราคาที่สูงก็มีความเหมาะสมที่จะใช้หอระบายความร้อนแบบแห้งมากที่สุด

การใช้หอระบายความร้อนแบบเปียก-แห้ง ก็เป็นวิธีที่ลดข้อจำกัดเรื่องอุณหภูมิบรรยากาศของหอระบายความร้อนแบบแห้ง แต่ข้อเสียก็คือ ขนาดที่ใหญ่และการบำรุงรักษาที่ค่อนข้างจะยุ่งยากกว่า จึงยังไม่เป็นที่นิยมใช้กันกว้างขวางเท่าไร

การปรับปรุงคุณภาพน้ำ จัดว่าเป็นวิธีที่ลงทุนน้อยที่สุดเพราะราคาสารเคมีที่ใช้ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีแบบอื่น ซึ่งสามารถนำมาใช้กับหอระบายความร้อนที่เดินเครื่องได้เลย การเลือกใช้สารเคมีนั้นจะต้องดูคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ว่ามีคุณภาพสูงเพียงใด ถ้าน้ำมีคุณภาพสูงก็ใช้สารเคมีแค่ไม่กี่ชนิด แต่น้ำที่มีคุณภาพสูงก็จะต้องซื้อมาในราคาที่สูงตามไปด้วย ถ้ามีการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น ก็จะทำให้สามารถใช้งานน้ำได้หลายรอบการทำงาน โดยน้ำที่มีคุณภาพสูงจะสามารถใช้งานได้ประมาณ 6-7 รอบการทำงานแล้วจึงทำการบลีดออฟ (ระบายน้ำทิ้ง) น้ำหล่อเย็นบางส่วนออกแล้วเติมน้ำเข้ามาใหม่ วิธีนี้จึงถือว่าเป็นวิธีที่คุ้มค่าอีกวิธีหนึ่งเพราะลดต้นทุนในการซื้อน้ำคุณภาพสูงและเติมสารเคมีแค่เล็กน้อยเท่านั้น

การใช้ WSAC เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ยังไม่ถูกนำมาใช้ในประเทศไทย แต่โรงไฟฟ้าต่างประเทศเริ่มเป็นที่นิยมใช้งานกันแล้ว โดยหลักการทำงานถึงแม้จะคล้ายกับหอระบายความร้อนแบบเปียก-แห้ง แต่จะลดการสูญเสียเนื่องจากการพัดพาได้ดีกว่า เพราะอากาศกับน้ำจะไหลไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในประเทศไทยนั้นควรที่จะต้องศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งการใช้เทคโนโลยี WSAC จะมีการลงทุนที่สูง จึงเหมาะกับโรงไฟฟ้าที่ซื้อน้ำมาในราคาที่สูงจึงจะเหมาะสมที่สุด

5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสามารถสรุปการสูญเสียน้ำในระบบน้ำหล่อเย็นจะอยู่ที่ประมาณ 27-30 ลูกบาศก์เมตร/วัน/ขนาดโรงไฟฟ้า 1 MW ซึ่งโรงไฟฟ้าที่ใช้ระบบน้ำหล่อเย็นแบบ Open-Loop System นั้นจะมีปริมาณการสูญเสียน้ำมากที่สุด เพราะต้องสูญเสียน้ำเนื่องการระบายทิ้ง เพราะน้ำที่ถูกนำมาใช้ในระบบนี้จะเป็นน้ำที่มีคุณภาพต่ำหรืออาจจะไม่มีการปรับปรุงคุณภาพก่อนการใช้งาน ดังนั้นโรงไฟฟ้าที่ใช้ระบบน้ำหล่อเย็นแบบนี้และใช้น้ำที่ไม่ต้องลงทุนซื้อมา อาจจะไม่มีความจำเป็นที่จะต้องลงทุนเทคโนโลยีเพื่อลดการสูญเสียนี้ ส่วนโรงไฟฟ้าที่ใช้ระบบนี้และต้องลงทุนซื้อน้ำมาใช้งาน ควรที่จะต้องมีการลงทุนปรับปรุงคุณภาพให้สูงขึ้นเพื่อเพิ่มรอบการทำงานของน้ำหล่อเย็นให้ใช้งานได้นานยิ่งขึ้น ส่วนโรงไฟฟ้าที่ใช้ระบบน้ำหล่อเย็นแบบ Closed-Loop System นั้นส่วนมากน้ำจะสูญเสียเนื่องจากการเหยมากที่สุด และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในประเทศไทยนั้นควรที่จะศึกษาที่ความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งควรจะดูจากแหล่งน้ำที่ถูกนำมาใช้งานว่าได้มาจากแหล่งไหน และซื้อมาในราคาเท่าไร เพื่อที่จะใช้พิจารณาในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพราะเทคโนโลยีที่ได้กล่าวไปนั้นอาจจะเหมาะสมกับโรงไฟฟ้าโรงหนึ่งแต่อาจจะไม่เหมาะกับโรงไฟฟ้าอีกโรงหนึ่งก็เป็นไปได้ ฉะนั้นในการเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อลดการสูญเสียน้ำนั้น แต่ละโรงไฟฟ้าจะต้องหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับโรงไฟฟ้าของตัวเองมากที่สุด โดยสามารถวัดได้จากค่าลงทุนในเทคโนโลยีที่เลือกใช้งานกับน้ำที่สามารถลดได้ ซึ่งจะมาเทียบกันว่าคุ้มค่าไหมในการลงทุน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงไฟฟ้าต่างๆ ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. El-Wakil, M. M., 1984, “Power Plant Technology”, McGraw-Hill, Singapore, pp. 261-264.
2. Li, K. W., and Priddy, A. P., 1985, “Power Plant System Design”, John-Wiley & Sons, New York, USA, pp. 326-327.
3. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, และ ไพพรรณ พรประภา, 2545, “การปรุงแต่งคุณภาพน้ำ สำหรับหม้อไอน้ำ ระบบน้ำหล่อเย็น ระบบประปา”, ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 157.
4. Lucas, M., Martinez, P.J., and Viedma, A., “Experimental study on the thermal performance of a mechanical cooling tower with different drift eliminators,” Energy Conversion and Management [Electronic], Vol. 50 (2009), pp.490-497, Available: Elsevier / Science Direct [2009, January]
5. Anonymous., no date, Eliminators [Online], Available: http://spxcooling.com/en/library/detail/marley-xcelplus-eliminator/
6. Anonymous., no date, Plume Abatement: Hybrid Cooling Towers [Online], Available: http://gea-energytechnology.com/

opencms/opencms/egi/en/Plumeabatement.html

7. Demakos, P. G., December 2005, Water (Resource) Conservation Using Closed-Loop, Evaporative Cooling System for Power Plant Applications [Online], Available: www.niagarablower.com/wsac.htm
8. กรมอุตุนิยมวิทยา, 19 มกราคม 2553, สรุปสภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2552 [Online], Available: http://www.tmd.go.th/climate/climate.php?FileID=5